



Sommario

II Atti non legislativi

ATTI ADOTTATI DA ORGANISMI CREATI DA ACCORDI INTERNAZIONALI

- ★ **Regolamento n. 96 della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UNECE) - Disposizioni uniformi relative all'omologazione dei motori destinati a essere montati sui trattori agricoli e forestali e sulle macchine mobili non stradali per quanto riguarda l'emissione di inquinanti dal motore [2019/547].**..... 1

II

(Atti non legislativi)

ATTI ADOTTATI DA ORGANISMI CREATI DA ACCORDI INTERNAZIONALI

Solo i testi UNECE originali hanno efficacia giuridica ai sensi del diritto internazionale pubblico. Lo status e la data di entrata in vigore del presente regolamento devono essere controllati nell'ultima versione del documento UNECE TRANS/WP.29/343, reperibile al seguente indirizzo:

<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29fdocstts.html>

Regolamento n. 96 della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UNECE) - Disposizioni uniformi relative all'omologazione dei motori destinati a essere montati sui trattori agricoli e forestali e sulle macchine mobili non stradali per quanto riguarda l'emissione di inquinanti dal motore [2019/547]

Comprendente tutti i testi validi fino a:

Serie di modifiche 05 – data di entrata in vigore: 29 dicembre 2018

INDICE

REGOLAMENTO

1. Ambito di applicazione
2. Definizioni e abbreviazioni
3. Domanda di omologazione di un tipo o di una famiglia di motori
4. Omologazione
5. Prescrizioni e prove
6. Montaggio sul veicolo
7. Famiglia di motori e tipo di motore
8. Conformità della produzione
9. Sanzioni in caso di non conformità della produzione
10. Modifiche ed estensione dell'omologazione del tipo omologato
11. Cessazione definitiva della produzione
12. Disposizioni transitorie
13. Nomi e indirizzi dei servizi tecnici che effettuano le prove di omologazione e delle autorità di omologazione

ALLEGATI

- 1 Modelli per la documentazione informativa e la scheda informativa
- 2 Notifica
- 3 Esempi di marchi di omologazione
- 4 Procedura di prova
- 5 Metodo di valutazione dei dati e di calcolo
- 6 Caratteristiche tecniche del carburante di riferimento prescritto per le prove di omologazione e per la verifica della conformità della produzione
- 7 Prescrizioni tecniche per i motori dual-fuel (a doppia alimentazione)
- 8 Metodologia di adeguamento dei risultati delle prove delle emissioni eseguite in laboratorio al fine di includere i fattori di deterioramento
- 9 Prescrizioni relative alle strategie di controllo delle emissioni e alle misure di controllo degli NOx e del particolato
- 10 Parametri per la definizione dei tipi e delle famiglie di motori e relative modalità di funzionamento

1. AMBITO DI APPLICAZIONE

Il presente regolamento si applica a tutti i motori che rientrano nelle categorie di cui al punto 1.1 montati, o destinati ad essere montati, su veicoli della categoria T⁽¹⁾ e su macchine mobili non stradali.

- 1.1. Ai fini del presente regolamento si applicano le seguenti categorie di motori, suddivise nelle sottocategorie di cui all'appendice 1 del presente regolamento:
 - 1.1.1. "*Categoria NRE*": motori per veicoli della categoria T e per macchine mobili non stradali progettate e costruite per spostarsi o per essere spostate, su strada o con altra modalità di trasporto, non rientranti in nessuna delle altre categorie di cui ai punti da 1.1.2 a 1.1.7.
 - 1.1.2. "*Categoria NRC*": motori con potenza di riferimento superiore a 560 kW, destinati esclusivamente a essere utilizzati in gruppi elettrogeni. I motori per gruppi elettrogeni diversi da quelli che presentano tali caratteristiche sono inclusi nelle categorie NRE o NRS, a seconda delle relative caratteristiche.
 - 1.1.3. "*Categoria NRSh*": motori portatili ad accensione comandata con potenza di riferimento inferiore a 19 kW, destinati a essere utilizzati esclusivamente nelle macchine portatili.
 - 1.1.4. "*Categoria NRS*": motori ad accensione comandata per veicoli della categoria T e per macchine mobili non stradali con potenza di riferimento inferiore a 56 kW non rientranti nella categoria NRSh.
 - 1.1.5. "*Categoria SMB*": motori ad accensione comandata destinati a essere utilizzati esclusivamente nelle motoslitte. I motori per motoslitte non funzionanti ad accensione comandata sono inclusi nella categoria NRE.

⁽¹⁾ La classificazione dei veicoli a motore e dei rimorchi è riprodotta al punto 2 della Risoluzione consolidata sulla costruzione dei veicoli (R.E.3), documento ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.2/Rev.6 - <https://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html>

- 1.1.6. "Categoria ATS": motori ad accensione comandata destinati a essere utilizzati nei veicoli fuoristrada (ATV) e nei veicoli side-by-side (SbS) che rientrano nella categoria T o fra le macchine mobili non stradali. I motori per ATV e SbS non funzionanti ad accensione comandata sono inclusi nella categoria NRE.
- 1.1.7. Un motore a regime variabile di una particolare categoria può essere utilizzato al posto di un motore a regime costante della stessa categoria.
- 1.2. Il presente regolamento non si applica al controllo delle emissioni di inquinanti dei motori dei veicoli della categoria T e delle macchine mobili non stradali nell'ambito del loro normale utilizzo, in condizioni normali e con carico utile normale.
2. DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI
- 2.1. Ai fini del presente regolamento si intende per:
- 2.1.1. "parametro regolabile", qualsiasi dispositivo, sistema o elemento progettuale che può essere regolato da qualcuno (compresi quelli di difficile accesso) e che, se regolato, può incidere sulle emissioni o sulle prestazioni del motore durante le prove delle emissioni o il funzionamento nelle normali condizioni d'uso. Vi rientrano anche i parametri relativi alla fasatura di iniezione e alla portata di alimentazione;
- 2.1.2. "fattori di aggiustamento", i fattori aggiuntivi (fattore di aggiustamento verso l'alto e fattore di aggiustamento verso il basso) o moltiplicativi che devono essere presi in considerazione durante la rigenerazione periodica (non frequente);
- 2.1.3. "veicolo fuoristrada" o "AVT", macchina mobile non stradale o veicolo di categoria T dotato di un motore per la propulsione e destinato principalmente a viaggiare su superfici non pavimentate con quattro o più ruote con pneumatici a bassa pressione, munito di un sedile sul quale può sedersi a cavalcioni il solo conducente oppure anche un passeggero (al massimo) e di un manubrio per la guida;
- 2.1.4. "temperatura ambiente", in riferimento a un ambiente di laboratorio (ad es. camera di pesata dei filtri), la temperatura che vige all'interno dell'ambiente di laboratorio in questione;
- 2.1.5. "condensa", la precipitazione di componenti contenenti acqua da una fase gassosa a una fase liquida;
- 2.1.6. "strategia ausiliaria di controllo delle emissioni" o "AECS", strategia di controllo delle emissioni che quando si attiva modifica temporaneamente la strategia di base di controllo delle emissioni (BECS) per un determinato scopo e in risposta a una serie di condizioni ambientali e/o di funzionamento specifiche, e che resta attiva finché tali condizioni perdurano;
- 2.1.7. "strategia di base per il controllo delle emissioni" o "BECS", strategia di controllo delle emissioni che è attiva negli intervalli di coppia e di regime ai quali funziona il motore, a condizione che non sia attiva la strategia ausiliaria di controllo delle emissioni (AECS);
- 2.1.8. "taratura", il processo di regolazione della risposta del sistema di misurazione finalizzato a fare in modo che il risultato si situi all'interno di una fascia di segnali di riferimento. Si differenzia da "verifica";
- 2.1.9. "gas di taratura", miscela di gas purificata utilizzata per tarare gli analizzatori di gas.
- 2.1.10. "motore ad accensione spontanea", motore che funziona in base al principio dell'accensione per compressione;
- 2.1.11. "motore a regime costante", motore la cui omologazione è limitata al funzionamento a regime costante, con esclusione dei motori che non dispongono di una funzione di regolazione del regime costante, oppure che hanno tale funzione disattivata. Può avere un regime minimo utilizzabile nelle fasi di avvio o di arresto e può essere provvisto di un regolatore impostabile su un altro regime quando il motore è spento;

- 2.1.12. "ciclo di prova stazionario non stradale a regime costante" (di seguito "NRSC a regime costante"), uno qualsiasi dei seguenti cicli di prova non stradali in regime stazionario definiti nell'allegato 4, appendice A.6, del presente regolamento: D2, G1, G2 o G3;
- 2.1.13. "funzionamento a regime costante", il funzionamento di un motore con un regolatore che controlla automaticamente la richiesta dell'operatore in modo da mantenere costante il regime del motore anche se cambia il carico;
- 2.1.14. "basamento" del motore, gli spazi delimitati, nel motore o al suo esterno, collegati alla coppa dell'olio da condotti interni o esterni, attraverso i quali possono essere emessi gas e vapori;
- 2.1.15. "strategia di manomissione", strategia di controllo delle emissioni che riduce l'efficacia del sistema di controllo delle emissioni in condizioni ambientali o di funzionamento del motore tipiche del normale funzionamento delle macchine o estranee alle procedure di prova per l'omologazione;
- 2.1.16. "sistema DeNO_x", sistema di post-trattamento dei gas di scarico avente il compito di ridurre le emissioni di ossidi di azoto (NO_x) [ad es. catalizzatori passivi e attivi per NO_x con funzionamento in magro, assorbitori di NO_x e sistemi di riduzione catalitica selettiva (SCR)];
- 2.1.17. "fattori di deterioramento", la serie di fattori che esprimono il rapporto tra emissioni all'inizio e alla fine del periodo di durabilità delle emissioni;
- 2.1.18. "punto di rugiada", la misurazione dell'umidità indicata come temperatura di equilibrio a cui l'acqua si condensa a una data pressione dall'aria umida con una data umidità assoluta. Il punto di rugiada è indicato come una temperatura in °C o K ed è valido solo per la pressione a cui viene misurato;
- 2.1.19. "deriva", la differenza tra un segnale zero o di taratura e il valore rispettivo indicato da uno strumento di misurazione immediatamente dopo il suo utilizzo in una prova delle emissioni, a condizione che lo zero e lo span dello strumento siano stati tarati subito prima dell'esecuzione della prova;
- 2.1.20. "motore dual-fuel" (a doppia alimentazione), motore progettato per funzionare contemporaneamente con un carburante liquido e un carburante gassoso; i due carburanti vengono dosati separatamente, e il quantitativo consumato di uno dei due carburanti rispetto all'altro è suscettibile di variazioni a seconda del funzionamento;
- 2.1.21. "modalità dual-fuel", la normale modalità di funzionamento di un motore a doppia alimentazione durante la quale, in determinate condizioni di funzionamento, il motore usa contemporaneamente carburante liquido e carburante gassoso;
- 2.1.22. "centralina" o "centralina elettronica", il dispositivo elettronico del motore facente parte del sistema di controllo delle emissioni che usa i dati dei sensori del motore per controllare i parametri del motore;
- 2.1.23. "sistema di controllo delle emissioni", qualsiasi dispositivo, sistema o elemento di progetto che controlla o riduce le emissioni di inquinanti regolamentati dal motore;
- 2.1.24. "strategia di controllo delle emissioni", elemento (o serie di elementi) di tipo progettuale integrato nel progetto generale di un motore, o della macchina mobile non stradale su cui è installato il motore, che viene utilizzato per il controllo delle emissioni;
- 2.1.25. "periodo di durabilità delle emissioni" o "PDE", il numero di ore o, se del caso, la distanza utilizzato/a per determinare i fattori di deterioramento;

- 2.1.26. "utilizzatore finale", la persona fisica o giuridica, diversa dal costruttore o dall'OEM, che è responsabile del funzionamento del motore installato su una macchina mobile non stradale o su un veicolo di categoria T;
- 2.1.27. "famiglia di motori", gruppo di tipi di motore stabilito dal costruttore che, per la loro concezione, presentano caratteristiche di emissione dei gas di scarico simili e rispettano i valori limite di emissione applicabili;
- 2.1.28. "regime regolato del motore", il regime di funzionamento del motore quando regolato dal regolatore;
- 2.1.29. "data di produzione del motore", la data, espressa in mese e anno, in cui il motore supera il controllo finale dopo essere uscito dalla linea di produzione ed è pronto per essere consegnato o immagazzinato;
- 2.1.30. "tipo di motore", gruppo di motori che non differiscono fra loro per quanto riguarda aspetti essenziali quali le caratteristiche di cui all'allegato 10 del presente regolamento UNECE;
- 2.1.31. "messa in servizio" o "entrata in servizio", il primo utilizzo, per le finalità previste, di un veicolo di categoria T nel territorio di competenza di una parte contraente;
- 2.1.32. "sistema di post-trattamento dei gas di scarico", il catalizzatore, il filtro antiparticolato, il sistema deNO_x o qualsiasi altro dispositivo di riduzione delle emissioni montato a valle del motore, compresa ogni combinazione di sistemi che condividono gli stessi componenti fisici. In questa definizione non rientrano il sistema di ricircolo dei gas di scarico (EGR) e i turbocompressori, che sono considerati parte integrante del motore;
- 2.1.33. "ricircolo dei gas di scarico" o "EGR", dispositivo tecnico facente parte del sistema di controllo delle emissioni che riduce le emissioni reincanalando i gas di scarico espulsi dalla camera o dalle camere di combustione nel motore per miscelarli con l'aria in entrata prima o durante la combustione, fatta eccezione per l'impiego della fasatura delle valvole per aumentare la quantità di gas di scarico residui nella camera o nelle camere di combustione miscelati con l'aria in entrata prima o durante la combustione;
- 2.1.34. "diluizione a flusso totale", il metodo di miscelazione del flusso dei gas di scarico con aria di diluizione prima della separazione di una parte del flusso di gas di scarico diluiti per l'analisi;
- 2.1.35. "carburante gassoso", qualsiasi carburante interamente gassoso in condizioni ambientali standard (298 K, pressione ambientale assoluta di 101,3 kPa);
- 2.1.36. "inquinanti gassosi", i seguenti inquinanti allo stato gassoso emessi da un motore: monossido di carbonio (CO), idrocarburi (HC) totali e ossidi di azoto (NO_x); gli NO_x sono formati da ossido nitrico (NO) e biossido di azoto (NO₂), espresso in equivalenti di NO₂;
- 2.1.37. "gruppo elettrogeno", macchina mobile non stradale indipendente non facente parte di un gruppo propulsore, destinata principalmente alla produzione di energia elettrica;
- 2.1.38. "GER" (Gas Energy Ratio - indice energetico del gas), nel caso dei motori dual-fuel, il rapporto del contenuto energetico apportato dal carburante gassoso rispetto al contenuto energetico dei due carburanti. Nel caso dei motori monocarburante, il GER è definito come 1 o 0 a seconda del tipo di carburante;
- 2.1.39. "buona pratica ingegneristica", valutazioni basate su principi scientifici e tecnici generalmente accettati e sulle informazioni pertinenti disponibili;
- 2.1.40. "regolatore", dispositivo o strategia di controllo che regola automaticamente il regime o il carico del motore, diverso da un limitatore di velocità del tipo installato sui motori della categoria NRSh, che limita il regime massimo del motore con il solo scopo di evitare che il regime superi un determinato limite;
- 2.1.41. "motore portatile ad accensione comandata", motore ad accensione comandata con potenza di riferimento inferiore a 19 kW usato su uno strumento che soddisfa almeno una delle seguenti condizioni:

a) è portato dall'operatore per tutta la durata della funzione o delle funzioni cui è adibito;

- b) per svolgere la funzione o le funzioni cui è adibito opera in diverse posizioni, ad esempio capovolto o di lato;
- c) il suo peso a secco, comprensivo del motore, è inferiore a 20 kg e si è in presenza di almeno una delle seguenti condizioni:
- i) l'operatore sostiene fisicamente lo strumento oppure lo porta per tutta la durata della funzione o delle funzioni cui questo è adibito;
 - ii) l'operatore sostiene fisicamente lo strumento o lo comanda per tutta la durata della funzione o delle funzioni cui questo è adibito;
 - iii) è utilizzato in un generatore o in una pompa;
- 2.1.42. "filtro HEPA", filtri antiparticolato ad alta efficienza che raggiungono un'efficienza minima iniziale di rimozione del particolato del 99,97 % conformemente alla norma ASTM F 1471-93;
- 2.1.43. "alto regime" o " n_{hi} ", il regime più alto del motore al quale si ottiene il 70 % della potenza massima;
- 2.1.44. "regime minimo", il regime più basso del motore con carico minimo (pari o superiore a carico zero) quando il regime del motore è regolato da un regolatore. Per i motori privi di una funzione di regolazione che controlli il regime minimo, per regime minimo si intende il valore dichiarato dal costruttore per il più basso regime possibile del motore con carico minimo. Si noti che il regime minimo a caldo è il regime minimo di un motore riscaldato;
- 2.1.45. "prima messa in servizio":
- a) la prima immatricolazione, qualora quest'ultima sia obbligatoria, oppure
 - b) l'immissione sul mercato, se l'immatricolazione è obbligatoria soltanto per la circolazione su strada del veicolo;
- 2.1.46. "motore a combustione interna" o "motore", convertitore di energia, diverso da una turbina a gas, avente la funzione di trasformare l'energia chimica in entrata in energia meccanica in uscita mediante un processo di combustione interna. Comprende, quando presenti, il sistema di controllo delle emissioni e l'interfaccia di comunicazione (hardware e messaggi) tra una o più centraline elettroniche di controllo del motore e qualsiasi altra centralina di controllo del gruppo propulsore del veicolo di categoria T o della macchina mobile non stradale necessaria per la conformità al presente regolamento;
- 2.1.47. "fattore di spostamento λ " o " S_λ ", espressione che descrive la flessibilità richiesta a un sistema di gestione del motore relativamente alla capacità di variare il rapporto di eccesso d'aria λ quando il motore è alimentato da una composizione di gas diversa dal metano puro;
- 2.1.48. "carburante liquido", carburante allo stato liquido in condizioni ambientali standard (298 K, pressione ambientale assoluta di 101,3 kPa);
- 2.1.49. "modalità a carburante liquido", la normale modalità di funzionamento di un motore dual-fuel, durante la quale il motore non utilizza un carburante gassoso in nessuna delle sue condizioni di funzionamento;
- 2.1.50. "basso regime" o " n_{lo} ", il regime più basso del motore al quale si ottiene il 50 % della potenza massima;
- 2.1.51. "messa a disposizione sul mercato", la fornitura di un motore o di una macchina mobile non stradale per la sua distribuzione o il suo utilizzo sul mercato di una parte contraente nell'ambito di un'attività commerciale, a titolo oneroso o gratuito;
- 2.1.52. "costruttore" (o "fabbricante"), persona fisica o giuridica che è responsabile di fronte all'autorità di omologazione di tutti gli aspetti relativi all'omologazione del motore, nonché della conformità di produzione del motore, indipendentemente dal fatto che sia o no direttamente coinvolto in tutte le fasi della progettazione e della fabbricazione del motore oggetto del procedimento di omologazione;
- 2.1.53. "mandatario" o "rappresentante" del costruttore, persona fisica o giuridica, stabilita nel territorio della parte contraente, che è stata debitamente nominata dal costruttore, mediante mandato scritto, per rappresentarlo dinanzi all'autorità di omologazione della parte contraente e per agire per suo conto negli ambiti disciplinati dal presente regolamento;
- 2.1.54. "potenza massima netta", il valore massimo della potenza netta sulla curva di potenza a pieno carico nominale per il tipo di motore;

- 2.1.55. "regime di coppia massima", il regime al quale si ottiene la coppia massima del motore indicata dal costruttore;
- 2.1.56. "potenza netta", la potenza in "kW" ottenuta al banco di prova all'estremità dell'albero a gomiti, o al suo equivalente, misurata secondo il metodo descritto nel regolamento UNECE n. 120 sulla misurazione della potenza netta, della coppia netta e del consumo specifico di carburante dei motori a combustione interna per i trattori agricoli e forestali e per le macchine mobili non stradali;
- 2.1.57. "macchina mobile non stradale", qualsiasi macchina mobile, apparecchiatura trasportabile o veicolo, con o senza carrozzeria o ruote, non destinata al trasporto di passeggeri o merci su strada, comprese le macchine installate sul telaio di veicoli destinati al trasporto su strada di passeggeri o di merci;
- 2.1.58. "emissioni del carter" o "emissioni del basamento aperto", ogni flusso del basamento del motore che viene emesso direttamente nell'ambiente;
- 2.1.59. "richiesta dell'operatore", ogni intervento dell'operatore finalizzato a regolare la potenza del motore;
- 2.1.60. "costruttore di apparecchiature originali" o "OEM", qualsiasi persona fisica o giuridica che fabbrichi macchine mobili non stradali o veicoli di categoria T;
- 2.1.61. "motore capostipite", tipo di motore selezionato all'interno di una famiglia di motori in modo che le sue caratteristiche di emissione siano rappresentative di tale famiglia;
- 2.1.62. "sistema di post-trattamento del particolato", sistema di post-trattamento dei gas di scarico che riduce le emissioni di particolato inquinante mediante separazione meccanica o aerodinamica, per diffusione o per inerzia;
- 2.1.63. "diluizione a flusso parziale", il metodo di analisi dei gas di scarico in base al quale una parte del flusso totale dei gas di scarico viene separata e successivamente miscelata con una quantità opportuna di aria di diluizione a monte del filtro di campionamento del particolato;
- 2.1.64. "numero di particelle" o "PN", il numero di particelle solide, aventi diametro superiore a 23 nm, emesse da un motore;
- 2.1.65. "particolato" (PM), qualsiasi materiale raccolto su un materiale filtrante specifico dopo la diluizione del gas di scarico del motore con aria filtrata e pulita in modo che la temperatura non superi i 325 K (52°C);
- 2.1.66. "particolato inquinante", qualsiasi sostanza emessa da un motore che viene misurata in PM o PN;
- 2.1.67. "carico percentuale", la frazione della coppia massima disponibile a un dato regime del motore;
- 2.1.68. "permanentemente installato", imbullonato o altrimenti fissato in maniera efficace, in modo da non poter essere rimosso senza l'impiego di utensili o attrezzi, su una base o un altro mezzo vincolante che fa sì che il motore possa funzionare in un unico sito in un edificio, una struttura, un impianto o un'installazione;
- 2.1.69. "immissione sul mercato", la prima messa a disposizione, sul mercato di una parte contraente, di un motore o di una macchina mobile non stradale. Per i veicoli di categoria T, con "immissione sul mercato" si intende la prima messa in servizio del veicolo;
- 2.1.70. "sonda", la prima sezione della linea di trasferimento del campione al componente successivo del sistema di campionamento;
- 2.1.71. "potenza nominale netta", la potenza netta in kW dichiarata dal costruttore di un motore al regime di rotazione nominale;
- 2.1.72. "regime nominale", il regime massimo a pieno carico consentito dal regolatore di un motore secondo il progetto del costruttore oppure, in assenza di un tale regolatore, il regime al quale il motore raggiunge la potenza massima netta indicata dal costruttore;
- 2.1.73. "reagente", qualsiasi sostanza di consumo o non recuperabile necessaria al buon funzionamento del sistema di post-trattamento dei gas di scarico e utilizzata per questa finalità;
- 2.1.74. "potenza di riferimento", la potenza netta utilizzata per determinare i valori limite di emissione applicabili per il motore;

- 2.1.75. "rigenerazione", evento durante il quale il livello delle emissioni cambia, mentre le prestazioni del sistema di post-trattamento dei gas di scarico sono ripristinate secondo i parametri di progettazione; tale evento può essere classificato come rigenerazione continua o rigenerazione non frequente (periodica);
- 2.1.76. "modalità di servizio", modalità particolare di un motore dual-fuel che viene attivata a scopo di riparazione o per spostare la macchina mobile non stradale verso un luogo sicuro quando non è possibile il funzionamento nella modalità a doppia alimentazione;
- 2.1.77. "motore AC", motore che funziona in base al principio dell'accensione comandata ("AC");
- 2.1.78. "veicolo side-by-side" o "SbS", veicolo semovente non articolato, guidato da un operatore, macchina mobile non stradale non articolata o veicolo di categoria T destinato principalmente a viaggiare su superfici non pavimentate su quattro o più ruote, avente una massa a vuoto in ordine di marcia di almeno 300 kg (comprensiva del peso di dotazioni standard, refrigerante, lubrificanti, carburante e attrezzature, ma non degli accessori opzionali e del conducente) e una velocità massima di progetto non inferiore a 25 km/h; tale veicolo è concepito altresì per il trasporto di persone e/o di merci e/o per tirare e spingere attrezzature, è guidato servendosi di un dispositivo diverso da un manubrio, è destinato a scopi ricreativi o commerciali e non trasporta più di sei persone, compreso il conducente, che siedono vicine su uno o più sedili diversi dai sedili sui quali ci si siede a cavalcioni;
- 2.1.79. "motore monocarburante", motore non dual-fuel;
- 2.1.80. "motoslitta", macchina semovente destinata a viaggiare fuori strada essenzialmente sulla neve, che si muove su cingoli a contatto con la neve e utilizza uno o più sci a contatto con la neve per cambiare la direzione del moto, avente una massa a vuoto in ordine di marcia non superiore a 454 kg (comprensiva di dotazioni standard, refrigerante, lubrificanti, carburante e attrezzature, ma non degli accessori opzionali e del conducente);
- 2.1.81. "tarare lo span" di uno strumento, regolare uno strumento in modo che dia una risposta corretta a uno standard di taratura che rappresenti tra il 75 e il 100 % del valore massimo dell'intervallo dello strumento o dell'intervallo d'uso previsto;
- 2.1.82. "gas di span", una miscela di gas purificata utilizzata per tarare lo span degli analizzatori di gas.
- 2.1.83. "emissioni specifiche", le emissioni massiche espresse in g/kWh;
- 2.1.84. "macchina fissa", macchina destinata a essere installata in modo permanente in un sito per il suo primo impiego e a non essere spostata, su strada o con altro modo di trasporto, tranne che al momento della spedizione dal luogo di fabbricazione al luogo della prima installazione;
- 2.1.85. "ciclo di prova stazionario", ciclo di prova in cui il regime e la coppia del motore sono mantenuti in uno spettro limitato di valori nominalmente costanti; le prove in stato stazionario sono prove in modalità discreta o con rampe di transizione (RMC);
- 2.1.86. "stechiometrico", riguardante il particolare rapporto di aria e carburante, in base al quale non rimarrebbe né carburante né ossigeno se il carburante fosse completamente ossidato;
- 2.1.87. "mezzo di stoccaggio", filtro antiparticolato, sacchetto per campioni o ogni altro dispositivo utilizzato per il campionamento per lotti;
- 2.1.88. "manomissione", la disattivazione, l'adattamento o la modifica del sistema di controllo delle emissioni, compresi eventuali software o altri elementi logici di controllo di tale sistema, che, intenzionalmente o meno, possa causare il deterioramento delle prestazioni del motore in fatto di emissioni;
- 2.1.89. "ciclo di prova", sequenza di punti di prova, ciascuna con un regime e una coppia definiti, cui viene sottoposto il motore in sede di prova in condizioni operative stazionarie o transitorie;
- 2.1.90. "intervallo di prova", il periodo di tempo in cui vengono determinate le emissioni specifiche al banco frenato;
- 2.1.91. "tolleranza", l'intervallo in cui deve essere compreso il 95 % di una serie di valori registrati di una determinata quantità, mentre il restante 5 % dei valori registrati devia dall'intervallo di tolleranza;
- 2.1.92. "ciclo di prova transitorio", ciclo di prova con una sequenza di valori di regime e di coppia normalizzati, che variano di secondo in secondo;

- 2.1.93. "omologazione", il procedimento con cui un'autorità di omologazione certifica che un tipo o una famiglia di motori possiede i requisiti tecnici e soddisfa le disposizioni amministrative pertinenti del presente regolamento;
- 2.1.94. "aggiornamento-registrazione", la frequenza con cui l'analizzatore fornisce nuovi valori aggiornati;
- 2.1.95. "motore a regime variabile", motore non a regime costante;
- 2.1.96. "ciclo di prova stazionario non stradale a regime variabile" (di seguito "NRSC a regime variabile"), ciclo di prova stazionario non stradale diverso dall'NRSC a regime costante;
- 2.1.97. "verifica", valutazione finalizzata a determinare se i risultati di un sistema di misurazione concordano con una serie di segnali di riferimento applicati entro una o più soglie fissate per l'accettazione. Si differenzia da "taratura";
- 2.1.98. "sistema di post-trattamento del particolato a flusso a parete", sistema di post-trattamento del particolato in cui tutti i gas di scarico vengono convogliati verso una parete che filtra i corpi solidi;
- 2.1.99. "indice di Wobbe" o "W", il rapporto tra il corrispondente valore di potere calorifico di un gas per unità di volume e la radice quadrata della sua densità relativa nelle stesse condizioni di riferimento;

$$W = H_{gas} \times \sqrt{\frac{\rho_{air}}{\rho_{gas}}}$$

- 2.1.100. "taratura a zero", regolazione di uno strumento in modo che indichi un valore zero in risposta a uno standard di taratura zero, come l'azoto purificato o l'aria purificata;
- 2.1.101. "gas di zero", gas che produce un valore pari a zero quando immesso in un analizzatore.

2.2. Simboli e abbreviazioni

2.2.1. Simboli

I simboli sono spiegati nell'allegato 4, punto 3.2, mentre altri simboli specifici sono illustrati negli allegati corrispondenti.

2.2.2. Abbreviazioni

ASTM	American Society for Testing and Materials (Società americana per le prove e i materiali)
BMD	Mini dispositivo di diluizione a sacchetto
BSFC	Consumo di carburante al banco frenato
CFV	Tubo Venturi a flusso critico
CI	Accensione spontanea
CLD	Rivelatore a chemiluminescenza
CVS	Dispositivo di campionamento a volume costante
De NO _x	Sistema di post-trattamento degli NO _x
DF	Fattore di deterioramento
ECM	Modulo di controllo elettronico
EFC	Controllo elettronico del flusso
EGR	Ricircolo dei gas di scarico
FID	Rivelatore a ionizzazione di fiamma
GC	Gascromatografo

HCLD	Rivelatore a chemiluminescenza riscaldato
HFID	Rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato
IBP	Punto di ebollizione iniziale
ISO	Organizzazione internazionale per la standardizzazione
GPL	Gas di petrolio liquefatto
NDIR	Analizzatore a infrarossi non dispersivo
NDUV	Analizzatore a raggi ultravioletti non dispersivo
NIST	<i>National Institute of Standards and Technology</i> (Istituto nazionale per gli standard e la tecnologia, USA)
NMC	Dispositivo di eliminazione (cutter) degli idrocarburi non metanici
PDP	Pompa volumetrica
%FS	Percentuale rispetto al fondo scala
PFD	Diluizione a flusso parziale
PFS	Sistema a flusso parziale
PTFE	Politetrafluoroetilene (noto comunemente come Teflon™)
RMC	Ciclo modale con rampe di transizione
RMS	Valore quadratico medio
RTD	Rilevatore di temperatura resistivo
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i> (Società degli ingegneri automobilistici)
SSV	Tubo Venturi subsonico
UCL	Limite superiore di affidabilità
UFM	Flussometro a ultrasuoni

3. DOMANDA DI OMOLOGAZIONE DI UN TIPO DI MOTORE O DI UNA FAMIGLIA DI MOTORI

3.1. La domanda di omologazione di un tipo di motore o di una famiglia di motori per quanto riguarda il livello delle emissioni di inquinanti gassosi e di particolato deve essere presentata dal produttore del motore o da un suo mandatario.

3.2. Il richiedente deve trasmettere all'autorità di omologazione la documentazione informativa comprendente:

- a) un documento informativo recante un elenco di carburanti di riferimento e, ove richiesto dal costruttore, di tutti gli altri carburanti, miscele di carburanti o emulsioni di carburanti di cui al punto 5.1.3, descritti conformemente all'allegato 6 del presente regolamento;
- b) tutti i dati, i disegni, le fotografie e le altre informazioni pertinenti in relazione al tipo di motore o, ove applicabile, al motore capostipite;
- c) ogni ulteriore informazione richiesta dall'autorità di omologazione nel contesto della procedura di presentazione della domanda di omologazione;
- d) una descrizione del tipo di motore e, ove applicabile, i dettagli relativi alla famiglia di motori di cui all'allegato 10 del presente regolamento.

- 3.3. La documentazione informativa può essere fornita in formato cartaceo o in un formato elettronico accettato dal servizio tecnico e dall'autorità di omologazione.
- 3.3.1. Le domande presentate su carta devono essere in triplice copia. Gli eventuali disegni devono essere in scala adeguata e sufficientemente dettagliati, su fogli formato A4 o in un fascicolo formato A4. Le eventuali fotografie devono essere sufficientemente dettagliate.
- 3.4. Il costruttore deve mettere a disposizione del servizio tecnico responsabile dell'esecuzione delle prove di omologazione di cui al punto 5 un motore in possesso delle caratteristiche del tipo di motore o, nel caso di una famiglia di motori, del motore capostipite, di cui all'allegato 1, appendice A.3, del presente regolamento.
- 3.5. In caso di domanda di omologazione di una famiglia di motori, se il servizio tecnico stabilisce che il motore capostipite indicato nella domanda di omologazione presentata non corrisponde interamente alla famiglia di motori descritta nell'allegato 1, appendice A.3, il costruttore deve mettere a disposizione un motore capostipite alternativo e, laddove necessario, un ulteriore motore capostipite riconosciuto dal servizio tecnico come rappresentativo della famiglia di motori.

4. OMOLOGAZIONE

- 4.1. Si rilascia l'omologazione del tipo di motore o della famiglia di motori se il motore presentato per l'omologazione a norma del punto 3 del presente regolamento è conforme alle disposizioni di cui al seguente punto 5. L'autorità di omologazione emette la relativa notifica come indicato nell'allegato 2.

Per chiarezza e per facilitare l'accesso ai dati pertinenti, la notifica deve recare un *addendum* in cui siano contenute le informazioni più importanti relativamente al tipo o alla famiglia di motori in questione.

Per poter far omologare un tipo o una famiglia di motori, il costruttore è tenuto a dimostrare la conformità del tipo o della famiglia di motori in questione con le disposizioni dei punti 5, 6, 8 e degli allegati 4, 7, 8, 9 e 10 del presente regolamento. In considerazione dell'appendice 4 del presente regolamento, il costruttore deve anche garantire l'utilizzo di carburanti di riferimento indicati nell'allegato 6.

Inoltre, per ottenere l'omologazione di un veicolo con un motore omologato relativamente alle emissioni o di un veicolo relativamente alle emissioni, il costruttore deve garantire la conformità con le prescrizioni per il montaggio di cui al punto 6.

- 4.2. Se il costruttore consente l'uso di carburanti disponibili in commercio che non corrispondono ai carburanti di riferimento indicati nell'allegato 6, si applicano le disposizioni dell'appendice 4 del presente regolamento.
- 4.3. Marchi di omologazione ed etichette per motori
- 4.3.1. A ciascun tipo o famiglia di motori omologati deve essere assegnato un numero di omologazione. Le prime due cifre di tale numero devono indicare la serie di modifiche comprendenti le principali e più recenti modifiche tecniche apportate al presente regolamento alla data di rilascio dell'omologazione. Il numero di omologazione deve essere seguito dal codice di identificazione della categoria del motore specifico della categoria o sottocategoria di motore in questione, di cui all'allegato 3, appendice A.1, tabella 1. Quindi devono seguire una barra ("/") e il codice del tipo di carburante applicabile, di cui all'allegato 3, appendice A.1, tabella 2. Nel caso dei motori dual-fuel occorre aggiungere il suffisso Dual-fuel pertinente, indicante il carburante gassoso, di cui all'allegato 3, appendice A.1, tabella 3. Una parte contraente non può assegnare lo stesso numero a un altro tipo o a un'altra famiglia di motori.
- 4.3.2. La notifica del rilascio, dell'estensione o del rifiuto dell'omologazione di un tipo o di una famiglia di motori a norma del presente regolamento deve essere comunicata alle parti dell'accordo del 1958 che applicano il presente regolamento per mezzo di una scheda conforme al modello di cui all'allegato 2 del presente regolamento. Nella notifica devono essere indicati anche i valori misurati durante la prova.
- 4.3.3. Su tutti i motori conformi al tipo di motore omologato o alla famiglia di motori omologata a norma del presente regolamento va apposto in maniera ben visibile e in posizione facilmente accessibile un marchio di omologazione internazionale composto da:
- 4.3.3.1. un cerchio al cui interno è iscritta la lettera "E" seguita dal numero distintivo del paese che ha rilasciato l'omologazione;⁽²⁾
- 4.3.3.2. il numero del presente regolamento seguito dalla lettera "R", da un trattino e dal numero di omologazione, posti alla destra del cerchio di cui al punto 4.3.3.1.

⁽²⁾ I numeri distintivi delle parti contraenti dell'accordo del 1958 si trovano nell'allegato 3 della Risoluzione consolidata sulla costruzione dei veicoli (R.E.3), documento ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.6, allegato 3 - www.unece.org/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29gen/wp29resolutions.html

- 4.3.4. Se il motore è conforme a un tipo o a una famiglia omologato a norma di uno o più regolamenti allegati all'accordo, nel paese in cui è stata rilasciata l'omologazione a norma del presente regolamento non è necessario ripetere il simbolo prescritto. In tale caso, i numeri del regolamento e di omologazione e i simboli supplementari di tutti i regolamenti applicati per l'omologazione a norma del presente regolamento devono essere riportati in colonne verticali a destra del simbolo di cui al punto 4.3.3.1.
- 4.3.5. Il marchio di omologazione deve essere collocato sulla targhetta dei dati apposta dal costruttore sul tipo omologato, oppure accanto ad essa.
- 4.3.6. Qualora la marcatura regolamentare non sia visibile senza che debbano essere rimosse delle parti, il costruttore del veicolo deve apporre sui veicoli di categoria T e sulle macchine mobili non stradali, in maniera ben visibile, un duplicato della marcatura fornita dal costruttore.
- 4.3.7. Nell'allegato 3 del presente regolamento sono riportati esempi di marchi di omologazione.
- 4.3.8. Oltre al marchio di omologazione, i motori omologati devono recare le seguenti marcature:
- il marchio o il nome commerciale del costruttore del motore e l'indirizzo al quale il costruttore può essere contattato;
 - la designazione attribuita dal costruttore al tipo o alla famiglia di motori, qualora il tipo di motore in questione appartenga a una famiglia;
 - il numero di identificazione unico del motore;
 - la data di produzione del motore quale definita al punto 2.1.29 del presente regolamento.
- 4.3.9. Metodo di applicazione della marcatura regolamentare
- 4.3.9.1. La marcatura regolamentare deve essere apposta su una parte del motore necessaria per il normale funzionamento dello stesso e in linea di massima non deve mai essere sostituita per tutta la vita del motore.
- 4.3.9.2. La marcatura deve essere apposta in modo tale da durare per tutto il periodo di durabilità delle emissioni del motore e deve essere leggibile e indelebile.
- 4.3.9.3. Nel caso siano usate etichette o targhette, queste devono essere apposte in modo da non poter essere rimosse senza essere distrutte o alterate.
- 4.4. L'autorità di omologazione deve riunire in un unico "fascicolo di omologazione" la documentazione informativa, il verbale di prova e tutti gli altri documenti aggiunti a tale documentazione dal servizio tecnico o dall'autorità di omologazione nell'esercizio delle loro funzioni. Il fascicolo di omologazione deve contenere un indice che ne presenti il contenuto, con un'adeguata numerazione o contrassegnato in modo che si individuino chiaramente tutte le pagine e il formato di ciascun documento, così che vi siano registrate le fasi successive alla procedura di omologazione, in particolare le date delle revisioni e degli aggiornamenti.
- L'autorità di omologazione deve fare in modo che le informazioni contenute nel fascicolo di omologazione siano disponibili per un periodo di almeno 25 anni dopo la fine della validità dell'omologazione in questione.
5. PRESCRIZIONI E PROVE
- 5.1. Aspetti generali
- I motori devono essere progettati, fabbricati e montati in modo da soddisfare le disposizioni del presente regolamento.
- 5.1.1. I provvedimenti tecnici presi dal costruttore devono garantire che le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato inquinante siano effettivamente limitate, conformemente alle disposizioni dell'appendice 2 del presente regolamento, per tutto il periodo di durabilità delle emissioni del motore nelle normali condizioni d'uso.
- 5.1.1.1. A questo fine, il risultato finale della prova delle emissioni del motore calcolato in conformità alle disposizioni del punto 5.1.2 non deve superare i limiti di emissione dei gas di scarico di cui all'appendice 2 del presente regolamento quando:
- la prova si svolge nel rispetto delle condizioni e delle procedure tecniche dettagliate di cui all'allegato 4 del presente regolamento;

- b) vengono utilizzati uno o più carburanti fra quelli indicati al punto 5.1.3;
- c) vengono svolti i cicli di prova di cui all'allegato 4, appendice A.6, del presente regolamento.
- 5.1.2. I risultati finali delle prove delle emissioni di gas di scarico per i motori oggetto del presente regolamento sono calcolati applicando quanto segue ai risultati delle prove di laboratorio:
- a) le emissioni di gas dal basamento come prescritto in base al punto 5.7;
- b) gli eventuali fattori di aggiustamento, qualora il motore sia dotato di un sistema di post-trattamento dei gas di scarico a rigenerazione periodica;
- c) per tutti i motori, come ultimo passaggio del calcolo, i fattori di deterioramento adeguati ai periodi di durabilità delle emissioni di cui all'appendice 2 del presente regolamento, calcolati in conformità alle prescrizioni dell'allegato 8.
- 5.1.3. Conformemente all'appendice 4 del presente regolamento, le prove su tipi o famiglie di motori finalizzate a stabilirne la conformità ai limiti di emissione fissati dal presente regolamento devono essere svolte utilizzando i seguenti carburanti di riferimento o, se del caso, le seguenti combinazioni di carburanti:
- a) diesel;
- b) benzina;
- c) miscela benzina/gasolio per i motori a due tempi ad accensione comandata;
- d) gas naturale/biometano;
- e) gas di petrolio liquefatto (GPL);
- f) etanolo.
- Il tipo o la famiglia di motori deve inoltre rispettare i limiti di emissione di gas di scarico stabiliti nel presente regolamento per quanto riguarda gli altri carburanti, miscele di carburanti o emulsioni di carburanti specificati inclusi da un costruttore in una domanda di omologazione e descritti nell'allegato 4 del presente regolamento.
- 5.1.4. Per quanto riguarda l'esecuzione delle prove e delle misurazioni, devono essere soddisfatte le prescrizioni tecniche per quanto riguarda:
- a) gli apparecchi e le procedure per l'esecuzione delle prove;
- b) gli apparecchi e le procedure per la misurazione delle emissioni e il campionamento;
- c) i metodi di valutazione dei dati e i calcoli;
- d) i metodi di determinazione dei fattori di deterioramento;
- e) i metodi con cui sono tenute in considerazione le emissioni di gas dal basamento;
- f) i metodi con cui sono determinate e tenute in considerazione la rigenerazione continua o la rigenerazione periodica dei sistemi di post-trattamento dei gas di scarico;
- g) per quanto riguarda i motori a controllo elettronico delle categorie NRE e NRG conformi ai limiti di emissione di cui all'appendice 2 del presente regolamento e che usano il controllo elettronico per determinare sia la quantità la fasatura di iniezione del carburante o per attivare, disattivare o modulare il sistema di controllo delle emissioni utilizzato per ridurre gli NO_x:
- i) strategie di controllo delle emissioni e documentazione necessaria per la loro dimostrazione;
- ii) misure di controllo degli NO_x e metodo utilizzato per la loro dimostrazione;

- iii) superficie associata al pertinente ciclo di prova in regime stazionario non stradale al cui interno viene controllato il valore consentito per il superamento dei limiti di emissione di cui all'appendice 2 del presente regolamento;
 - iv) selezione, da parte del servizio tecnico, di ulteriori punti di misurazione all'interno della superficie di controllo durante la prova al banco.
- 5.1.5. Qualsiasi intervento di regolazione, riparazione, smontaggio, pulitura o sostituzione di componenti o sistemi del motore, eseguito periodicamente allo scopo di evitare un malfunzionamento del motore, deve essere limitato a quanto tecnicamente necessario ad assicurare il corretto funzionamento del sistema di controllo delle emissioni, come stabilito all'allegato 8, punto 3.4.
- 5.2. Qualora, in base ai parametri per la definizione della famiglia di motori di cui all'allegato 10, una famiglia di motori preveda più di un intervallo di potenza, il motore capostipite (ai fini dell'omologazione) e tutti i tipi di motore che appartengono alla stessa famiglia (ai fini della conformità della produzione) devono, per quanto riguarda gli intervalli di potenza applicabili:
- a) rispettare i valori limite di emissione più rigorosi;
 - b) essere sottoposti a prova mediante cicli di prova corrispondenti ai valori limite di emissione più rigorosi;
 - c) essere soggetti alla prima delle date applicabili per l'omologazione e l'immissione sul mercato di cui al punto 12.
- 5.3. Devono essere soddisfatti i requisiti tecnici relativi alle strategie di controllo delle emissioni di cui all'allegato 9 del presente regolamento.
- 5.4. È proibito l'impiego di strategie di manomissione.
- 5.5. I tipi e le famiglie di motori devono essere progettati e muniti di strategie di controllo delle emissioni in modo tale che siano impediti, per quanto possibile, eventuali manomissioni. A tale proposito si applicano i punti 3 e 4 dell'allegato 9 e l'appendice A.3 dello stesso allegato 9.
- 5.6. Misurazioni e prove relative alla superficie associata al ciclo di prova stazionario non stradale
- 5.6.1. Prescrizioni generali

Il presente punto è valido per i motori a controllo elettronico delle categorie NRE e NRG conformi ai limiti di emissione di cui all'appendice 2 del presente regolamento e che usano il controllo elettronico per determinare sia la quantità sia la fasatura di iniezione del carburante o per attivare, disattivare o modulare il sistema di controllo delle emissioni utilizzato per ridurre gli NO_x.

In esso sono fissati i requisiti tecnici relativi alla superficie associata al pertinente ciclo NRSC al cui interno viene controllato il valore consentito per il superamento dei limiti di emissione di cui all'appendice 2 del presente regolamento.

Quando un motore è sottoposto a prova conformemente alle prescrizioni di cui al punto 5.6.4, le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato inquinante campionate in qualsiasi punto scelto a caso entro la superficie di controllo di cui al punto 5.6.2 non devono superare i limiti di emissione applicabili di cui all'appendice 2 del presente regolamento moltiplicati per il fattore 2,0.

Il punto 5.6.3 dispone che il servizio tecnico selezioni ulteriori punti di misurazione all'interno della superficie di controllo durante la prova delle emissioni al banco, al fine di verificare il rispetto delle prescrizioni di cui al punto 5.6.1.

Il costruttore può chiedere che, durante la dimostrazione di cui al punto 5.6.3, il servizio tecnico escluda punti di funzionamento di superfici di controllo, come stabilito al punto 5.6.2. Il servizio tecnico può concedere tale esclusione se il costruttore è in grado di dimostrare che il motore non è mai in grado di funzionare a tali punti quando è usato in una qualsiasi combinazione di macchina mobile non stradale o di veicolo della categoria T.

Nelle istruzioni di montaggio fornite dal costruttore agli OEM conformemente alle disposizioni dell'appendice 5 del presente regolamento devono essere indicati i limiti superiore e inferiore della superficie di controllo applicabile. Tali istruzioni devono inoltre recare una dichiarazione in cui sia precisato che l'OEM non deve montare il motore in modo che questo debba funzionare costantemente ed esclusivamente a combinazioni di regime e coppia al di fuori della superficie di controllo per la curva di coppia corrispondente al tipo o alla famiglia di motori omologato/a.

5.6.2. Superficie di controllo del motore

La superficie di controllo applicabile per lo svolgimento della prova sul motore deve essere la superficie individuata nel presente punto corrispondente al ciclo stazionario non stradale (NRSC) del motore sottoposto a prova.

5.6.2.1. Superficie di controllo per i motori sottoposti a prova con il ciclo NRSC C1

Questi motori operano a regime e carico variabile. A seconda della (sotto)categoria e del regime di funzionamento del motore si escludono diverse parti della superficie di controllo.

5.6.2.1.1. Motori a regime variabile della categoria NRE con potenza netta massima ≥ 19 kW e motori a regime variabile della categoria NRG

La superficie di controllo (cfr. fig. 1) è definita come segue:

limite superiore della coppia: curva di coppia a pieno carico;

intervallo di regime del motore: regime da A a n_{hi} ;

dove:

$$\text{regime A} = n_{lo} + 0,15 \cdot (n_{hi} - n_{lo});$$

$$n_{hi} = \text{alto regime (cfr. punto 2.1.43);}$$

$$n_{lo} = \text{basso regime (cfr. punto 2.1.50).}$$

Le seguenti condizioni di funzionamento del motore devono essere escluse dalla prova:

- a) punti inferiori al 30 % della coppia massima;
- b) punti inferiori al 30 % della potenza netta massima.

Se il regime misurato A si trova entro una fascia di ± 3 % rispetto al regime del motore dichiarato dal costruttore, si devono utilizzare i regimi dichiarati. Se tale tolleranza è superata per uno qualsiasi dei regimi di prova, si devono utilizzare i regimi misurati.

I punti di prova intermedi nell'ambito della superficie di controllo si determinano nel modo seguente:

% della coppia = percentuale della coppia massima;

$$\%speed = \frac{(n - n_{idle})}{(n_{100\%} - n_{idle})} \cdot 100$$

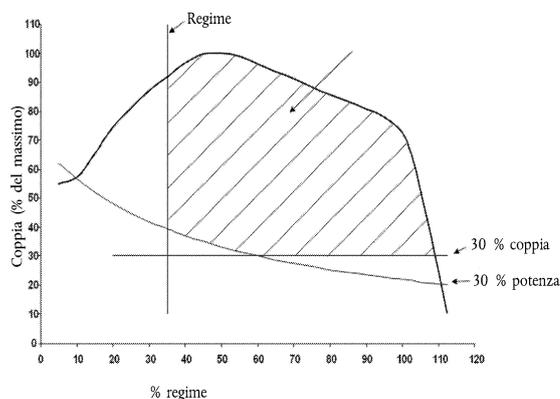
dove:

$n_{100\%}$ 100 % del regime per il ciclo di prova corrispondente;

n_{idle} regime minimo.

Figura 1.

Superficie di controllo per i motori a regime variabile della categoria NRE con potenza netta massima ≥ 19 kW e per i motori a regime variabile della categoria NRG



5.6.2.1.2. Motori a regime variabile della categoria NRE con potenza netta massima < 19 kW

Si applica la superficie di controllo di cui al punto 5.6.2.1.1, ma con l'ulteriore esclusione delle condizioni di funzionamento del motore indicate al presente punto e illustrate alle figure 2 e 3:

- solo per il particolato, se il regime C del motore è inferiore a 2400 giri/min: punti alla destra o al di sotto della linea formata unendo i punti relativi al 30 % della coppia massima o al 30 % della potenza netta massima, se maggiore, al regime B del motore e al 70 % della potenza netta massima ad alto regime;
- solo per il particolato, se il regime C del motore è superiore o pari a 2400 giri/min: punti alla destra della linea formata unendo i punti relativi al 30 % della coppia massima o al 30 % della potenza netta massima, se maggiore, al regime B del motore, al 50 % della potenza netta massima a 2400 giri/min e al 70 % della potenza netta massima ad alto regime.

dove:

$$\text{regime B del motore} = n_{l0} + 0,5 \cdot (n_{hi} - n_{l0});$$

$$\text{regime C del motore} = n_{l0} + 0,75 \cdot (n_{hi} - n_{l0}).$$

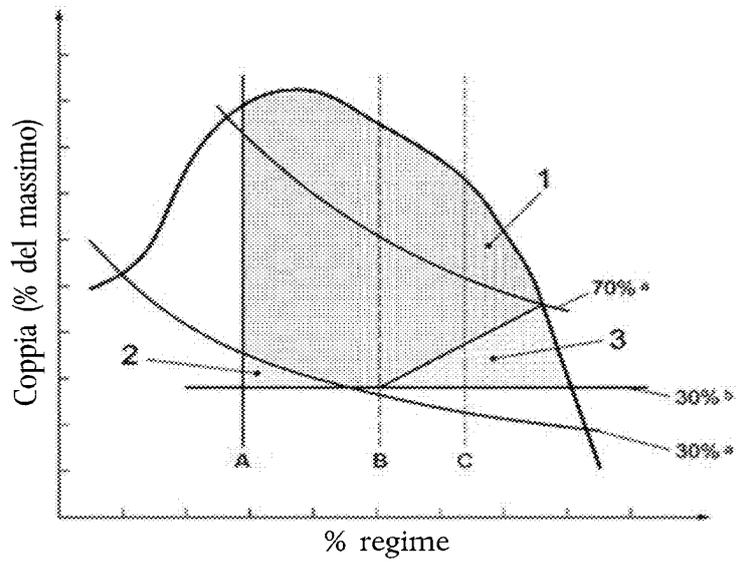
n_{hi} = alto regime (cfr. punto 2.1.43);

n_{l0} = basso regime (cfr. punto 2.1.50).

Se i regimi misurati A, B e C del motore corrispondono a ± 3 % dei regimi dichiarati dal costruttore, si devono utilizzare i regimi dichiarati. Se tale tolleranza è superata per uno qualsiasi dei regimi di prova, si devono utilizzare i regimi misurati. Figura 2. Superficie di controllo per i motori a regime variabile della categoria NRE con potenza netta massima < 19 kW e regime C < 2400 giri/minuto

Figura 2

Superficie di controllo per i motori a regime variabile della categoria NRE con potenza netta massima < 19 kW e regime C < 2 400 giri/minuto

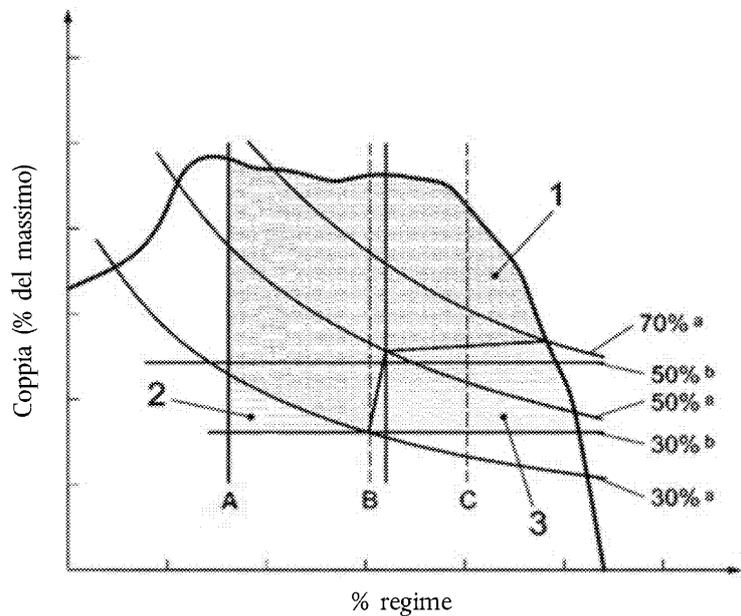


Legenda

- 1 Superficie di controllo del motore
- 2 Area di esclusione per tutte le emissioni
- 3 Area di esclusione per il particolato
- a Percentuale della potenza netta massima
- b Percentuale della coppia massima

Figura 3.

Superficie di controllo per i motori a regime variabile della categoria NRE con potenza netta massima < 19kW e regime C ≥ 2 400 giri/minuto



Legenda

- 1 Superficie di controllo del motore
- 2 Area di esclusione per tutte le emissioni
- 3 Area di esclusione per il particolato
- a Percentuale della potenza netta massima
- b Percentuale della coppia massima

5.6.2.2. Superficie di controllo per i motori sottoposti a prova con i cicli NRSC D2 e G2

Questi motori funzionano principalmente a un regime molto prossimo a quello di progettazione, pertanto la superficie di controllo è definita come:

regime del motore: 100 %;

intervallo della coppia: 50 % della coppia corrispondente alla potenza massima.

5.6.3. Prescrizioni relative alla dimostrazione

Per la prova, il servizio tecnico deve scegliere punti a caso del carico e del regime del motore situati all'interno della superficie di controllo. Per i motori soggetti al punto 5.6.2.1 devono essere scelti fino a tre punti. Per i motori soggetti al punto 5.6.2.2 deve essere scelto un punto. Il servizio tecnico deve stabilire anche, sempre casualmente, in che ordine i punti saranno sottoposti a prova. La prova deve essere condotta conformemente alle prescrizioni principali del ciclo NRSC, ma ogni punto di prova deve essere valutato separatamente.

5.6.3.1. Ai fini della selezione casuale di cui al punto 5.6.3 devono essere utilizzati metodi statistici di randomizzazione riconosciuti.

5.6.4. Prescrizioni per la prova

La prova deve essere eseguita immediatamente dopo il ciclo NRSC applicabile nel modo seguente:

- a) la prova dei punti della coppia e del regime scelti a caso deve essere eseguita, a seconda del caso, immediatamente dopo la sequenza di prova NRSC in modalità discreta di cui all'allegato 4, punto 7.8.1.2, lettere da a) a e), ma prima delle procedure successive alla prova di cui alla lettera f), oppure dopo la sequenza di prova con il ciclo di prova stazionario non stradale modale con rampe di transizione ("RMC") di cui all'allegato 4, punto 7.8.2.3, lettere da a) a d), ma prima delle procedure successive alla prova di cui alla lettera e);
- b) le prove devono essere eseguite conformemente alle disposizioni dell'allegato 4, punto 7.8.1.2, lettere da b) a e), utilizzando il metodo a filtri multipli (un filtro per ogni punto di prova) per ognuno dei punti di prova selezionati in conformità al punto 3;
- c) deve essere calcolato (in g/kWh o #/kWh, a seconda del caso) un valore di emissione specifico per ogni punto di prova;
- d) i valori di emissione possono essere calcolati in base alla massa, secondo le disposizioni dell'allegato 5, appendice A.1, oppure in base alla mole, conformemente all'allegato 5, appendice A.2, ma devono essere coerenti con il metodo usato per la prova NRSC in modalità discreta o per la prova RMC;
- e) per il calcolo della sommatoria delle emissioni gassose e, se del caso, del PN, nelle equazioni (A.5-64) o (A.5-136) e (A.5-180) si deve fissare a 1 il valore N_{mode} e si deve utilizzare per esso un fattore di ponderazione pari a 1;
- f) per i calcoli del particolato occorre utilizzare il metodo a filtri multipli; per il calcolo della sommatoria, nell'equazione (A.5-67) si deve fissare a 1 il valore N_{mode} e si deve utilizzare per esso un fattore di ponderazione pari a 1.

5.6.5. Rigenerazione

Nel caso in cui si verifichi un evento di rigenerazione durante la procedura di cui al punto 5.6.4 o immediatamente prima di essa, al termine di tale procedura la prova può essere annullata su richiesta del costruttore, indipendentemente dalla causa della rigenerazione. In questo caso la prova deve essere ripetuta. Si devono usare gli stessi punti della coppia e del regime, mentre l'ordine può essere modificato. Non si considera necessario ripetere i punti della coppia e del regime del motore per i quali, ai fini del superamento della prova, è già stato ottenuto un esito favorevole. Per ripetere la prova occorre seguire la procedura qui indicata:

- a) il motore deve funzionare in modo da garantire che sia completato l'evento di rigenerazione e, se del caso, che sia stato ripristinato il carico di particolato carbonioso nel sistema di post-trattamento del particolato;
- b) la procedura di riscaldamento del motore deve essere eseguita conformemente al punto 7.8.1.1 dell'allegato 4;
- c) la procedura di prova di cui al punto 5.6.4 deve essere ripetuta a cominciare dal punto 5.6.4, lettera b).

5.7. Verifica delle emissioni di gas dal basamento

5.7.1. I motori possono emettere gas dal basamento nello scarico a monte di qualsiasi dispositivo di post-trattamento durante tutto il funzionamento.

5.7.2. Le emissioni dal basamento che sono emesse direttamente nell'atmosfera devono essere aggiunte ai gas di scarico durante tutte le prove delle emissioni. A questo fine, il costruttore deve montare i motori in modo che tutte le emissioni dal basamento possano essere convogliate nel sistema di campionamento delle emissioni, conformemente alle disposizioni di cui all'allegato 4, punto 6.10, del presente regolamento.

6. MONTAGGIO SUL VEICOLO

6.1. Informazioni e istruzioni destinate agli OEM e agli utilizzatori finali

6.1.1. Il costruttore non deve fornire agli OEM o agli utilizzatori finali informazioni tecniche relative ai dati di cui al presente regolamento che differiscano dai dati omologati dall'autorità competente.

6.1.2. Il costruttore deve mettere a disposizione degli OEM tutte le informazioni pertinenti e le istruzioni necessarie per il corretto montaggio del motore sulla macchina mobile non stradale o sul veicolo di categoria T, compresa una descrizione di tutte le condizioni o restrizioni specifiche connesse al montaggio o all'uso del motore.

6.1.3. Il costruttore deve mettere a disposizione degli OEM tutte le informazioni pertinenti e le istruzioni necessarie destinate all'utilizzatore finale, compresa una descrizione di tutte le condizioni o restrizioni specifiche connesse all'uso del motore.

6.1.4. Il costruttore deve mettere a disposizione degli OEM il valore relativo alle emissioni di biossido di carbonio (CO₂) determinato nell'ambito della procedura di omologazione e deve comunicare agli OEM di trasmettere tali informazioni, unitamente a informazioni esplicative concernenti le condizioni di prova, all'utilizzatore finale della macchina mobile non stradale o del veicolo di categoria T sul quale è previsto che sia montato il motore.

6.1.5. Informazioni e istruzioni dettagliate destinate agli OEM di cui all'appendice 5 del presente regolamento.

6.2. Obblighi degli OEM in relazione al montaggio dei motori

6.2.1. Gli OEM devono montare su macchine mobili non stradali motori omologati seguendo le istruzioni fornite dal costruttore in conformità al punto 6.1.2 e in maniera da non determinare ripercussioni negative sulle prestazioni del motore per quanto concerne le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato inquinante.

6.2.2. Gli OEM che non si attengono alle istruzioni di cui al punto 6.2.1 o che modificano il motore, in occasione del montaggio dello stesso su una macchina mobile non stradale o su un veicolo della categoria T, in modo da determinare ripercussioni negative sulle prestazioni del motore per quanto concerne le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato inquinante sono considerati costruttori ai fini del presente regolamento e, in particolare, sono soggetti agli obblighi di cui agli articoli 5, 7, 8 e 9.

6.2.3. Gli OEM devono montare motori omologati su macchine mobili non stradali o su veicoli della categoria T esclusivamente in conformità ai tipi di uso esclusivo, per le categorie di motori, di cui al punto 1.1.

- 6.2.4. Qualora il marchio di omologazione del motore di cui all'allegato 3 non sia visibile senza rimuovere delle parti, l'OEM deve apporre, in un punto visibile della macchina mobile non stradale o del veicolo della categoria T, un duplicato, fornito dal costruttore, del marchio di cui al suddetto allegato e all'atto di esecuzione pertinente.
- 6.2.5. Informazioni e istruzioni dettagliate destinate agli utilizzatori finali di cui all'appendice 6 del presente regolamento.
7. FAMIGLIA DI MOTORI E TIPO DI MOTORE
- 7.1. Parametri che definiscono la famiglia di motori
- Per la determinazione della famiglia di motori, il costruttore dei motori deve rispettare i criteri di cui all'allegato 10.
- 7.2. Scelta del motore capostipite
- Il motore capostipite della famiglia di motori deve essere scelto in conformità alle prescrizioni di cui all'allegato 10.
- 7.3. Parametri che definiscono un tipo di motore
- Le caratteristiche tecniche di un tipo di motore devono corrispondere a quelle definite nella relativa scheda informativa conforme al modello di cui all'allegato 1, appendice A.3.
8. CONFORMITÀ DELLA PRODUZIONE
- 8.1. Ogni motore munito di marchio di omologazione ai sensi del presente regolamento deve essere realizzato in modo da risultare conforme, per quanto riguarda la descrizione riportata nella scheda di omologazione e nei relativi allegati, al tipo omologato. Le procedure di controllo della conformità della produzione devono essere conformi alle disposizioni che seguono, che comprendono le prescrizioni di cui all'accordo, scheda 1 (E/ECE/TRANS/505/Rev.3).
- 8.2. Definizioni
- Ai fini del presente punto si applicano le seguenti definizioni:
- 8.2.1. *"sistema di gestione della qualità"*: serie di elementi tra loro correlati o interagenti di cui si servono le organizzazioni per orientare e controllare il modo in cui vengono attuate le politiche di qualità e vengono conseguiti gli obiettivi di qualità;
- 8.2.2. *"audit"*: processo di raccolta di prove per valutare l'efficienza nell'applicazione dei criteri di audit; un audit deve essere oggettivo, imparziale e indipendente e il processo che lo accompagna deve essere sistematico e documentato;
- 8.2.3. *"misure correttive"*: processo di soluzione dei problemi con conseguente adozione di misure per eliminare le cause di una non conformità o di una situazione indesiderabile, oltre che volto a evitare che dette circostanze si ripetano.
- 8.3. Scopo
- 8.3.1. La conformità delle disposizioni di produzione mira a garantire che il motore sia conforme alle specifiche e ai requisiti di prestazione e di marcatura del tipo di motore omologato o della famiglia di motori omologata.
- 8.3.2. Le procedure comprendono, inseparabilmente, la valutazione dei sistemi di gestione della qualità (la "valutazione iniziale" di cui al punto 8.4) e le verifiche e i controlli connessi alla produzione (le "disposizioni relative alla conformità del prodotto" di cui al punto 8.5).
- 8.4. Valutazione iniziale
- 8.4.1. Prima di rilasciare l'omologazione, l'autorità di omologazione deve verificare l'esistenza di sufficienti disposizioni e procedure stabilite dal costruttore per garantire un efficace controllo finalizzato a fare in modo che i motori in produzione siano conformi al tipo omologato o alla famiglia omologata.
- 8.4.2. Alla valutazione iniziale si applicano gli orientamenti per gli audit dei sistemi di gestione della qualità e/o dell'ambiente di cui alla norma EN ISO 19011:2011.
- 8.4.3. L'autorità di omologazione deve ritenersi soddisfatta dalla valutazione iniziale e dalle disposizioni in materia di conformità del prodotto di cui al punto 8.5 tenendo conto, ove necessario, di una delle disposizioni di cui ai punti da 8.4.3.1 a 8.4.3.3 o, se del caso, di una combinazione di tutte le suddette disposizioni o di alcune di esse.

- 8.4.3.1. La valutazione iniziale e/o la verifica delle disposizioni relative alla conformità del prodotto devono essere eseguite dall'autorità che rilascia l'omologazione o da un organismo designato che agisca per conto di tale autorità.
- 8.4.3.1.1. Per stabilire l'entità della valutazione iniziale da eseguire, l'autorità di omologazione può tenere conto dei dati disponibili in merito alla certificazione del costruttore non accettata a norma del punto 8.4.3.3.
- 8.4.3.2. La valutazione iniziale e la verifica delle disposizioni relative alla conformità del prodotto possono essere eseguite anche dall'autorità di omologazione di un'altra parte contraente o dall'organismo designato a tale fine da tale autorità.
- 8.4.3.2.1. In tale caso, l'autorità competente dell'altra parte contraente deve redigere una dichiarazione di conformità indicando le aree e gli impianti di produzione presi in considerazione per i motori che devono essere omologati.
- 8.4.3.2.2. Quando riceve una domanda di dichiarazione di conformità dall'autorità di omologazione di una parte contraente, l'autorità di omologazione di un'altra parte contraente deve trasmettere senza indugio la dichiarazione di conformità, oppure deve comunicare di non essere in grado di fornire tale dichiarazione.
- 8.4.3.2.3. Nella dichiarazione di conformità devono figurare almeno i seguenti dati:
- 8.4.3.2.3.1. gruppo o impresa (ad es. Automobili XYZ);
- 8.4.3.2.3.2. organismo particolare (ad es: Divisione europea);
- 8.4.3.2.3.3. fabbrica/officina [ad es. officina motori 1 (Turchia) - officina motori 2 (Germania)];
- 8.4.3.2.3.4. tipi di motore/incluse le famiglie;
- 8.4.3.2.3.5. ambiti sottoposti a verifica (ad es. assemblaggio del motore, prove sul motore, post-trattamento);
- 8.4.3.2.3.6. documenti esaminati (ad es. manuale e procedure di garanzia della qualità dell'impresa e dell'officina);
- 8.4.3.2.3.7. data della valutazione (ad es. audit eseguito dal 18 al 30 maggio 2018);
- 8.4.3.2.3.8. visita di controllo prevista (ad es. ottobre 2020).
- 8.4.3.3. L'autorità di omologazione deve inoltre accettare la certificazione idonea del costruttore relativamente alla norma armonizzata EN ISO 9001:2008, oppure a una norma armonizzata equivalente, che rispetti le prescrizioni relative alla valutazione iniziale di cui al punto 8.4. Il costruttore deve altresì fornire gli estremi della certificazione e informare l'autorità di omologazione di ogni eventuale revisione della validità o del campo di applicazione dell'omologazione.
- 8.5. Disposizioni relative alla conformità del prodotto
- 8.5.1. Ogni motore omologato ai sensi del presente regolamento deve essere fabbricato in conformità al tipo omologato o alla famiglia omologata, in ottemperanza alle prescrizioni del presente punto.
- 8.5.2. Prima di rilasciare un'omologazione a norma del presente regolamento, l'autorità di omologazione deve verificare l'esistenza di disposizioni adeguate e di piani di controllo documentati, da concordare con il costruttore per ogni omologazione, e condurre a scadenze specificate le prove o i controlli ad esse associati necessari a verificare la continuità della conformità al tipo di motore omologato o alla famiglia di motori omologata, comprese, se del caso, le prove di cui al punto 5 del presente regolamento.
- 8.5.3. Il titolare dell'omologazione deve:
- 8.5.3.1. garantire l'esistenza e l'applicazione di procedure per un efficace controllo della conformità dei motori al tipo di motore omologato o alla famiglia di motori omologata;
- 8.5.3.2. avere accesso alle apparecchiature di prova o di altro genere necessarie per verificare la conformità a ciascun tipo di motore omologato o di famiglia di motori omologata;
- 8.5.3.3. accertarsi che i risultati delle prove o dei controlli siano registrati e che i documenti allegati siano tenuti a disposizione per un periodo fino a 10 anni da stabilire d'intesa con l'autorità di omologazione;

- 8.5.3.4. per i motori delle categorie NRSh e NRS, tranne che per i motori NRS-v-2b e NRS-v-3, accertarsi che per ciascun tipo di motore siano condotti almeno i controlli e le prove prescritti dal presente regolamento. Per le altre categorie, il costruttore e l'autorità di omologazione possono stabilire di comune intesa prove a livello di componente o di assemblaggi di componenti con criteri adeguati;
- 8.5.3.5. analizzare i risultati di ciascun tipo di prova o controllo per verificare e assicurare la stabilità delle caratteristiche del prodotto, tenuto conto delle variazioni ammissibili della produzione industriale;
- 8.5.3.6. assicurare che eventuali serie di campioni o elementi destinati alla prova che presentano una non conformità per il tipo di prova in questione diano luogo a un ulteriore campionamento e a un'ulteriore prova o controllo.
- 8.5.4. Qualora l'autorità di omologazione ritenga che i risultati degli audit o dei controlli ulteriori di cui al punto 8.5.3.6 non siano soddisfacenti, il costruttore deve garantire il celere ripristino della conformità della produzione mediante misure correttive ritenute soddisfacenti dalla medesima autorità di omologazione.
- 8.6. Disposizioni relative alla verifica continua
- 8.6.1. L'autorità che ha rilasciato l'omologazione deve poter verificare in qualsiasi momento, mediante audit periodici, i metodi di controllo della conformità della produzione applicati in ciascun impianto di produzione. A tale fine, il costruttore deve consentire l'accesso ai locali di produzione, ispezione, prova, immagazzinamento e distribuzione e fornire tutte le informazioni necessarie per quanto concerne la documentazione del sistema di gestione della qualità e i relativi verbali.
- 8.6.1.1. Il normale approccio per lo svolgimento di tali audit periodici consiste nel controllare la costante efficacia delle procedure di cui ai punti 8.4 e 8.5 (valutazione iniziale e disposizioni relative alla conformità del prodotto).
- 8.6.1.1.1. Le attività di ispezione eseguite dai servizi tecnici devono essere accettate come conformi alle prescrizioni di cui al punto 8.6.1.1 per quanto riguarda le procedure stabilite all'atto della valutazione iniziale.
- 8.6.1.1.2. La cadenza minima delle verifiche (diverse da quella di cui al punto 8.6.1.1.1) finalizzate a garantire che i relativi controlli della conformità della produzione, effettuati in applicazione dei punti 8.4 e 8.5, siano esaminati per un periodo compatibile con il clima di fiducia instaurato dall'autorità competente deve essere almeno biennale. L'autorità di omologazione è tuttavia tenuta a effettuare verifiche ulteriori a seconda della produzione annuale, dei risultati delle precedenti ispezioni, della necessità di controllare misure correttive e a seguito di una richiesta motivata di un'altra autorità di omologazione o di un'autorità di vigilanza del mercato.
- 8.6.2. In occasione di ogni riesame devono essere messi a disposizione dell'ispettore i verbali delle prove e dei controlli e la documentazione relativa alla produzione, in particolare quelli delle prove o dei controlli documentati come prescritto al punto 8.5.2.
- 8.6.3. L'ispettore può selezionare a caso alcuni campioni che saranno sottoposti alle prove nel laboratorio del costruttore o presso le strutture del servizio tecnico, nel qual caso saranno effettuate solo prove fisiche. Il numero minimo di campioni può essere determinato in base ai risultati della verifica effettuata dal costruttore stesso.
- 8.6.4. Se il livello di controllo non appare soddisfacente, ovvero se si ritiene necessario verificare la validità delle prove effettuate in applicazione del punto 8.6.2 o a seguito di una richiesta motivata di un'altra autorità di omologazione, l'ispettore è tenuto a selezionare dei campioni da sottoporre a prova nel laboratorio del costruttore o da inviare al servizio tecnico affinché siano effettuate le prove fisiche conformemente alle prescrizioni di cui al punto 8.7 del presente regolamento.
- 8.6.5. Qualora consideri non soddisfacenti i risultati di un'ispezione o di un riesame di monitoraggio, l'autorità che ha rilasciato l'omologazione deve fare in modo che siano presi quanto prima tutti i provvedimenti necessari per il ripristino della conformità della produzione. Tali provvedimenti possono consistere anche nella revoca dell'omologazione se i rimedi adottati dal costruttore risultano inadeguati.
- 8.6.6. Qualora i risultati siano considerati non soddisfacenti dall'autorità di omologazione di un'altra parte contraente, tale autorità può chiedere all'autorità che ha rilasciato l'omologazione di verificare che il motore in produzione sia ancora conforme al tipo o alla famiglia di motori omologato/a. Ricevuta la richiesta, l'autorità che ha rilasciato l'omologazione deve prendere i provvedimenti descritti al punto 8.6.5.
- 8.7. Conformità delle prescrizioni relative alle prove di produzione in caso di esito non soddisfacente del controllo della conformità del prodotto di cui al punto 8.6
- 8.7.1. In caso di esito non soddisfacente del controllo della conformità del prodotto, di cui al punto 8.6.4, 8.6.5 oppure 8.6.6, la conformità della produzione deve essere verificata mediante prove delle emissioni in base alla descrizione contenuta nella notifica dell'omologazione.

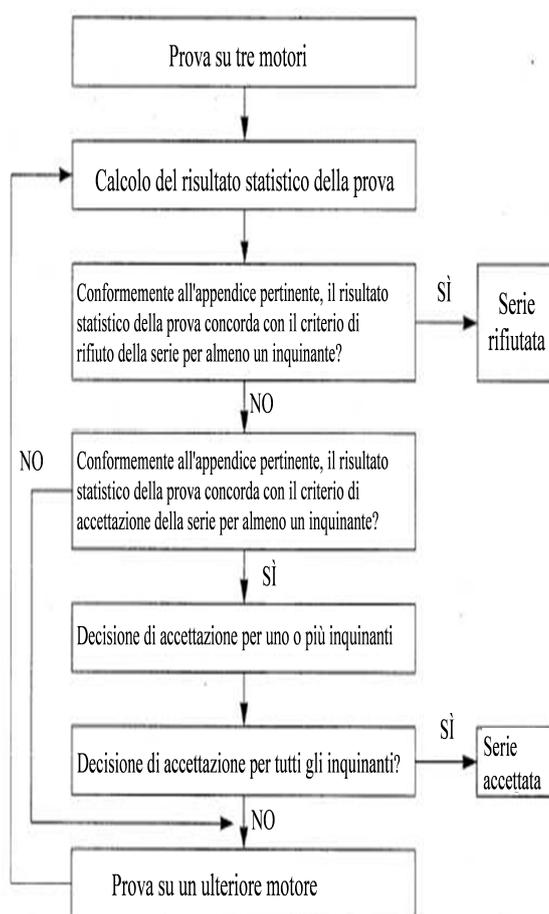
- 8.7.2. Se non diversamente disposto al punto 8.7.3, si applica la seguente procedura:
- 8.7.2.1. Per l'ispezione, prelevare a caso dalla produzione in serie del tipo di motore in esame tre motori ed eventualmente tre sistemi di post-trattamento. All'occorrenza vanno aggiunti ulteriori motori per poter giungere a una decisione di approvazione o di rifiuto. Per giungere alla decisione di approvazione devono essere sottoposti a prova almeno quattro motori.
- 8.7.2.2. Una volta che l'ispettore ha selezionato i motori, il costruttore non può più eseguire nessuna regolazione sui motori selezionati.
- 8.7.2.3. I motori devono essere sottoposti alla prova delle emissioni conformemente alle prescrizioni dell'allegato 4 o, nel caso dei motori dual-fuel, dell'allegato 7, e con i cicli di prova pertinenti per il tipo di motore conformemente alle prescrizioni dell'allegato 4, appendice A.6.
- 8.7.2.4. I valori limite sono indicati nell'appendice 2 del presente regolamento. Nel caso dei motori dotati di sistema di post-trattamento con rigenerazione periodica di cui all'allegato 4, punto 6.6.2, occorre correggere ogni risultato relativo alle emissioni di inquinanti gassosi o di particolato inquinante utilizzando il fattore applicabile al tipo o alla famiglia di motori. In ogni caso, tutti i risultati relativi alle emissioni di inquinanti gassosi o di particolato inquinante devono essere corretti utilizzando i fattori di deterioramento applicabili al tipo o alla famiglia di motori conformemente alle disposizioni del punto 5 del presente regolamento.
- 8.7.2.5. Le prove devono essere eseguite unicamente su motori nuovi.
- 8.7.2.5.1. Su richiesta del costruttore, le prove possono essere eseguite su motori sottoposti a un rodaggio massimo pari al 2 % del periodo di durabilità delle emissioni oppure a 125 ore, se questo valore è inferiore al precedente. In questo caso il rodaggio deve essere eseguito dal costruttore, il quale si impegna a non effettuare alcuna regolazione sui motori. Qualora il costruttore preveda una specifica procedura di rodaggio nella scheda informativa di cui all'allegato 1, il rodaggio deve essere eseguito secondo tale procedura.
- 8.7.2.6. La produzione in serie dei motori considerati è ritenuta conforme o non conforme al tipo omologato sulla base di prove dei motori effettuate mediante campionamento, come specificato nell'appendice 7 del presente regolamento, quando sia stata ricevuta rispettivamente un'approvazione per tutti gli inquinanti o un rifiuto per un inquinante, secondo i criteri di prova applicati nell'appendice 7 del presente regolamento e illustrati nella figura 4.
- 8.7.2.7. Quando viene decisa, l'approvazione per un inquinante non può essere modificata in seguito al risultato di eventuali ulteriori prove eseguite per decidere in merito ad altri inquinanti.
- Se non viene decisa l'approvazione per tutti gli inquinanti e non viene rifiutato alcun inquinante, la prova deve essere effettuata su un altro motore.
- 8.7.2.8. Se non viene presa alcuna decisione, il costruttore può decidere in qualunque momento di interrompere la prova. In tale caso si registra la decisione di rifiuto.
- 8.7.3. In deroga al punto 8.7.2.1, per i tipi di motore con un volume totale di vendite inferiore a 100 unità all'anno si applica la seguente procedura:
- 8.7.3.1. prelevare a caso un motore ed eventualmente un sistema di post-trattamento dalla produzione in serie del tipo di motore considerato per sottoporlo a ispezione;
- 8.7.3.2. se il motore soddisfa le prescrizioni di cui al punto 8.7.2.4, viene decisa l'approvazione e non sono necessarie prove ulteriori;
- 8.7.3.3. se dalla prova le prescrizioni di cui al punto 8.7.2.4 non risultano soddisfatte, si segue la procedura descritta ai punti da 8.7.2.6 a 8.7.2.8.
- 8.7.4. Tutte queste prove possono essere eseguite con i carburanti applicabili disponibili in commercio. Se il costruttore ne fa richiesta, tuttavia, si devono utilizzare i carburanti di riferimento descritti nell'appendice 5 del presente regolamento. Per i motori alimentati a gas sono di conseguenza necessarie prove con almeno due dei carburanti di riferimento per ciascun motore, salvo che per i motori alimentati a gas che detengono un'omologazione in base alla quale è richiesto un solo carburante di riferimento, come descritto nell'appendice 4 del presente regolamento. Nei casi in cui viene utilizzato più di un carburante gassoso di riferimento, i risultati devono dimostrare che il motore rispetta i valori limite con ciascuno dei carburanti.

8.7.5. Non conformità dei motori alimentati a gas

In caso di controversie relative alla conformità di motori alimentati a gas, compresi i motori dual-fuel, quando si usa un carburante disponibile in commercio, le prove devono essere eseguite con ciascun carburante di riferimento con il quale è stato sottoposto a prova il motore capostipite e, se il costruttore ne fa richiesta, con l'eventuale terzo carburante, come indicato nell'appendice 4, punti A.3.2.3.1.1.1, A.3.2.3.2.1 e A.3.2.4.1.2, del presente regolamento, con il quale avrebbe potuto essere sottoposto a prova il motore capostipite. I risultati devono poi essere eventualmente convertiti mediante un calcolo con applicazione dei fattori "r", "ra" o "rb" pertinenti, come descritto nell'appendice 4, punti A.3.2.3.3, A.3.2.3.4.1 e A.3.2.4.1.3, del presente regolamento. Se r, ra o rb sono inferiori a 1, non si effettua alcuna correzione. I risultati misurati e, se del caso, i risultati calcolati devono dimostrare che il motore rispetta i valori limite con tutti i carburanti pertinenti (carburanti 1, 2 ed eventualmente carburante 3 nel caso dei motori a gas naturale/biometano e carburanti A e B nel caso dei motori a GPL).

Figura 4.

Schema dello svolgimento della prova di conformità della produzione



9. SANZIONI IN CASO DI NON CONFORMITÀ DELLA PRODUZIONE

- 9.1. L'omologazione di un tipo di motore o di una famiglia di motori rilasciata in applicazione del presente regolamento può essere revocata se non sono soddisfatte le prescrizioni di cui al precedente punto 5 o se i motori in questione non superano le prove di cui al punto 8.
- 9.2. Se una delle parti contraenti dell'accordo che applicano il presente regolamento revoca un'omologazione in precedenza rilasciata, deve informarne immediatamente le altre parti contraenti che applicano il presente regolamento per mezzo di una scheda di notifica conforme al modello di cui all'allegato 2 del presente regolamento.

10. MODIFICHE ED ESTENSIONE DELL'OMOLOGAZIONE DEL TIPO OMOLOGATO

10.1. Il costruttore deve informare immediatamente l'autorità che ha rilasciato l'omologazione di qualsiasi eventuale modifica dei dati contenuti nel fascicolo di omologazione. Nel caso di una tale modifica, spetta all'autorità di omologazione stabilire quale procedura deve essere seguita tra quelle indicate all'articolo 10.2. Se necessario l'autorità di omologazione può decidere, previa consultazione del costruttore, che è necessario il rilascio di una nuova omologazione.

10.1.1. La domanda di modifica di un'omologazione deve essere presentata esclusivamente all'autorità di omologazione che ha rilasciato l'omologazione originaria.

10.1.2. Se l'autorità di omologazione ritiene che, per apportare una modifica, sia necessario ripetere ispezioni o prove, ne informa il costruttore. Le procedure di cui al punto 10.2 si applicano solo se, in seguito a tali ispezioni o prove, l'autorità di omologazione conclude che i requisiti per l'omologazione continuano a sussistere.

10.2. Qualora non abbia reso necessaria la ripetizione di ispezioni o prove, la modifica dei dati contenuti nel fascicolo di omologazione è definita una "revisione".

Nel caso di una revisione, l'autorità di omologazione deve rivedere, senza ritardi ingiustificati, le pagine pertinenti del fascicolo di omologazione, indicando chiaramente su di esse la natura della modifica, deve indicare la data della revisione e deve altresì allegare l'indice corretto al fascicolo di omologazione. È considerata conforme alla prescrizione di cui al presente punto una versione consolidata e aggiornata del fascicolo di omologazione, accompagnata da una descrizione dettagliata delle modifiche.

10.2.1. Una modifica quale al punto 10.2 è definita una "estensione" qualora i dati registrati nel fascicolo di omologazione siano stati cambiati e si verifichi uno dei casi seguenti:

- a) sono necessarie ulteriori ispezioni o prove;
- b) sono state modificate informazioni riportate nella notifica (esclusi gli allegati);
- c) è divenuta applicabile al tipo o alla famiglia di motori in questione una nuova prescrizione contenuta nel presente regolamento.

10.2.2. In caso di estensione, l'autorità di omologazione deve redigere una notifica aggiornata, contrassegnata da un numero di estensione progressivo a seconda del numero di estensioni in serie precedentemente rilasciate. Nella notifica devono essere chiaramente indicati i motivi e la data dell'estensione. L'autorità di omologazione deve informare dell'estensione da essa rilasciata le altre parti contraenti dell'accordo del 1958 che applicano il presente regolamento.

10.2.3. Ogni volta che sono modificate pagine del fascicolo di omologazione o ne è realizzata una versione consolidata e aggiornata, l'indice del fascicolo di omologazione accluso alla notifica deve essere modificato di conseguenza, con l'indicazione della data dell'estensione o della revisione più recente o del più recente consolidamento della versione aggiornata.

10.2.4. Non è richiesta la modifica dell'omologazione di un tipo di motore o di una famiglia di motori se una nuova prescrizione di cui al punto 10.2.1, lettera c), è irrilevante dal punto di vista tecnico per il dato tipo di motore o la data famiglia di motori riguardo alle prestazioni in termini di emissioni.

10.3. In caso di revisione di un'omologazione, l'autorità di omologazione deve rilasciare al richiedente, senza ritardi ingiustificati, i documenti riveduti o la versione consolidata e aggiornata comprensiva, se del caso, dell'indice corretto del fascicolo di omologazione, come indicato al secondo comma del punto 10.2.

10.4. In caso di estensione dell'omologazione, l'autorità di omologazione deve trasmettere al richiedente, senza ritardi ingiustificati, la notifica aggiornata di cui al punto 10.2.2, comprensiva degli allegati, e l'indice del fascicolo di omologazione.

11. CESSAZIONE DEFINITIVA DELLA PRODUZIONE

Se il titolare di un'omologazione cessa completamente la produzione di un tipo di motore o di una famiglia di motori omologato/a ai sensi del presente regolamento, deve informarne l'autorità che ha rilasciato l'omologazione. Ricevuta la comunicazione, tale autorità deve informare le altre parti contraenti dell'accordo che applicano il presente regolamento con una scheda di notifica conforme al modello di cui all'allegato 2 del presente regolamento.

12. DISPOSIZIONI TRANSITORIE

- 12.1. Dalla data ufficiale di entrata in vigore della serie di modifiche 05, nessuna parte contraente che applica il presente regolamento può rifiutarsi di rilasciare un'omologazione ai sensi del presente regolamento quale modificato dalla serie di modifiche 05.
- 12.2. A decorrere dalle date indicate nelle tabelle da 1 a 6, le parti contraenti che applicano il presente regolamento possono rifiutarsi di rilasciare un'omologazione per tipi o famiglie di motori delle categorie di cui al punto 1 che non possiedono i requisiti indicati nel presente regolamento quale modificato dalla serie di modifiche 05.
- 12.3. A decorrere dalle date di immissione sul mercato indicate nelle tabelle da 23 a 28, le parti contraenti che applicano il presente regolamento possono rifiutare l'immissione sul mercato di tipi o famiglie di motori delle categorie di cui al punto 1 non omologati a norma del presente regolamento quale modificato dalla serie di modifiche 05.
- 12.4. Le parti contraenti che applicano il presente regolamento possono continuare a rilasciare omologazioni per i motori conformi a precedenti serie di prescrizioni, o a un qualsiasi livello del presente regolamento, a condizione che i motori siano destinati all'esportazione in paesi che prevedono l'applicazione delle relative prescrizioni nella propria legislazione nazionale. Per le marcature di tali motori deve essere mantenuto il formato definito nella serie di modifiche pertinente del presente regolamento UNECE.
- 12.5. Fatto salvo il punto 12.4 del presente regolamento, le parti contraenti che applicano il presente regolamento possono continuare a rilasciare omologazioni per i motori conformi alle prescrizioni del presente regolamento quale modificato da serie di modifiche precedenti, o a un qualsiasi livello del presente regolamento, a condizione che il motore in questione sostituisca un motore esistente, montato su un veicolo in uso, con emissioni di pari livello o di livello meno rigoroso.

Tabella 1

Date di applicazione del presente regolamento per i motori della categoria NRE

Categoria	Tipo di accensione	Intervallo di potenza (kW)	Sottocategoria	Omologazione dei motori	Immissione sul mercato di motori e veicoli	
NRE	CI	$0 < P < 8$	NRE-v-1 NRE-c-1	29 dicembre 2018	29 dicembre 2018	
	CI	$8 \leq P < 19$	NRE-v-2 NRE-c-2			
	CI	$19 \leq P < 37$	NRE-v-3 NRE-c-3	29 dicembre 2018	29 dicembre 2018	
		$37 \leq P < 56$	NRE-v-4 NRE-c-4			
	Tutti		$56 \leq P < 130$	NRE-v-5 NRE-c-5	29 dicembre 2018	1° gennaio 2020
			$130 \leq P \leq 560$	NRE-v-6 NRE-c-6	29 dicembre 2018	29 dicembre 2018
			$P > 560$	NRE-v-7 NRE-c-7	29 dicembre 2018	29 dicembre 2018

Tabella 2

Date di applicazione del presente regolamento per i motori della categoria NRG

Categoria	Tipo di accensione	Intervallo di potenza (kW)	Sottocategoria	Omologazione dei motori	Immissione sul mercato di motori e veicoli
NRG	Tutti	$P > 560$	NRG-v-1 NRG-c-1	29 dicembre 2018	29 dicembre 2018

Tabella 3

Date di applicazione del presente regolamento per i motori della categoria NRSh

Categoria	Tipo di accensione	Intervallo di potenza (kW)	Sottocategoria	Omologazione dei motori	Immissione sul mercato di motori e veicoli
NRSh	SI	$0 < P < 19$	NRSh-v-1a NRSh-v-1b	29 dicembre 2018	29 dicembre 2018

Tabella 4

Date di applicazione del presente regolamento per i motori della categoria NRS

Categoria	Tipo di accensione	Intervallo di potenza (kW)	Sottocategoria	Omologazione dei motori	Immissione sul mercato di motori e veicoli
NRS	SI	$0 < P < 56$	NRS-vr-1a NRS-vi-1a NRS-vr-1b NRS-vi-1b NRS-v-2a NRS-v-2b NRS-v-3	29 dicembre 2018	29 dicembre 2018

Tabella 5

Date di applicazione del presente regolamento per i motori della categoria SMB

Categoria	Tipo di accensione	Intervallo di potenza (kW)	Sottocategoria	Omologazione dei motori	Immissione sul mercato di motori e veicoli
SMB	SI	$P > 0$	SMB-v-1	29 dicembre 2018	29 dicembre 2018

Tabella 6

Date di applicazione del presente regolamento per i motori della categoria ATS

Categoria	Tipo di accensione	Intervallo di potenza (kW)	Sottocategoria	Omologazione dei motori	Immissione sul mercato di motori e veicoli
ATS	SI	$P > 0$	ATS-v-1	29 dicembre 2018	29 dicembre 2018

13. NOMI E INDIRIZZI DEI SERVIZI TECNICI CHE EFFETTUANO LE PROVE DI OMOLOGAZIONE E DELLE AUTORITÀ DI OMOLOGAZIONE

Le parti contraenti dell'accordo del 1958 che applicano il presente regolamento devono comunicare al segretariato delle Nazioni Unite i nomi e gli indirizzi dei servizi tecnici responsabili delle prove di omologazione e delle autorità di omologazione che rilasciano l'omologazione, cui devono essere inviate le schede di omologazione, estensione o rifiuto dell'omologazione rilasciate in altri paesi.

APPENDICE 1

DEFINIZIONE DELLE SOTTOCATEGORIE DI MOTORI DI CUI AL PUNTO 1

Tabella 7

Sottocategorie della categoria di motori NRE di cui al punto 1.1.1

Categoria	Tipo di accensione	Regime	Intervallo di potenza (kW)	Sottocategoria	Potenza di riferimento
NRE	Ad accensione spontanea (CI)	Variabile	$0 < P < 8$	NRE-v-1	Potenza massima netta
	CI		$8 \leq P < 19$	NRE-v-2	
	CI		$19 \leq P < 37$	NRE-v-3	
	CI		$37 \leq P < 56$	NRE-v-4	
	Tutti		$56 \leq P < 130$	NRE-v-5	
			$130 \leq P \leq 560$	NRE-v-6	
			$P > 560$	NRE-v-7	
	CI	Costante	$0 < P < 8$	NRE-c-1	Potenza nominale netta
	CI		$8 \leq P < 19$	NRE-c-2	
	CI		$19 \leq P < 37$	NRE-c-3	
	CI		$37 \leq P < 56$	NRE-c-4	
	Tutti		$56 \leq P < 130$	NRE-c-5	
			$130 \leq P \leq 560$	NRE-c-6	
			$P > 560$	NRE-c-7	

Tabella 8

Sottocategorie della categoria di motori NRG di cui al punto 1.1.2

Categoria	Tipo di accensione	Regime	Intervallo di potenza (kW)	Sottocategoria	Potenza di riferimento
NRG	Tutti	Variabile	$P > 560$	NRG-v-1	Potenza massima netta
		Costante	$P > 560$	NRG-c-1	Potenza nominale netta

Tabella 9

Sottocategorie della categoria di motori NRSh di cui al punto 1.1.3

Categoria	Tipo di accensione	Regime	Intervallo di potenza (kW)	Cilindrata totale (cm ³)	Sottocategoria	Potenza di riferimento
NRSh	SI	Variabile o costante	0 < P < 19	SV < 50	NRSh-v-1a	Potenza massima netta
				SV ≥ 50	NRSh-v-1b	

Tabella 10

Sottocategorie della categoria di motori NRS di cui al punto 1.1.4

Categoria	Tipo di accensione	Regime	Intervallo di potenza (kW)	Cilindrata totale (cm ³)	Sottocategoria	Potenza di riferimento
NRS	SI	Variabile ≥ 3 600 giri/min o costante	0 < P < 19	80 ≤ SV < 225	NRS-vr-1a	Potenza massima netta
				SV ≥ 225	NRS-vr-1b	
		Variabile < 3 600 giri/min		80 ≤ SV < 225	NRS-vi-1a	
				SV ≥ 225	NRS-vi-1b	
		Variabile o costante	19 ≤ P < 30	SV ≤ 1 000	NRS-v-2a	Potenza massima netta
				SV > 1 000	NRS-v-2b	Potenza massima netta
	30 ≤ P < 56	Qualsiasi	NRS-v-3	Potenza massima netta		

Per i motori con potenza < 19 kW e cilindrata SV < 80 cm³ montati su macchine non portatili devono essere utilizzati motori della categoria NRSh.

Tabella 11

Sottocategorie della categoria di motori SMB di cui al punto 1.1.5

Categoria	Tipo di accensione	Regime	Intervallo di potenza (kW)	Sottocategoria	Potenza di riferimento
SMB	SI	Variabile o costante	P > 0	SMB-v-1	Potenza massima netta

Tabella 12

Sottocategorie della categoria di motori ATS di cui al punto 1.1.6

Categoria	Tipo di accensione	Regime	Intervallo di potenza (kW)	Sottocategoria	Potenza di riferimento
ATS	SI	Variabile o costante	P > 0	ATS-v-1	Potenza massima netta

APPENDICE 2

LIMITI DI EMISSIONE DEI GAS DI SCARICO DELLA FASE V (STAGE V)

Tabella 13

Limiti di emissione per i motori della categoria NRE di cui al punto 1.1.1

Sottocategoria di motori	Intervallo di potenza	Tipo di accensione	CO	HC	NO _x	Massa di particolato	PN	A
	kW		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	#/kWh	
NRE-v-1 NRE-c-1	0 < P < 8	CI	8,00	(HC+NO _x ≤ 7,50)		0,40 ⁽¹⁾	—	1,10
NRE-v-2 NRE-c-2	8 ≤ P < 19	CI	6,60	(HC+NO _x ≤ 7,50)		0,40	—	1,10
NRE-v-3 NRE-c-3	19 ≤ P < 37	CI	5,00	(HC+NO _x ≤ 4,70)		0,015	1×10 ¹²	1,10
NRE-v-4 NRE-c-4	37 ≤ P < 56	CI	5,00	(HC+NO _x ≤ 4,70)		0,015	1×10 ¹²	1,10
NRE-v-5 NRE-c-5	56 ≤ P < 130	Tutti	5,00	0,19	0,40	0,015	1×10 ¹²	1,10
NRE-v-6 NRE-c-6	130 ≤ P ≤ 560	Tutti	3,50	0,19	0,40	0,015	1×10 ¹²	1,10
NRE-v-7 NRE-c-7	P > 560	Tutti	3,50	0,19	3,50	0,045	—	6,00

⁽¹⁾ 0,60 per i motori a iniezione diretta, raffreddati ad aria, con avviamento manuale.

Tabella 14

Limiti di emissione per i motori della categoria NRG di cui al punto 1.1.2

Sottocategoria di motori	Intervallo di potenza	Tipo di accensione	CO	HC	NO _x	Massa di particolato	PN	A
	kW		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	#/kWh	
NRG-v-1 NRG-c-1	P > 560	Tutti	3,50	0,19	0,67	0,035	—	6,00

Tabella 15

Limiti di emissione per i motori della categoria NRSh di cui al punto 1.1.3

Sottocategoria di motori	Intervallo di potenza	Tipo di accensione	CO	HC + NO _x
	kW		g/kWh	g/kWh
NRSh-v-1a	0 < P < 19	SI	805	50
NRSh-v-1b			603	72

Tabella 16

Limiti di emissione per i motori della categoria NRS di cui al punto 1.1.4

Sottocategoria di motori	Intervallo di potenza	Tipo di accensione	CO	HC + NO _x
	kW		g/kWh	g/kWh
NRS-vr-1a NRS-vi-1a	0 < P < 19	SI	610	10
NRS-vr-1b NRS-vi-1b			610	8
NRS-v-2a	19 ≤ P ≤ 30	SI	610	8
NRS-v-2b NRS-v-3	19 ≤ P < 56		4,40 ⁽¹⁾	2,70 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Facoltativamente, in alternativa, qualsiasi combinazione di valori che soddisfi l'equazione $(HC+NO_x) \times CO^{0,784} \leq 8,57$ nonché le seguenti condizioni: $CO \leq 20,6$ g/kWh e $(HC+NO_x) \leq 2,7$ g/kWh

Tabella 17

Limiti di emissione per i motori della categoria SMB di cui al punto 1.1.5

Sottocategoria di motori	Intervallo di potenza	Tipo di accensione	CO	NO _x	HC
	kW		g/kWh	g/kWh	g/kWh
SMB-v-1	P > 0	SI	275	—	75

Tabella 18

Limiti di emissione per i motori della categoria ATS di cui al punto 1.1.6

Sottocategoria di motori	Intervallo di potenza	Tipo di accensione	CO	HC + NO _x
	kW		g/kWh	g/kWh
ATS-v-1	P > 0	SI	400	8

A.1.1. Disposizioni specifiche relative ai limiti degli idrocarburi totali (HC) per i motori alimentati interamente o parzialmente a gas

Per le sottocategorie per le quali è definito un fattore A, il limite di HC per i motori alimentati interamente o parzialmente a gas indicato nelle tabelle 13 e 14 è sostituito da un limite calcolato con la seguente formula:

$$HC = 0,19 + (1,5 \times A \times GER)$$

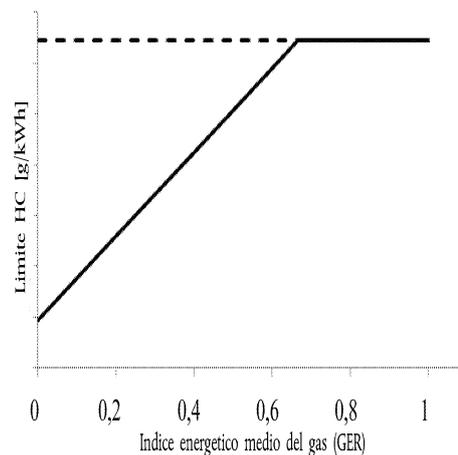
dove GER è l'indice energetico medio del gas durante il ciclo di prova appropriato.

Qualora si applichi un ciclo di prova sia in regime stazionario sia in regime transitorio, il GER deve essere determinato dal ciclo di prova transitorio con avviamento a caldo. Nel caso in cui si applichi più di un ciclo di prova in regime stazionario, il GER medio deve essere determinato singolarmente per ciascun ciclo.

Se il limite calcolato per HC supera il valore di $0,19 + A$, il limite per HC deve essere fissato a $0,19 + A$.

Figura 5

Diagramma indicante il limite delle emissioni di HC in funzione del GER medio



Per le sottocategorie con un limite combinato di HC e NO_x , il valore limite combinato per HC e NO_x deve essere ridotto di 0,19 g/kWh e applicato esclusivamente agli NO_x .

Per i motori non alimentati a gas la formula non si applica.

APPENDICE 3

PERIODI DI DURABILITÀ DELLE EMISSIONI (EDP)

Tabella 19

EDP per i motori della categoria NRE

Categoria	Tipo di accensione	Regime	Intervallo di potenza (kW)	Sottocategoria	EDP (in ore)
NRE	CI	Variabile	$0 < P < 8$	NRE-v-1	3 000
	CI		$8 \leq P < 19$	NRE-v-2	
	CI		$19 \leq P < 37$	NRE-v-3	5 000
	CI		$37 \leq P < 56$	NRE-v-4	8 000
	Tutti		$56 \leq P < 130$	NRE-v-5	
			$130 \leq P \leq 560$	NRE-v-6	
			$P > 560$	NRE-v-7	
	CI	Costante	$0 < P < 8$	NRE-c-1	3 000
	CI		$8 \leq P < 19$	NRE-c-2	
	CI		$19 \leq P < 37$	NRE-c-3	
	CI		$37 \leq P < 56$	NRE-c-4	8 000
	Tutti		$56 \leq P < 130$	NRE-c-5	
			$130 \leq P \leq 560$	NRE-c-6	
			$P > 560$	NRE-c-7	

Tabella 20

EDP per i motori della categoria NRG

Categoria	Tipo di accensione	Regime	Intervallo di potenza (kW)	Sottocategoria	EDP (in ore)
NRG	Tutti	Costante	$P > 560$	NRG-v-1	8 000
		Variabile		NRG-c-1	

Tabella 21

EDP per i motori della categoria NRSh

Categoria	Tipo di accensione	Regime	Intervallo di potenza (kW)	Cilindrata (cm ³)	Sottocategoria	EDP (in ore)
NRSh	SI	Variabile o costante	0 < P < 19	SV < 50	NRSh-v-1a	50/125/300 ⁽¹⁾
				SV ≥ 50	NRSh-v-1b	

⁽¹⁾ Le ore del periodo di durabilità delle emissioni (EDP) corrispondono alle categorie EDP Cat 1/Cat 2/Cat 3 di cui all'allegato 8, tabella A.8-2, del presente regolamento.

Tabella 22

EDP per i motori della categoria NRS

Categoria	Tipo di accensione	Regime	Intervallo di potenza (kW)	Cilindrata (cm ³)	Sottocategoria	EDP (in ore)
NRS	SI	Variabile, nominale o costante	0 < P < 19	80 ≤ SV < 225	NRS-vr-1a	125/250/500 ⁽¹⁾
		Variabile, intermedio			NRS-vi-1a	
		Variabile, nominale o costante		SV ≥ 225	NRS-vr-1b	250/500/1 000 ⁽¹⁾
		Variabile, intermedio			NRS-vi-1b	
		Variabile o costante	19 ≤ P < 30	SV ≤ 1 000	NRS-v-2a	1 000
				SV > 1 000	NRS-v-2b	5 000
			30 ≤ P < 56	Qualsiasi	NRS-v-3	5 000

⁽¹⁾ Le ore del periodo di durabilità delle emissioni (EDP) corrispondono alle categorie EDP Cat 1/Cat 2/Cat 3 di cui all'allegato 8, tabella A.8-2, del presente regolamento.

Tabella 23

EDP per i motori della categoria SMB

Categoria	Tipo di accensione	Regime	Intervallo di potenza (kW)	Sottocategoria	EDP (in ore)
SMB	SI	Variabile o costante	P > 0	SMB-v-1	400 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ In alternativa, è consentito un periodo di durabilità delle emissioni di 8 000 km.

Tabella 24

EDP per i motori della categoria ATS

Categoria	Tipo di accensione	Regime	Intervallo di potenza (kW)	Sottocategoria	EDP (in ore)
ATS	SI	Variabile o costante	P > 0	ATS-v-1	500/1 000 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Le ore del periodo di durabilità delle emissioni corrispondono alle seguenti cilindrata totali: < 100 cm³/≥ 100 cm³.

APPENDICE 4

PRESCRIZIONI PER SPECIFICI CARBURANTI, MISCELE DI CARBURANTI O EMULSIONI DI CARBURANTI

- A.4.1. Prescrizioni per i motori alimentati a combustibili liquidi
- A.4.1.1. All'atto della presentazione della domanda di omologazione, i costruttori hanno la possibilità di scegliere una delle seguenti opzioni per quanto riguarda la gamma di carburanti con cui il motore può funzionare:
- funzionamento del motore con la normale gamma di carburanti, in conformità alle prescrizioni di cui al punto A.4.1.2; oppure
 - funzionamento del motore con un carburante specifico, in conformità alle prescrizioni di cui al punto A.4.1.3.
- A.4.1.2. Prescrizioni per i motori funzionanti con la normale gamma di carburanti (diesel, benzina)
- I motori funzionanti con la normale gamma di carburanti devono soddisfare le prescrizioni di cui ai punti da A.4.1.2.1 a A.4.1.2.4.
- A.4.1.2.1. Se funziona con i carburanti di riferimento indicati nell'allegato 6, punto 1.1 o 1.2, il motore capostipite deve rispettare i valori limite applicabili di cui all'appendice 2 del presente regolamento e le altre prescrizioni del presente regolamento.
- A.4.1.2.2. In mancanza di una norma internazionale per il gasolio destinato alle macchine non stradali, il carburante diesel di riferimento (gasolio destinato alle macchine non stradali) indicato nell'allegato 6 rappresenta il gasolio per macchine non stradali disponibile in commercio con un tenore di zolfo non superiore a 10 mg/kg, un numero di cetano non inferiore a 45 e un tenore di estere metilico di acidi grassi ("FAME") non superiore all'8,0 % v/v. Se non altrimenti disposto in conformità ai punti A.4.1.2.2.1, A.4.1.2.3 e A.4.1.2.4, il costruttore deve rilasciare agli utilizzatori finali una dichiarazione conforme alle prescrizioni di cui all'appendice 6 del presente regolamento secondo cui il funzionamento del motore con gasolio per macchine non stradali è limitato ai carburanti che presentano un tenore di zolfo non superiore a 10 mg/kg (20 mg/kg al punto di distribuzione finale), un numero di cetano non inferiore a 45 e un tenore di FAME non superiore all'8,0 % v/v. Il costruttore ha facoltà di specificare altri parametri (ad es. il potere lubrificante).
- A.4.1.2.2.1. A meno che non ottemperi anche alle prescrizioni di cui al punto A.4.1.2.3, il costruttore del motore non deve mai asserire che un dato tipo di motore o una data famiglia di motori può essere fatto/a funzionare nel territorio di una parte contraente con carburanti disponibili in commercio diversi da quelli che soddisfano le prescrizioni di cui al presente punto, ovvero:
- per la benzina, la norma CEN EN 228:2012. È ammessa l'aggiunta di olio lubrificante conformemente alle specifiche del costruttore;
 - per il diesel diverso dal gasolio destinato alle macchine non stradali, la norma CEN EN 590:2013;
 - per il gasolio destinato alle macchine non stradali, il massimo tenore di zolfo ammesso, pari a 10 mg/kg, un numero di cetano non inferiore a 45 e un tenore di FAME non superiore all'8,0 % v/v.
- A.4.1.2.3. Se permette il funzionamento di un motore con carburanti disponibili in commercio diversi da quelli di cui al punto A.4.1.2.2, quali B100 (EN 14214:2012+A1:2014), B20 o B30 (EN 16709:2015), o con altri carburanti, miscele di carburanti o emulsioni di carburanti, oltre a soddisfare le prescrizioni di cui al punto A.4.1.2.2.1 il costruttore deve anche:
- dichiarare, nella scheda informativa di cui all'allegato 1A, le specifiche relative ai carburanti, alle miscele di carburanti o alle emulsioni di carburanti disponibili sul mercato con i quali il motore è in grado di funzionare;
 - dimostrare la capacità del motore capostipite di soddisfare le prescrizioni del presente regolamento per quanto concerne i carburanti, le miscele di carburanti o le emulsioni di carburanti dichiarati;
 - essere responsabile del rispetto delle prescrizioni riguardanti il monitoraggio in servizio stabilite dalla parte contraente per quanto concerne i carburanti, le miscele di carburanti o le emulsioni di carburanti dichiarati, compresi i composti di carburanti, le miscele e le emulsioni e i carburanti disponibili in commercio di cui al punto A.4.1.2.2.1.
- A.4.1.2.4. Per i motori ad accensione comandata, il rapporto della miscela carburante/olio deve corrispondere a quello raccomandato dal costruttore, di cui all'appendice 6 del presente regolamento. La percentuale di olio contenuta nella miscela carburante/lubrificante deve essere indicata nella scheda informativa di cui all'allegato 1A.

- A.4.1.3. Prescrizioni per i motori funzionanti con un carburante specifico (ED 95 o E 85)
- I motori funzionanti con un carburante specifico (ED 95 o E 85) devono soddisfare le prescrizioni di cui ai punti A.4.1.3.1 e A.4.1.3.2.
- A.4.1.3.1. ED 95: se funziona con il carburante di riferimento di cui all'allegato 6, punto 1.2, il motore capostipite deve rispettare i valori limite applicabili di cui all'appendice 2 del presente regolamento.
- A.4.1.3.2. E 85: se funziona con il carburante di riferimento di cui all'allegato 6, punto 2.2, il motore capostipite deve rispettare i valori limite applicabili di cui all'appendice 2 del presente regolamento.
- A.4.2. Prescrizioni per i motori alimentati a gas naturale/biometano (GN) o a gas di petrolio liquefatto (GPL), compresi i motori dual-fuel
- A.4.2.1. All'atto della presentazione della domanda di omologazione, i costruttori hanno la possibilità di scegliere una delle seguenti opzioni per quanto riguarda la gamma di carburanti con cui il motore può funzionare:
- funzionamento del motore con una gamma universale di carburanti, in conformità alle prescrizioni di cui al punto A.4.2.3;
 - funzionamento del motore con una gamma limitata di carburanti, in conformità alle prescrizioni di cui al punto A.4.2.4;
 - funzionamento del motore con un carburante specifico, in conformità alle prescrizioni di cui al punto A.4.2.5.
- A.4.2.2. Le tabelle che sintetizzano le prescrizioni per l'omologazione dei motori alimentati a gas naturale/biometano, a GPL e dual-fuel figurano al punto A.4.3.
- A.4.2.3. Prescrizioni per i motori funzionanti con una gamma universale di carburanti
- A.4.2.3.1. Nel caso dei motori alimentati a gas naturale/biometano, compresi i motori dual-fuel, il costruttore deve dimostrare che il motore capostipite è adatto a qualsiasi composizione di gas naturale/biometano reperibile sul mercato. La dimostrazione deve avvenire in conformità al presente punto A.4.2 e, nel caso dei motori dual-fuel, anche in funzione delle disposizioni aggiuntive riguardanti la procedura di adattamento del carburante di cui all'allegato 7, punto 6.4.
- A.4.2.3.1.1. Esistono in generale due tipi di gas naturale/biometano compresso (GNC), uno ad alto potere calorifico (gas H) e uno a basso potere calorifico (gas L), ma in entrambi i casi la scala è molto ampia; essi differiscono in modo significativo per quanto riguarda il contenuto energetico espresso dall'indice di Wobbe e il fattore di spostamento (S_λ). I gas naturali con fattore di spostamento λ compreso tra 0,89 e 1,08 ($0,89 \leq S_\lambda \leq 1,08$) sono considerati appartenenti al gruppo H, mentre i gas naturali con fattore di spostamento λ compreso tra 1,08 e 1,19 ($1,08 \leq S_\lambda \leq 1,19$) sono considerati appartenenti al gruppo L. La composizione dei carburanti di riferimento riflette le variazioni estreme di S_λ .
- Il motore capostipite deve soddisfare le prescrizioni del presente regolamento per i carburanti di riferimento G_R (carburante 1) e G_{25} (carburante 2), come indicati nell'allegato 6, oppure per i carburanti equivalenti composti usando miscele di gas da gasdotto e altri gas come specificato nell'allegato 6, appendice A.1, senza alcun adeguamento manuale al sistema di alimentazione del motore tra le due prove (è necessaria l'autoregolazione). Dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento. Tale periodo di adattamento deve consistere nel precondizionamento per le successive prove delle emissioni conformemente al rispettivo ciclo di prova. Per i motori sottoposti a prova con ciclo NRSC, il cui ciclo di precondizionamento non è sufficiente a mettere il motore in condizione di autoregolarsi rispetto al carburante, prima del precondizionamento del motore è ammesso un diverso periodo di adattamento indicato dal costruttore.
- A.4.2.3.1.1.1. Se il costruttore ne fa richiesta, il motore può essere sottoposto a prova con un terzo carburante (carburante 3) qualora il fattore di spostamento λ (S_λ) sia compreso tra 0,89 (intervallo inferiore di G_R) e 1,19 (intervallo superiore di G_{25}), per esempio quando il carburante 3 è un carburante disponibile sul mercato. I risultati di questa prova possono essere utilizzati come base per la valutazione della conformità della produzione.
- A.4.2.3.1.2. Nel caso del gas naturale liquefatto/biometano liquefatto (GNL), il motore capostipite deve soddisfare le prescrizioni del presente regolamento per i carburanti di riferimento G_R (carburante 1) e G_{20} (carburante 2), come specificati nell'allegato 6, oppure per i carburanti equivalenti composti usando miscele di gas da gasdotto e altri gas come indicato nell'allegato 6, appendice A.1, senza alcun adeguamento manuale al sistema di alimentazione del motore tra le due prove (è necessaria l'autoregolazione). Dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento. Tale periodo di adattamento deve consistere nel precondizionamento per le successive prove delle emissioni conformemente al rispettivo ciclo di prova. Per i motori sottoposti a prova con ciclo NRSC, il cui ciclo di precondizionamento non è sufficiente a mettere il motore in condizione di autoregolarsi rispetto al carburante, prima del precondizionamento del motore è ammesso un diverso periodo di adattamento indicato dal costruttore.

- A.4.2.3.2. Nel caso dei motori alimentati a gas naturale compresso/biometano compresso (GNC) autoregolabile per il gruppo dei gas H da una parte e per il gruppo dei gas L dall'altra, e che commuta tra il gruppo H e il gruppo L mediante commutatore, il motore capostipite deve essere sottoposto a prova con il carburante di riferimento pertinente indicato nell'allegato 6 per ciascun gruppo e per ogni posizione del commutatore. I carburanti sono G_R (carburante 1) e G_{23} (carburante 3) per il gruppo di gas H e G_{25} (carburante 2) e G_{23} (carburante 3) per il gruppo di gas L, oppure i carburanti equivalenti composti usando miscele di gas da gasdotto e altri gas come indicato nell'allegato 6, appendice A.1. Il motore capostipite deve soddisfare le prescrizioni del presente regolamento in entrambe le posizioni del commutatore senza adeguamento per il carburante tra le due prove per nessuna delle due posizioni del commutatore. Dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento. Tale periodo di adattamento deve consistere nel precondizionamento per le successive prove delle emissioni conformemente al rispettivo ciclo di prova. Per i motori sottoposti a prova con ciclo NRSC, il cui ciclo di precondizionamento non è sufficiente a mettere il motore in condizione di autoregolarsi rispetto al carburante, prima del precondizionamento del motore è ammesso un diverso periodo di adattamento indicato dal costruttore.
- A.4.2.3.2.1. Se il costruttore ne fa richiesta, il motore può essere sottoposto a prova con un terzo carburante al posto di G_{23} (carburante 3) qualora il fattore di spostamento λ (S_λ) sia compreso tra 0,89 (intervallo inferiore di G_R) e 1,19 (intervallo superiore di G_{25}), per esempio quando il carburante 3 è un carburante disponibile sul mercato. I risultati di questa prova possono essere utilizzati come base per la valutazione della conformità della produzione.
- A.4.2.3.3. Nel caso dei motori a gas naturale/biometano, il rapporto dei risultati di emissione "r" deve essere determinato come segue per ciascun inquinante:

$$r = \frac{\text{risultato emissioni carburante di riferimento 2}}{\text{risultato emissioni carburante di riferimento 1}}$$

oppure

$$r_a = \frac{\text{risultato emissioni carburante di riferimento 2}}{\text{risultato emissioni carburante di riferimento 3}}$$

e

$$r_b = \frac{\text{risultato emissioni carburante di riferimento 1}}{\text{risultato emissioni carburante di riferimento 3}}$$

- A.4.2.3.4. Nel caso del GPL il costruttore deve dimostrare che il motore capostipite è in grado di adattarsi a qualsiasi composizione di carburante reperibile sul mercato.

Per il GPL esistono variazioni della composizione C3/C4. I carburanti di riferimento riflettono tali variazioni. Il motore capostipite deve ottemperare alle prescrizioni per le emissioni con i carburanti di riferimento A e B indicati nell'allegato 6 senza adeguamento per il carburante tra le due prove. Dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento. Tale periodo di adattamento deve consistere nel precondizionamento per le successive prove delle emissioni conformemente al rispettivo ciclo di prova. Per i motori sottoposti a prova con ciclo NRSC, il cui ciclo di precondizionamento non è sufficiente a mettere il motore in condizione di autoregolarsi rispetto al carburante, prima del precondizionamento del motore è ammesso un diverso periodo di adattamento indicato dal costruttore.

- A.4.2.3.4.1. Il rapporto dei risultati "r" delle emissioni deve essere determinato come segue per ciascun inquinante:

$$r = \frac{\text{risultato emissioni carburante di riferimento B}}{\text{risultato emissioni carburante di riferimento A}}$$

- A.4.2.4. Prescrizioni per i motori funzionanti con una gamma limitata di carburanti

I motori funzionanti con una gamma limitata di carburanti devono soddisfare le prescrizioni di cui ai punti da A.4.2.4.1 a A.4.2.4.3.

- A.4.2.4.1. Omologazione per quanto riguarda le emissioni allo scarico dei motori funzionanti con GNC e predisposti per funzionare o con i gas del gruppo H o con i gas del gruppo L.

- A.4.2.4.1.1. Il motore capostipite deve essere sottoposto a prova con il carburante di riferimento pertinente per il gruppo corrispondente, conformemente all'allegato 6. I carburanti sono G_R (carburante 1) e G_{23} (carburante 3) per il gruppo di gas H e G_{25} (carburante 2) e G_{23} (carburante 3) per il gruppo di gas L, oppure i carburanti equivalenti composti usando miscele di gas da gasdotto e altri gas come indicato nell'allegato 6, appendice A.1. Il motore capostipite deve soddisfare le prescrizioni del presente regolamento senza adeguamento per il combustibile tra le due prove. Dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento. Tale periodo di adattamento deve consistere nel precondizionamento per le successive prove delle emissioni conformemente al rispettivo ciclo di prova. Per i motori sottoposti a prova con ciclo NRSC, il cui ciclo di precondizionamento non è sufficiente a mettere il motore in condizione di autoregolarsi rispetto al carburante, prima del precondizionamento del motore è ammesso un diverso periodo di adattamento indicato dal costruttore.

A.4.2.4.1.2. Se il costruttore ne fa richiesta, il motore può essere sottoposto a prova con un terzo carburante al posto di G_{23} (carburante 3) qualora il fattore di spostamento λ (S_λ) sia compreso tra 0,89 (intervallo inferiore di G_R) e 1,19 (intervallo superiore di G_{25}), per esempio quando il carburante 3 è un carburante disponibile sul mercato. I risultati di questa prova possono essere utilizzati come base per la valutazione della conformità della produzione.

A.4.2.4.1.3. Il rapporto dei risultati "r" delle emissioni deve essere determinato come segue per ciascun inquinante:

$$r = \frac{\text{risultato emissioni carburante di riferimento 2}}{\text{risultato emissioni carburante di riferimento 1}}$$

oppure

$$r_a = \frac{\text{risultato emissioni carburante di riferimento 2}}{\text{risultato emissioni carburante di riferimento 3}}$$

e

$$r_b = \frac{\text{risultato emissioni carburante di riferimento 1}}{\text{risultato emissioni carburante di riferimento 3}}$$

A.4.2.4.2. Omologazione per quanto riguarda le emissioni allo scarico dei motori funzionanti a gas naturale o a GPL e progettati per funzionare con una composizione specifica di carburante

A.4.2.4.2.1. Il motore capostipite deve soddisfare: nel caso del GNC le prescrizioni per le emissioni dei carburanti di riferimento G_R e G_{25} o dei carburanti equivalenti composti usando miscele di gas da gasdotto e altri gas come indicato nell'allegato 6, appendice A.1; nel caso del GNL le prescrizioni per le emissioni dei carburanti di riferimento G_R e G_{20} o dei carburanti equivalenti composti usando miscele di gas da gasdotto e altri gas come indicato nell'allegato 6, appendice A.2; oppure, nel caso del GPL, le prescrizioni per i carburanti di riferimento A e B come indicato nell'allegato 6. Tra una prova e l'altra è consentito mettere a punto il sistema di alimentazione. Tale messa a punto consisterà in una ritaratura della banca dati del sistema di alimentazione, senza alcuna modifica della strategia di controllo o della struttura fondamentale di tale banca dati. Se necessario, è possibile sostituire elementi che influiscono direttamente sulla portata del carburante, come gli ugelli degli iniettori.

A.4.2.4.2.2. Per i motori alimentati a GNC, se il costruttore ne fa richiesta il motore può essere sottoposto a prova con i carburanti di riferimento G_R e G_{23} o con i carburanti di riferimento G_{25} e G_{23} , oppure con i carburanti equivalenti composti usando miscele di gas da gasdotto e altri gas come indicato nell'allegato 6, appendice A.1, nel qual caso l'omologazione è valida, rispettivamente, solo per il gruppo di gas H e solo per il gruppo di gas L.

A.4.2.5. Prescrizioni per i motori alimentati a gas naturale liquefatto/biometano liquefatto (GNL) funzionanti con un carburante specifico

I motori alimentati a gas naturale liquefatto/biometano liquefatto funzionanti con un carburante specifico devono soddisfare le prescrizioni di cui ai punti A.4.2.5.1 e A.4.2.5.2.

A.4.2.5.1. Condizioni per le domande di omologazione aventi per oggetto motori alimentati a gas naturale liquefatto/biometano liquefatto (GNL) funzionanti con un carburante specifico

A.4.2.5.1.1. Il costruttore può chiedere l'omologazione per un carburante specifico soltanto se il motore è tarato per una composizione specifica di GNL tale per cui il fattore di spostamento λ non si discosta di oltre il 3 % dal fattore di spostamento λ del carburante G_{20} di cui all'allegato 6, e se il suo tenore di etano non supera l'1,5 %.

A.4.2.5.1.2. In tutti gli altri casi il costruttore è tenuto a chiedere l'omologazione per i motori funzionanti con una gamma universale di carburanti conformemente alle prescrizioni del punto A.4.2.1.3.2.

A.4.2.5.2. Prescrizioni di prova specifiche per le omologazioni relative ai motori dual-fuel con carburante specifico (GNL)

A.4.2.5.2.1. Per quanto riguarda le famiglie di motori dual-fuel tarati per una composizione specifica di GNL tale che il fattore di spostamento λ non si discosta di oltre il 3 % dal fattore di spostamento λ del carburante G_{20} di cui all'allegato 6 e il tenore di etano non supera l'1,5 %, il motore capostipite può essere sottoposto a prova soltanto con il carburante gassoso di riferimento G_{20} o con un carburante equivalente composto usando una miscela di gas da gasdotto e altri gas come indicato nell'allegato 6, appendice A.1

- A.4.2.6. Omologazione di componenti di una famiglia di motori per quanto riguarda le emissioni allo scarico
- A.4.2.6.1. Con l'eccezione del caso di cui al punto A.4.2.6.2, l'omologazione di un motore capostipite deve essere estesa a tutti i componenti della famiglia, senza prove ulteriori, per qualsiasi composizione di carburante che rientri nel gruppo per il quale il motore capostipite è stato omologato (nel caso dei motori descritti al punto A.4.2.5) o nello stesso gruppo di carburanti (nel caso dei motori descritti ai punti A.4.2.3 e A.4.2.4) per il quale il motore capostipite ha ottenuto l'omologazione.
- A.4.2.6.2. Se secondo il servizio tecnico, relativamente al motore capostipite scelto, la domanda presentata non rappresenta appieno la famiglia di motori quale definita al punto 7 del presente regolamento, il servizio tecnico può selezionare e sottoporre a prova un diverso motore di riferimento e, se necessario, uno ulteriore.
- A.4.2.7. Prescrizioni aggiuntive per i motori dual-fuel
- Per ottenere l'omologazione di un tipo di motore o di una famiglia di motori dual-fuel, il costruttore deve:
- eseguire le prove di cui alla tabella 25;
 - oltre a rispettare le prescrizioni di cui al punto A.4.2, dimostrare che i motori dual-fuel in questione sono stati sottoposti a prova e soddisfano le prescrizioni di cui all'allegato 7.
- A.4.3. Riepilogo della procedura per l'omologazione dei motori alimentati a gas naturale e a GPL, compresi i motori dual-fuel
- A.4.3.1. Nelle tabelle da 19 a 21 è riepilogata la procedura di omologazione per i motori alimentati a gas naturale e a GPL ed è indicato il numero minimo di prove necessarie per l'omologazione dei motori dual-fuel.

Tabella 25

Omologazione dei motori alimentati a gas naturale

	Punto A.4.2.3: prescrizioni per i motori funzionanti con una gamma universale di carburanti	Numero di prove	Calcolo di "r"	Punto A.4.2.4: prescrizioni per i motori funzionanti con una gamma limitata di carburanti	Numero di prove	Calcolo di "r"
Riferimento al punto A.4.2.3.1 Motori a gas naturale adattabili a qualsiasi composizione di carburante	G_R (1) e G_{25} (2) Se il costruttore ne fa richiesta, il motore può essere sottoposto a prova con un terzo carburante disponibile sul mercato (3), qualora $0,89 \leq S_\lambda \leq 1,19$	2 (max. 3)	$r = \frac{fuel2(G_{25})}{fuel1(G_R)}$ e, se sottoposto a prova con un carburante ulteriore; $r_a = \frac{fuel2(G_{25})}{fuel3(market\ fuel)}$ e $r_b = \frac{fuel1(G_R)}{fuel3(G_{25}\ or\ market\ fuel)}$			
Riferimento al punto A.4.2.3.2 Motori a gas naturale autoadattabili con commutatore	G_R (1) e G_{23} (3) per H e G_{25} (2) e G_{23} (3) per L Se il costruttore ne fa richiesta, il motore può essere sottoposto a prova con un carburante disponibile in commercio (3) diverso da G_{23} , qualora $0,89 \leq S_\lambda \leq 1,19$	2 per la gamma H e 2 per la gamma L nella rispettiva posizione del commutatore	$r_b = \frac{fuel1(G_R)}{fuel3(G_{23}\ or\ market\ fuel)}$ e $r_a = \frac{fuel2(G_{25})}{fuel3(G_{23}\ or\ market\ fuel)}$			

	Punto A.4.2.3: prescrizioni per i motori funzionanti con una gamma universale di carburanti	Numero di prove	Calcolo di "r"	Punto A.4.2.4: prescrizioni per i motori funzionanti con una gamma limitata di carburanti	Numero di prove	Calcolo di "r"
Riferimento al punto A.4.2.4.1. Motori a gas naturale predisposti per funzionare con gas della gamma H o della gamma L				<p>G_R (1) e G_{23} (3) per H o G_{25} (2) e G_{23} (3) per L</p> <p>Se il costruttore ne fa richiesta, il motore può essere sottoposto a prova con un carburante disponibile in commercio (3) diverso da G_{23}, qualora $0,89 \leq S_\lambda \leq 1,19$</p>	<p>2 per la gamma H oppure 2 per la gamma L</p> <p>2</p>	$r_b = \frac{fuel1(G_R)}{fuel3(G_{23} \text{ or market fuel})}$ <p>per la gamma H oppure</p> $r_a = \frac{fuel2(G_{25})}{fuel3(G_{23} \text{ or market fuel})}$ <p>per la gamma L</p>
Riferimento al punto A.4.2.4.2 Motori a gas naturale predisposti per funzionare con una specifica composizione di carburante				<p>G_R (1) e G_{25} (2), messa a punto consentita tra una prova e l'altra.</p> <p>Se il costruttore ne fa richiesta, il motore può essere sottoposto a prova con: G_R (1) e G_{23} (3) per H o G_{25} (2) e G_{23} (3) per L</p>	<p>2</p> <p>2 per la gamma H oppure 2 per la gamma L</p>	

Tabella 26

Omologazione dei motori alimentati a GPL

	Punto A.4.2.3: prescrizioni per i motori funzionanti con una gamma universale di carburanti	Numero di prove	Calcolo di "r"	Punto A.4.2.4: prescrizioni per i motori funzionanti con una gamma limitata di carburanti	Numero di prove	Calcolo di "r"
Riferimento al punto A.4.2.3.4 Motori GPL adattabili a qualsiasi composizione di carburante	Carburante A e carburante B	2	$r = \frac{fuel B}{fuel A}$			
Riferimento al punto A.4.2.4.2 Motori GPL predisposti per funzionare con una specifica composizione di carburante				Carburante A e carburante B, messa a punto consentita tra una prova e l'altra	2	

Tabella 27

Numero minimo di prove necessarie per l'omologazione dei motori dual-fuel

Tipo di dual-fuel	Modalità a carburante liquido	Modalità di funzionamento a doppia alimentazione			
		GNC	GNL	GNL ₂₀	GPL
1A		Universale o limitata (2 prove)	Universale (2 prove)	Specifica per il carburante (1 prova)	Universale o limitata (2 prove)
1B	Universale (1 prova)	Universale o limitata (2 prove)	Universale (2 prove)	Specifica per il carburante (1 prova)	Universale o limitata (2 prove)
2 A		Universale o limitata (2 prove)	Universale (2 prove)	Specifica per il carburante (1 prova)	Universale o limitata (2 prove)
2 B	Universale (1 prova)	Universale o limitata (2 prove)	Universale (2 prove)	Specifica per il carburante (1 prova)	Universale o limitata (2 prove)
3 B	Universale (1 prova)	Universale o limitata (2 prove)	Universale (2 prove)	Specifica per il carburante (1 prova)	Universale o limitata (2 prove)

APPENDICE 5

INFORMAZIONI E ISTRUZIONI DESTINATE AGLI OEM

- A.5.1. Come disposto al punto 6.1, il costruttore deve fornire all'OEM tutte le informazioni pertinenti e le istruzioni necessarie a garantire la conformità del motore al tipo di motore omologato una volta montato sulla macchina mobile non stradale o sul veicolo di categoria T. Le istruzioni aventi questo scopo devono essere chiaramente identificate per l'OEM.
- A.5.2. Le istruzioni possono essere fornite su carta o in un formato elettronico di uso comune.
- A.5.3. Se sono forniti allo stesso OEM diversi motori che richiedono istruzioni comuni, deve essere fornito un solo pacchetto di istruzioni.
- A.5.4. Le informazioni e le istruzioni destinate all'OEM devono comprendere almeno:
- A.5.4.1. le prescrizioni per un montaggio che consenta di ottenere le prestazioni in termini di emissioni previste per il tipo di motore, comprensivo del sistema di controllo delle emissioni, che devono essere prese in considerazione per garantire il corretto funzionamento del sistema di controllo delle emissioni;
- A.5.4.2. una descrizione delle eventuali condizioni o limitazioni speciali connesse al montaggio o all'uso del motore, come da indicazioni nella notifica di cui all'allegato 2;
- A.5.4.3. una dichiarazione che attesti che il montaggio del motore non deve vincolare in modo permanente il motore a funzionare esclusivamente entro un intervallo di potenza corrispondente a una (sotto)categoria con limiti di emissione di inquinanti gassosi e di particolato inquinante più rigorosi rispetto alla (sotto)categoria di cui fa parte il motore;
- A.5.4.4. per le famiglie di motori cui si applicano le disposizioni del punto 5.6 del presente regolamento, i limiti inferiore e superiore della superficie di controllo applicabile e una dichiarazione che attesti che il montaggio del motore non deve vincolare il motore a funzionare esclusivamente a regimi e a punti di carico esterni alla superficie di controllo per la curva di coppia del motore;
- A.5.4.5. se del caso, le prescrizioni di progettazione per i componenti forniti dall'OEM che non fanno parte del motore, necessarie a garantire che, una volta montato, il motore sia conforme al tipo di motore omologato;
- A.5.4.6. se del caso, le prescrizioni di progettazione per il serbatoio del reagente, comprensive delle informazioni sull'antigelo, il monitoraggio del livello del reagente e le modalità di prelievo di campioni di reagente;
- A.5.4.7. se del caso, informazioni relative all'eventuale montaggio di un sistema non riscaldato del reagente;
- A.5.4.8. Riservato
- A.5.4.9. se del caso, una dichiarazione attestante che l'OEM è tenuto a fornire un sistema di allerta di cui all'allegato 9, appendici A.1 e A.2;
- A.5.4.10. se del caso, informazioni relative all'interfaccia tra il motore e la macchina mobile non stradale o il veicolo di categoria T per il sistema di allerta dell'operatore, di cui al punto A.5.4.9;
- A.5.4.11. se del caso, informazioni relative all'interfaccia tra il motore e la macchina mobile non stradale o il veicolo di categoria T per il sistema di persuasione dell'operatore, di cui all'allegato 9;
- A.5.4.12. se del caso, informazioni relative alle modalità di disattivazione temporanea del sistema di persuasione dell'operatore, di cui all'allegato 9;
- A.5.4.13. se del caso, informazioni relative alla funzione di superamento del sistema di persuasione, di cui all'allegato 9;

A.5.4.14. nel caso dei motori dual-fuel:

- a) una dichiarazione attestante che l'OEM deve fornire un indicatore della modalità di funzionamento dual-fuel come descritto nell'allegato 7, appendice A.5;
- b) una dichiarazione attestante che l'OEM deve fornire un sistema di allerta per la modalità dual-fuel come descritto nell'allegato 7, appendice A.5;
- c) informazioni relative all'interfaccia tra il motore e la macchina mobile non stradale o il veicolo di categoria T per l'indicatore e il sistema di allerta dell'operatore, di cui al punto A.5.4.14, lettere a) e b);

A.5.4.15. Riservato

A.5.4.16. nel caso dei motori a regime costante con regimi alternativi, di cui all'allegato 10, punto 1.1.2.3:

- a) una dichiarazione attestante che il montaggio del motore deve avvenire in modo che:
 - i) il motore sia spento prima della reimpostazione del regolatore del regime costante a un regime alternativo; e
 - ii) il regolatore del regime costante sia impostato solo su regimi alternativi consentiti dal costruttore del motore;
- b) informazioni in dettaglio su ciascuna (sotto)categoria e modalità di funzionamento (regime) per le quali il motore è omologato e sulle quali può essere regolato dopo il montaggio;

A.5.4.17. nel caso in cui il motore disponga di un regime di minimo per le fasi di avviamento e spegnimento, una dichiarazione attestante che il motore deve essere montato in modo da garantire che la funzione di regolazione del regime costante sia attivata prima di aumentare la domanda di carico al motore partendo dalle regolazioni senza carico.

A.5.5. Il costruttore deve fornire all'OEM tutte le informazioni e le istruzioni necessarie, che l'OEM dovrà trasmettere all'utilizzatore finale in conformità alle disposizioni dell'appendice 6 del presente regolamento.

A.5.6. Il costruttore deve indicare all'OEM il valore in g/kWh delle emissioni di biossido di carbonio (CO₂) determinato nel corso della procedura di omologazione e riportato nella notifica relativa al motore. Tale valore deve essere comunicato all'OEM e agli utilizzatori finali accompagnato dalla seguente dichiarazione: "Questo è il valore di misurazione del CO₂ risultato da un ciclo di prova fisso eseguito in condizioni di laboratorio su un motore (capostipite) rappresentativo del tipo di motore (della famiglia di motori) e non comporta alcuna garanzia implicita o esplicita relativamente alle prestazioni di un determinato motore una volta montato su un tipo di macchina mobile non stradale o di veicolo di categoria T".

APPENDICE 6

INFORMAZIONI E ISTRUZIONI DESTINATE AGLI UTILIZZATORI FINALI

- A.6.1. L'OEM deve fornire agli utilizzatori finali tutte le informazioni e le istruzioni necessarie per il corretto funzionamento del motore, così che le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato inquinante dal motore siano mantenute entro i limiti del tipo di motore omologato o della famiglia di motori omologata. Le istruzioni aventi questo scopo devono essere chiaramente identificate per gli utilizzatori finali.
- A.6.2. Le istruzioni destinate agli utilizzatori finali:
- A.6.2.1. devono essere redatte in modo chiaro e non tecnico, adottando la stessa terminologia utilizzata nel manuale di istruzioni per l'utilizzatore finale della macchina mobile non stradale o del veicolo di categoria T;
- A.6.2.2. devono essere in formato cartaceo o, in alternativa, in un formato elettronico di uso comune;
- A.6.2.3. devono essere integrate nelle istruzioni destinate agli utilizzatori finali della macchina mobile non stradale o del veicolo di categoria T oppure, in alternativa, devono essere riportate in un documento a parte;
- A.6.2.3.1. quando separate dalle istruzioni destinate agli utilizzatori finali della macchina mobile non stradale o del veicolo di categoria T, devono essere nello stesso formato di tali istruzioni.
- A.6.3. Le informazioni e le istruzioni destinate agli utilizzatori finali devono recare almeno:
- A.6.3.1. una descrizione delle eventuali condizioni o limitazioni speciali connesse al montaggio o all'uso del motore, quali risultanti dalla notifica dell'omologazione;
- A.6.3.2. una dichiarazione che attesti che il motore, compreso il sistema di controllo delle emissioni, deve essere fatto funzionare, usato e sottoposto a manutenzione secondo le istruzioni fornite agli utilizzatori finali, per fare in modo che le sue prestazioni relativamente alle emissioni siano conformi alle prescrizioni applicabili alla rispettiva categoria di motori;
- A.6.3.3. una dichiarazione che specifichi che non sono ammesse manomissioni intenzionali o abusi del sistema di controllo delle emissioni del motore, in particolare in riferimento alla disattivazione o alla mancata manutenzione del sistema di ricircolo dei gas di scarico (EGR) o del sistema di dosaggio del reagente;
- A.6.3.4. una dichiarazione che indichi che è essenziale intervenire rapidamente per correggere un eventuale errato funzionamento o uso o una manutenzione impropria del sistema di controllo delle emissioni, eseguendo gli interventi correttivi indicati nei messaggi di allerta di cui ai punti A.6.3.5 e A.6.3.6;
- A.6.3.5. spiegazioni dettagliate relative ai possibili malfunzionamenti del sistema di controllo delle emissioni causati da un errato funzionamento o uso o da una manutenzione impropria del motore montato, accompagnate dai messaggi di allerta associati e dai rispettivi interventi correttivi;
- A.6.3.6. spiegazioni dettagliate relative a un eventuale uso improprio della macchina mobile non stradale o del veicolo di categoria T che potrebbe determinare un malfunzionamento del sistema di controllo delle emissioni, con i messaggi di allerta associati e i relativi interventi correttivi;
- A.6.3.7. Riservato
- A.6.3.8. Riservato

- A.6.3.9. per le macchine mobili non stradali e i veicoli di categoria T dotati di sistema di allerta dell'operatore, una dichiarazione attestante che l'operatore verrà informato dal sistema di allerta qualora il sistema di controllo delle emissioni non funzionasse correttamente;
- A.6.3.10. per le macchine mobili non stradali e i veicoli di categoria T dotati di sistema di persuasione dell'operatore, una dichiarazione attestante che se si ignora il segnale di allerta si attiva il sistema di persuasione dell'operatore, che comporta al fine l'interruzione del funzionamento della macchina mobile non stradale o del veicolo di categoria T;
- A.6.3.11. per le macchine mobili non stradali e i veicoli di categoria T dotati di funzione di superamento del sistema di persuasione, che consente il rilascio della potenza piena del motore per motivi di sicurezza o per permettere l'autodiagnosi, informazioni sul funzionamento di questa funzione;
- A.6.3.12. se del caso, spiegazioni sul funzionamento dei sistemi di allerta e di persuasione dell'operatore, di cui ai punti A.6.3.9, A.6.3.10 e A.6.3.11, e sulle conseguenze, in termini di calo delle prestazioni e di segnalazione dei guasti, qualora si ignorino i segnali del sistema di allerta, non si rabbocchi l'eventuale reagente o non si risolva il problema individuato;
- A.6.3.13. Riservato
- A.6.3.14. per le macchine mobili non stradali o i veicoli di categoria T dotati di un mezzo per disattivare il sistema di persuasione dell'operatore, informazioni relative al funzionamento di tale funzione e una dichiarazione attestante che la funzione deve essere attivata solamente in caso di emergenza, che le eventuali attivazioni resteranno registrate nel computer di bordo e che le autorità nazionali di controllo saranno in grado di leggere tali registrazioni con uno scanner.
- A.6.3.15. informazioni sul carburante o i carburanti necessari per il mantenimento delle prestazioni del sistema di controllo delle emissioni, in particolare:
- a) se il motore è destinato ad essere usato con diesel oppure con gasolio per macchine non stradali, una dichiarazione attestante che va utilizzato un carburante con tenore di zolfo non superiore a 10 mg/kg (20 mg/kg al punto di distribuzione finale), numero di cetano non inferiore a 45 e tenore di FAME non superiore all'8 % v/v;
 - b) se anche altri carburanti, miscele di carburanti o emulsioni di carburanti sono compatibili per l'uso nel motore, come dichiarato dal costruttore e indicato nella notifica relativa all'omologazione, questi devono essere indicati;
- A.6.3.16. informazioni relative alle specifiche dell'olio lubrificante necessario per il mantenimento delle prestazioni del sistema di controllo delle emissioni;
- A.6.3.17. se il sistema di controllo delle emissioni richiede l'uso di un reagente, le caratteristiche di tale reagente, compreso il tipo, informazioni relative alla concentrazione dei reagenti in soluzione, la temperatura di funzionamento e il riferimento a norme internazionali relative a composizione e qualità devono essere coerenti con le specifiche indicate nell'omologazione del motore;
- A.6.3.18. se del caso, istruzioni che spieghino come l'operatore deve rabboccare i reagenti di consumo tra i normali intervalli di manutenzione. Le istruzioni devono indicare in che modo l'operatore deve rabboccare il serbatoio di reagente e la frequenza prevista per gli interventi di rabbocco, a seconda dell'utilizzo della macchina mobile non stradale o del veicolo di categoria T;
- A.6.3.19. una dichiarazione attestante che, al fine del mantenimento delle prestazioni del motore per quanto riguarda le emissioni, è essenziale usare e rabboccare il reagente in conformità alle specifiche di cui ai punti A.6.3.17 e A.6.3.18;
- A.6.3.20. le prescrizioni relative agli interventi programmati di manutenzione connessi alle emissioni, comprese le eventuali sostituzioni di componenti fondamentali per le emissioni;

A.6.3.21. per i motori dual-fuel:

- a) se del caso, informazioni relative agli indicatori della modalità dual-fuel;
- b) per i motori dual-fuel soggetti a limitazioni dell'operabilità in modalità di servizio, una dichiarazione attestante che l'attivazione della modalità di servizio comporterà l'interruzione del funzionamento della macchina mobile non stradale o del veicolo di categoria T;
- c) in caso di disponibilità della funzione di superamento del sistema di persuasione per il rilascio della potenza piena del motore, informazioni relative al funzionamento di tale funzione.

A.6.4. L'OEM deve indicare agli utilizzatori finali il valore in g/kWh delle emissioni di biossido di carbonio (CO₂) determinato nel corso della procedura di omologazione e riportato nel certificato di omologazione, aggiungendo la seguente dichiarazione: "Questo è il valore di misurazione del CO₂ risultato da un ciclo di prova fisso eseguito in condizioni di laboratorio su un motore (capostipite) rappresentativo del tipo di motore (della famiglia di motori) e non comporta alcuna garanzia implicita o esplicita relativamente alle prestazioni di un determinato motore una volta montato su un tipo di macchina mobile non stradale o di veicolo di categoria T".

APPENDICE 7

PROCEDURA DELLA PROVA DI CONFORMITÀ DELLA PRODUZIONE

- A.7.1. Nella presente appendice è descritta la procedura da applicare per la verifica della conformità della produzione relativamente alle emissioni inquinanti.
- A.7.2. Con una dimensione minima del campione di tre motori, il procedimento di campionamento deve essere fissato in modo che la probabilità che un lotto sia accettato con il 30 % di produzione difettosa sia 0,90 (rischio del produttore = 10 %), mentre la probabilità che un lotto sia accettato con il 65 % di produzione difettosa sia 0,10 (rischio del consumatore = 10 %).
- A.7.3. Per ciascuno degli inquinanti presenti nelle emissioni si applica la seguente procedura (cfr. figura 4):
- n = numero dei campioni esaminati.
- A.7.4. Determinare per il campione il risultato statistico della prova quantificando il numero totale delle prove non conformi all'ennesima prova.
- A.7.5. Quindi:
- se il risultato statistico della prova è inferiore o uguale al numero per l'approvazione per la dimensione del campione di cui alla tabella 28, l'inquinante deve essere approvato;
 - se il risultato statistico della prova è superiore o uguale al numero per il rifiuto per la dimensione del campione di cui alla tabella 28, l'inquinante deve essere rifiutato;
 - altrimenti si procede alla prova di un motore ulteriore conformemente al punto 8.7.2 applicando il procedimento di calcolo al campione maggiorato di un'unità.

I numeri per l'approvazione e per il rifiuto indicati nella tabella 28 devono essere calcolati conformemente alla norma internazionale ISO 8422/1991.

Tabella 28

Risultati statistici per la prova di conformità della produzione

Dimensione minima del campione: 3 Dimensione minima del campione per l'approvazione: 4

Numero totale dei motori sottoposti a prova (dimensione del campione)	Quantità per l'approvazione	Quantità per il rifiuto
3	—	3
4	0	4
5	0	4
6	1	5
7	1	5
8	2	6
9	2	6
10	3	7
11	3	7
12	4	8

Numero totale dei motori sottoposti a prova (dimensione del campione)	Quantità per l'approvazione	Quantità per il rifiuto
13	4	8
14	5	9
15	5	9
16	6	10
17	6	10
18	7	11
19	8	9

ALLEGATO 1

MODELLI PER LA DOCUMENTAZIONE INFORMATIVA E LA SCHEDA INFORMATIVA

1. DOCUMENTAZIONE INFORMATIVA

La documentazione informativa di cui al punto 3 del presente regolamento deve contenere quanto segue:

- 1.1. un indice;
- 1.2. una dichiarazione del costruttore relativa alla conformità a tutti i requisiti di cui al presente regolamento, in base al modello di cui all'appendice A.1 del presente allegato;
- 1.3. la dichiarazione rilasciata dal costruttore relativamente alla conformità del tipo di motore o della famiglia di motori ai limiti di emissione dei gas di scarico di cui all'appendice 2 del presente regolamento per specifici carburanti liquidi, miscele di carburanti o emulsioni di carburanti diversi da quelli di cui all'appendice 4, punto A.3.1.2.2, del presente regolamento;
- 1.4. per i motori a controllo elettronico delle categorie NRE e NRG che rispettano i limiti di emissione di cui all'appendice 2 del presente regolamento e che utilizzano il controllo elettronico per determinare sia la quantità sia la fasatura di iniezione del carburante, o che utilizzano il controllo elettronico per attivare, disattivare o modulare il sistema di controllo delle emissioni usato per ridurre gli NO_x, una descrizione completa della strategia per il controllo delle emissioni, comprendente la strategia di base per il controllo delle emissioni e i mezzi che la strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni utilizza per controllare direttamente o indirettamente le variabili di uscita;
 - 1.4.1. informazioni riservate aggiuntive di cui all'appendice A.2, che devono essere messe a disposizione del solo servizio tecnico che esegue le prove e non devono essere accluse alla documentazione informativa;
- 1.5. se del caso, una descrizione completa delle caratteristiche operative funzionali delle misure di controllo degli NO_x e del sistema di persuasione, di cui all'allegato 9 del presente regolamento;
 - 1.5.1. se del caso, una copia dei verbali delle dimostrazioni di cui all'allegato 9, appendice A.1, punti A.1.10.5 e A.1.13.4;
 - 1.5.2. se del caso, una descrizione della connessione per accedere ai dati di cui all'allegato 9, appendice A.1, punto A.1.5.2.1.1, lettera e), e del metodo di lettura dei dati;
 - 1.5.3. in alternativa, qualora il tipo di motore o la famiglia di motori in questione faccia parte di una famiglia di motori NCD, può essere fornita una motivazione dell'appartenenza a tale famiglia, unitamente alle informazioni richieste ai punti 1.5, 1.5.1 e 1.5.2 sulla famiglia di motori NCD, d'intesa con l'autorità di omologazione;
- 1.6. se del caso, una descrizione completa delle caratteristiche operative funzionali delle misure di controllo del particolato, di cui all'allegato 9 del presente regolamento;
 - 1.6.1. se del caso, una copia del verbale della dimostrazione di cui all'allegato 9, appendice A.2, punto A.2.9.3.6;
 - 1.6.2. se del caso, una descrizione della connessione per accedere ai dati di cui all'allegato 9, appendice A.2, punto A.2.5.2, e del metodo di lettura dei dati;
 - 1.6.3. in alternativa, qualora il tipo di motore o la famiglia di motori in questione faccia parte di una famiglia di motori PCD, può essere fornita una motivazione dell'appartenenza a tale famiglia, unitamente alle informazioni richieste ai punti 1.6, 1.6.1 e 1.6.2 sulla famiglia di motori PCD, d'intesa con l'autorità di omologazione;
- 1.7. una dichiarazione del costruttore, accompagnata da dati o verbali di prova pertinenti, relativa ai fattori di deterioramento di cui all'allegato 8, punto 5, del presente regolamento;
 - 1.7.1. in alternativa, qualora il tipo di motore o la famiglia di motori in questione faccia parte di una famiglia di sistemi di post-trattamento, può essere fornita una motivazione dell'appartenenza a tale famiglia, unitamente alle informazioni richieste al punto 1.7 sulla famiglia di sistemi di post-trattamento, d'intesa con l'autorità di omologazione;

- 1.8. se del caso, una dichiarazione del costruttore, accompagnata da dati o verbali di prova pertinenti, relativa ai fattori di aggiornamento per la rigenerazione periodica di cui all'allegato 4 del presente regolamento;
- 1.8.1. in alternativa, qualora il tipo di motore o la famiglia di motori in questione faccia parte di una famiglia di sistemi di post-trattamento, può essere fornita una motivazione dell'appartenenza a tale famiglia, unitamente alle informazioni richieste al punto 1.8 sulla famiglia di sistemi di post-trattamento, d'intesa con l'autorità di omologazione;
- 1.9. una dichiarazione del costruttore e dati giustificativi che dimostrino che le strategie di controllo delle emissioni applicate sono progettate in modo da prevenire per quanto possibile le manomissioni, come specificato nell'allegato 9, appendice A.3 e punto 5.5, del presente regolamento;
- 1.9.1. per i tipi di motore e le famiglie di motori che utilizzano una centralina elettronica (ECU) come parte del sistema di controllo delle emissioni, le informazioni devono includere una descrizione delle misure adottate per prevenire la manomissione e la modifica dell'ECU, anche del dispositivo per l'aggiornamento con taratura o programma approvata/o dal costruttore;
- 1.9.2. per i tipi di motore e le famiglie di motori che utilizzano dispositivi meccanici come parte del sistema di controllo delle emissioni, le informazioni devono includere una descrizione delle disposizioni adottate per prevenire la manomissione e la modifica dei parametri regolabili del sistema di controllo delle emissioni. Ciò deve comprendere i componenti antimanomissione, quali limitatori e sigilli applicati alle viti di regolazione o viti speciali non regolabili dall'utente;
- 1.9.3. per classificare motori appartenenti a diverse famiglie nella stessa famiglia di motori in base alle misure antimanomissione, il costruttore deve confermare all'autorità di omologazione che sono state usate misure antimanomissione simili;
- 1.10. una descrizione del connettore fisico necessario a ricevere il segnale della coppia dalla centralina del motore nel caso in cui la parte contraente richieda l'effettuazione di prove di monitoraggio in servizio, in modo che sia possibile procurarsi tale connettore;
- 1.11. una descrizione dei sistemi generali di gestione della garanzia di qualità per la conformità della produzione in conformità al punto 8 del presente regolamento;
- 1.12. un elenco delle prescrizioni relative alla manutenzione programmata riguardante le emissioni, comprendente il periodo in cui ciascuno di questi interventi di manutenzione programmata dovrebbe verificarsi e le sostituzioni programmate di componenti importanti per le emissioni;
- 1.13. la scheda informativa compilata di cui al punto 2 del presente allegato;
- 1.13.1. in caso di modifica dei dati figuranti nella scheda informativa presentata per l'omologazione del motore, il costruttore deve presentare le pagine modificate all'autorità di omologazione, indicando chiaramente la natura delle modifiche e la data della nuova emissione;
- 1.14. tutti i dati, i disegni, le fotografie e le altre informazioni pertinenti richieste nella scheda informativa.

2. SCHEDA INFORMATIVA

La scheda informativa deve recare un numero di riferimento assegnato dal richiedente.

- 2.1. Tutte le schede informative devono contenere le seguenti informazioni:
 - 2.1.1. le informazioni generali di cui alla parte A dell'appendice A.3;
 - 2.1.2. le informazioni di cui all'appendice A.1, parte B, per individuare i parametri di progettazione comuni a tutti i tipi di motore all'interno di una famiglia di motori, o applicabili al tipo di motore quando questo non fa parte di una famiglia, per i quali si richiede l'omologazione;
 - 2.1.3. le informazioni di cui alla parte C dell'appendice A.3, attenendosi al formato della matrice di cui al punto 2.1.3.1 per individuare le voci applicabili al motore capostipite o al tipo o ai tipi di motore all'interno della famiglia, se del caso:

2.1.3.1. Tipo di motore o matrice della famiglia di motori con dati di esempio

Numero della voce	Descrizione della voce	Motore capostipite/tipo di motore	Tipi di motore all'interno della famiglia di motori (se del caso)			
			Tipo 2	Tipo 3	Tipo ...	Tipo n
3.1	Identificazione del motore					
3.1.1.	Designazione del tipo di motore	A01	A02	A03	A04	A05
3.2	Parametri di prestazione					
3.2.1.	Regime o regimi nominali dichiarati (giri/min):	2200	2200	2000	1800	1800
3.10	Dispositivi vari: sì/no					
3.10.1.	Ricircolo dei gas di scarico (EGR)					
3.10.1.1	Caratteristiche (refrigerato/non refrigerato, ad alta pressione/a bassa pressione ecc.):					
...				

2.1.3.2. Riservato

2.1.3.3. Nel caso dei motori a regime costante con regimi nominali multipli, per ogni regime di cui al punto 3.2 (parametri di prestazione) devono essere registrate una o più colonne aggiuntive di dati.

2.2. Note esplicative relative alla compilazione della scheda informativa

2.2.1. D'intesa con l'autorità di omologazione, le informazioni di cui ai punti 2.1.2 e 2.1.3 possono essere presentate in un formato diverso.

2.2.2. Ciascun tipo di motore o il motore capostipite nella matrice di cui al punto 2.1.3.1 deve essere identificato in conformità alla designazione della famiglia di motori e alla designazione del tipo del motore di cui al punto 2.3.

2.2.3. Devono essere elencati solo i punti del presente allegato che sono pertinenti per la specifica famiglia di motori, per i tipi di motore all'interno della famiglia o per il tipo di motore; in ogni caso, l'elenco deve rispettare il sistema di numerazione proposto.

2.2.4. Qualora per una determinata voce siano indicate diverse opzioni separate da una barra, le opzioni non scelte devono essere cancellate o deve essere mostrata solo l'opzione o le opzioni adoperate.

2.2.5. Qualora lo stesso valore o la stessa descrizione di una determinata caratteristica del motore si applichi a vari membri di una famiglia di motori, o a tutti, le caselle corrispondenti possono essere unite.

2.2.6. Qualora siano richiesti diagrammi, figure o informazioni dettagliate, può essere indicato il riferimento a un'appendice.

2.2.7. Qualora sia richiesto il "tipo" di un componente, le informazioni fornite devono permettere di individuare il componente in modo univoco mediante un elenco di caratteristiche, il nome del costruttore, il numero di una parte o di un disegno, un disegno, una combinazione di queste informazioni o altri metodi che diano lo stesso risultato.

2.3. Designazione del tipo di motore e della famiglia di motori

Il costruttore deve assegnare a ciascun tipo di motore e a ciascuna famiglia di motori un codice alfanumerico unico.

2.3.1. Nel caso di un tipo di motore, il codice è denominato "designazione del tipo di motore" e deve identificare chiaramente e inequivocabilmente quei motori che presentano una combinazione unica di caratteristiche tecniche per le voci di cui all'appendice A.3, parte C, del presente allegato applicabili al tipo di motore.

- 2.3.2. Nel caso di tipi di motore all'interno di una famiglia di motori, il codice completo è denominato "Famiglia-Tipo" o "FT" e si compone di due parti: la prima parte è la designazione della famiglia di motori e identifica appunto la famiglia di motori; la seconda parte corrisponde alla designazione del tipo di motore per ciascun particolare tipo di motore all'interno della famiglia di motori;

la designazione della famiglia di motori deve identificare chiaramente e inequivocabilmente quei motori che presentano una combinazione unica di caratteristiche tecniche per le voci di cui all'appendice A.3, parti B e C, del presente allegato applicabili alla specifica famiglia di motori.

La FT deve identificare chiaramente e inequivocabilmente quei motori che presentano una combinazione unica di caratteristiche tecniche per le voci di cui all'appendice A.3, parte C, del presente allegato applicabili al tipo di motore all'interno della famiglia di motori.

- 2.3.2.1. Il costruttore può usare la stessa designazione della famiglia di motori per identificare la medesima famiglia di motori per due o più categorie di motori.
- 2.3.2.2. Il costruttore non può usare la stessa designazione della famiglia di motori per identificare più di una famiglia di motori nella stessa categoria di motori.
- 2.3.2.3. Rappresentazione dell'FT

L'FT deve prevedere uno spazio tra la designazione della famiglia di motori e la designazione del tipo di motore, come mostrato nell'esempio seguente:

"159AF[spazio]0054"

- 2.3.3. Numero di caratteri

Il numero di caratteri non deve essere superiore a:

- a) 15 per la designazione della famiglia di motori;
- b) 25 per la designazione del tipo di motore;
- c) 40 per l'FT.

- 2.3.4. Caratteri consentiti

I caratteri per le designazioni del tipo di motore e della famiglia di motori devono essere lettere romane e/o numeri arabi.

- 2.3.4.1. L'uso di parentesi e trattini è consentito purché non sostituiscano una lettera o un numero.
- 2.3.4.2. L'uso di variabili alfanumeriche è consentito; le variabili alfanumeriche non ancora note al momento della notifica devono essere indicate dal segno "#".
- 2.3.4.2.1. I motivi del ricorso a tale variabile alfanumerica devono essere spiegati al servizio tecnico e all'autorità di omologazione.

APPENDICE A.1

DICHIARAZIONE, DA PARTE DEL COSTRUTTORE, DI CONFORMITÀ AL REGOLAMENTO UNECE N. 96, SERIE DI MODIFICHE 05

Il sottoscritto:[.....] (nome, cognome e funzione) dichiara che il seguente tipo di motore/famiglia di motori (*) è pienamente conforme ai requisiti del regolamento UNECE n. 96, serie di modifiche 05, e non utilizza strategie di manomissione.

Tutte le strategie di controllo delle emissioni sono conformi, ove applicabile, ai requisiti della strategia di base per il controllo delle emissioni (BECS) e della strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni (AECS) di cui all'allegato 9, punto 2, del regolamento 96-05, e sono state divulgate in conformità a tale allegato e all'allegato 1 del regolamento 96-05.

1. Marca (denominazione o denominazioni commerciali del costruttore):.....

2. Nome o nomi commerciali (se del caso):.....

3. Nome e indirizzo del costruttore:.....

4. Nome e indirizzo dell'eventuale mandatario del costruttore:.....

5. Designazione del tipo di motore/della famiglia di motori/FT(*):

(Luogo) (Data).....

Identità (**) e firma della persona autorizzata a redigere la dichiarazione a nome del costruttore:

Note esplicative per l'appendice A.1 dell'allegato 1:

(I riferimenti delle note a piè di pagina, le note a piè di pagina e le note esplicative non vanno riportati nella dichiarazione del costruttore)

(*) Cancellare le opzioni non scelte o mostrare solo l'opzione o le opzioni utilizzate.

(**) L'identità della persona autorizzata dal costruttore o dal suo mandatario a firmare la presente dichiarazione deve essere indicata accanto alla sua firma. Per "identità" della persona si intendono il suo nome e cognome e la sua funzione

APPENDICE A.2

INFORMAZIONI RISERVATE RELATIVE ALLA STRATEGIA PER IL CONTROLLO DELLE EMISSIONI

- A.2.1. La presente appendice si applica ai motori a controllo elettronico che utilizzano il controllo elettronico per determinare sia la quantità sia la fasatura di iniezione del carburante.
- A.2.2. Al servizio tecnico devono essere fornite informazioni aggiuntive, che però non devono essere allegate alla domanda di omologazione. Tali informazioni devono comprendere tutti i parametri modificati da eventuali strategie ausiliarie per il controllo delle emissioni e le condizioni limite di funzionamento di tali strategie, in particolare:
- a) una descrizione della logica di controllo, delle strategie di temporizzazione e dei punti di commutazione in tutte le modalità di funzionamento, per quanto concerne i sistemi di alimentazione e gli altri sistemi essenziali che consentono un controllo efficace delle emissioni [ad esempio, ricircolo dei gas di scarico (EGR) o dosaggio del reagente];
 - b) la motivazione dell'impiego per il motore di una strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni, corredata di dati pertinenti e di prove che ne dimostrino l'effetto sulle emissioni allo scarico. La motivazione può essere fondata su dati di prova, sulla buona pratica ingegneristica o su una combinazione tra questi due elementi;
 - c) una descrizione particolareggiata degli algoritmi o dei sensori (se del caso) utilizzati per individuare, analizzare o diagnosticare il funzionamento non corretto del sistema di controllo degli NO_x;
 - d) una descrizione particolareggiata degli algoritmi o dei sensori (se del caso) utilizzati per individuare, analizzare o diagnosticare il funzionamento non corretto del sistema di controllo del particolato.
- A.2.3. Le informazioni aggiuntive di cui al punto A.2.2 devono essere trattate come strettamente riservate. Devono essere conservate dal costruttore e messe a disposizione dell'autorità di omologazione a fini di controllo al momento del rilascio dell'omologazione o, su richiesta, in ogni altro momento durante il periodo di validità dell'omologazione. In tale caso, l'autorità di omologazione deve trattare tali informazioni come riservate e deve astenersi dal rivelarle ad altre parti.
-

APPENDICE A.3

MODELLO PER LA SCHEDA INFORMATIVA

PARTE A

1. INFORMAZIONI GENERALI
 - 1.1. Marca (denominazione o denominazioni commerciali del costruttore):
 - 1.2. Nome o nomi commerciali (se del caso):
 - 1.3. Nome e indirizzo del costruttore:.....
 - 1.4. Nome e indirizzo dell'eventuale mandatario del costruttore:
 - 1.5. Denominazione/i e indirizzo/i dello/degli stabilimento/i di montaggio/fabbricazione:.....
 - 1.6. Designazione del tipo di motore/della famiglia di motori/FT:.....
 - 1.7. Categoria e sottocategoria del tipo di motore/della famiglia di motori(*): NRE-v-1/NRE-v-2/NRE-v-3/NRE-v-4/NRE-v-5/NRE-v-6/NRE-v-7/NRE-c-1/NRE-c-2/NRE-c-3/NRE-c-4/NRE-c-5/NRE-c-6/NRE-c-7/NRG-v-1/NRG-c-1/NRSh-v-1a/NRSh-v-1b/NRS-vr-1a/NRS-vr-1b/NRS-vi-1a/NRS-vi-1b/NRS-v-2a /NRS-v-2b/NRS-v-3/SMB-v-1/ATS-v-1
 - 1.8. Categoria del periodo di durabilità delle emissioni: non applicabile/cat. 1 (prodotti di consumo)/cat. 2 (prodotti semiprofessionali)/cat. 3 (prodotti professionali)
 - 1.9. Riservato
 - 1.10. Riservato
 - 1.11. Potenza di riferimento: potenza nominale netta/potenza massima netta
 - 1.12. Ciclo di prova NRSC primario: C1/C2/D2/G1/G2/G3/H
 - 1.13. Ciclo di prova transitorio: non applicabile/NRTC/LSI-NRTC
 - 1.14. Eventuali limitazioni d'uso:

PARTE B

2. PARAMETRI DI PROGETTAZIONE COMUNI DELLA FAMIGLIA DI MOTORI⁽¹⁾
 - 2.1. Ciclo di combustione: quattro tempi/due tempi/rotativo/altro (specificare)
 - 2.2. Tipo di accensione: accensione spontanea/accensione comandata
 - 2.3. Configurazione dei cilindri
 - 2.3.1. Posizione dei cilindri nel blocco cilindri: singolo/a V/in linea/contrapposti/radiali/altro (specificare):.....
 - 2.3.2. Dimensioni del diametro interno da centro a centro (mm):
 - 2.4. Tipo/caratteristiche progettuali della camera di combustione:
 - 2.4.1. Camera aperta/camera divisa/altro (specificare)
 - 2.4.2. Configurazione delle valvole e delle luci:
 - 2.4.3. Numero di valvole per cilindro:
 - 2.5. Intervallo della cilindrata del cilindro (cm³):.....
 - 2.6. Mezzo di raffreddamento principale: aria/acqua/olio
 - 2.7. Metodo di aspirazione dell'aria: aspirazione naturale/sovralimentazione/sovralimentazione con dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione

- 2.8. Carburante
- 2.8.1. Tipo di carburante: diesel (gasolio destinato alle macchine non stradali)/etanolo destinato a specifici motori ad accensione spontanea (ED95)/benzina (E10)/etanolo (E85)/(gas naturale/biometano)/gas di petrolio liquefatto (GPL)
- 2.8.1.1. Sottotipo di carburante (solo per gas naturale/biometano): carburante universale - carburante ad alto potere calorifico (gas H) e carburante a basso potere calorifico (gas L)/gamma limitata - carburante ad alto potere calorifico (gas H)/gamma limitata - carburante a basso potere calorifico (gas L)/specifico (GNL)
- 2.8.2. Tipo di alimentazione: solo carburante liquido/solo carburante gassoso/dual-fuel di tipo 1A/dual-fuel di tipo 1B/dual-fuel di tipo 2A/dual-fuel di tipo 2B/dual-fuel di tipo 3B
- 2.8.3. Elenco di carburanti, miscele di carburanti o emulsioni di carburanti aggiuntivi compatibili con l'uso nel motore dichiarato dal costruttore in conformità all'appendice 6, punto A.6.3.15, del presente regolamento (indicare riferimento a norme o specifiche riconosciute):.....
- 2.8.4. Lubrificante aggiunto al carburante: sì/no
- 2.8.4.1. Specifica:.....
- 2.8.4.2. Rapporto carburante/olio:.....
- 2.8.5. Tipo di alimentazione del carburante: pompa, linea (ad alta pressione) e iniettore/pompa in linea o pompa rotativa/iniettore-pompa/common rail/carburatore/iniezione indiretta/iniezione diretta/unità di miscelazione/altro (specificare):.....
- 2.9. Sistemi di gestione del motore: strategia di controllo di tipo elettronico/meccanico⁽²⁾
- 2.10. Dispositivi vari: sì/no (se sì, allegare uno schema della posizione e dell'ordine dei dispositivi)
- 2.10.1. Ricircolo dei gas di scarico (EGR): sì/no (se sì, compilare il punto 3.10.1 e allegare uno schema della posizione e dell'ordine dei dispositivi)
- 2.10.2. Iniezione d'acqua: sì/no (se sì, compilare il punto 3.10.2 e allegare uno schema della posizione e dell'ordine dei dispositivi)
- 2.10.3. Iniezione d'aria: sì/no (se sì, compilare il punto 3.10.3 e allegare uno schema della posizione e dell'ordine dei dispositivi)
- 2.10.4. Altro: sì/no (se sì, compilare il punto 3.10.4 e allegare uno schema della posizione e dell'ordine dei dispositivi)
- 2.11. Sistema di post-trattamento dei gas di scarico: sì/no (se sì, allegare uno schema della posizione e dell'ordine dei dispositivi)
- 2.11.1. Catalizzatore di ossidazione: sì/no
(se sì, compilare il punto 3.11.2)
- 2.11.2. Sistema deNO_x con riduzione selettiva degli NO_x (aggiunta di agente riducente): sì/no
(se sì, compilare il punto 3.11.3)
- 2.11.3. Altri sistemi deNO_x:
sì/no (se sì, compilare il punto 3.11.3)
- 2.11.4. Catalizzatore a tre vie che combina ossidazione e riduzione degli NO_x:
sì/no (se sì, compilare il punto 3.11.3)
- 2.11.5. Sistema di post-trattamento del particolato a rigenerazione passiva:
sì/no (se sì, compilare il punto 3.11.4)
- 2.11.5.1. a flusso a parete (*wall-flow*)/non a flusso a parete

2.11.6. Sistema di post-trattamento del particolato a rigenerazione attiva:

sì/no (se sì, compilare il punto 3.11.4)

2.11.6.1. a flusso a parete (*wall-flow*)/non a flusso a parete

2.11.7. Altri sistemi di post-trattamento del particolato:

sì/no (se sì, compilare il punto 3.11.4)

2.11.8. Altri dispositivi di post-trattamento (specificare):

(se sì, compilare il punto 3.11.5)

2.11.9. Altri dispositivi o caratteristiche che incidono notevolmente sulle emissioni: sì/no (specificare):

(se sì, compilare il punto 3.11.7)

PARTE C

Numero della voce	Descrizione della voce	Motore capostipite/tipo di motore	Tipi di motore all'interno della famiglia di motori (se del caso)				Note esplicative (non incluse nel documento)
			Tipo 2	Tipo 3	Tipo ...	Tipo n	
3.1.	Identificazione del motore						
3.1.1.	Designazione del tipo di motore						
3.1.2.	Designazione del tipo di motore indicata sulla marcatura del motore: sì/no						
3.1.3.	Posizione della marcatura regolamentare:						
3.1.4.	Metodo di applicazione della marcatura regolamentare:						
3.1.5.	Disegni della posizione del numero di identificazione del motore (esempio, completo di dimensioni):						
3.2.	Parametri di prestazione						
3.2.1.	Regime o regimi nominali dichiarati (giri/min):						
3.2.1.1.	Carburante erogato/corsa (mm ³) per i motori diesel, flusso di carburante (g/h) per gli altri motori, alla potenza nominale netta:						
3.2.1.2.	Potenza nominale netta dichiarata (kW):						
3.2.2.	Regime di potenza massima (giri/min):						Se diverso da quello nominale
3.2.2.1.	Carburante erogato/corsa (mm ³) per i motori diesel, flusso di carburante (g/h) per gli altri motori, alla potenza massima netta:						
3.2.2.2.	Potenza massima netta (kW):						Se diversa da quella nominale
3.2.3.	Regime di coppia massima dichiarato (giri/min):						Se del caso
3.2.3.1.	Carburante erogato/corsa (mm ³) per i motori diesel, flusso di carburante (g/h) per gli altri motori, al regime di coppia massima:						

Numero della voce	Descrizione della voce	Motore capostipite/tipo di motore	Tipi di motore all'interno della famiglia di motori (se del caso)				Note esplicative (non incluse nel documento)
			Tipo 2	Tipo 3	Tipo ...	Tipo n	
3.2.3.2.	Coppia massima dichiarata (Nm):						Se del caso
3.2.4.	Regime di prova al 100 % dichiarato:						Se del caso
3.2.5.	Regime di prova intermedio dichiarato:						Se del caso
3.2.6.	Regime di minimo (giri/min):						Se del caso
3.2.7.	Regime massimo a vuoto (giri/min):						Se del caso
3.2.8.	Coppia minima dichiarata (Nm):						Se del caso
3.3.	Procedura di rodaggio						Opzionale a scelta del costruttore
3.3.1.	Tempo di rodaggio:						
3.3.2.	Ciclo di rodaggio:						
3.4.	Prova del motore						
3.4.1.	Impianto specifico richiesto: sì/no						Solo per NRSh
3.4.1.1	Descrizione, comprendente fotografie e/o disegni, del sistema di montaggio del motore sul banco di prova, comprensivo dell'albero di trasmissione per il collegamento al dinamometro:						
3.4.2.	Camera di miscelazione dei gas di scarico autorizzata dal costruttore: sì/no						Solo per NRSh
3.4.2.1.	Descrizione, fotografie e/o disegno della camera di miscelazione dei gas di scarico:						Se del caso
3.4.3.	NRSC scelto dal costruttore: RMC/modalità discreta						
3.4.4.	Riservato						
3.4.5.	Numero di cicli di condizionamento prima del ciclo di prova transitorio:						Se applicabile, minimo 1,0
3.4.6.	Precondizionamento per NRSC RMC: RMC/funzionamento in regime stazionario						
3.4.6.1.	In caso di RMC, numero di RMC di condizionamento prima del ciclo di prova NRSC RMC:						Minimo 0,5
3.5.	Sistema di lubrificazione						
3.5.1.	Temperatura del lubrificante						Se del caso
3.5.1.1.	Minima (°C):						
3.5.1.2.	Massima (°C):						

Numero della voce	Descrizione della voce	Motore capostipite/tipo di motore	Tipi di motore all'interno della famiglia di motori (se del caso)				Note esplicative (non incluse nel documento)
			Tipo 2	Tipo 3	Tipo ...	Tipo n	
3.6.	Camera di combustione						
3.6.1.	Alesaggio (mm):						
3.6.2.	Corsa (mm):						
3.6.3.	Numero di cilindri:						
3.6.4.	Cilindrata totale del motore (cm ³):						
3.6.5.	Cilindrata per cilindro in % del motore capostipite:						Se in una famiglia di motori
3.6.6.	Rapporto volumetrico di compressione:						Specificare la tolleranza
3.6.7.	Descrizione del sistema di combustione:						
3.6.8.	Disegni della camera di combustione e della testa del pistone:						
3.6.9.	Sezione trasversale minima delle luci di aspirazione e di scarico (mm ²):						
3.6.10.	Fasatura delle valvole						
3.6.10.1.	Alzata massima e angoli di apertura e chiusura riferiti al punto morto o dati equivalenti:						
3.6.10.2.	Intervallo di riferimento e/o di regolazione:						
3.6.10.3.	Sistema variabile di fasatura delle valvole: sì/no						Se sì, indicare dove: aspirazione e/o scarico
3.6.10.3.1.	Tipo: continuo o on/off						
3.6.10.3.2.	Angolo di sfasamento della camma:						
3.6.11.	Configurazione delle luci						Solo motore a due tempi, se applicabile
3.6.11.1.	Posizione, dimensioni e numero:						
3.7.	Sistema di raffreddamento						Compilare la sezione pertinente
3.7.1.	Raffreddamento a liquido						
3.7.1.1.	Natura del liquido:						
3.7.1.2.	Pompe di circolazione: sì/no						
3.7.1.2.1.	Tipo o tipi:						

Numero della voce	Descrizione della voce	Motore capostipite/tipo di motore	Tipi di motore all'interno della famiglia di motori (se del caso)				Note esplicative (non incluse nel documento)
			Tipo 2	Tipo 3	Tipo ...	Tipo n	
3.7.1.2.2.	Rapporto o rapporti di trasmissione						Se del caso
3.7.1.3.	Temperatura minima del refrigerante all'uscita (°C):						
3.7.1.4.	Temperatura massima del refrigerante all'uscita (°C):						
3.7.2.	Raffreddamento ad aria						
3.7.2.1.	Ventola: sì/no						
3.7.2.1.1.	Tipo o tipi:						
3.7.2.1.2.	Rapporto o rapporti di trasmissione						Se del caso
3.7.2.2.	Temperatura massima al punto di riferimento (°C):						
3.7.2.2.1.	Posizione del punto di riferimento:						
3.8.	Aspirazione						
3.8.1.	Depressione massima ammissibile all'aspirazione al 100 % del regime del motore e al 100 % del carico (kPa)						
3.8.1.1.	Con filtro dell'aria pulito:						
3.8.1.2.	Con filtro dell'aria sporco:						
3.8.1.3.	Punto di misurazione:						
3.8.2.	Compressore o compressori: sì/no						
3.8.2.1.	Tipo o tipi:						
3.8.2.2.	Descrizione e schema del sistema (ad esempio pressione massima di carico, valvola di scarico, VGT, biturbo ecc.):						
3.8.3.	Dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione: sì/no						
3.8.3.1.	Tipo: aria-aria/aria-acqua/altro (specificare)						
3.8.3.2.	Temperatura massima all'uscita del sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione al 100 % del regime e al 100 % del carico (°C):						
3.8.3.3.	Depressione massima ammissibile nel dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione al 100 % del regime del motore e al 100 % del carico (kPa):						

Numero della voce	Descrizione della voce	Motore capostipite/tipo di motore	Tipi di motore all'interno della famiglia di motori (se del caso)				Note esplicative (non incluse nel documento)
			Tipo 2	Tipo 3	Tipo ...	Tipo n	
3.8.4.	Valvola a farfalla di aspirazione: sì/no						
3.8.5.	Dispositivo per il ricircolo dei gas del basamento: sì/no						
3.8.5.1.	Se sì, descrizione e disegni:						
3.8.5.2.	Se no, conformità al punto 5.7 del presente regolamento: sì/no						
3.8.6.	<i>Percorso di entrata</i>						<i>Solo per motori a due tempi NRS e NRSh</i>
3.8.6.1.	Descrizione del percorso di entrata (con disegni, foto e/o numeri di identificazione delle parti):						
3.8.7.	Filtro dell'aria						<i>Solo per motori a due tempi NRS e NRSh</i>
3.8.7.1.	Tipo:						
3.8.8.	Silenziatore di aspirazione						<i>Solo per motori a due tempi NRS e NRSh</i>
3.8.8.1.	Tipo:						
3.9.	Sistema di scarico						
3.9.1.	Descrizione del sistema di scarico (con disegni, foto e/o numeri di identificazione delle parti come prescritto):						<i>Solo per motori a due tempi NRS e NRSh</i>
3.9.2.	Temperatura massima dei gas di scarico (°C):						
3.9.3.	Contropressione massima ammissibile allo scarico al 100 % del regime del motore e al 100 % del carico (kPa):						
3.9.3.1.	Punto di misurazione:						
3.9.4.	Contropressione allo scarico al livello di carico specificata dal costruttore per i dispositivi di post-trattamento a restrizione variabile all'inizio della prova (kPa):						
3.9.4.1.	Ubicazione e condizioni di carico/regime:						
3.9.5.	Valvola a farfalla di scarico: sì/no						
3.10.	Dispositivi vari: sì/no						
3.10.1.	Ricircolo dei gas di scarico (EGR)						

Numero della voce	Descrizione della voce	Motore capostipite/tipo di motore	Tipi di motore all'interno della famiglia di motori (se del caso)				Note esplicative (non incluse nel documento)
			Tipo 2	Tipo 3	Tipo ...	Tipo n	
3.10.1.1.	Caratteristiche: refrigerato/non refrigerato, ad alta pressione/a bassa pressione, altro (specificare):						
3.10.2.	Iniezione d'acqua						
3.10.2.1.	Principio di funzionamento:						
3.10.3.	Iniezione d'aria						
3.10.3.1.	Principio di funzionamento:						
3.10.4.	Altri						
3.10.4.1.	Tipo o tipi						
3.11.	Sistema di post-trattamento dei gas di scarico						
3.11.1.	Posizione						
3.11.1.1.	Posizione/i e distanza/e minima/e e massima/e dal motore al primo dispositivo di post-trattamento:						
3.11.1.2.	Massima perdita di temperatura dallo scarico o dall'uscita della turbina al primo dispositivo di post-trattamento (°C) se dichiarata:						
3.11.1.2.1.	Condizioni di prova per la misurazione:						
3.11.1.3.	Temperatura minima all'entrata del primo dispositivo di post-trattamento (°C), se dichiarata:						
3.11.1.3.1.	Condizioni di prova per la misurazione:						
3.11.2.	Catalizzatore di ossidazione						
3.11.2.1.	Numero di convertitori e elementi catalitici:						
3.11.2.2.	Dimensioni e volume dei convertitori catalitici:						o disegno
3.11.2.3.	Contenuto totale di metalli nobili (g):						
3.11.2.4.	Concentrazione relativa di ciascun composto (%):						
3.11.2.5.	Substrato (struttura e materiale):						
3.11.2.6.	Densità delle celle:						
3.11.2.7.	Tipo di rivestimento del/dei convertitore/i catalitico/i:						

Numero della voce	Descrizione della voce	Motore capostipite/tipo di motore	Tipi di motore all'interno della famiglia di motori (se del caso)				Note esplicative (non incluse nel documento)
			Tipo 2	Tipo 3	Tipo ...	Tipo n	
3.11.3.	Sistema catalitico di post-trattamento dei gas di scarico per gli NO _x o catalizzatore a tre vie						
3.11.3.1.	Tipo:						
3.11.3.2.	Numero di convertitori e elementi catalitici:						
3.11.3.3.	Tipo di reazione catalitica:						
3.11.3.4.	Dimensioni e volume dei convertitori catalitici:						o disegno
3.11.3.5.	Contenuto totale di metalli nobili (g):						
3.11.3.6.	Concentrazione relativa di ciascun composto (%):						
3.11.3.7.	Substrato (struttura e materiale):						
3.11.3.8.	Densità delle celle:						
3.11.3.9.	Tipo di rivestimento del/dei convertitore/i catalitico/i:						
3.11.3.10.	Metodo di rigenerazione:						Se del caso
3.11.3.10.1.	Rigenerazione periodica (non frequente): sì/no						(se sì, compilare il punto 3.11.6)
3.11.3.11.	Intervallo delle normali temperature di funzionamento (°C):						
3.11.3.12.	Reagente di consumo: sì/no						
3.11.3.12.1.	Tipo e concentrazione del reagente necessario alla reazione catalitica:						
3.11.3.12.2.	Concentrazione minima dell'ingrediente attivo presente nel reagente che non attiva il sistema di allarme (CD _{min}) (% vol):						
3.11.3.12.3.	Intervallo della temperatura di funzionamento normale del reagente:						
3.11.3.12.4.	Norma internazionale:						Se del caso
3.11.3.13.	Sensore/i di NO _x : sì/no						
3.11.3.13.1.	Tipo:						
3.11.3.13.2.	Posizione/i:						
3.11.3.14.	Sensore/i di ossigeno: sì/no						
3.11.3.14.1.	Tipo:						

Numero della voce	Descrizione della voce	Motore capostipite/tipo di motore	Tipi di motore all'interno della famiglia di motori (se del caso)				Note esplicative (non incluse nel documento)
			Tipo 2	Tipo 3	Tipo ...	Tipo n	
3.11.3.14.2.	Posizione/i:						
3.11.4.	Sistema di post-trattamento del particolato						
3.11.4.1.	Tipo di filtro: a flusso a parete (wall-flow)/non a flusso a parete/altro (specificare)						
3.11.4.2.	Tipo:						
3.11.4.3.	Dimensioni e capacità del sistema di post-trattamento del particolato:						<i>o disegno</i>
3.11.4.4.	Posizione, ubicazione e distanza/e minima/e e massima/e dal motore:						
3.11.4.5.	Metodo o sistema di rigenerazione, descrizione e/o disegno:						
3.11.4.5.1.	Rigenerazione periodica (non frequente): sì/no						(se sì, compilare il punto 3.11.6)
3.11.4.5.2.	Temperatura minima dei gas di scarico per l'avvio della procedura di rigenerazione (°C):						
3.11.4.6.	Rivestimento catalitico: sì/no						
3.11.4.6.1.	Tipo di reazione catalitica:						
3.11.4.7.	Additivo catalizzante (FBC): sì/no						
3.11.4.8.	Intervallo delle normali temperature di funzionamento (°C):						
3.11.4.9.	Intervallo della normale pressione di funzionamento (kPa):						
3.11.4.10.	Capacità di immagazzinamento di fuligine/cenere (g):						
3.11.4.11.	Sensore/i di ossigeno: sì/no						
3.11.4.11.1.	Tipo:						
3.11.4.11.2.	Posizione/i:						
3.11.5.	Altri dispositivi di post-trattamento						
3.11.5.1.	Descrizione e funzionamento:						
3.11.6.	Rigenerazione periodica (non frequente):						
3.11.6.1.	Numero di cicli con rigenerazione						
3.11.6.2.	Numero di cicli senza rigenerazione						

Numero della voce	Descrizione della voce	Motore capostipite/tipo di motore	Tipi di motore all'interno della famiglia di motori (se del caso)				Note esplicative (non incluse nel documento)
			Tipo 2	Tipo 3	Tipo ...	Tipo n	
3.11.7.	Altri dispositivi o caratteristiche						
3.11.7.1.	Tipo o tipi						
3.12.	Alimentazione di carburante dei motori ad accensione spontanea alimentati a carburante liquido o, se del caso, dei motori dual-fuel						
3.12.1.	Pompa di alimentazione						
3.12.1.1.	Pressione (kPa) o curva caratteristica:						
3.12.2.	Sistema di iniezione						
3.12.2.1.	Pompa						
3.12.2.1.1.	Tipo o tipi:						
3.12.2.1.2.	Regime nominale della pompa (giri/min):						
3.12.2.1.3.	mm ³ per corsa o ciclo ad iniezione piena al regime nominale della pompa:						Specificare la tolleranza
3.12.2.1.4.	Regime della pompa al picco della coppia (giri/min):						
3.12.2.1.5.	mm ³ per corsa o ciclo ad iniezione piena al regime della pompa corrispondente alla coppia massima:						Specificare la tolleranza
3.12.2.1.6.	Curva caratteristica:						In alternativa ai punti da 3.12.2.1.1. a 3.12.2.1.5.
3.12.2.1.7.	Metodo usato: su motore/su banco prova pompe						
3.12.2.2.	Fasatura di iniezione						
3.12.2.2.1.	Curva della fasatura di iniezione:						Specificare la tolleranza, se del caso
3.12.2.2.2.	Fasatura fissa:						Specificare la tolleranza
3.12.2.3.	Condotti di iniezione						
3.12.2.3.1.	Lunghezza (mm)						
3.12.2.3.2.	Diametro interno (mm):						
3.12.2.4.	Common rail: sì/no						
3.12.2.4.1.	Tipo:						

Numero della voce	Descrizione della voce	Motore capostipite/tipo di motore	Tipi di motore all'interno della famiglia di motori (se del caso)				Note esplicative (non incluse nel documento)
			Tipo 2	Tipo 3	Tipo ...	Tipo n	
3.12.3.	Iniettore o iniettori						
3.12.3.1.	Tipo o tipi:						
3.12.3.2.	Pressione di apertura (kPa):						Specificare la tolleranza
3.12.4.	ECU: sì/no						
3.12.4.1.	Tipo o tipi:						
3.12.4.2.	Numero o numeri di taratura del software						
3.12.4.3.	Norma/e di comunicazione per l'accesso ai dati del flusso di dati: ISO 27145 con ISO 15765-4 (basato su CAN)/ISO 27145 con ISO 13400 (basato su TCP/IP)/SAE J1939-73						
3.12.5.	Regolatore						
3.12.5.1.	Tipo o tipi:						
3.12.5.2.	Regime di entrata in funzione del regolatore a pieno carico:						Specificare l'intervallo, se del caso
3.12.5.3.	Regime massimo a vuoto:						Specificare l'intervallo, se del caso
3.12.5.4.	Regime di minimo (giri/min):						Specificare l'intervallo, se del caso
3.12.6.	Sistema di avviamento a freddo: sì/no						
3.12.6.1.	Tipo o tipi:						
3.12.6.2.	Descrizione:						
3.12.7.	Temperatura del carburante all'entrata della pompa di iniezione del carburante						
3.12.7.1.	Minima (°C):						
3.12.7.2.	Massima (°C):						
3.13.	Alimentazione di carburante dei motori ad accensione comandata alimentati a carburante liquido						
3.13.1.	Carburatore						

Numero della voce	Descrizione della voce	Motore capostipite/tipo di motore	Tipi di motore all'interno della famiglia di motori (se del caso)				Note esplicative (non incluse nel documento)
			Tipo 2	Tipo 3	Tipo ...	Tipo n	
3.13.1.1.	Tipo o tipi:						
3.13.2.	Iniezione indiretta del carburante:						
3.13.2.1.	a punto singolo (single-point)/multipunto (multi-point)						
3.13.2.2.	Tipo o tipi:						
3.13.3.	Iniezione diretta:						
3.13.3.1.	Tipo o tipi:						
3.13.4.	Temperatura del carburante nel punto indicato dal costruttore						
3.13.4.1.	Posizione:						
3.13.4.2.	Minima (°C)						
3.13.4.3.	Massima (°C)						
3.14.	Alimentazione di carburante dei motori alimentati a carburante gassoso oppure, ove applicabile, dei motori dual-fuel (in caso di sistemi configurati diversamente, fornire informazioni equivalenti)						
3.14.1.	Carburante: GPL/GN-H/GN-L/GN-HL/GNL/GNL specifico per carburante						
3.14.2.	Regolatore/i di pressione o vaporizzatore/i						
3.14.2.1.	Tipo o tipi						
3.14.2.2.	Numero degli stadi di riduzione della pressione						
3.14.2.3.	Pressione nello stadio finale minima e massima (kPa)						
3.14.2.4.	Numero di punti di regolazione principali:						
3.14.2.5.	Numero di punti di regolazione del minimo:						
3.14.3.	Sistema di alimentazione: unità di miscelazione/iniezione di gas/iniezione di liquido/iniezione diretta						
3.14.3.1.	Regolazione del titolo della miscela						
3.14.3.1.1.	Descrizione del sistema e/o diagramma e disegni:						
3.14.4.	Unità di miscelazione						
3.14.4.1.	Numero:						

Numero della voce	Descrizione della voce	Motore capostipite/tipo di motore	Tipi di motore all'interno della famiglia di motori (se del caso)				Note esplicative (non incluse nel documento)
			Tipo 2	Tipo 3	Tipo ...	Tipo n	
3.14.4.2.	Tipo o tipi:						
3.14.4.3.	Posizione:						
3.14.4.4.	Possibilità di regolazione:						
3.14.5.	Iniezione nel collettore di aspirazione						
3.14.5.1.	Iniezione: a punto singolo (single-point)/multipunto (multi-point)						
3.14.5.2.	Iniezione: continua/simultanea/sequenziale						
3.14.5.3.	Dispositivi di iniezione						
3.14.5.3.1.	Tipo o tipi:						
3.14.5.3.2.	Possibilità di regolazione:						
3.14.5.4.	Pompa di alimentazione						Se del caso
3.14.5.4.1.	Tipo o tipi:						
3.14.5.5.	Iniettore o iniettori						
3.14.5.5.1.	Tipo o tipi:						
3.14.6.	Iniezione diretta						
3.14.6.1.	Pompa di iniezione/regolatore di pressione						
3.14.6.1.1.	Tipo o tipi:						
3.14.6.1.2.	Fasatura di iniezione (specificare):						
3.14.6.2.	Iniettore o iniettori						
3.14.6.2.1.	Tipo o tipi:						
3.14.6.2.2.	Pressione di apertura oppure curva caratteristica:						
3.14.7.	Centralina elettronica (ECU)						
3.14.7.1.	Tipo o tipi:						
3.14.7.2.	Possibilità di regolazione:						
3.14.7.3.	Numero o numeri di taratura del software						
3.14.8.	Omologazione dei motori per più composizioni di carburante						
3.14.8.1.	Adattamento automatico al tipo di carburante: sì/no						
3.14.8.2.	Taratura per una specifica composizione di gas: GN-H/GN-L/GN-HL/GNL/GNL specifico per carburante						
3.14.8.3.	Trasformazione per una specifica composizione di gas: GN-HT/GN-LT/GN-HLT						

Numero della voce	Descrizione della voce	Motore capostipite/tipo di motore	Tipi di motore all'interno della famiglia di motori (se del caso)				Note esplicative (non incluse nel documento)
			Tipo 2	Tipo 3	Tipo ...	Tipo n	
3.14.9.	Temperatura del carburante allo stadio finale del regolatore di pressione						
3.14.9.1.	Minima (°C):						
3.14.9.2.	Massima (°C):						
3.15.	Sistema di accensione						
3.15.1.	Bobina o bobine di accensione						
3.15.1.1.	Tipo o tipi:						
3.15.1.2.	Numero:						
3.15.2.	Candela/e						
3.15.2.1.	Tipo o tipi:						
3.15.2.2.	Distanza tra gli elettrodi:						
3.15.3.	Magnete						
3.15.3.1.	Tipo o tipi:						
3.15.4.	Fasatura di accensione sì/no						
3.15.4.1.	Anticipo statico rispetto al punto morto superiore (gradi di rotazione dell'albero a gomiti):						
3.15.4.2.	Curva o mappa dell'anticipo:						Se del caso
3.15.4.3.	Controllo elettronico: sì/no						

Note esplicative relative all'appendice A.3:

(I riferimenti delle note a piè di pagina, le note a piè di pagina e le note esplicative non vanno riportati nella scheda informativa)

(Quando si hanno a disposizione varie opzioni, cancellare o non menzionare quelle non pertinenti)

In caso di filtro combinato catalizzatore e antiparticolato, compilare entrambe le sezioni pertinenti.

(*) Cancellare le voci non pertinenti

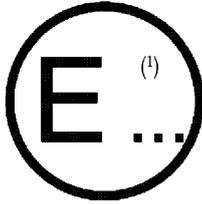
(¹) Come definiti al punto 7 del presente regolamento.

(²) Cfr. punto 2.4.13 dell'allegato 10 (definizione della famiglia di motori).

ALLEGATO 2

NOTIFICA

[Formato massimo: A4 (210 × 297 mm)]



Emessa da: Nome dell'amministrazione

.....
.....
.....

- Relativa a (2): rilascio dell'omologazione
- estensione dell'omologazione
- rifiuto dell'omologazione
- revoca dell'omologazione
- cessazione definitiva della produzione

di un tipo di motore o di una famiglia di motori per quanto riguarda il livello delle emissioni di inquinanti gassosi e di particolato in conformità al regolamento UNECE n. 96, serie di modifiche 05.

Omologazione n.: Estensione n.:

Motivo dell'estensione/del rifiuto/della revoca: (2)

SEZIONE I

- 1.1. Marca (denominazione o denominazioni commerciali del costruttore):
- 1.2. Nome o nomi commerciali (se del caso):
- 1.3. Nome e indirizzo del costruttore:
- 1.4. Nome e indirizzo dell'eventuale mandatario del costruttore:
- 1.5. Denominazione/i e indirizzo/i dello/degli stabilimento/i di montaggio/fabbricazione:
- 1.6. Designazione del tipo di motore/della famiglia di motori/FT: (2)
- 1.7. Categoria e sottocategoria del tipo di motore/della famiglia di motori: (2) (3).....
- 1.8. Categoria del periodo di durabilità delle emissioni: non applicabile/cat. 1/cat. 2/cat. 3 (2)

SEZIONE II

- 1. Servizio tecnico responsabile dell'esecuzione della/e prova/e:
- 2. Data/e del/dei verbale/i di prova:
- 3. Numero/i del/dei verbale/i di prova:

SEZIONE III

Il sottoscritto attesta l'esattezza della descrizione del costruttore che figura nella scheda informativa allegata relativa al tipo di motore/alla famiglia di motori (2) di cui sopra, uno o più campioni rappresentativi del quale/della quale sono stati scelti dall'autorità di omologazione e presentati come prototipi, e che i risultati delle prove allegati si riferiscono a tale tipo di motore/famiglia di motori (2).

- 1. Il tipo di motore/famiglia di motori (2) è conforme/non è conforme (2) ai requisiti di cui al regolamento UNECE n. 96, serie di modifiche 05.
- 2. L'omologazione è rilasciata/estesa/rifiutata/revocata (2)

Luogo:

Data:

Nome e firma:

.....

Allegati:

Documentazione informativa

Verbale/i di prova

Tutti gli altri documenti aggiunti alla documentazione informativa dal servizio tecnico o dall'autorità di omologazione nello svolgimento delle loro funzioni.

Addendum

Numero di omologazione:

PARTE A –

Caratteristiche del tipo di motore/della famiglia di motori(⁽²⁾)

2. Parametri di progettazione comuni del tipo di motore/della famiglia di motori(⁽²⁾)
 - 2.1. Ciclo di combustione: quattro tempi/due tempi/rotativo/altro: (descrizione) (⁽²⁾)
 - 2.2. Tipo di accensione: accensione spontanea / accensione comandata (⁽²⁾)
 - 2.3.1. Posizione dei cilindri nel blocco cilindri: a V/in linea/radiali/altro (descrizione) (⁽²⁾)
 - 2.6. Mezzo di raffreddamento principale: aria/acqua/olio (⁽²⁾)
 - 2.7. Metodo di aspirazione dell'aria: aspirazione naturale/sovralimentazione/sovralimentazione con dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione (⁽²⁾)
 - 2.8.1. Tipo/i di carburante: diesel (gasolio destinato alle macchine non stradali)/etanolo destinato a specifici motori ad accensione spontanea (ED95)/benzina (E10)/etanolo (E85)/(gas naturale/biometano)/gas di petrolio liquefatto (GPL) (⁽²⁾)
 - 2.8.1.1. Sottotipo di carburante (solo per gas naturale/biometano): carburante universale - carburante ad alto potere calorifico (gas H) e carburante a basso potere calorifico (gas L)/gamma limitata - carburante ad alto potere calorifico (gas H)/gamma limitata - carburante a basso potere calorifico (gas L)/specifico (GNL) (⁽²⁾)
 - 2.8.2. Tipo di alimentazione: solo carburante liquido/solo carburante gassoso/dual-fuel di tipo 1A/dual-fuel di tipo 1B/dual-fuel di tipo 2A/dual-fuel di tipo 2B/dual-fuel di tipo 3B (⁽²⁾)
 - 2.8.3. Elenco di carburanti, miscele di carburanti o emulsioni di carburanti aggiuntivi compatibili con l'uso nel motore dichiarato dal costruttore in conformità all'appendice 6, punto A.6.3.15, del presente regolamento (indicare riferimento a norme o specifiche riconosciute):
 - 2.8.4. Lubrificante aggiunto al carburante: sì/no (⁽²⁾)
 - 2.8.5. Tipo di alimentazione del carburante: pompa, linea (ad alta pressione) e iniettore/pompa in linea o pompa rotativa/iniettore-pompa/common rail/carburatore/iniezione indiretta/iniezione diretta/unità di miscelazione/altro (specificare) (⁽²⁾)
 - 2.9. Sistemi di gestione del motore: strategia di controllo elettronico/meccanico (⁽²⁾)
 - 2.10. Dispositivi vari: sì/no (⁽²⁾)
 - 2.10.1. Ricircolo dei gas di scarico (EGR): sì/no (⁽²⁾)
 - 2.10.2. Iniezione d'acqua: sì/no (⁽²⁾)

- 2.10.3. Iniezione d'aria: sì/no ⁽²⁾
- 2.10.4. Altro (specificare):
- 2.11. Sistema di post-trattamento dei gas di scarico: sì/no. ⁽²⁾
- 2.11.1. Catalizzatore di ossidazione: sì/no ⁽²⁾
- 2.11.2. Sistema deNO_x con riduzione selettiva degli NO_x (aggiunta di agente riducente): sì/no ⁽²⁾
- 2.11.3. Altri sistemi deNO_x: sì/no ⁽²⁾
- 2.11.4. Catalizzatore a tre vie che combina ossidazione e riduzione degli NO_x: sì/no ⁽²⁾
- 2.11.5. Sistema di post-trattamento del particolato a rigenerazione passiva: sì/no ⁽²⁾
- 2.11.6. Sistema di post-trattamento del particolato a rigenerazione attiva: sì/no ⁽²⁾
- 2.11.7. Altri sistemi di post-trattamento del particolato: sì/no ⁽²⁾
- 2.11.8. Altri dispositivi di post-trattamento (specificare):
- 2.11.9. Altri dispositivi o caratteristiche che incidono notevolmente sulle emissioni (specificare):
3. Caratteristiche essenziali del/ tipo/i di motore

Numero della voce	Descrizione della voce	Motore capostipite / tipo di motore	Tipi di motore all'interno della famiglia (se del caso)		
3.1.1.	Designazione del tipo di motore:				
3.1.2.	Designazione del tipo di motore indicata sulla marcatura del motore: sì/no ⁽²⁾				
3.1.3.	Posizione della marcatura regolamentare del costruttore:				
3.2.1.	Regime nominale dichiarato (giri/min):				
3.2.1.2.	Potenza nominale netta dichiarata (kW):				
3.2.2.	Regime di potenza massima (giri/min):				
3.2.2.2.	Potenza massima netta (kW):				
3.2.3.	Regime di coppia massima dichiarato (giri/min):				
3.2.3.2.	Coppia massima dichiarata (Nm):				
3.6.3.	Numero di cilindri:				
3.6.4.	Cilindrata totale del motore (cm ³):				
3.8.5.	Dispositivo per il ricircolo dei gas del basamento: sì/no ⁽²⁾				
3.11.3.12.	Reagente di consumo: sì/no ⁽²⁾				

Numero della voce	Descrizione della voce	Motore capostipite / tipo di motore	Tipi di motore all'interno della famiglia (se del caso)		
3.11.3.12.1.	Tipo e concentrazione del reagente necessario alla reazione catalitica:				
3.11.3.13.	Sensore/i di NO _x : sì/no (2)				
3.11.3.14.	Sensore di ossigeno: sì/no (2)				
3.11.4.7.	Additivo catalizzante (FBC): sì/no (2)				

Condizioni particolari da rispettare per il montaggio del motore sulle macchine mobili non stradali e sui veicoli di categoria T:

3.8.1.1.	Depressione massima ammissibile all'aspirazione al 100 % del regime del motore e al 100 % del carico (kPa) con filtro dell'aria pulito:				
3.8.3.2.	Temperatura massima all'uscita del sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione al 100 % del regime e al 100 % del carico (°C):				
3.8.3.3.	Depressione massima ammissibile nel dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione al 100 % del regime del motore e al 100 % del carico (kPa) (se del caso):				
3.9.3.	Contropressione massima ammissibile dei gas di scarico al 100 % del regime del motore e al 100 % del carico (kPa):				
3.9.3.1.	Punto di misurazione:				
3.11.1.2	Massimo calo di temperatura dal sistema di scarico o dall'uscita della turbina al primo sistema di post-trattamento dei gas di scarico (°C) se dichiarata:				
3.11.1.2.1.	Condizioni di prova per la misurazione:				

PARTE B –

RISULTATI DELLE PROVE

- 3.8. Il costruttore intende usare il segnale di coppia dell'ECU per il monitoraggio in servizio: sì/no (2)
- 3.8.1. Coppia del dinamometro superiore o uguale a $0,93 \times$ la coppia dell'ECU: sì/no (2)
- 3.8.2. Fattore di correzione della coppia dell'ECU nei casi in cui la coppia del dinamometro sia inferiore a $0,93 \times$ la coppia dell'ECU:
- 11.1 Risultati delle emissioni del ciclo

Emissioni	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	HC + NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN #/kWh	Ciclo di prova (*)
Risultato finale NRSC con DF							
Risultato finale NRTC con DF							

11.2 Risultato del CO₂:

11.3. Valori di riferimento per il caso che la parte contraente richieda l'effettuazione di prove di monitoraggio in servizio.

11.3.1. Lavoro di riferimento NRTC (kWh):

11.3.2. CO₂ di riferimento NRTC (g):

Note esplicative relative all'allegato 2

(I riferimenti delle note a piè di pagina, le note a piè di pagina e le note esplicative non vanno riportati nel certificato di omologazione)

⁽¹⁾ Numero distintivo della parte contraente che ha rilasciato/esteso/rifiutato/revocato l'omologazione.

⁽²⁾ Cancellare le opzioni non scelte o mostrare solo l'opzione o le opzioni utilizzate.

⁽³⁾ Indicare l'opzione applicabile per la categoria e la sottocategoria in conformità al punto 1.7 della scheda informativa di cui all'allegato 1, appendice A.3, parte A.

⁽⁴⁾ Indicare il ciclo di prova utilizzato di cui all'allegato 4, appendice A.6, del presente regolamento.

APPENDICE A.1

VERBALE DI PROVA

A.1.1. PRESCRIZIONI GENERALI

Per ciascuna prova eseguita in sede di omologazione deve essere compilato un verbale di prova. Ciascuna prova aggiuntiva (ad esempio un secondo regime con un motore a regime costante) o complementare (ad esempio la prova con un altro carburante) richiederà un verbale di prova supplementare.

A.1.2. NOTE ESPLICATIVE RELATIVE ALLA COMPILAZIONE DEL VERBALE DI PROVA

A.1.2.1. Il verbale di prova deve contenere almeno le informazioni di cui al punto A.1.3.

A.1.2.2. In deroga al punto A.1.2.1, nel verbale di prova devono essere riportate solo le sezioni o le sottosezioni pertinenti per la specifica prova e per la specifica famiglia di motori, per i tipi di motori all'interno della famiglia o per il tipo di motore sottoposto a prova (se ad esempio non è stato eseguito il ciclo NRTC, tale parte può essere omessa).

A.1.2.3. Il verbale di prova può contenere più informazioni di quelle richieste al punto A.1.2.1, ma deve in ogni caso rispettare il sistema di numerazione proposto.

A.1.2.4. Qualora per una determinata voce siano indicate diverse opzioni separate da una barra, le opzioni non scelte devono essere cancellate o deve essere mostrata solo l'opzione o le opzioni adoperate.

A.1.2.5. Qualora sia richiesto il "tipo" di un componente, le informazioni fornite devono permettere di individuare il componente in modo univoco mediante un elenco di caratteristiche, il nome del costruttore, il numero di una parte o di un disegno, un disegno, una combinazione di queste informazioni o altri metodi che diano lo stesso risultato.

A.1.2.6. Il verbale di prova deve essere fornito su supporto cartaceo o in un formato elettronico concordato tra il costruttore, il servizio tecnico e l'autorità di omologazione.

A.1.3. Modello per il verbale di prova

Verbale di prova per i motori non stradali

1. INFORMAZIONI GENERALI
 - 1.1. Marca o marche (denominazione/i commerciale/i del costruttore):.....
 - 1.2. Nome o nomi commerciali (se del caso):
 - 1.3. Nome e indirizzo del costruttore:.....
 - 1.4. Designazione del servizio tecnico:
 - 1.5. Indirizzo del servizio tecnico:
 - 1.6. Luogo della prova:
 - 1.7. Data della prova:
 - 1.8. Numero del verbale di prova:.....
 - 1.9. Numero di riferimento della scheda informativa (se disponibile):
 - 1.10. Tipo di verbale di prova (*): prova primaria/prova aggiuntiva/prova complementare
 - 1.10.1. Descrizione delle finalità della prova:
2. INFORMAZIONI GENERALI SUL MOTORE (MOTORE DI PROVA)
 - 2.1. Designazione del tipo di motore/della famiglia di motori/FT:.....
 - 2.2. Numero di identificazione del motore:
 - 2.3. Categoria e sottocategoria del motore (*): NRE-v-1/NRE-v-2/NRE-v-3/NRE-v-4/NRE-v-5/NRE-v-6/NRE-v-7/NRE-c-1/NRE-c-2/NRE-c-3/NRE-c-4/NRE-c-5/NRE-c-6/NRE-c-7/NRG-v-1/NRG-c-1/NRSh-v-1a/NRSh-v-1b/NRS-vr-1a/ NRS-vr-1b/ NRS-vi-1a/NRS-vi-1b/NRS-v-2a/NRS-v-2b/NRS-v-3/SMB-v-1/ATS-v-1
3. ELENCO DI CONTROLLO DELLA DOCUMENTAZIONE E DELLE INFORMAZIONI (SOLO PER LA PROVA PRIMARIA)
 - 3.1. Riferimento della documentazione relativa alla mappatura del motore:.....
 - 3.2. Riferimento della documentazione relativa alla determinazione del fattore di deterioramento:.....
 - 3.3. Riferimento della documentazione relativa alla determinazione dei fattori di rigenerazione periodica (non frequente), ove applicabile:
 - 3.4. Riferimento della documentazione della dimostrazione diagnostica del controllo degli NO_x, ove applicabile:

- 3.5. Riferimento della documentazione della dimostrazione diagnostica del controllo del particolato, ove applicabile:
- 3.6. Per i tipi di motore e le famiglie di motori che utilizzano una ECU come parte del sistema di controllo delle emissioni, riferimento della documentazione della dichiarazione antimanomissione:.....
- 3.7. Per i tipi di motore e le famiglie di motori che utilizzano dispositivi meccanici come parte del sistema di controllo delle emissioni, riferimento della documentazione della dimostrazione e dichiarazione dei parametri regolabili e antimanomissione:
- 3.8. Il costruttore intende usare il segnale di coppia dell'ECU per il monitoraggio in servizio (*): sì/no
- 3.8.1. Coppia del dinamometro superiore o uguale a $0,93 \times$ la coppia dell'ECU (*): sì/no
- 3.8.2. Fattore di correzione della coppia dell'ECU nei casi in cui la coppia del dinamometro sia inferiore a $0,93 \times$ la coppia dell'ECU: ..
4. CARBURANTE/I DI RIFERIMENTO USATO/I PER LA PROVA (COMPILARE I SOTTOPUNTI PERTINENTI)
- 4.1. Carburante liquido per motori ad accensione comandata
- 4.1.1. Marca:
- 4.1.2. Tipo:.....
- 4.1.3. Numero di ottano RON:
- 4.1.4. Numero di ottano MON:
- 4.1.5. Tenore di etanolo (%):.....
- 4.1.6. Densità a 15 °C (kg/m³).....
- 4.2. Carburante liquido per motori ad accensione spontanea
- 4.2.1. Marca:
- 4.2.2. Tipo:.....
- 4.2.3. Numero di cetano:
- 4.2.4. Tenore di FAME (%):
- 4.2.5. Densità a 15 °C (kg/m³).....
- 4.3. Carburante gassoso - GPL
- 4.3.1. Marca:
- 4.3.2. Tipo:.....
- 4.3.3. Tipo di carburante di riferimento: carburante A/carburante B
- 4.3.4. Numero di ottano MON:

Tipo di dispositivo ausiliario ed estremi per l'identificazione	Potenza assorbita dal dispositivo ausiliario (kW) al regime del motore indicato (compilare le colonne pertinenti)						
	Minimo	63 %	80 %	91 %	Potenza intermedia	Potenza massima	100 %
Totale ($P_{f,i}$):							

- 7.1.2. Potenza assorbita ai regimi del motore indicati dai dispositivi ausiliari necessari al funzionamento del veicolo di categoria T o della macchina mobile non stradale che non possono essere rimossi per la prova (come specificato dal costruttore), da indicare nella tabella 2:

Tabella 2

Potenza assorbita dai dispositivi ausiliari della macchina mobile non stradale

Tipo di dispositivo ausiliario ed estremi per l'identificazione	Potenza assorbita dal dispositivo ausiliario (kW) al regime del motore indicato (compilare le colonne pertinenti)						
	Minimo	63 %	80 %	91 %	Potenza intermedia	Potenza massima	100 %
Totale ($P_{r,i}$):							

- 7.2. Potenza netta del motore, da indicare nella tabella 3:

Tabella 3

Potenza netta del motore

Condizione	Potenza netta del motore (kW) al regime indicato (compilare le colonne pertinenti)		
	Potenza intermedia	Potenza massima	100 %
Potenza di riferimento misurata al regime di prova indicato ($P_{m,i}$)			
Potenza totale dei dispositivi ausiliari come da tabella 1 ($P_{f,i}$)			
Potenza totale dei dispositivi ausiliari come da tabella 2 ($P_{r,i}$)			
Potenza netta del motore $P_i = P_{m,i} - P_{f,i} + P_{r,i}$			

8. CONDIZIONI DURANTE LA PROVA

- 8.1. f_a nell'intervallo compreso fra 0,93 e 1,07 (*): sì/no

- 8.1.1. Se f_a non rientra nell'intervallo indicato, indicare l'altitudine dell'impianto di prova e la pressione atmosferica a secco: ...
- 8.2. Intervallo di temperatura applicabile dell'aria di aspirazione (*): da 20 a 30 oC / da -5 a -15 oC (solo motoslitte) / da 20 a 35 oC (solo con NRE superiore a 560 kW)

9. INFORMAZIONI RELATIVE ALL'ESECUZIONE DELLA PROVA NRSC:

- 9.1. Ciclo (segnalare con una X), da indicare nella tabella 4:

Tabella 4
Ciclo di prova NRSC

Ciclo	C1	C2	D2	G1	G2	G3	H
Modalità discreta							
RMC						n.d.	

- 9.2. Regolazione del dinamometro, da indicare nella tabella 5:

Tabella 5
Regolazione del dinamometro

% di carico al punto o % della potenza nominale (a seconda dei casi)	Regolazione del dinamometro (kW) al regime indicato del motore dopo l'adeguamento per la potenza ausiliaria ⁽¹⁾ (compilare le colonne pertinenti)					
	Minimo	63 %	80 %	91 %	Potenza intermedia	100 %
5 %						
10 %						
25 %						
50 %						
75 %						
100 %						

⁽¹⁾ La regolazione del dinamometro deve essere determinata con la procedura di cui all'allegato 4, punto 7.7.1.3, del presente regolamento. La potenza ausiliaria in tale punto deve essere determinata utilizzando i valori totali fissati nelle tabelle 1 e 2 della presente appendice.

- 9.3. Risultati delle emissioni del ciclo di prova NRSC
- 9.3.1. Fattore di deterioramento (DF): calcolato/assegnato
- 9.3.2. Valori del DF e risultati ponderati delle emissioni del ciclo, da indicare nella tabella 6:

Nota: nel caso che sia effettuato un ciclo di prova NRSC in modalità discreta con il fattore K_{ru} o K_{rd} stabilito per le singole modalità, la tabella indicata deve essere sostituita da una tabella in cui siano riportate tutte le modalità e il fattore K_{ru} o K_{rd} applicato.

Tabella 6
Ciclo NRSC, valori del DF e risultati ponderati delle emissioni

DF moltiplicato/aggiunto	CO	HC	NO _x	HC + NO _x	PM	PN
Emissioni	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	HC + NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN #/kWh
Risultato della prova con/senza rigenerazione						

DF moltiplicato/aggiunto	CO	HC	NO _x	HC + NO _x	PM	PN
k_{ru}/k_{rd} moltiplicato/aggiunto						
Risultato della prova con fattori di aggiustamento per rigenerazione periodica (IRAF)						
Risultato finale della prova con DF						

9.3.3. CO₂ ponderato del ciclo (g/kWh):

9.3.4. NH₃ medio del ciclo (ppm):

9.4. Ulteriori punti di prova della superficie di controllo (se applicabile), da indicare nella tabella 7:

Tabella 7

Ulteriori punti di prova della superficie di controllo

Emissioni al punto di prova	Regime del motore	Carico (%)	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	HC+ NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN #/kWh
Risultato della prova 1								
Risultato della prova 2								
Risultato della prova 3								

9.5. Sistemi di campionamento utilizzati per la prova NRSC:

9.5.1. Emissioni gassose:

9.5.2. PM:

9.5.2.1. Metodo (*): filtro singolo/multiplo

9.5.3. Numero di particelle:

10. INFORMAZIONI RELATIVE ALL'ESECUZIONE DEL CICLO DI PROVA TRANSITORIO (SE DEL CASO):

10.1. Ciclo (segnalare con una X), da indicare nella tabella 8:

Tabella 8

Ciclo di prova transitorio

NRTC	
LSI-NRTC	

10.2. Fattori di deterioramento del ciclo di prova transitorio:

10.2.1. Fattore di deterioramento (DF): calcolato/assegnato

10.2.2. Valori del DF e risultati delle emissioni, da indicare nella tabella 9:

10.3 Risultati delle emissioni della prova NRTC:

Tabella 9

Valori del DF e risultati delle emissioni della prova NRTC

DF moltiplicato/aggiunto	CO	HC	NO _x	HC + NO _x	PM	PN
Emissioni	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	HC+ NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN #/kWh
Avviamento a freddo						
Risultato della prova con avviamento a caldo con/senza rigenerazione						
Risultato ponderato della prova						
k_{ru}/k_{rd} moltiplicato/aggiunto						
Risultato ponderato della prova con IRAF						
Risultato finale della prova con DF						

10.3.1. CO₂ del ciclo a caldo (g/kWh):

10.3.2. NH₃ medio del ciclo (ppm):

10.3.3. Lavoro del ciclo per la prova con avviamento a caldo (kWh):

10.3.4. CO₂ del ciclo per la prova di avviamento a caldo (g):

10.4 Risultati delle emissioni della prova LSI-NRTC

Tabella 10

Valori del DF e risultati delle emissioni della prova LSI-NRTC

DF moltiplicato/aggiunto	CO	HC	NO _x	HC + NO _x	PM	PN
Emissioni	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	HC+NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN #/kWh
Risultato della prova con/senza rigenerazione						
k_{ru}/k_{rd} moltiplicato/aggiunto						
Risultato della prova con IRAF						
Risultato finale della prova con DF						

10.4.1. CO₂ del ciclo (g/kWh):

10.4.2. NH₃ medio del ciclo (ppm):

10.4.3. Lavoro del ciclo (kWh):

- 10.4.4. CO₂ del ciclo (g):
- 10.5. Sistema di campionamento utilizzato per il ciclo di prova transitorio:
- 10.5.1. Emissioni gassose:
- 10.5.2. PM:
- 10.5.3. Numero di particelle:
11. RISULTATI FINALI DELLE EMISSIONI
- 11.1. Risultati delle emissioni del ciclo, da indicare nella tabella 11.

Tabella 11

Risultati finali delle emissioni

Emissioni	CO (g/kWh)	HC (g/kWh)	NO _x (g/kWh)	HC + NO _x (g/kWh)	PM (g/kWh)	PN #/kWh	Ciclo di prova ⁽¹⁾
wRisultato finale della prova NRSC con DF ⁽²⁾							
Risultato del ciclo di prova transitorio con DF ⁽³⁾							

⁽¹⁾ Per l'NRSC, indicare il ciclo di cui al punto 9.1. Per il ciclo di prova transitorio, indicare il ciclo di cui al punto 10.1

⁽²⁾ Copiare i risultati dalla tabella 6

⁽³⁾ Copiare i risultati dalla tabella 9 o 10, a seconda dei casi

- 11.2. Risultato del CO₂ ⁽¹⁾:
- 11.3. Valori di riferimento per il caso che la parte contraente richieda l'effettuazione di prove di monitoraggio in servizio
- 11.3.1. Lavoro di riferimento NRTC (kWh) ⁽²⁾:
- 11.3.2. CO₂ di riferimento NRTC (g) ⁽³⁾:

Note esplicative riguardanti il modello del verbale di prova

(I riferimenti delle note a piè di pagina, le note a piè di pagina e le note esplicative non vanno riportati nel verbale di prova)

(*) Cancellare le voci non pertinenti.

⁽¹⁾ Per i tipi di motore o le famiglie di motori sottoposti sia al ciclo di prova transitorio che a quello NRSC, indicare i valori delle emissioni di CO₂ del ciclo a caldo della prova NRTC indicati al punto 10.2.3 o i valori delle emissioni di CO₂ della prova LSI-NRTC indicati al punto 10.3.3. Per i motori sottoposti unicamente al ciclo di prova NRSC, indicare i valori relativi alle emissioni di CO₂ di tale ciclo, di cui al punto 9.3.3.

⁽²⁾ Per i motori sottoposti al ciclo di prova NRTC, registrare il valore del punto 10.3.3 oppure lasciare in bianco.

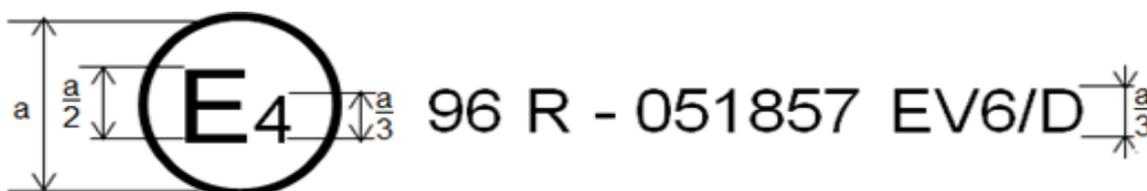
⁽³⁾ Per i motori sottoposti al ciclo di prova NRTC, registrare il valore del punto 10.3.4 oppure lasciare in bianco.

ALLEGATO 3

ESEMPI DI MARCHI DI OMOLOGAZIONE

MODELLO A

(cfr. punto 4.3.3 del presente regolamento)

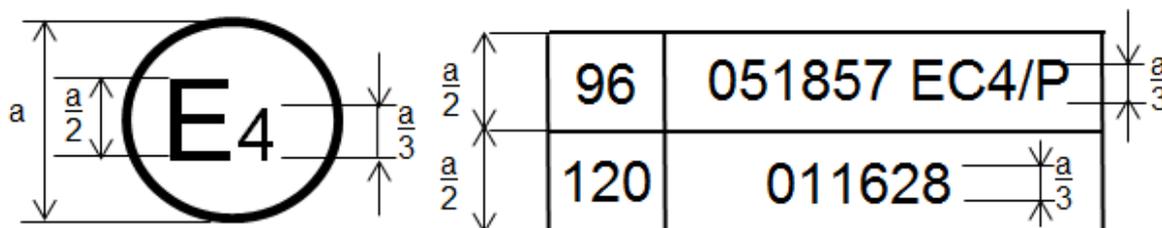


a = almeno 8 mm.

Il marchio di omologazione sopra riportato apposto su un motore indica che il tipo di motore in questione è stato omologato nei Paesi Bassi (E4) a norma del regolamento UNECE n. 96 (al livello di fase V / stage V per la sottocategoria NRE-v6 a regime variabile fra 130 e 560 kW, con alimentazione diesel) e con il numero di omologazione 051857. Le prime due cifre del numero di omologazione indicano che al momento del rilascio dell'omologazione il regolamento n. 96 comprendeva già la serie di modifiche 05.

MODELLO B

(cfr. punto 4.4.3.4 del presente regolamento)



a = almeno 8 mm.

Il marchio di omologazione sopra riportato apposto su un motore indica che il tipo di motore in questione è stato omologato nei Paesi Bassi (E4) a norma dei regolamenti UNECE n. 96 (conformemente al livello corrispondente alla sottocategoria NRE con regime costante da 56 a 130 kW, come indicato dal codice EC4, con alimentazione a benzina, E10, come indicato dal codice P) e 120. Le prime due cifre del numero di omologazione indicano che, alle date in cui sono state rilasciate le rispettive omologazioni, il regolamento n. 96 comprendeva la serie di modifiche 05 e il regolamento n. 120 comprendeva la serie di modifiche 01.

APPENDICE A.1

CODICE DI IDENTIFICAZIONE DELLA CATEGORIA DEL MOTORE PER IL MARCHIO DI OMOLOGAZIONE

Tabella 1

Codice di identificazione della categoria del motore per il marchio di omologazione

Categoria del motore (colonna 1)	Sottocategoria del motore (colonna 2)	Categoria di EDP (ove applicabile) (colonna 3)	Codice di identificazione della categoria del motore (colonna 4)
NRE	NRE-v-1		EV1
	NRE-v-2		EV2
	NRE-v-3		EV3
	NRE-v-4		EV4
	NRE-v-5		EV5
	NRE-v-6		EV6
	NRE-v-7		EV7
	NRE-c-1		EC1
	NRE-c-2		EC2
	NRE-c-3		EC3
	NRE-c-4		EC4
	NRE-c-5		EC5
	NRE-c-6		EC6
	NRE-c-7		EC7
NRG	NRG-v-1		GV1
	NRG-c-1		GC1
NRSh	NRSh-v-1a	Cat 1	SHA1
		Cat 2	SHA2
		Cat 3	SHA3
	NRSh-v-1b	Cat 1	SHB1
		Cat 2	SHB2
		Cat 3	SHB3
SMB	SMB-v-1		SM1

Categoria del motore (colonna 1)	Sottocategoria del motore (colonna 2)	Categoria di EDP (ove applicabile) (colonna 3)	Codice di identificazione della categoria del motore (colonna 4)
ATS	ATS-v-1		AT1
NRS	NRS-vr-1a	Cat 1	SRA1
		Cat 2	SRA2
		Cat 3	SRA3
	NRS-vr-1b	Cat 1	SRB1
		Cat 2	SRB2
		Cat 3	SRB3
	NRS-vi-1a	Cat 1	SYA1
		Cat 2	SYA2
		Cat 3	SYA3
	NRS-vi-1b	Cat 1	SYB1
		Cat 2	SYB2
		Cat 3	SYB3
	NRS-v-2a	Cat 1	SVA1
		Cat 2	SVA2
		Cat 3	SVA3
	NRS-v-2b	Cat 1	SVB1
		Cat 2	SVB2
		Cat 3	SVB3
	NRS-v-3	Cat 1	SV31
		Cat 2	SV32
		Cat 3	SV33

Tabella 2

Codici del tipo di carburante per i marchi di omologazione

Tipo di carburante del motore (colonna 1)	Sottotipo, ove applicabile (colonna 2)	Codice del tipo di carburante (colonna 3)
Motore ad accensione spontanea alimentato a diesel (gasolio per macchine non stradali)		D
Motore ad accensione spontanea specifico per etanolo (E85)		ED
Motore ad accensione comandata alimentato a etanolo (E85)		E85
Motore ad accensione comandata alimentato a benzina (E10)		P

Tipo di carburante del motore (colonna 1)	Sottotipo, ove applicabile (colonna 2)	Codice del tipo di carburante (colonna 3)
Motore ad accensione comandata alimentato a GPL		Q
Motore ad accensione comandata alimentato a gas naturale/biometano	Motore omologato e tarato per gas del gruppo H	H
	Motore omologato e tarato per gas del gruppo L	L
	Motore omologato e tarato per gas sia del gruppo H sia del gruppo L	HL
	Motore omologato e tarato per una specifica composizione di gas del gruppo H che può essere trasformato per utilizzare un altro specifico gas del gruppo H mediante registrazione dell'alimentazione del motore	HT
	Motore omologato e tarato per una specifica composizione di gas del gruppo L che può essere trasformato per utilizzare un altro specifico gas del gruppo L mediante registrazione dell'alimentazione del motore	LT
	Motore omologato e tarato per una specifica composizione di gas del gruppo H o del gruppo L che può essere trasformato per utilizzare un altro specifico gas del gruppo H o del gruppo L mediante registrazione dell'alimentazione del motore	HLT
	Motore omologato e tarato per una specifica composizione di gas naturale liquefatto/biometano liquefatto il cui fattore di spostamento λ non differisce di oltre il 3 % dal fattore di spostamento λ del gas G ₂₀ , di cui all'appendice 4 del presente regolamento, e il cui tenore di etano non supera l'1,5 %.	LN2
Motore omologato e tarato per una qualsiasi composizione di gas naturale liquefatto/biometano liquefatto (diversa dalle precedenti).	GNL	
Motori dual-fuel (a doppia alimentazione)	per i motori dual-fuel di tipo 1A	1A# (*)
	per i motori dual-fuel di tipo 1B	1B# (*)
	per i motori dual-fuel di tipo 2A	2A# (*)
	per i motori dual-fuel di tipo 2B	2B# (*)
	per i motori dual-fuel di tipo 3B	3B# (*)

(*) Sostituire il segno “#” con la specifica omologata dei gas di cui alla tabella 3.

Tabella 3
Suffisso dual-fuel

Specifica omologata dei gas	Suffisso dual-fuel (colonna 2)
Motore dual-fuel omologato e tarato per i gas del gruppo H come componente gassosa del carburante	1
Motore dual-fuel omologato e tarato per i gas del gruppo L come componente gassosa del carburante	2

Specifica omologata dei gas	Suffisso dual-fuel (colonna 2)
Motore dual-fuel omologato e tarato per i gas sia del gruppo H sia del gruppo L come componente gassosa del carburante	3
Motore dual-fuel omologato e tarato per una specifica composizione di gas del gruppo H che può essere trasformato per utilizzare un altro specifico gas del gruppo H mediante registrazione dell'alimentazione del motore come componente gassosa del carburante	4
Motore dual-fuel omologato e tarato per una specifica composizione di gas del gruppo L che può essere trasformato per utilizzare un altro specifico gas del gruppo L mediante registrazione dell'alimentazione del motore come componente gassosa del carburante	5
Motore dual-fuel omologato e tarato per una specifica composizione di gas del gruppo H o del gruppo L che può essere trasformato per utilizzare un altro specifico gas del gruppo H o del gruppo L mediante registrazione dell'alimentazione del motore come componente gassosa del carburante	6
Motore dual-fuel omologato e tarato per una specifica composizione di gas naturale liquefatto/biometano liquefatto il cui fattore di spostamento λ non differisce di oltre il 3 % dal fattore di spostamento λ del gas G ₂₀ , di cui all'appendice 4 del presente regolamento, e il cui tenore di etano non supera l'1,5 % come componente gassosa del carburante.	7
Motore dual-fuel omologato e tarato per una qualsiasi composizione di gas naturale liquefatto/biometano liquefatto (diversa dalle precedenti) come componente gassosa del carburante	8
Motore dual-fuel omologato e tarato per il funzionamento a GPL come componente gassosa del carburante	9

ALLEGATO 4

PROCEDURA DI PROVA

1. INTRODUZIONE

Nel presente allegato è descritto il metodo per la determinazione delle emissioni di inquinanti gassosi e di particolato inquinante prodotte dal motore sottoposto a prova e sono indicate le specifiche relative alle apparecchiature di misurazione.

2. QUADRO GENERALE

2.1. Il presente allegato contiene le disposizioni tecniche necessarie per l'esecuzione delle prove delle emissioni.

3. DEFINIZIONI, SIMBOLI E ABBREVIAZIONI

3.1. Definizioni

Cfr. punto 2.1 del presente regolamento

3.2. Simboli generali ⁽¹⁾

Simbolo	Unità	Termine
a_0	—	Intercetta su y della linea di regressione
a_1	—	Coefficiente angolare della linea di regressione
α_{sp}	rad/s ²	Derivata del regime del motore al set point
A/F_{st}	—	Rapporto stechiometrico aria/carburante
c	ppm, percentuale vol	Concentrazione (anche in $\mu\text{mol}/\text{mol} = \text{ppm}$)
D	—	Fattore di diluizione
d	m	Diametro
E	percentuale	Efficienza di conversione
e	g/kWh	Base specifica al banco frenato
e_{gas}	g/kWh	Emissione specifica di componenti gassosi
e_{PM}	g/kWh	Emissione specifica di particelle
e_w	g/kWh	Emissione specifica ponderata
F		Statistiche della prova F
F	—	Frequenza dell'evento di rigenerazione, espressa come frazione delle prove in cui si produce la rigenerazione
f_a	—	Fattore atmosferico del laboratorio
k_r	—	Fattore di rigenerazione moltiplicativo
k_{Dr}	—	Fattore di aggiustamento verso il basso
k_{Ur}	—	Fattore di aggiustamento verso l'alto

⁽¹⁾ I simboli specifici si trovano negli allegati.

Simbolo	Unità	Termine
λ	—	Rapporto di eccesso d'aria
L	—	Percentuale della coppia
M_a	g/mol	Massa molare dell'aria di aspirazione
M_e	g/mol	Massa molare dei gas di scarico
M_{gas}	g/mol	Massa molare dei componenti gassosi
m	kg	Massa
m_{gas}	g	Massa delle emissioni gassose nel corso del ciclo di prova
m_{PM}	g	Massa delle emissioni di particolato nel corso del ciclo di prova
n	giri/min	Regime di rotazione del motore
n_{hi}	giri/min	Regime alto del motore
n_{lo}	giri/min	Regime basso del motore
P	kW	Potenza
P_{max}	kW	Potenza massima osservata o dichiarata al regime di prova nelle condizioni di prova (indicata dal costruttore)
P_{AUX}	kW	Potenza totale dichiarata assorbita dai dispositivi ausiliari applicati per la prova
p	kPa	Pressione
p_a	kPa	Pressione atmosferica a secco
PF	percentuale	Frazione di penetrazione
q_{maw}	kg/s	Portata massica dell'aria di aspirazione su umido
q_{mdw}	kg/s	Portata massica dell'aria di diluizione su umido
q_{mdew}	kg/s	Portata massica dei gas di scarico diluiti su umido
q_{mew}	kg/s	Portata massica dei gas di scarico su umido
q_{mf}	kg/s	Portata massica del carburante
q_{mp}	kg/s	Flusso del campione dei gas di scarico in ingresso nel sistema di diluizione a flusso parziale
q_V	m ³ /s	Portata volumetrica
RF	—	Fattore di risposta
r_d	—	Rapporto di diluizione
r^2	—	Coefficiente di determinazione

Simbolo	Unità	Termine
ρ	kg/m ³	Densità
σ	—	Deviazione standard
S	kW	Regolazione del dinamometro
SEE	—	Errore standard della stima di y su x
T	°C	Temperatura
T_a	K	Temperatura assoluta
T	N·m	Coppia del motore
T_{sp}	N·m	Coppia richiesta con set point "sp";
u	—	Rapporto tra la densità dei componenti del gas e la densità dei gas di scarico
t	s	Tempo
Δt	s	Intervallo di tempo
t_{10}	s	Intervallo di tempo tra un segnale di ingresso a gradino e il 10 % del valore finale indicato
t_{50}	s	Intervallo di tempo tra un segnale di ingresso a gradino e il 50 % del valore finale indicato
t_{90}	s	Intervallo di tempo tra un segnale di ingresso a gradino e il 90 % del valore finale indicato
V	m ³	Volume
W	kWh	Lavoro
y		Variabile generica
\bar{y}		Media aritmetica

3.3. Pedici

abs	Quantità assoluta
act	Quantità effettiva
air	Quantità d'aria
amb	Quantità ambiente
atm	Quantità atmosferica
cor	Quantità corretta
CFV	Tubo Venturi a flusso critico
denorm	Quantità denormalizzata
dry	Quantità a secco
exp	Quantità attesa
filter	Filtro di campionamento del PM
i	Misurazione istantanea (ad es. 1 Hz)
i	Valore individuale di una serie
idle	Stato al minimo
in	Quantità in
leak	Quantità delle perdite
max	Valore massimo (picco)

meas	Quantità misurata
min	Valore minimo
mix	Massa molare dell'aria
out	Quantità in uscita
PDP	Pompa volumetrica
ref	Quantità di riferimento
SSV	Tubo Venturi subsonico
total	Quantità totale
uncor	Quantità non corretta
vac	Quantità sotto vuoto
weight	Peso di taratura
wet	Quantità su umido

3.4. Simboli e abbreviazioni dei componenti chimici (utilizzati anche come pedici)

Cfr. punto 2.2.2 del presente regolamento.

3.5. Abbreviazioni

Cfr. punto 2.2.3 del presente regolamento.

4. PRESCRIZIONI GENERALI

I motori che vengono sottoposti a prova devono soddisfare i requisiti di prestazione di cui al punto 5, quando vengono provati conformemente alle condizioni di prova di cui al punto 6, e alla procedura di prova di cui al punto 7.

5. REQUISITI DI PRESTAZIONE

5.1. Prescrizioni generali

5.1.1. Riservato ⁽²⁾

5.1.2. Emissioni di inquinanti gassosi e di particolato

Gli inquinanti sono costituiti da:

- a) ossidi di azoto, NO_x;
- b) idrocarburi, espressi come idrocarburi totali, HC (o THC);
- c) particolato, PM;
- d) numero di particelle, PN;
- e) monossido di carbonio, CO.

I valori misurati di inquinanti gassosi e di particolato emessi dal motore si riferiscono alle emissioni specifiche al banco frenato in grammi per chilowattora (g/kWh), mentre per il numero di particelle i valori misurati si riferiscono alle emissioni specifiche al banco frenato in numero di particelle per chilowattora (#/kWh). Altri sistemi di unità di misura possono essere usati con una conversione appropriata.

⁽²⁾ La numerazione del presente allegato rispecchia quella del regolamento tecnico mondiale UNECE n. 11. Alcune sezioni del regolamento tecnico mondiale UNECE n. 11 non sono però necessarie nel presente allegato.

Gli inquinanti gassosi e il particolato inquinante da misurare sono quelli per i quali si applicano valori limite per la sottocategoria di motori sottoposta a prova, di cui all'appendice 2 del presente regolamento.

I risultati, determinati in conformità alle disposizioni del punto 5.1 del presente regolamento, non devono superare i valori limite applicabili.

Le emissioni di CO₂ devono essere misurate, e i relativi dati registrati, per tutte le sottocategorie di motori come previsto al punto 6.1.4 del presente regolamento.

Deve essere inoltre misurata la media delle emissioni di ammoniaca (NH₃), secondo le disposizioni di cui al punto 3.4 dell'allegato 9, quando le misure di controllo degli NO_x che fanno parte del sistema di controllo delle emissioni del motore comprendono l'uso di un reagente. La media non deve superare i valori indicati al punto suddetto.

Le emissioni devono essere determinate sui cicli di lavoro (transitori e/o stazionari), come descritto al punto 7 del presente allegato. I sistemi di misurazione devono superare i controlli della taratura e delle prestazioni di cui al punto 8 del presente allegato con le apparecchiature di misurazione descritte al punto 9 del presente allegato.

L'autorità di omologazione può approvare altri sistemi o analizzatori se constata che questi danno risultati equivalenti conformemente al punto 5.1.3 del presente allegato.

5.1.3. Equivalenza

La determinazione dell'equivalenza dei sistemi si effettua sulla base di uno studio di correlazione tra il sistema considerato e uno dei sistemi del presente allegato. Lo studio deve essere eseguito su almeno 7 coppie di campioni.

Con il termine "risultati" si intende il valore ponderato delle emissioni per il ciclo specifico. Le prove di verifica della correlazione devono essere eseguite presso lo stesso laboratorio, nella stessa camera di prova, sullo stesso motore e di preferenza in parallelo. L'equivalenza delle medie delle coppie di campioni deve essere determinata sulla base dei dati statistici delle prove *F* e *t*, come descritto nell'allegato 5, appendice A.3, ottenuti nelle condizioni della camera di prova in laboratorio e nelle condizioni del motore descritte sopra. I valori fuori linea devono essere determinati conformemente alla norma ISO 5725 ed esclusi dalla base di dati. Per poter essere utilizzati, i sistemi applicabili alle prove di correlazione devono essere stati approvati dall'autorità di omologazione.

5.2. Prescrizioni generali per i cicli di prova

5.2.1. La prova di omologazione deve essere eseguita utilizzando il ciclo stazionario non stradale (NRSC) adatto e, se del caso, il ciclo transitorio non stradale (NRTC o LSI-NRTC), come indicato nell'appendice A.6 del presente allegato.

5.2.2. Le specifiche tecniche e le caratteristiche dei cicli NRSC e LSI-NRTC sono riportate nell'appendice A.6. A discrezione del costruttore, una prova in regime stazionario NRSC può essere eseguita come ciclo in modalità discreta o, se disponibile, come ciclo modale con rampe di transizione (RMC), come specificato al punto 7.4.1.

5.2.3. Le specifiche tecniche e le caratteristiche dei cicli NRTC e LSI-NRTC sono riportate nell'appendice A.6 del presente allegato.

5.2.4. I cicli di prova di cui al punto 7.4 e all'appendice A.6 del presente allegato sono concepiti in funzione delle percentuali della coppia massima o della potenza massima e dei regimi di prova che devono essere determinati per corretta esecuzione dei cicli:

(a) regime al 100 % [regime di prova massimo (MTS) o regime nominale];

(b) regime o regimi intermedi di cui al punto 5.2.5.4;

(c) regime minimo di cui al punto 5.2.5.5.

La determinazione dei regimi di prova è illustrata al punto 5.2.5, mentre l'impiego dei valori relativi a coppia e potenza è spiegato al punto 5.2.6.

5.2.5. Regimi di prova

5.2.5.1 Regime di prova massimo (MTS)

L'MTS deve essere calcolato conformemente al punto 5.2.5.1.1 o 5.2.5.1.3.

5.2.5.1.1. Calcolo dell'MTS

Al fine di calcolare l'MTS occorre seguire la procedura di mappatura in transitorio di cui al punto 7.4. L'MTS è quindi determinato in base ai valori mappati del regime rispetto alla potenza del motore. L'MTS si calcola nei modi seguenti:

a) calcolo basato sui valori a basso e ad alto regime

$$MTS = n_{lo} + 0,95 \cdot (n_{hi} - n_{lo}) \quad (A.4-1)$$

dove:

n_{hi} è l'alto regime di cui al punto 2.1.43;

n_{lo} è il basso regime di cui al punto 2.1.50;

b) calcolo basato sul metodo del vettore più lungo

$$MTS = \bar{n}_i \quad (A.4-2)$$

dove:

\bar{y} è la media fra il regime più alto e quello più basso alla quale $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$ è uguale al 98 % del valore massimo di $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$;

se vi è un solo regime al quale $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$ è uguale al 98 % del valore massimo di $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$:

$$MTS = n_i \quad (A.4-3)$$

dove:

n_i è il regime al quale si ha il valore massimo di $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$;

dove:

n è il regime del motore;

i è una variabile di indicizzazione che rappresenta un valore registrato della mappatura del motore;

n_{normi} è il regime del motore normalizzato mediante divisione per n_{pmax} ;

P_{normi} è la potenza del motore normalizzata mediante divisione per P_{max} ;

n_{pmax} è la media tra il regime più basso e quello più alto a cui la potenza è uguale al 98 % di P_{max} .

Va applicata l'interpolazione lineare tra i valori mappati per determinare:

i) i regimi ai quali la potenza è uguale al 98 % di P_{max} . Se vi è un solo regime al quale la potenza è uguale al 98 % di P_{max} , allora il regime al quale si ha P_{max} sarà n_{pmax} ;

ii) i regimi ai quali $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$ è uguale al 98 % del valore massimo di $(n^2_{normi} + P^2_{normi})$.

5.2.5.1.2. Impiego di un MTS dichiarato

Se l'MTS calcolato conformemente al punto 5.2.5.1.1 o 5.2.5.1.3 corrisponde a $\pm 3\%$ dell'MTS dichiarato dal costruttore, per la prova delle emissioni si può utilizzare l'MTS dichiarato dal costruttore. Se questa tolleranza viene superata, per la prova delle emissioni deve essere utilizzato l'MTS misurato.

5.2.5.1.3. Impiego di un MTS con aggiustamento

Se la parte discendente della curva a pieno carico è molto ripida, possono verificarsi problemi per ottenere un regime corretto al 105 % del ciclo di prova NRTC. In tale caso è consentito, d'intesa con il servizio tecnico, applicare un valore alternativo per l'MTS, determinato con uno dei metodi seguenti:

- a) si può ridurre leggermente l'MTS (al massimo del 3 %) per consentire la corretta esecuzione del ciclo NRTC.
- b) si può calcolare un MTS alternativo con la seguente equazione (A.4-4):

$$MTS = ((n_{max} - n_{idle})/1,05) + n_{idle} \quad (A.4-4)$$

dove:

n_{max} = regime del motore al quale il regolatore passa a regolare il motore in presenza della massima richiesta da parte dell'operatore e senza applicazione di carico ("regime massimo a vuoto");

n_{idle} = regime minimo.

5.2.5.2. Regime nominale

Il regime nominale è definito al punto 2.1.72. Con l'eccezione dei motori sottoposti a prova NRSC a regime costante, di cui al punto 2.1.12, il regime nominale per i motori a regime variabile soggetti a prova delle emissioni deve essere determinato in base alla procedura di mappatura pertinente di cui al punto 7.6. Il regime nominale dei motori a regime variabile sottoposti a prova NRSC a regime costante deve essere dichiarato dal costruttore in base alle caratteristiche del motore. Il regime nominale dei motori a regime costante deve essere dichiarato dal costruttore in base alle caratteristiche del regolatore. Qualora si sottoponga alla prova delle emissioni un tipo di motore in grado di funzionare a regimi alternativi, come previsto dal punto 2.1.11 del presente regolamento occorre dichiarare e sottoporre a prova ogni singolo regime alternativo.

Se il regime nominale determinato in base alla procedura di mappatura di cui al punto 7.6 corrisponde al valore dichiarato dal costruttore ± 150 giri/min per i motori della categoria NRS dotati di regolatore, oppure ± 350 giri/min o $\pm 4\%$ (scegliendo, tra i due, il valore inferiore) per i motori della categoria NRS senza regolatore, o ± 100 giri/min per tutte le altre categorie di motori, è possibile utilizzare il valore dichiarato. Se questa tolleranza viene superata, deve essere utilizzato il regime nominale determinato in base alla procedura di mappatura.

Per i motori della categoria NRSh, il 100 % del regime di prova deve corrispondere al regime nominale dichiarato dal costruttore ± 350 giri/min.

In alternativa, al posto del regime nominale, per ogni ciclo di prova stazionario è possibile utilizzare l'MTS.

5.2.5.3. Regime di coppia massima dei motori a regime variabile

Ove necessario, il regime di coppia massima determinato in base alla curva di coppia massima stabilita secondo la procedura applicabile di mappatura del motore di cui al punto 7.6.1 o 7.6.2 deve essere uno dei seguenti:

- a) il regime al quale è stata registrata la coppia più alta; oppure

- b) la media tra il regime più basso e quello più alto a cui la coppia è uguale al 98 % della coppia massima. Se necessario, deve essere utilizzata l'interpolazione lineare per determinare i regimi ai quali la coppia è uguale al 98 % della coppia massima.

Se il regime di coppia massima determinato dalla curva massima di coppia corrisponde al regime di coppia massima dichiarato dal costruttore $\pm 4\%$ per i motori della categoria NRS o $\pm 2,5\%$ per tutte le altre categorie di motori, ai fini del presente regolamento è possibile utilizzare il valore dichiarato dal costruttore. Se questa tolleranza viene superata, deve essere utilizzato il regime di coppia massima determinato in base alla curva massima della coppia.

5.2.5.4. Regime intermedio

Il regime intermedio deve soddisfare uno dei seguenti requisiti:

- a) per i motori progettati per funzionare a vari regimi lungo una curva di coppia a pieno carico, il regime intermedio deve corrispondere al regime di coppia massima se questo si situa tra il 60 % e il 75 % del regime nominale;
- b) se il regime di coppia massima è inferiore al 60 % del regime nominale, il regime intermedio è considerato pari al 60 % del regime nominale;
- c) se il regime di coppia massima è superiore al 75 % del regime nominale, il regime intermedio è considerato pari al 75 % del regime nominale. Se il motore è in grado di funzionare solo a regimi superiori al 75 % del regime nominale, il regime intermedio deve corrispondere al regime più basso al quale il motore è in grado di funzionare;
- d) per i motori che non sono progettati per funzionare a vari regimi lungo una curva di coppia a pieno carico in condizioni stazionarie, il regime intermedio deve essere compreso tra il 60 % e il 70 % del regime nominale;
- e) per i motori che devono essere sottoposti al ciclo di prova G1, fatta eccezione per i motori della categoria ATS, il regime intermedio deve corrispondere all'85 % del regime nominale;
- f) per i motori della categoria ATS sottoposti al ciclo di prova G1, il regime intermedio deve corrispondere al 60 % o all'85 % del regime nominale più vicino all'effettivo regime di coppia massima.

Se al posto del regime nominale viene usato l'MTS per determinare il regime di prova al 100 %, l'MTS deve essere usato al posto del regime nominale anche per determinare il regime intermedio.

5.2.5.5. Regime minimo

Il regime minimo è il più basso regime del motore con carico minimo (pari o superiore a carico zero) quando il regime del motore è regolato da una funzione di regolazione del motore. Per i motori privi di una funzione di regolazione che controlli il regime minimo, per regime minimo si intende il valore dichiarato dal costruttore per il più basso regime possibile del motore con carico minimo. Si noti che il regime minimo a caldo è il regime minimo di un motore caldo.

5.2.5.6. Regime di prova per i motori a regime costante

È possibile che i regolatori dei motori a regime costante non mantengano sempre il regime esattamente costante. Spesso il regime può diminuire in misura compresa fra lo 0,1 e il 10 % rispetto al regime a carico zero, per cui si ha il regime minimo vicino al punto di massima potenza del motore. Il regime di prova per i motori a regime costante può essere regolato mediante il regolatore montato sul motore oppure impostando il regime al banco di prova, quando questo simula il regolatore del motore.

Quando viene utilizzato il regolatore montato sul motore, il regime al 100 % deve corrispondere al regime regolato del motore di cui al punto 2.1.28 del presente regolamento.

Quando per simulare il regolatore viene utilizzato un segnale di impostazione del regime al banco di prova, il regime al 100 % a carico zero deve corrispondere al regime a vuoto indicato dal costruttore per le rispettive impostazioni del regolatore, mentre il regime al 100 % a pieno carico deve corrispondere al regime nominale per le rispettive impostazioni del regolatore. Per determinare il regime per le altre modalità di prova deve essere usata l'interpolazione.

Se il regolatore ha un'impostazione isocrona o il regime nominale e il regime a vuoto dichiarati dal costruttore non differiscono tra loro di oltre il 3 %, è possibile utilizzare un valore unico dichiarato dal costruttore per i regimi al 100 % a tutti i punti di carico.

5.2.6. Coppia

5.2.6.1. I valori di coppia indicati nei cicli di prova sono valori percentuali che rappresentano, per una determinata modalità di prova, uno dei seguenti aspetti:

- a) il rapporto tra la coppia richiesta e la coppia massima possibile al regime di prova specificato (tutti i cicli tranne D2);
- b) il rapporto tra la coppia richiesta e la coppia corrispondente alla potenza nominale netta dichiarata dal costruttore (ciclo D2).

6. CONDIZIONI DI PROVA

6.1. Condizioni di prova in laboratorio

Devono essere misurate la temperatura assoluta (T_a) dell'aria all'ingresso del motore espressa in Kelvin e la pressione atmosferica a secco (p_s) espressa in kPa, e deve essere determinato il parametro f_a nel modo di seguito riportato con l'equazione (A.4-5) oppure (A.4-6). Se la pressione atmosferica è misurata in un condotto, deve essere accertato che le perdite di pressione tra l'atmosfera e il luogo della misurazione siano trascurabili e devono essere considerati i cambiamenti della pressione statica del condotto risultanti dal flusso. Per i motori multicilindrici con gruppi di collettori di aspirazione distinti, come nel caso dei motori "a V", si deve misurare la temperatura media dei gruppi distinti. Il parametro "fa" deve essere registrato unitamente ai risultati di prova. Motori ad aspirazione naturale e motori con sovralimentatore meccanico:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right) \cdot \left(\frac{T_a}{298} \right)^{0.7} \quad (\text{A.4-5})$$

Motori turbocompressi, con o senza raffreddamento dell'aria aspirata:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s} \right)^{0.7} \cdot \left(\frac{T_a}{298} \right)^{1.5} \quad (\text{A.4-6})$$

6.1.1. Affinché la prova sia considerata valida devono essere soddisfatte entrambe le seguenti condizioni:

- a) f_a deve essere compreso nell'intervallo $0,93 \leq f_a \leq 1,07$ tranne che nei casi previsti ai punti 6.1.2 e 6.1.4;
- b) la temperatura dell'aria di aspirazione deve essere mantenuta a 298 ± 5 K (25 ± 5 °C), misurata a monte di ogni componente del motore, tranne nei casi previsti ai punti 6.1.3 e 6.1.4, e secondo quanto richiesto ai punti 6.1.5 e 6.1.6.

6.1.2. Se il laboratorio in cui il motore viene sottoposto a prova è posto a un'altitudine superiore a 600 m, d'intesa con il costruttore si può ammettere che f_a superi il valore 1,07 a condizione che p_s non sia inferiore a 80 kPa.

6.1.3. Se la potenza del motore sottoposto a prova è superiore a 560 kW, d'intesa con il costruttore si può ammettere che il valore massimo di temperatura dell'aria di aspirazione sia superiore a 303 K (30 °C), a condizione che non superi 308 K (35 °C).

6.1.4. Se il laboratorio in cui il motore è sottoposto a prova è posto a un'altitudine superiore a 300 m e la potenza del motore sottoposto a prova è superiore a 560 kW, d'intesa con il costruttore si può ammettere che f_a superi il valore 1,07 a condizione che p_s non sia inferiore a 80 kPa; il valore massimo di temperatura dell'aria di aspirazione può essere superiore a 303 K (30 °C), a condizione che non superi i 308 K (35 °C).

6.1.5. Nel caso delle famiglie di motori di categoria NRS inferiori a 19 kW esclusivamente composte di tipi di motore da utilizzare per gli spazzaneve, la temperatura dell'aria aspirata deve essere mantenuta tra 273 K e 268 K (tra 0 °C e -5 °C).

- 6.1.6. Per i motori della categoria SMB, la temperatura dell'aria aspirata deve essere mantenuta a $263 \pm 5 \text{ K}$ ($-10 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$), tranne che nei casi previsti al punto 6.1.6.1.
- 6.1.6.1. Per i motori della categoria SMB dotati di iniezione del carburante a controllo elettronico che regola il flusso di carburante rispetto alla temperatura dell'aria di aspirazione, a discrezione del costruttore la temperatura dell'aria di aspirazione può, in alternativa, essere mantenuta a $298 \pm 5 \text{ K}$ ($25 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$).
- 6.1.7. È consentito utilizzare:
- un barometro condiviso il cui valore sia utilizzato come pressione atmosferica per un impianto di prova completo con più di una camera di prova con dinamometro, purché la strumentazione per il trattamento dell'aria aspirata mantenga, durante la prova del motore, la pressione ambiente entro $\pm 1 \text{ kPa}$ della pressione atmosferica condivisa;
 - uno strumento per la misurazione dell'umidità usato per misurare l'umidità dell'aria aspirata per un impianto di prova completo con più di una camera di prova con dinamometro, purché la strumentazione per il trattamento dell'aria aspirata mantenga, durante la prova del motore, il punto di rugiada entro $\pm 0,5 \text{ K}$ della misurazione dell'umidità condivisa.
- 6.2. Motori con raffreddamento dell'aria di sovralimentazione
- Deve essere utilizzato un sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione con una capacità totale dell'aria aspirata che sia rappresentativa delle condizioni di funzionamento del motore montato. Eventuali sistemi di laboratorio di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione devono essere progettati per minimizzare la condensa. La condensa accumulata deve essere drenata; tutte le condotte di drenaggio devono essere chiuse ermeticamente prima delle prove delle emissioni e rimanere chiuse durante la prova delle emissioni. Le condizioni del refrigerante devono essere mantenute come segue:
 - deve essere mantenuta una temperatura del refrigerante almeno 293 K ($20 \text{ }^\circ\text{C}$) all'ingresso del sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione per tutta la durata della prova;
 - a regime nominale e a pieno carico, la portata del refrigerante deve essere regolata in modo da ottenere una temperatura dell'aria corrispondente al valore indicato dal costruttore, $\pm 5 \text{ K}$, a monte dell'uscita del sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione. La temperatura di uscita dell'aria deve essere misurata nel punto indicato dal costruttore. Il set point della portata del refrigerante deve essere utilizzato per tutta la prova. Se il costruttore del motore non indica le condizioni del motore o la corrispondente temperatura all'uscita del sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione, la portata del refrigerante deve essere regolata rispetto alla potenza massima del motore, in modo da ottenere una temperatura all'uscita del sistema di raffreddamento che sia rappresentativa del funzionamento del motore in condizioni d'uso;
 - se il costruttore del motore indica i limiti di perdita di pressione dell'aria di sovralimentazione che attraversa il sistema di raffreddamento, è necessario garantire che la perdita di pressione dell'aria di sovralimentazione che attraversa il sistema di raffreddamento alle condizioni del motore specificate dal costruttore rientri in tali limiti. La perdita di pressione deve essere misurata nei punti indicati dal costruttore.
 - Quando, per l'esecuzione del ciclo di prova, al posto del regime nominale viene utilizzato l'MTS definito al punto 5.2.5.1, lo stesso regime può essere utilizzato al posto del regime nominale per regolare la temperatura dell'aria di sovralimentazione.
 - L'obiettivo è ottenere, per le emissioni, risultati che siano rappresentativi del funzionamento del motore in condizioni d'uso. Se in base a criteri di buona pratica ingegneristica risultasse che prove basate sulle specifiche di cui al presente punto non sarebbero rappresentative (ad es. per un eccessivo raffreddamento dell'aria aspirata), si possono utilizzare valori preimpostati (set point) e controlli della perdita di pressione dell'aria di sovralimentazione, della temperatura del refrigerante e della portata più sofisticati, al fine di ottenere risultati più rappresentativi.
- 6.3. Potenza del motore
- 6.3.1. Base per la misurazione delle emissioni
- La base per la misurazione delle emissioni specifiche è la potenza netta non corretta quale definita al punto 2.1.56 del presente regolamento.
- 6.3.2. Dispositivi ausiliari da montare
- Per la prova devono essere montati sul banco di prova i dispositivi ausiliari occorrenti per il funzionamento del motore conformemente alle prescrizioni di cui all'appendice A.2.
- Qualora non sia possibile montare i dispositivi ausiliari necessari per la prova, deve essere determinata, e sottratta dalla potenza misurata del motore, la quantità di potenza che assorbono.

6.3.3. Dispositivi ausiliari da rimuovere

Alcuni dispositivi ausiliari connessi al funzionamento della macchina, di cui il motore può essere munito, devono essere rimossi per la prova.

Qualora i dispositivi ausiliari non possano essere rimossi, è possibile calcolare la potenza da essi assorbita in condizioni prive di carico e aggiungerla alla potenza misurata del motore (cfr. nota g nella tabella dell'appendice A.2). Se è superiore al 3 % della potenza massima al regime di prova, tale valore può essere sottoposto a verifica da parte del servizio tecnico. La potenza assorbita dai dispositivi ausiliari deve essere utilizzata per regolare i valori e per calcolare il lavoro prodotto dal motore nel ciclo di prova conformemente al punto 7.7.1.3 o 7.7.2.3, lettera b), del presente allegato.

6.3.4. Determinazione della potenza dei dispositivi ausiliari

Se del caso, la potenza dei dispositivi ausiliari e il metodo di misurazione o di calcolo usato per determinarla devono essere indicati dal costruttore del motore per tutto l'ambito di funzionamento dei cicli di prova applicabili e devono essere approvati dall'autorità di omologazione.

6.3.5. Ciclo di lavoro del motore

Il calcolo del ciclo di lavoro di riferimento ed effettivo (cfr. punto 7.8.3.4) deve basarsi sulla potenza del motore in conformità al punto 6.3.1. In questo caso, P_f e P_r dell'equazione (A.4-7) sono pari a zero e P è uguale a $P_{m,i}$.

Se sono montati dispositivi ausiliari o apparecchiature in conformità ai punti 6.3.2 e/o 6.3.3, la potenza da essi assorbita deve essere utilizzata per correggere ciascun valore istantaneo di potenza nell'arco del ciclo $P_{m,i}$ con l'equazione (A.4-8):

$$P_i = P_{m,i} - P_{f,i} + P_{r,i} \quad (\text{A.4-7})$$

$$P_{\text{AUX}} = P_{r,i} - P_{f,i} \quad (\text{A.4-8})$$

dove:

$P_{m,i}$ è la potenza misurata del motore, in kW

$P_{f,i}$ è la potenza assorbita dai dispositivi ausiliari o dalle apparecchiature che avrebbero dovuto essere montati per la prova ma non erano montati, in kW

$P_{r,i}$ è la potenza assorbita dai dispositivi ausiliari o dalle apparecchiature che avrebbero dovuto essere rimossi per la prova ma erano invece montati, in kW.

6.4. Aria aspirata

6.4.1. Introduzione

Deve essere utilizzato il sistema di aspirazione dell'aria del motore o uno che rappresenti la configurazione tipica in uso. Ciò include i sistemi di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione e di ricircolo dei gas di scarico.

6.4.2. Limitazione della pressione dell'aria aspirata

Deve essere utilizzato un sistema di aspirazione dell'aria del motore o un sistema per laboratorio di prova dotato di un limitatore della pressione di aspirazione dell'aria che limiti la pressione a ± 300 Pa del valore massimo indicato dal costruttore per un filtro dell'aria pulito al regime nominale e a pieno carico. Se ciò non fosse possibile a causa delle caratteristiche di progetto del sistema per laboratorio di prova di alimentazione dell'aria, d'intesa con il servizio tecnico deve essere consentita una limitazione della pressione non superiore al valore indicato dal costruttore per il filtro sporco. La pressione differenziale statica del limitatore deve essere misurata nella posizione e ai valori preimpostati (set point) di regime e coppia indicati dal costruttore. Se il costruttore non specifica una posizione, tale pressione deve essere misurata a monte del collegamento del turbocompressore o del sistema di ricircolo dei gas di scarico (EGR) con il sistema di aspirazione dell'aria. Quando al posto del regime nominale viene utilizzato l'MTS definito al punto 5.2.5.1 per l'esecuzione del ciclo di prova, l'MTS può essere utilizzato al posto del regime nominale anche per impostare il limitatore della pressione dell'aria di aspirazione.

6.5. Sistema di scarico del motore

Si deve utilizzare il sistema di scarico montato con il motore o uno che rappresenti la configurazione tipica in uso. Il sistema di scarico deve essere conforme alle prescrizioni per il campionamento delle emissioni dei gas di scarico di cui al punto 9.3. Deve essere utilizzato un sistema di scarico del motore o un sistema per laboratorio di prova che determini una contropressione statica dei gas di scarico compresa tra l'80 e il 100 % della limitazione massima della pressione dei gas di scarico al regime nominale e a pieno carico. Il limitatore della pressione dei gas di scarico può essere regolato per mezzo di una valvola. Se la limitazione massima della pressione dei gas di scarico è pari o inferiore a 5 kPa, il valore preimpostato (set point) non deve essere superiore a 1,0 kPa rispetto al valore massimo. Se per l'esecuzione del ciclo di prova viene utilizzato l'MTS al posto del regime nominale, l'MTS può essere utilizzato al posto del regime nominale anche per impostare il limitatore della pressione dei gas di scarico.

6.6. Motori con sistema di post-trattamento dei gas di scarico

Se il motore è provvisto di un sistema di post-trattamento dei gas di scarico non montato direttamente su di esso, il diametro del condotto di scarico deve essere uguale a quello utilizzato nelle condizioni di impiego per una lunghezza pari ad almeno quattro diametri del condotto a monte della sezione di espansione che contiene il dispositivo di post-trattamento. La distanza dalla flangia del collettore di scarico o dall'uscita del turbocompressore al sistema di post-trattamento dei gas di scarico deve essere uguale a quella della configurazione della macchina mobile non stradale o compresa entro le specifiche di distanza del costruttore. Laddove specificato dal costruttore, il tubo deve essere isolato al fine di raggiungere una temperatura all'ingresso del sistema di post-trattamento compresa entro le specifiche del costruttore. Qualora le specifiche del costruttore prevedano altre prescrizioni di montaggio, anche queste ultime devono essere rispettate per la configurazione di prova. La contropressione o la limitazione della pressione del sistema di scarico deve essere regolata conformemente al punto 6.5. Per i dispositivi di post-trattamento dei gas di scarico che permettono una limitazione variabile della pressione dei gas di scarico, la limitazione massima di cui al punto 6.5 è definita alle condizioni di post-trattamento (livello di rodaggio/invecchiamento e di rigenerazione/ostruzione) specificate dal costruttore. Il contenitore del dispositivo di post-trattamento può essere rimosso durante le prove preparatorie e durante la mappatura del motore e sostituito con un contenitore equivalente avente un supporto catalitico inattivo.

Le emissioni misurate nel ciclo di prova devono essere rappresentative delle emissioni in condizioni reali di utilizzo. Per i motori dotati di un sistema di post-trattamento dei gas di scarico che richiede l'uso di un reagente, il costruttore deve dichiarare per tutte le prove quale reagente viene usato.

Per i motori dotati di un sistema di post-trattamento dei gas di scarico a rigenerazione periodica, come descritto al punto 6.6.2, i risultati riguardanti le emissioni devono essere adeguati per tenere conto delle rigenerazioni. In questo caso, l'emissione media dipende dalla frequenza dell'evento di rigenerazione, espressa come frazione della durata delle prove in cui si produce la rigenerazione. Per i sistemi di post-trattamento con processo di rigenerazione che si attiva in modo sostenuto o almeno una volta nel corso del ciclo di prova transitorio o del ciclo modale con rampe di transizione ("rigenerazione continua"), di cui al punto 6.6.1, non è necessario seguire una procedura di prova particolare.

6.6.1. Rigenerazione continua

Per i sistemi di post-trattamento dei gas di scarico basati su un processo di rigenerazione continua, le emissioni si misurano in un sistema di post-trattamento stabilizzato in modo da produrre un comportamento di emissione ripetibile. Il processo di rigenerazione deve essere verificato almeno una volta durante la prova NRTC con avviamento a caldo, la prova LSI-NRTC o la prova NRSC, e il costruttore deve dichiarare le condizioni normali in cui avviene la rigenerazione (carico di particolato carbonioso, temperatura, contropressione del sistema di scarico ecc.). Per verificare che il processo di rigenerazione sia continuo devono essere eseguite almeno tre prove NRTC con avviamento a caldo, LSI-NRTC o NRSC. In caso di prova NRTC con avviamento a caldo, il motore deve essere riscaldato in conformità al punto 7.8.2.1 e stabilizzato in conformità al punto 7.4.2.1, lettera b); quindi si esegue la prima prova NRTC con avviamento a caldo.

Le successive prove NRTC con avviamento a caldo devono iniziare dopo la stabilizzazione in conformità al punto 7.4.2.1, lettera b). Durante le prove devono essere registrate le temperature e le pressioni dei gas di scarico (temperatura a monte e a valle del sistema di post-trattamento, contropressione del sistema di scarico ecc.). Il sistema di post-trattamento è considerato soddisfacente se le condizioni dichiarate dal costruttore si verificano entro un tempo sufficiente nel corso della prova e i risultati delle emissioni non presentano una dispersione superiore a $\pm 25\%$ o a $0,005\text{ g/kWh}$, se superiore.

6.6.2. Rigenerazione periodica

La presente disposizione si applica solo ai motori dotati di sistema di post-trattamento dei gas di scarico rigenerato in modo saltuario, di solito a intervalli inferiori alle 100 ore di normale funzionamento del motore. Per tali motori devono essere determinati fattori moltiplicativi o additivi per l'aggiustamento verso l'alto o verso il basso come indicato al punto 6.6.2.4 ("fattore di aggiustamento").

La prova e la determinazione dei fattori di aggiustamento sono richiesti per un solo ciclo di prova applicabile transitorio (NRTC o LSI-NRTC) oppure NRSC RMC. I fattori determinati possono essere applicati ai risultati degli altri cicli di prova applicabili, compreso il ciclo di prova NRSC in modalità discreta.

Qualora non fossero disponibili fattori di aggiustamento adeguati derivanti da cicli di prova transitori o NRSC RMC, i fattori di aggiustamento devono essere determinati per mezzo di una prova in modalità discreta. I fattori di aggiustamento determinati per mezzo di un ciclo di prova in modalità discreta devono essere applicati solo ai cicli di prova in modalità discreta.

Non è necessario eseguire prove né determinare fattori di aggiustamento per i cicli RMC e NRSC in modalità discreta.

6.6.2.1. Prescrizioni per la determinazione dei fattori di aggiustamento mediante prova NRTC, LSI-NRTC o NRSC RMC

Le emissioni devono essere misurate con almeno tre prove NRTC con avviamento a caldo, LSI-NRTC o NRSC modali con rampe di transizione (RMC), una con e due senza rigenerazione, su un sistema di post-trattamento stabilizzato. Il processo di rigenerazione deve verificarsi almeno una volta durante la prova NRTC, LSI-NRTC o NRSC RMC con un evento di rigenerazione. Se la rigenerazione richiede un tempo superiore a una prova NRTC, LSI-NRTC o NRSC RMC, devono essere eseguite prove NRTC, LSI-NRTC o NRSC RMC consecutive, continuando a misurare le emissioni senza spegnere il motore fino a rigenerazione avvenuta; quindi si deve calcolare la media delle prove. Se la rigenerazione è completata durante una delle prove, la prova deve essere continuata per tutta la sua durata.

Deve essere fissato un fattore di aggiustamento appropriato per l'intero ciclo applicabile con le equazioni da (A.4-10) a (A.4-13).

6.6.2.2. Prescrizioni per la determinazione dei fattori di aggiustamento per mezzo della prova NRSC in modalità discreta

Con il sistema di post-trattamento dei gas di scarico stabilizzato, le emissioni devono essere misurate con almeno tre prove per ciascuna modalità del ciclo NRSC in modalità discreta applicabile alla quale possono essere soddisfatte le condizioni di rigenerazione, una con e due senza evento di rigenerazione. La misurazione del PM deve essere eseguita utilizzando il metodo a filtri multipli di cui al punto 7.8.1.2, lettera c). Se la rigenerazione ha avuto inizio ma non è ancora completata al termine del periodo di campionamento per una specifica modalità di prova, il periodo di campionamento deve essere esteso fino al completamento della rigenerazione. Se è stata condotta più di una prova per la stessa modalità, deve essere calcolato un risultato medio. Il processo deve essere ripetuto per ciascuna modalità di prova.

Deve essere fissato un fattore di aggiustamento appropriato con le equazioni da (A.4-10) a (A.4-13) per le modalità del ciclo applicabile per le quali avviene la rigenerazione.

6.6.2.3. Procedura generale per la determinazione dei fattori di aggiustamento per la rigenerazione periodica

Il costruttore dichiara le condizioni normali in cui avviene il processo di rigenerazione (carico di particolato carbonioso, temperatura, contropressione del sistema di scarico ecc.). Inoltre, fornisce la frequenza dell'evento di rigenerazione in termini di numero di prove in cui si produce la rigenerazione. L'esatta procedura di determinazione di tale frequenza deve essere approvata dall'autorità di omologazione in base a criteri di buona pratica ingegneristica.

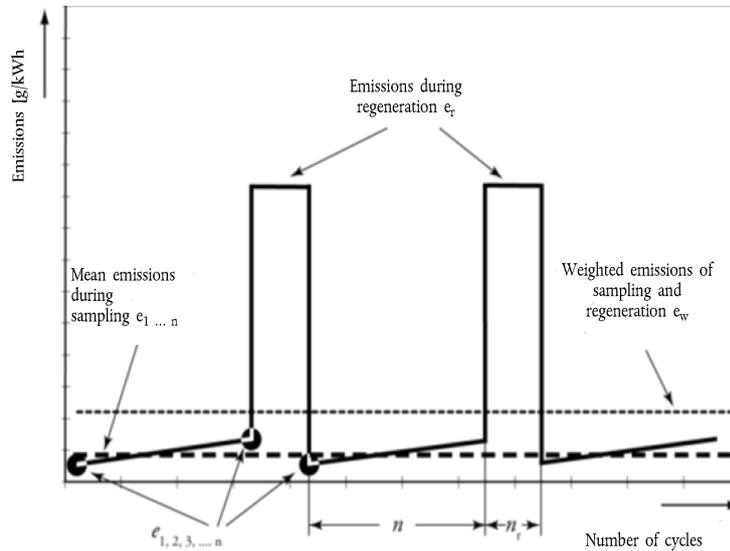
Per la prova della rigenerazione, il costruttore deve fornire un sistema di post-trattamento che sia stato caricato. La rigenerazione non deve verificarsi durante la fase di condizionamento del motore. In alternativa, il costruttore può eseguire prove consecutive del ciclo applicabile fino a che il sistema di post-trattamento non è carico. Non è necessario misurare le emissioni per ogni prova.

Le emissioni medie tra fasi di rigenerazione devono essere determinate in base alla media aritmetica di diverse prove del ciclo applicabile approssimativamente equidistanti. Almeno una prova del ciclo applicabile deve essere effettuata il più possibile prima della prova di rigenerazione e una prova del ciclo applicabile deve essere effettuata subito dopo la prova di rigenerazione.

Durante la prova di rigenerazione devono essere registrati tutti i dati necessari a individuare la rigenerazione (emissioni di CO o di NO_x, temperatura a monte e a valle del sistema di post-trattamento, contropressione del sistema di scarico ecc.). Durante il processo di rigenerazione, i limiti di emissione applicabili possono essere superati. La procedura di prova è illustrata schematicamente nella figura A.4-1.

Figura A.4-1.

Schema di rigenerazione non frequente con un numero n di misurazioni e un numero n_r di misurazioni durante la rigenerazione



Il livello medio delle emissioni specifiche in relazione alle prove effettuate conformemente al punto 6.6.2.1 o 6.6.2.2 [g/kWh o #/kWh] deve essere ponderato con l'equazione (A.4-9) (cfr. figura 1):

$$\bar{e}_w = \frac{n \cdot \bar{e} + n_r \cdot \bar{e}_r}{n + n_r} \quad (\text{A.4-9})$$

dove:

n = numero di prove in cui non avviene la rigenerazione

n_r = numero di prove in cui avviene la rigenerazione (almeno una prova)

\bar{e} = emissioni specifiche medie di una prova in cui la rigenerazione non avviene [g/kWh o #/kWh]

\bar{e}_r = emissioni specifiche medie di una prova in cui la rigenerazione avviene [g/kWh o #/kWh]

A discrezione del costruttore e in base a criteri di buona pratica ingegneristica, il fattore di aggiustamento della rigenerazione k_r , che esprime il livello medio di emissione, può essere calcolato con modalità moltiplicativa o additiva per tutti gli inquinanti gassosi e, laddove esista un limite applicabile, per PM e PN, con le equazioni da (A.4-10) a (A.4-13):

moltiplicativo

$$k_{ru,m} = \frac{\bar{e}_w}{\bar{e}} \quad \text{(fattore di aggiustamento verso l'alto)} \quad (\text{A.4-10})$$

$$k_{rd,m} = \frac{\bar{e}_w}{\bar{e}_r} \quad \text{(fattore di aggiustamento verso il basso)} \quad (\text{A.4-11})$$

additivo

$$k_{ru,a} = \bar{e}_w - \bar{e} \quad \text{(fattore di aggiustamento verso l'alto)} \quad (\text{A.4-12})$$

$$k_{rd,a} = \bar{e}_w - \bar{e}_r \quad \text{(fattore di aggiustamento verso il basso)} \quad (\text{A.4-13})$$

6.6.2.4. Applicazione dei fattori di aggiustamento

I fattori di aggiustamento verso l'alto sono moltiplicati o aggiunti ai livelli di emissione misurati per tutte le prove in cui la rigenerazione non avviene. I fattori di aggiustamento verso il basso sono moltiplicati o aggiunti ai livelli di emissione misurati per tutte le prove in cui la rigenerazione avviene. L'evento di rigenerazione deve essere rilevato in modo evidente durante tutte le prove. Se non è rilevato un evento di rigenerazione, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso l'alto.

In riferimento all'allegato 5, appendici A.1 e A.2 riguardanti i calcoli delle emissioni specifiche al freno, il fattore di aggiustamento della rigenerazione:

- a) se stabilito per un intero ciclo ponderato, deve essere applicato ai risultati delle prove ponderate applicabili NRSC, LSI-NRTC e NRSC;
- b) se stabilito specificamente per le singole modalità del ciclo in modalità discreta applicabile, deve essere applicato ai risultati delle modalità del ciclo NRSC in modalità discreta applicabile in cui la rigenerazione avviene prima di calcolare il risultato dell'emissione ponderata per ciclo. In tale caso, per la misurazione del PM deve essere utilizzato il metodo dei filtri multipli;
- c) può essere applicato ad altri componenti della stessa famiglia di motori;
- d) d'intesa con l'autorità di omologazione e in base a dati tecnici forniti dal costruttore che dimostrino che le emissioni sono simili, può essere esteso ad altre famiglie di motori che utilizzano un sistema di post-trattamento della stessa famiglia, come definito nell'allegato 1.

Sono possibili le seguenti opzioni:

- a) il costruttore può scegliere di omettere i fattori di aggiustamento per una o più famiglie (o configurazioni) di motori se l'effetto della rigenerazione è trascurabile o se non risulta pratico rilevare quando si verifica la rigenerazione. In tali casi non si utilizzano fattori di aggiustamento e il costruttore è responsabile della conformità ai limiti di emissione per tutte le prove, indipendentemente dal verificarsi della rigenerazione;

- b) se il costruttore ne fa richiesta, l'autorità di omologazione può tenere conto degli eventi di rigenerazione in modo diverso rispetto a quanto stabilito alla lettera a). A questa opzione si può ricorrere tuttavia solo nel caso di eventi estremi e per i quali non si possono utilizzare i fattori di aggiustamento di cui al punto 6.6.2.3 del presente allegato.

6.7. Sistema di raffreddamento

Deve essere utilizzato un sistema di raffreddamento del motore con una capacità sufficiente a mantenere il motore e le temperature dell'aria aspirata, dell'olio, del refrigerante, del blocco cilindri e della testata entro i limiti di funzionamento normali prescritti dal costruttore. Possono essere usati sistemi di raffreddamento ausiliari di laboratorio e ventole.

6.8. Olio lubrificante

L'olio lubrificante deve avere le caratteristiche tecniche specificate dal costruttore e deve essere rappresentativo dell'olio lubrificante disponibile sul mercato. Le specifiche dell'olio lubrificante utilizzato per la prova devono essere registrate e indicate insieme ai risultati della prova.

6.9. Specifiche dei carburanti di riferimento

Le specifiche dei carburanti di riferimento sono indicate nell'allegato 6.

La temperatura del carburante deve corrispondere a quella raccomandata dal costruttore. La temperatura del carburante deve essere misurata all'ingresso della pompa di iniezione del carburante oppure nel punto indicato dal costruttore, e il punto in cui si effettua la misurazione deve essere registrato.

6.10. Emissioni dal basamento

Le emissioni dal basamento che sono scaricate direttamente nell'atmosfera devono essere aggiunte ai gas di scarico (fisicamente o matematicamente) durante tutte le prove delle emissioni.

I costruttori che decidono di aggiungere fisicamente le emissioni dal basamento a quelle di scarico devono montare i motori in modo che tutte le emissioni dal basamento possano essere incanalate nel sistema di campionamento delle emissioni. Ai fini del presente punto, le emissioni dal basamento incanalate nello scarico a monte del sistema di post-trattamento dei gas di scarico durante il funzionamento del motore non sono considerate emissioni dirette nell'atmosfera.

Per la misurazione delle emissioni, le emissioni dal basamento aperto devono essere incanalate nel sistema di scarico come segue:

- a) i materiali delle tubature devono essere a pareti lisce, elettroconduttori e non devono reagire con le emissioni del basamento. La lunghezza dei tubi deve essere il più possibile ridotta;
- b) il numero di curve delle tubature del basamento del motore del laboratorio deve essere ridotto al minimo e il raggio delle curve inevitabili deve essere il più ampio possibile;
- c) i tubi di scarico dal basamento del motore del laboratorio devono soddisfare le specifiche del costruttore del motore relative alla contropressione del basamento;
- d) i tubi di scarico dal basamento devono essere collegati al gas di scarico grezzo a valle del sistema di post-trattamento, a valle delle restrizioni dei gas di scarico installate e sufficientemente a monte di eventuali sonde di campionamento per ottenere una completa miscelazione con i gas di scarico del motore prima del campionamento. Il tubo di scarico dal basamento deve essere collegato alla corrente libera dello scarico per evitare gli effetti dello strato limite e per favorire la miscelazione. L'uscita del tubo di scarico dal basamento può essere orientata in qualsiasi direzione rispetto al flusso di gas di scarico grezzo.

7. PROCEDURE DI PROVA

7.1. Introduzione

Nel presente punto è descritto il metodo per la determinazione delle emissioni specifiche al freno di inquinanti gassosi e di particolato prodotte dai motori sottoposti a prova. Il motore di prova deve corrispondere alla configurazione del motore capostipite della famiglia di motori conformemente all'allegato 10.

Una prova delle emissioni in laboratorio consiste nella misurazione delle emissioni e di altri parametri per i cicli di prova indicati nel presente allegato. Nel presente allegato 4 sono trattati i seguenti aspetti:

- a) le configurazioni di laboratorio per la misurazione delle emissioni specifiche al freno (punto 7.2);
- b) le procedure di verifica prima e dopo la prova (punto 7.3);
- c) i cicli di prova (punto 7.4);
- d) la sequenza generale di prova (punto 7.5);
- e) la mappatura del motore (punto 7.6);
- f) la generazione del ciclo di prova (punto 7.7);
- g) la procedura di esecuzione del ciclo di prova specifico (punto 7.8).

7.2. Principio di misurazione delle emissioni

Per la misurazione delle emissioni specifiche al banco frenato, il motore deve essere fatto funzionare per tutto l'arco dei cicli di prova applicabili di cui al punto 7.4. Per la misurazione delle emissioni specifiche al banco frenato è necessario determinare la massa degli inquinanti nelle emissioni di scarico (HC, CO, NO_x e PM), il numero di particelle nelle emissioni di scarico (PN), la massa di CO₂ nelle emissioni di scarico e il corrispondente lavoro del motore.

7.2.1. Massa di ogni costituente

La massa totale di ogni costituente deve essere determinata nel ciclo di prova applicabile usando i metodi seguenti:

7.2.1.1. Campionamento continuo

Nel caso del campionamento continuo, la concentrazione del costituente è misurata di continuo nei gas di scarico grezzi o diluiti. Tale concentrazione è moltiplicata per la portata dei gas di scarico continui (grezzi o diluiti) nel punto di campionamento delle emissioni per determinare la portata massica del costituente. L'emissione del costituente è sommata continuamente durante tutto il ciclo di prova. Tale somma è la massa totale del costituente emesso.

7.2.1.2. Campionamento per lotti

Nel caso del campionamento per lotti, un campione di gas di scarico grezzi o diluiti è estratto di continuo e immagazzinato per essere successivamente misurato. Il campione estratto deve essere proporzionale alla portata dei gas di scarico grezzi o diluiti. Sono esempi di campionamento per lotti la raccolta di emissioni gassose diluite in un sacchetto e la raccolta di particolato (PM) su un filtro. Il calcolo delle emissioni è effettuato con il metodo seguente: le concentrazioni campionate per lotti sono moltiplicate per la massa totale o la portata massica totale dei gas di scarico (grezzi o diluiti) da cui sono stati estratti nel corso del ciclo di prova. Tale prodotto è la massa o la portata massica totale del costituente emesso. Per calcolare la concentrazione di particolato, il PM depositato su un filtro dal gas di scarico estratto in modo proporzionale va diviso per la quantità di gas di scarico filtrata.

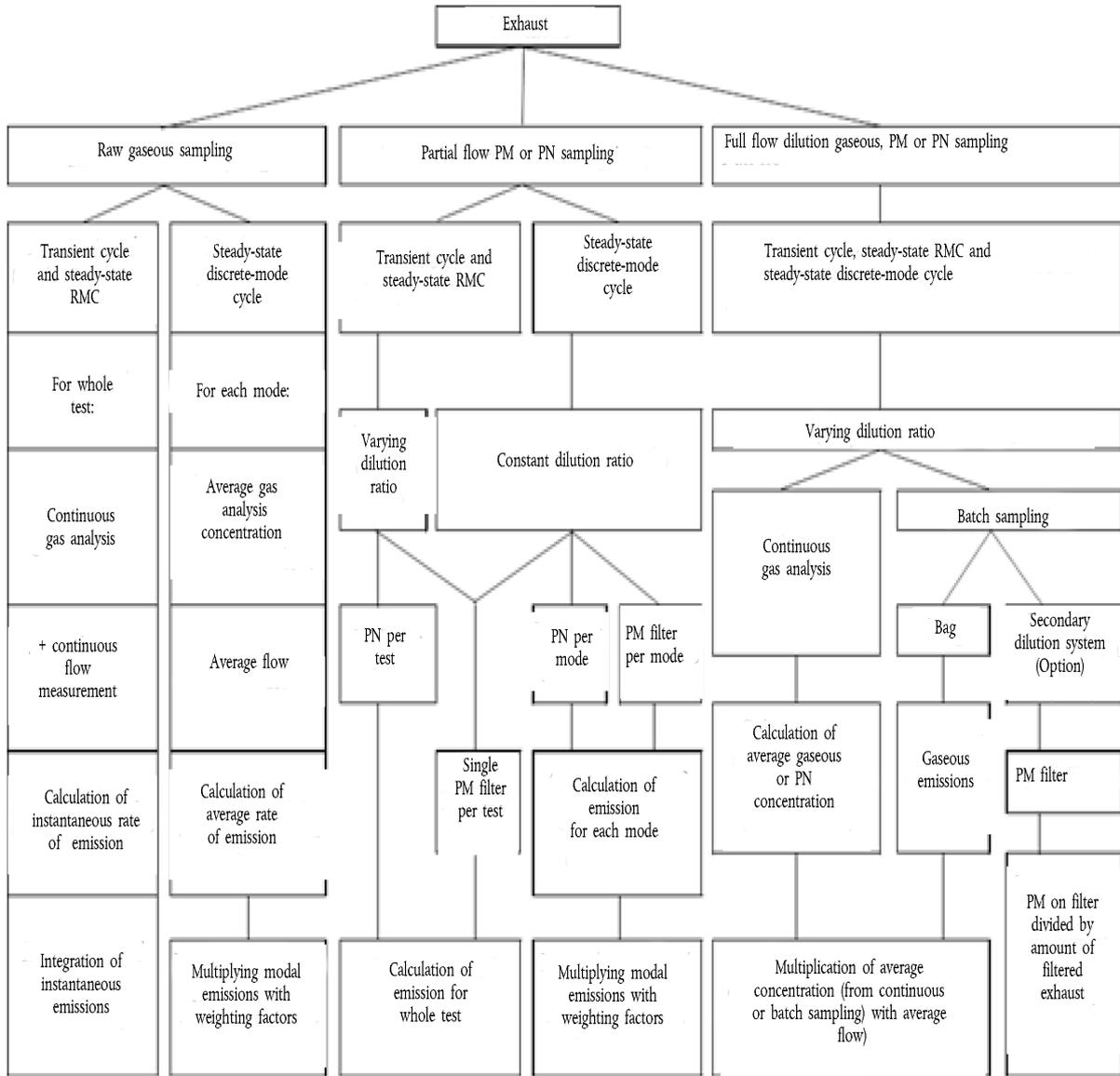
7.2.1.3. Campionamento combinato

È consentita qualsiasi combinazione di campionamento continuo e per lotti (PM con il campionamento per lotti ed emissioni gassose con campionamento continuo).

Nella seguente figura A.4-2 sono illustrati i due aspetti delle procedure di prova per la misurazione delle emissioni: la strumentazione con le linee di campionamento nei gas di scarico grezzi e diluiti e le operazioni necessarie per calcolare le emissioni inquinanti nei cicli di prova stazionari e transitori.

Figura A.4-2

Procedure di prova per la misurazione delle emissioni



Nota alla figura A.4-2: l'espressione "campionamento del PM a flusso parziale" è comprensiva della diluizione a flusso parziale per estrarre solo gas di scarico grezzi con un rapporto di diluizione costante o variabile.

7.2.2. Determinazione del lavoro

Il lavoro prodotto deve essere determinato durante il ciclo di prova moltiplicando in modo sincrono i valori di regime e di coppia per calcolare i valori istantanei della potenza del freno motore. La potenza del freno motore deve essere integrata nel ciclo di prova per determinare il lavoro totale (cfr. anche il punto 6.3.5).

7.3. Verifica e taratura

7.3.1. Operazioni preliminari alla prova

7.3.1.1. Prescrizioni generali per il preconditionamento del sistema di campionamento e del motore

Per ottenere condizioni stabili, prima di iniziare una sequenza di prova occorre preconditionare il sistema di campionamento e il motore nel modo qui indicato.

Lo scopo del preconditionamento del motore è ottenere emissioni e controlli delle emissioni rappresentativi durante il ciclo di lavoro e ridurre l'effetto distorsivo per creare condizioni stabili per le successive prove delle emissioni.

I motori dotati di sistema di post-trattamento possono funzionare prima del preconditionamento specifico per ciclo di cui ai punti da 7.3.1.1.1 a 7.3.1.1.4 del presente allegato, in modo da rigenerare il sistema di post-trattamento e, se del caso, ripristinare il carico di particolato carbonioso del sistema di post-trattamento del particolato.

Le emissioni possono essere misurate nel corso dei cicli di preconditionamento purché sia effettuato un numero predefinito di cicli di preconditionamento e il sistema di misurazione sia stato avviato conformemente alle prescrizioni di cui al punto 7.3.1.4 del presente allegato. Il numero di cicli di preconditionamento deve essere stabilito dal costruttore del motore prima che il preconditionamento abbia inizio. Il preconditionamento deve essere effettuato come descritto di seguito; va notato che gli specifici cicli di preconditionamento sono gli stessi che valgono per le prove delle emissioni.

7.3.1.1.1. Preconditionamento per il ciclo transitorio con avviamento a freddo (NRTC)

Il motore deve essere preconditionato eseguendo almeno un ciclo transitorio con avviamento a caldo. Al termine di ogni ciclo di preconditionamento si deve subito spegnere il motore, lasciandolo poi spento per l'intero periodo di stabilizzazione a caldo. Al termine dell'ultimo ciclo di preconditionamento si deve subito spegnere il motore, facendo iniziare la fase di raffreddamento di cui al punto 7.3.1.2 del presente allegato.

7.3.1.1.2. Preconditionamento per il ciclo transitorio con avviamento a caldo (LSI-NRTC o NRTC con avviamento a caldo)

Nel presente punto è descritto il preconditionamento necessario per il campionamento delle emissioni del ciclo NRTC con avviamento a caldo senza effettuazione del ciclo NRTC con avviamento a freddo, oppure del ciclo LSI-NRTC. Il motore deve essere preconditionato con almeno un ciclo LSI-NRTC o NRTC con avviamento a caldo, a seconda dei casi. Al termine di ogni ciclo di preconditionamento si deve subito spegnere il motore; il ciclo successivo deve quindi essere avviato non appena possibile. Si raccomanda di avviare il ciclo di preconditionamento successivo entro 60 secondi dal termine del ciclo di preconditionamento immediatamente precedente. Se del caso, dopo l'ultimo ciclo di preconditionamento deve avere luogo la stabilizzazione a caldo (NRTC con avviamento a caldo) o il raffreddamento (per il ciclo LSI-NRTC) di durata adeguata prima dell'avviamento del motore per la prova delle emissioni. Per i casi in cui non è prevista la stabilizzazione a caldo o il raffreddamento, si raccomanda di cominciare la prova delle emissioni entro 60 secondi dal termine del ciclo di preconditionamento.

7.3.1.1.3. Preconditionamento per il ciclo NRSC in modalità discreta

Per le categorie di motori diverse da NRS e NRSh, il motore deve essere fatto riscaldare e lasciato in funzione fino a che le temperature del liquido refrigerante e dell'olio lubrificante non si stabilizzano al 50 % del regime e al 50 % della coppia per ogni ciclo di prova NRSC in modalità discreta di tipo diverso da D2 o G, o al regime nominale del motore e al 50 % della coppia per ogni ciclo di prova NRSC in modalità discreta di tipo D2 o G. Il regime al 50 % deve essere calcolato conformemente al punto 5.2.5.1 nel caso dei motori per cui si adopera l'MTS per la generazione dei regimi di prova e conformemente al punto 7.7.1.3 in tutti gli altri casi. Il 50 % della coppia è definito come il 50 % della coppia massima disponibile al dato regime. La prova delle emissioni deve essere avviata senza arrestare il motore.

Per le categorie di motori NRS e NRSh, il motore deve essere fatto riscaldare secondo le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica. Prima dell'inizio del campionamento delle emissioni, il motore deve funzionare in modalità 1 del ciclo di prova appropriato fino a che le temperature non si stabilizzano. La prova delle emissioni deve essere avviata senza arrestare il motore.

7.3.1.1.4. Precondizionamento per il ciclo NRSC RMC

Il costruttore del motore deve selezionare una fra le sequenze di precondizionamento a) e b) descritte di seguito. Il precondizionamento del motore deve essere effettuato secondo la sequenza scelta.

- a) Il precondizionamento deve essere effettuato eseguendo almeno la seconda metà del ciclo modale con rampe di transizione in base al numero delle modalità di prova. Tra un ciclo e l'altro il motore non deve essere spento. Al termine di ogni ciclo di precondizionamento si deve cominciare appena possibile il ciclo successivo (comprensivo della prova delle emissioni). Se possibile, si raccomanda di avviare il ciclo successivo entro 60 secondi dal termine del ciclo di precondizionamento immediatamente precedente.
- b) Il motore deve essere fatto riscaldare e lasciato in funzione fino a che le temperature del liquido refrigerante e dell'olio lubrificante non si stabilizzano al 50 % del regime e al 50 % della coppia per ogni ciclo di prova RMC di tipo diverso da D2 o G, o al regime nominale del motore e al 50 % della coppia per ogni ciclo di prova RMC di tipo D2 o G. Il regime al 50 % deve essere calcolato conformemente al punto 5.2.5.1 del presente allegato nel caso dei motori per cui si adopera l'MTS per la generazione dei regimi di prova e conformemente al punto 7.7.1.3 del presente allegato in tutti gli altri casi. Il 50 % della coppia è definito come il 50 % della coppia massima disponibile al dato regime.

7.3.1.2. Raffreddamento del motore (NRTC)

Il raffreddamento può essere ottenuto in modo naturale o forzato. Per il raffreddamento forzato vanno utilizzati sistemi conformi ai criteri di buona pratica ingegneristica per inviare aria di raffreddamento sul motore, far circolare olio freddo nel sistema di lubrificazione del motore, sottrarre calore dal fluido refrigerante nel sistema di raffreddamento del motore e sottrarre calore dal sistema di post-trattamento dei gas di scarico. Nel caso del raffreddamento forzato del sistema di post-trattamento, l'aria di raffreddamento non deve essere azionata fino a quando la temperatura del sistema di post-trattamento non sia scesa al di sotto della temperatura di attivazione catalitica. Non è ammesso l'uso di procedure di raffreddamento che determinino emissioni non rappresentative.

7.3.1.3. Verifica della contaminazione da HC

Se vi è il sospetto di una contaminazione essenziale da HC del sistema di misurazione dei gas di scarico, detta contaminazione può essere controllata con un gas di zero e quindi corretta. Se è necessario controllare il livello di contaminazione del sistema di misurazione e del sistema HC di fondo, tale controllo deve essere effettuato nelle 8 ore precedenti l'inizio del ciclo di prova. I valori devono essere registrati, ai fini di una correzione successiva. Prima di tale controllo è necessario controllare le perdite e tarare l'analizzatore FID.

7.3.1.4. Preparazione delle apparecchiature di misurazione per il campionamento

Prima di iniziare il campionamento delle emissioni occorre:

- a) controllare le perdite nelle 8 ore precedenti il campionamento delle emissioni in conformità al precedente punto 8.1.8.7;
- b) per il campionamento per lotti, collegare mezzi di stoccaggio puliti, quali sacchetti svuotati o filtri tarati;
- c) avviare tutti gli strumenti di misurazione secondo le istruzioni del costruttore e i criteri di buona pratica ingegneristica;
- d) avviare i sistemi di diluizione, le pompe di campionamento, le ventole di raffreddamento e il sistema di raccolta dati;
- e) regolare le portate del campione sui livelli desiderati, utilizzando eventualmente il flusso derivato;
- f) preriscaldare o preraffreddare gli scambiatori di calore del sistema di campionamento e portarli ai rispettivi intervalli di temperatura di funzionamento per la prova;
- g) consentire ai componenti riscaldati o raffreddati quali linee, filtri, refrigeranti e pompe di stabilizzarsi alle rispettive temperature di funzionamento;
- h) attivare il flusso del sistema di diluizione dei gas di scarico almeno 10 minuti prima della sequenza di prova;

- i) tarare gli analizzatori di gas e tarare lo zero degli analizzatori continui seguendo la procedura di cui al punto 7.3.1.5 che segue;
- j) tarare o ritarare lo zero di eventuali dispositivi elettronici integrati prima dell'inizio di ciascun intervallo di prova.

7.3.1.5. Taratura degli analizzatori di gas

È necessario selezionare gli intervalli appropriati dell'analizzatore di gas. È consentito utilizzare analizzatori delle emissioni con commutazione dell'intervallo automatica o manuale. Durante le prove modali con rampe di transizione, le prove NRTC o i periodi di campionamento delle emissioni gassose alla fine di ogni modalità discreta non si deve modificare l'intervallo degli analizzatori delle emissioni. Allo stesso modo, durante i cicli di prova non devono essere commutati gli aumenti degli amplificatori operazionali analogici degli analizzatori.

Di tutti gli analizzatori continui devono essere tarati lo zero e lo span utilizzando gas che abbiano una tracciabilità internazionale e che soddisfino le specifiche di cui al punto 9.5.1 del presente allegato. Lo span degli analizzatori FID deve essere tarato su un numero di atomi di carbonio pari a uno (C_1).

7.3.1.6. Precondizionamento e pesata della tara del filtro antiparticolato (PM)

Il precondizionamento e la pesata della tara del filtro antiparticolato devono essere eseguiti in conformità alle disposizioni del punto 8.2.3 del presente allegato.

7.3.2. Operazioni successive alla prova

Al termine del campionamento delle emissioni occorre eseguire le operazioni descritte qui di seguito.

7.3.2.1. Verifica del campionamento proporzionale

Per i campioni dei lotti proporzionali, come i campioni in sacchetto o i campioni di particolato, occorre verificare che il campionamento proporzionale sia stato mantenuto in conformità al punto 8.2.1. Per il metodo a filtro singolo e il ciclo stazionario in modalità discreta si deve calcolare il fattore di ponderazione del particolato. I campioni che non soddisfano le prescrizioni di cui al punto 8.2.1 del presente allegato devono essere annullati.

7.3.2.2. Condizionamento e pesata del particolato dopo la prova

I filtri di campionamento del PM utilizzati devono essere inseriti in un contenitore coperto o sigillato oppure il portafiltri deve essere chiuso per proteggere i filtri campione dalla contaminazione ambientale. Così protetti, i filtri carichi devono essere riportati nella camera di condizionamento del filtro antiparticolato. I filtri di campionamento del PM devono quindi essere condizionati e pesati conformemente alle disposizioni del punto 8.2.4 del presente allegato (procedure di post-condizionamento del filtro antiparticolato e di pesata totale).

7.3.2.3. Analisi del campionamento per lotti dei gas

Non appena possibile, effettuare le seguenti operazioni:

- a) tarare lo zero e lo span di tutti gli analizzatori di gas per lotti entro 30 minuti dal termine del ciclo di prova o durante il periodo di stabilizzazione a caldo, se opportuno per controllare la stabilità degli analizzatori di gas;
- b) analizzare i campioni di gas per lotti entro 30 minuti dal termine del ciclo di prova con avviamento a caldo o durante il periodo di stabilizzazione a caldo;
- c) analizzare i campioni di fondo entro 60 minuti dal termine del ciclo di prova con avviamento a caldo.

7.3.2.4. Verifica della deriva

Dopo la quantificazione dei gas di scarico occorre verificare la deriva nel modo seguente:

- a) per gli analizzatori di gas per lotti e continui, registrare il valore medio dell'analizzatore dopo la stabilizzazione del gas di zero dell'analizzatore. Il periodo di stabilizzazione può comprendere il tempo necessario a spurgare l'analizzatore del gas di campionamento e il tempo per la risposta dell'analizzatore;

- b) registrare il valore medio dell'analizzatore dopo la stabilizzazione del gas di span. Il periodo di stabilizzazione può comprendere il tempo necessario a spurgare l'analizzatore del gas di campionamento e il tempo per la risposta dell'analizzatore;
- c) utilizzare tali dati per convalidare e correggere la deriva conformemente alle disposizioni del punto 8.2.2 del presente allegato.

7.4. Cicli di prova

La prova di omologazione deve essere eseguita utilizzando il ciclo stazionario non stradale (NRSC) adatto e, se del caso, il ciclo transitorio non stradale (NRTC o LSI-NRTC), come indicato nell'appendice A.6 del presente allegato. Il metodo per determinare le impostazioni per la coppia e i regimi per tali cicli è illustrato al punto 7.7 del presente allegato.

7.4.1. Cicli di prova stazionari

I cicli di prova stazionari sono descritti nell'appendice A.6 del presente allegato come elenco di modalità discrete (punti di funzionamento) in cui ogni punto di funzionamento ha un valore di regime e uno di coppia. Un ciclo di prova stazionario deve essere misurato con un motore che sia stato riscaldato e che funzioni secondo le specifiche del costruttore. A discrezione del costruttore, un ciclo di prova stazionario può essere eseguito come ciclo in modalità discreta o come ciclo modale con rampe di transizione, come illustrato ai punti 7.4.1.1 e 7.4.1.2 del presente allegato. Non è necessario effettuare una prova delle emissioni conformemente a entrambi i punti 7.4.1.1 e 7.4.1.2 del presente allegato.

7.4.1.1. Cicli di prova stazionari in modalità discreta

I cicli di prova stazionari in modalità discreta sono cicli di funzionamento a caldo in cui si misurano le emissioni dopo l'avvio, il riscaldamento e il funzionamento del motore conformemente al punto 7.8.1.2 del presente allegato. Ciascun ciclo è costituito da diverse modalità di regime e carico (con il rispettivo fattore di ponderazione per ogni modalità), che si collocano nell'intervallo tipico di funzionamento dei motori a regime variabile.

7.4.1.2. Cicli di prova stazionari modali con rampe di transizione

I cicli di prova stazionari con rampe di transizione (RMC) sono cicli di funzionamento a caldo in cui si misurano le emissioni dopo l'avvio, il riscaldamento e il funzionamento del motore conformemente al punto 7.8.2.1 del presente allegato. Il motore deve essere sottoposto a controllo continuo dalla centralina di controllo del banco di prova durante il ciclo di prova RMC. Le emissioni di gas e particolato devono essere misurate e sottoposte a campionamento in modo continuo durante il ciclo di prova RMC come nel ciclo transitorio.

Il ciclo RMC ha lo scopo di fornire un metodo per eseguire una prova stazionaria in maniera pseudo-stazionaria. Ogni RMC è costituito da una serie di modalità stazionarie separate da una transizione lineare. Il tempo totale relativo di ciascuna modalità e della transizione che la precede corrisponde alla ponderazione dei cicli stazionari in modalità discreta. La variazione del regime e del carico del motore da una modalità a quella seguente deve essere controllata in modo lineare in 20 ± 1 secondi. Il tempo necessario per cambiare modalità costituisce parte della nuova modalità (inclusa la prima modalità). In alcuni casi, le modalità non sono eseguite nello stesso ordine dei cicli stazionari in modalità discreta o sono suddivise per evitare sbalzi estremi della temperatura.

7.4.2. Ciclo di prova transitorio (NRTC e LSI-NRTC)

Il ciclo di prova transitorio non stradale (NRTC) e il ciclo NRTC per grandi motori ad accensione comandata (LSI-NRTC) sono descritti nell'appendice A.6 dell'allegato 4 come una sequenza secondo per secondo di valori di regime e di coppia normalizzati. Per la prova in una camera di prova per motori, i valori normalizzati devono essere convertiti in valori di riferimento equivalenti per il singolo motore sottoposto a prova, sulla base dei valori specifici di regime e di coppia rilevati nella curva di mappatura del motore. Tale conversione è definita «denormalizzazione» e il ciclo di prova risultante corrisponde al ciclo di prova NRTC o LSI-NRTC di riferimento del motore da sottoporre a prova (cfr. punto 7.7.2 del presente allegato).

7.4.2.1. Sequenza della prova NRTC

L'allegato 5 contiene una rappresentazione grafica della tabella dinamometrica NRTC normalizzata.

Il ciclo di prova transitorio deve essere eseguito due volte dopo il preconditionamento (cfr. punto 7.3.1.1.1 del presente allegato) secondo la seguente procedura:

- a) l'avviamento a freddo deve avere luogo dopo che il motore e i sistemi di post-trattamento hanno raggiunto la temperatura ambiente in seguito a raffreddamento naturale, oppure dopo il raffreddamento forzato e dopo che le temperature del motore, del refrigerante, dell'olio, dei sistemi di post-trattamento e di tutti i dispositivi di controllo del motore si sono stabilizzate tra 293 K e 303 K (20 °C e 30 °C). La misurazione delle emissioni con avviamento a freddo deve iniziare con l'avviamento del motore;
- b) il periodo di stabilizzazione a caldo deve avere inizio immediatamente dopo il completamento della fase con avviamento a freddo. Il motore deve essere spento e condizionato per l'avviamento a caldo tramite stabilizzazione per 20 ± 1 minuti;
- c) il ciclo con avviamento a caldo deve iniziare immediatamente dopo la conclusione del periodo di stabilizzazione con la messa in moto del motore mediante il motorino di avviamento. Gli analizzatori dei gas vanno messi in funzione almeno 10 s prima della fine del periodo di sosta a caldo per evitare la commutazione dei picchi di segnale. La misurazione delle emissioni deve essere parallela all'avvio della fase con avviamento a caldo, incluso l'avviamento del motore con il motorino di avviamento.

Le emissioni specifiche al freno espresse in (g/kWh) e, per il PN, in (#/kWh), devono essere determinate con le procedure del presente punto per i cicli di prova con avviamento a caldo e a freddo. Le emissioni combinate ponderate devono essere calcolate attribuendo ai risultati con avviamento a freddo una ponderazione del 10 % e ai risultati con avviamento a caldo una ponderazione del 90 %, come indicato nell'allegato 5, appendici A.1 e A.2.

7.4.2.2. Sequenza della prova LSI-NRTC

Il ciclo di prova transitorio deve essere eseguito una volta con avviamento a caldo dopo il preconditionamento (cfr. punto 7.3.1.1.2 del presente allegato) secondo la seguente procedura:

- a) avviare e far funzionare il motore i primi 180 secondi del ciclo di lavoro, quindi togliere il carico al motore e farlo funzionare al minimo per 30 secondi. Le emissioni non devono essere misurate durante questa sequenza di riscaldamento;
- b) al termine del periodo di 30 secondi di funzionamento al minimo, iniziare la misurazione delle emissioni e far funzionare il motore per tutto il ciclo di lavoro, dall'inizio (tempo: 0 secondi).

Le emissioni specifiche al banco frenato espresse in (g/kWh) devono essere determinate con le procedure di cui all'allegato 5, appendici A.1 e A.2.

Se il motore era già in funzione prima della prova, affidarsi a criteri di buona pratica ingegneristica per ottenere un raffreddamento del motore tale da permettere che le emissioni misurate siano precise e comparabili a quelle di un motore avviato a temperatura ambiente. Per esempio, se un motore avviato a temperatura ambiente ha bisogno di tre minuti per raggiungere un riscaldamento sufficiente per iniziare le operazioni a circuito chiuso e raggiungere la piena attività del catalizzatore, allora sarà sufficiente un raffreddamento minimo prima di iniziare la prova successiva.

D'intesa con il servizio tecnico, la procedura di riscaldamento del motore può prevedere fino a 15 minuti di funzionamento oltre il ciclo di lavoro.

7.5. Sequenza di prova generale

Per misurare le emissioni del motore devono essere effettuate le seguenti operazioni:

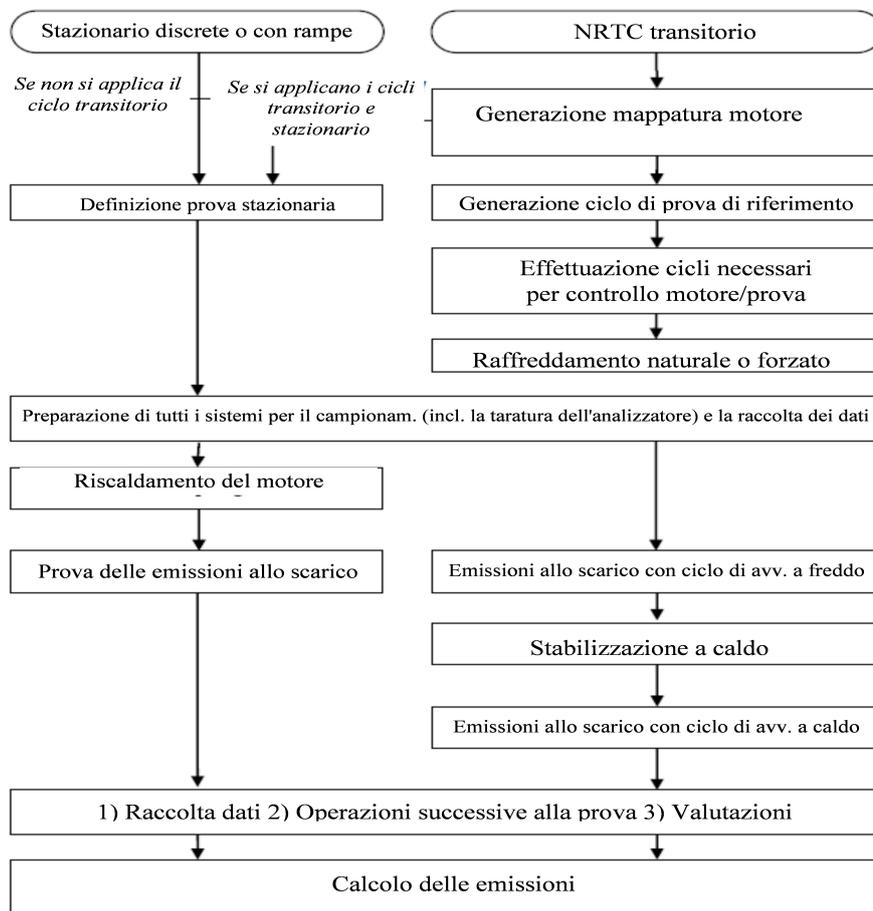
- a) definire i regimi e le coppie di prova del motore per il motore sottoposto a prova mediante la misurazione della coppia massima (per i motori a regime costante) o della curva di coppia massima (per i motori a regime variabile) come funzione del regime del motore;
- b) denormalizzare i cicli di prova normalizzati con la coppia (per i motori a regime costante) oppure con i regimi e le coppie (per i motori a regime variabile) di cui alla lettera a) del presente punto;
- c) preparare il motore, le apparecchiature e gli strumenti di misurazione per la successiva prova o serie di prove delle emissioni (cicli con avviamento a freddo e a caldo);
- d) eseguire le operazioni preliminari per verificare il funzionamento di certi analizzatori e apparecchiature; tarare tutti gli analizzatori; registrare tutti i dati precedenti alla prova;

- e) avviare il motore (NRTC) o mantenerlo in funzionamento (cicli stazionari e LSI-NRTC) all'inizio del ciclo di prova e avviare contemporaneamente i sistemi di campionamento;
- f) misurare o registrare le emissioni e gli altri parametri necessari durante il tempo di campionamento (per NRTC, LSI-NRTC e cicli stazionari modali con rampe di transizione per tutto il ciclo di prova);
- g) eseguire le operazioni successive alla prova per verificare il funzionamento di certi analizzatori e apparecchiature;
- h) preconditionare, pesare (peso a vuoto), caricare, ricondizionare, ripesare (peso carico) il filtro o i filtri antiparticolato e poi valutare i campioni secondo le operazioni preliminari (punto 7.3.1.6 del presente allegato) e successive (punto 7.3.2.2 del presente allegato) alla prova;
- i) valutare i risultati della prova delle emissioni.

Il seguente diagramma (figura A.4-3) costituisce una panoramica delle procedure da seguire per i cicli di prova NRMM con la misurazione delle emissioni di gas di scarico del motore.

Figura A.4-3

Sequenza di prova



7.5.1. Avviamento e riavviamento del motore

7.5.1.1. Avviamento del motore

Il motore deve essere avviato:

- a) conformemente alle istruzioni del manuale d'uso con un motorino di avviamento di serie o un sistema di avviamento ad aria e una batteria carica, una fonte di energia appropriata oppure una fonte appropriata di aria compressa; oppure
- b) con il dinamometro. Far funzionare il motore a un regime pari a $\pm 25\%$ del regime tipico di avviamento con il motorino di avviamento oppure avviare il motore aumentando con andamento lineare la velocità del dinamometro da zero a 100 giri/min sotto il regime minimo, ma solo fino a che il motore non si mette in moto.

Il motorino di avviamento deve essere arrestato entro 1 secondo dall'avviamento del motore. Se dopo 15 secondi di utilizzo del motorino di avviamento il motore ancora non si avvia, arrestare il motorino e accertare i motivi del mancato avviamento, salvo qualora secondo il manuale d'uso o il manuale di manutenzione/riparazione una procedura di avviamento di durata superiore sia considerata normale.

7.5.1.2. Arresto del motore

- a) Se il motore si arresta in qualsiasi momento durante l'NRTC con avviamento a freddo, l'intera prova deve essere annullata.
- b) Se il motore si arresta in qualsiasi momento durante l'NRTC con avviamento a caldo, deve essere annullata soltanto questa parte della prova. Far stabilizzare il motore come indicato al punto 7.8.3 del presente allegato e ripetere la prova con avviamento a caldo. In questo caso non è necessario ripetere la prova con avviamento a freddo.
- c) Se il motore si arresta in qualsiasi momento durante la prova LSI-NRTC, la prova deve essere annullata.
- d) Se il motore si arresta in qualsiasi momento durante il ciclo stazionario (in modalità discreta o con rampe di transizione), la prova deve essere annullata e ripetuta a partire dalla procedura di riscaldamento del motore. Per la misurazione del PM con il metodo a filtri multipli (un filtro di campionamento per ogni modalità operativa), la prova deve essere continuata stabilizzando il motore nella modalità precedente per il condizionamento della temperatura del motore e in seguito iniziando la misurazione nella modalità in cui si era arrestato il motore.

7.5.1.3. Funzionamento del motore

L'"operatore" può essere una persona (manuale) o un regolatore (automatico) che invia, meccanicamente o elettronicamente, un segnale al motore affinché eroghi una determinata potenza. Tale segnale può essere trasmesso mediante un'azione sul pedale dell'acceleratore, una leva di comando del gas, una leva di comando dell'alimentazione del carburante, una leva di comando della velocità o un valore preimpostato (set point) del regolatore.

7.6. Mappatura del motore

Prima di iniziare la mappatura del motore, il motore deve essere riscaldato e verso la fine del riscaldamento deve funzionare per almeno 10 minuti alla potenza massima o secondo le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica in modo che la temperatura del refrigerante del motore e dei lubrificanti si stabilizzi. Quando il motore è stabilizzato, si può eseguire la mappatura.

Se, per i motori che ne sono dotati, il costruttore intende convalidare il segnale di coppia trasmesso dalla centralina elettronica, durante la mappatura del motore deve essere svolta anche la verifica di cui all'appendice A.3 del presente allegato.

Ad eccezione dei motori a regime costante, la mappatura del motore si esegue con la leva di comando o il regolatore del carburante completamente aperti usando i regimi in modalità discreta in ordine ascendente. I regimi di mappatura minimo e massimo sono definiti come segue:

regime di mappatura minimo = regime minimo a caldo;

regime di mappatura massimo = il valore minore tra $n_{hi} \times 1,02$ e il regime al quale la coppia massima scende a zero;

dove:

n_{hi} è l'alto regime del motore, definito come il regime massimo del motore al quale si ottiene il 70 % della potenza massima.

Se il regime massimo non è sicuro o rappresentativo (ad es. per i motori senza regolatore), affidarsi alla buona pratica ingegneristica per eseguire la mappatura fino al regime massimo sicuro o al regime massimo rappresentativo.

7.6.1. Mappatura del motore per il ciclo NRSC a regime variabile

Nel caso della mappatura del motore per il ciclo NRSC a regime variabile (solo per i motori che non devono eseguire il ciclo NRTC o LSI-NRTC), affidarsi alla buona pratica ingegneristica per selezionare un numero sufficiente di punti fissi equidistanti. A ogni punto fisso si deve stabilizzare il regime e consentire la stabilizzazione della coppia per almeno 15 secondi. Il regime e la coppia minimi devono essere registrati per ogni punto fisso. Si raccomanda di calcolare il valore medio di regime e coppia utilizzando i dati registrati negli ultimi 4-6 secondi. Per determinare i regimi e le coppie della prova NRSC si deve utilizzare, se necessario, l'interpolazione lineare. Per i motori che devono essere sottoposti anche alla prova NRTC o LSI-NRTC, deve essere utilizzata la curva di mappatura NRTC per determinare i regimi e le coppie della prova stazionaria.

A discrezione del costruttore, la mappatura del motore può essere altrimenti effettuata secondo la procedura di cui al punto 7.6.2 del presente allegato.

7.6.2. Mappatura del motore per i cicli NRTC e LSI-NRTC

La mappatura del motore deve essere effettuata secondo la seguente procedura:

- a) togliere il carico al motore e farlo funzionare al minimo;
 - i) per i motori con un regolatore di basso regime, la richiesta dell'operatore deve essere fissata al minimo; per raggiungere una coppia di zero sull'asse primario di potenza deve essere utilizzato il dinamometro o altro dispositivo di carico e al motore deve essere consentito di regolare il regime; questa velocità minima a caldo deve essere misurata;
 - ii) per i motori senza regolatore di basso regime, il dinamometro deve essere regolato in modo da raggiungere una coppia di zero sull'asse primario di potenza del motore e la richiesta dell'operatore deve essere fissata in modo da controllare la velocità al regime del motore più basso dichiarato dal costruttore (noto anche come regime minimo a caldo dichiarato dal costruttore);
 - iii) la coppia al minimo dichiarata dal fabbricante può essere utilizzata per tutti i motori a regime variabile (con o senza regolatore di basso regime), se una coppia al minimo non corrispondente a zero è rappresentativa del funzionamento durante l'uso;
- b) regolare la richiesta dell'operatore al massimo e il regime del motore tra il regime minimo a caldo e il 95 % del regime minimo a caldo. Per i motori con cicli di lavoro di riferimento il cui regime minimo sia superiore al regime minimo a caldo, la mappatura può essere avviata tra il regime di riferimento più basso e il 95 % del regime di riferimento più basso;
- c) aumentare il regime del motore ad una media di 8 ± 1 giri/min/s oppure mappare il motore con una velocità a una media costante in modo da impiegare da 4 a 6 minuti per passare dal minimo al massimo regime di mappatura. L'intervallo del regime di mappatura deve cominciare tra il minimo a caldo e il 95 % del minimo a caldo e terminare al regime massimo superiore alla potenza massima in cui si usa meno del 70 % della potenza massima. Se il regime massimo non è sicuro o rappresentativo (ad es. per i motori senza regolatore), affidarsi alla buona pratica ingegneristica per eseguire la mappatura fino al regime massimo sicuro o al regime massimo rappresentativo. Registrare il regime e la coppia con una frequenza di campionamento di almeno 1 Hz;

- d) se un costruttore ritiene che le tecniche di mappatura sopra descritte non siano sicure o non siano rappresentative di un dato motore, è ammesso l'uso di tecniche alternative. Tali tecniche di mappatura devono soddisfare le finalità delle procedure di mappatura specificate, cioè devono permettere di determinare la coppia massima disponibile a tutti i regimi del motore raggiunti durante i cicli di prova. Qualsiasi deviazione rispetto alle tecniche di mappatura specificate al presente punto per motivi di sicurezza o di rappresentatività deve essere approvata dall'autorità di omologazione insieme alla relativa motivazione. Tuttavia, per i motori con regolatore o turbocompressore, in nessun caso la curva di coppia deve essere mappata mediante regimi decrescenti del motore;
- e) non è necessario mappare il motore prima di ciascun ciclo di prova. È necessario eseguire nuovamente la mappatura del motore se:
- i) è trascorso un tempo eccessivo dall'ultima mappatura, secondo la buona pratica ingegneristica; oppure
 - ii) il motore è stato sottoposto a modifiche fisiche o a nuove tarature che possono influire sulle sue prestazioni; oppure
 - iii) la pressione atmosferica vicino all'aspirazione dell'aria del motore non è entro ± 5 kPa del valore registrato al momento dell'ultima mappatura.

7.6.3. Mappatura del ciclo NRSC per i motori a regime costante

Il motore può funzionare con un regolatore di regime costante di serie o la simulazione di un regolatore di regime costante, con il regime del motore controllato mediante un sistema di controllo comandato dall'operatore. Il regolatore deve essere utilizzato in modalità "isocrona" o "a droop", a seconda dei casi.

7.6.3.1. Controllo della potenza nominale per i motori sottoposti al ciclo di prova D2

Deve essere effettuato il seguente controllo:

- a) con il regolatore o la simulazione del regolatore del regime che usa i comandi dell'operatore, far funzionare il motore alla velocità nominale e alla potenza nominale per il tempo necessario a giungere a un funzionamento stabile;
- b) aumentare la coppia finché il motore non è più in grado di mantenere il regime controllato. A questo punto deve essere registrato il valore della potenza. Prima di eseguire questo controllo, il costruttore e il servizio tecnico che esegue la prova devono concordare il metodo per determinare con sicurezza se sia stato raggiunto tale punto, in base alle caratteristiche del regolatore. La potenza registrata non deve superare di oltre il 12,5 % la potenza nominale definita al punto 2.1.71 del presente regolamento. Se questo valore viene superato, il costruttore deve rivedere la potenza nominale dichiarata.

Se lo specifico motore sottoposto a prova non è in grado di effettuare questo controllo e si corre il rischio di danneggiare il motore stesso o il dinamometro, il costruttore deve trasmettere all'autorità di omologazione prove incontrovertibili del fatto che la potenza massima non supera la potenza nominale di oltre il 12,5 %.

7.6.3.2. Procedura di mappatura per il ciclo NRSC a regime costante

- a) Con il regolatore o la simulazione del regolatore del regime che usa i comandi dell'operatore, far funzionare il motore alla velocità regolata senza carico (ad alta velocità, non al minimo) per almeno 15 secondi, a meno che lo specifico motore non sia in grado di eseguire tale operazione.
- b) Utilizzare il dinamometro per aumentare la coppia in modo costante. La mappatura deve essere eseguita in modo tale che siano necessari almeno 2 minuti per passare dal regime regolato senza carico alla coppia corrispondente alla potenza nominale per i motori sottoposti al ciclo di prova D2 o alla coppia massima nel caso di altri cicli di prova a regime costante. Durante la mappatura del motore, il regime e la coppia effettivi devono essere registrati con almeno 1 Hz.
- c) Nel caso dei motori a regime costante provvisti di regolatore che può essere reimpostato su altre velocità, il motore deve essere sottoposto a prova ad ogni regime costante applicabile.

Per i motori a regime costante è necessario affidarsi alla buona pratica ingegneristica, d'intesa con l'autorità di omologazione, per applicare altri metodi di registrazione della coppia e della potenza massima al regime o ai regimi di funzionamento definiti.

Per i motori sottoposti a cicli di prova diversi da D2, se per la coppia massima è disponibile sia il valore dichiarato sia quello misurato, è possibile utilizzare il primo al posto del secondo nel caso che il valore dichiarato corrisponda al 95-100 % del valore misurato.

7.7. Generazione dei cicli di prova

7.7.1. Generazione di cicli di prova stazionari (NRSC)

Nelle istruzioni di cui al presente punto è spiegato come si generano i regimi e le coppie con i quali far funzionare il motore durante le prove stazionarie con cicli NRSC in modalità discreta o RMC.

7.7.1.1. Generazione dei regimi di prova NRSC per i motori sottoposti a prova con il ciclo NRSC e uno tra i cicli NRTC e LSI-NRTC

Per i motori sottoposti al ciclo di prova NRTC o LSI-NRTC oltre a un ciclo NRSC, l'MTS di cui al punto 5.2.5.1 del presente allegato deve essere utilizzato come regime al 100 % sia per il ciclo di prova transitorio, sia per quello stazionario.

L'MTS deve essere utilizzato al posto del regime nominale per la determinazione del regime intermedio conformemente al punto 5.2.5.4 del presente allegato.

Il regime minimo deve essere determinato conformemente al punto 5.2.5.5 del presente allegato.

7.7.1.2. Generazione dei regimi di prova NRSC per i motori sottoposti alla sola prova NRSC

Per i motori che non sono sottoposti a un ciclo di prova transitorio (NRTC o LSI-NRTC), il regime nominale di cui al punto 5.2.5.3 deve essere utilizzato come regime al 100 %. Il regime nominale deve essere utilizzato per determinare il regime intermedio conformemente al punto 5.2.5.4 del presente allegato. Se il ciclo NRSC specifica ulteriori regimi espressi in percentuale, questi devono essere calcolati come percentuale del regime nominale. Il regime minimo deve essere determinato conformemente al punto 5.2.5.5 del presente allegato. D'intesa con il servizio tecnico, per generare i regimi di prova descritti al presente punto è possibile usare l'MTS al posto del regime nominale.

7.7.1.3. Generazione della coppia NRSC per ciascuna modalità di prova

La percentuale di coppia per ciascuna modalità del ciclo di prova selezionato deve essere ricavata dalla tabella NRSC appropriata dell'appendice A.6 del presente allegato. Il valore al 100 % di un determinato regime di prova deve essere il valore misurato o dichiarato ricavato dalla curva di mappatura generata in conformità rispettivamente al punto 7.6.1, 7.6.2 o 7.6.3 del presente allegato, espresso come potenza (kW). La regolazione del motore per ciascuna modalità di prova deve essere calcolata con l'equazione (A.4-14):

$$S = \left((P_{\max} + P_{AUX}) \cdot \frac{L}{100} \right) - P_{AUX} \quad (\text{A.4-14})$$

dove:

S = regolazione del banco dinamometrico in kW

P_{\max} = potenza massima osservata o dichiarata al regime di prova nelle condizioni di prova (indicata dal costruttore), in kW

P_{AUX} = potenza totale dichiarata assorbita dai dispositivi ausiliari utilizzati per la prova (cfr. punto 6.3) al regime di prova, in kW

L = percentuale della coppia

È possibile dichiarare e utilizzare una coppia minima a caldo rappresentativa del funzionamento in uso per ciascun punto di coppia che altrimenti ricadrebbe al di sotto di tale valore, se un certo tipo di motore normalmente non funziona al di sotto di tale coppia minima (per es. se il motore è collegato a una macchina mobile non stradale che non funziona al di sotto di una certa coppia minima).

Nel caso del ciclo D2, il costruttore deve dichiarare la potenza nominale, la quale deve essere utilizzata come potenza al 100 % al momento di generare il ciclo di prova.

7.7.2. Generazione dei regimi e delle coppie NRTC e LSI-NRTC per ciascun punto di prova (denormalizzazione)

Nelle istruzioni di cui al presente punto è spiegato come si generano i regimi e le coppie con i quali far funzionare il motore durante la prova NRTC o LSI-NRTC. I cicli di prova applicabili in formato normalizzato sono definiti nell'appendice A.6 del presente allegato. Un ciclo di prova normalizzato consiste in una sequenza di valori accoppiati di regime e di coppia espressi in percentuale.

I valori normalizzati di regime e di coppia devono essere trasformati in base alle seguenti convenzioni:

- a) il regime normalizzato deve essere trasformato in una sequenza di regimi di riferimento, n_{ref} , conformemente al punto 7.7.2.2 del presente allegato;
- b) la coppia normalizzata è espressa come percentuale della coppia mappata ricavata dalla curva generata conformemente al punto 7.6.2 del presente allegato al corrispondente regime di riferimento. Tali valori normalizzati devono essere trasformati in una sequenza di coppie di riferimento, T_{ref} , conformemente al punto 7.7.2.3 del presente allegato;
- c) i valori di riferimento di regime e di coppia espressi in unità coerenti sono moltiplicati per calcolare i valori della potenza di riferimento.

7.7.2.1. Riservato

7.7.2.2. Denormalizzazione del regime del motore

Il regime del motore deve essere denormalizzato con l'equazione (A.4-15):

$$n_{ref} = \frac{\%speed \cdot (MTS - n_{idle})}{100} + n_{idle} \quad (A.4-15)$$

dove:

n_{ref} è il regime di riferimento

MTS è il regime di prova massimo

n_{idle} è il regime minimo

$\%speed$ è il valore del regime normalizzato NRTC o LSI-NRTC ricavato dall'appendice A.6 del presente allegato.

7.7.2.3. Denormalizzazione della coppia del motore

I valori di coppia della tabella del dinamometro di cui all'allegato 4, appendice A.6, sono normalizzati alla coppia massima al rispettivo regime. I valori di coppia del ciclo di riferimento devono essere denormalizzati utilizzando la curva di mappatura determinata conformemente al punto 7.6.2 del presente allegato con l'equazione (A.4-16):

$$T_{ref} = \frac{\%torque \cdot \max \text{ torque}}{100} \quad (A.4-16)$$

per il regime di riferimento corrispondente determinato al punto 7.7.2.2.

dove:

T_{ref} è la coppia di riferimento per il regime di riferimento corrispondente

$max.torque$ è la coppia massima per il rispettivo regime di prova ricavato dalla mappatura del motore, eseguita conformemente al punto 7.6.2 e sottoposta, se necessario, ad aggiustamento in conformità alla lettera b) del presente punto

$\%torque$ è il valore della coppia normalizzata NRTC o LSI-NRTC ricavata dall'allegato 4, appendice A.6

a) Coppia minima dichiarata

Può essere dichiarata una coppia minima che sia rappresentativa del funzionamento in uso. Per esempio, se il motore di norma è collegato a una macchina che non funziona al di sotto di una certa coppia minima, questo valore di coppia può essere dichiarato e utilizzato per qualsiasi punto di carico che altrimenti ricadrebbe al di sotto di tale valore.

b) Regolazione della coppia del motore dovuta alla presenza di dispositivi ausiliari montati per la prova delle emissioni

Qualora siano montati dispositivi ausiliari conformemente all'appendice A.2 del presente allegato, la coppia massima del rispettivo regime di prova ricavato dalla mappatura del motore, eseguita conformemente al punto 7.6.2 del presente allegato, non deve subire aggiustamenti.

Se, conformemente al punto 6.3.2 o 6.3.3 del presente allegato, i dispositivi ausiliari necessari che avrebbero dovuto essere installati per la prova non sono stati montati, oppure sono presenti dispositivi ausiliari che avrebbero dovuto essere rimossi, il valore di T_{max} deve essere aggiustato con l'equazione (A.4-17).

$$T_{max} = T_{map} - T_{AUX} \quad (A.4-17)$$

dove:

$$T_{AUX} = T_r - T_f \quad (A.4-18)$$

dove:

T_{map} è la coppia massima, senza aggiustamento, per il rispettivo regime di prova ricavato dalla mappatura del motore effettuata conformemente al punto 7.6.2 del presente allegato

T_f è la coppia necessaria per l'azionamento di dispositivi ausiliari che avrebbe dovuto essere installati per la prova ma che invece non sono stati montati

T_r è la coppia necessaria per l'azionamento di dispositivi ausiliari che avrebbe dovuto essere rimossi per la prova ma che invece sono rimasti montati

7.7.2.4. Esempio di procedura di denormalizzazione

Esempio di denormalizzazione di un punto di prova:

$$\%speed = 43 \%$$

$$\%torque = 82 \%$$

dati i seguenti valori:

$$MTS = 2200 \text{ giri/min}$$

$$n_{idle} = 600 \text{ giri/min}$$

si ottiene:

$$n_{\text{ref}} = \frac{43 \cdot (2200 - 600)}{100} + 600 = 1288 \text{ min}^{-1}$$

con la coppia massima di 700 Nm osservata nella curva di mappatura a 1288 giri/min

$$T_{\text{ref}} = \frac{82 \cdot 700}{100} = 574 \text{ Nm}$$

- 7.8. Procedura specifica per l'esecuzione del ciclo di prova
- 7.8.1. Sequenza di prova delle emissioni per il ciclo NRSC in modalità discreta
- 7.8.1.1. Riscaldamento del motore per i cicli di prova stazionari in modalità discreta

Devono essere eseguite le operazioni preliminari alla prova di cui al punto 7.3.1 del presente allegato, inclusa la taratura dell'analizzatore. Il motore deve essere riscaldato con la sequenza di preconditionamento di cui al punto 7.3.1.1.3 del presente allegato. Il ciclo di misurazione inizia immediatamente da questo punto di condizionamento del motore.

- 7.8.1.2. Esecuzione dei cicli NRSC in modalità discreta
 - a) La prova deve essere eseguita in ordine crescente di numero delle modalità come stabilito per il ciclo di prova pertinente (cfr. allegato 4, appendice A.6).
 - b) Ogni modalità ha una durata di almeno 10 minuti. In ogni modalità il motore deve essere stabilizzato per almeno 5 minuti. Le emissioni gassose e, se del caso, il PN devono essere campionati per un intervallo di tempo da 1 a 3 minuti al termine di ogni modalità e le emissioni di PM devono essere campionate in conformità alla lettera c).

In deroga al primo punto, quando si sottopongono a prova motori ad accensione comandata che utilizzano il ciclo G1, G2 o G3 o si effettuano misurazioni in conformità al punto 5.6 del presente regolamento, ogni modalità ha una durata di almeno 3 minuti. In tale caso le emissioni gassose ed eventualmente il PN devono essere campionati per almeno gli ultimi 2 minuti di ogni modalità, mentre le emissioni di PM devono essere campionate in conformità alla lettera c).

La durata della modalità e il tempo di campionamento possono essere prolungati per migliorare l'accuratezza.

La durata della modalità deve essere registrata e dichiarata.

- c) Per le emissioni di PM, il campionamento può essere effettuato sia con il metodo a filtro singolo che con il metodo a filtri multipli. Poiché i risultati dei metodi possono differire leggermente, insieme ai risultati deve essere dichiarato il metodo utilizzato.

Per il metodo a filtro singolo si terrà conto dei fattori di ponderazione modali, specificati nella procedura del ciclo di prova, e del flusso effettivo dei gas di scarico durante il campionamento, regolando in modo opportuno la portata del campione e/o il tempo di campionamento. Il fattore di ponderazione efficace del campionamento del PM deve essere entro $\pm 0,005$ del fattore di ponderazione della modalità in questione.

Il campionamento deve essere eseguito il più tardi possibile in ciascuna modalità. Per il metodo a filtro singolo, la conclusione del campionamento del particolato deve coincidere, con una tolleranza di ± 5 secondi, con la conclusione della misurazione delle emissioni gassose. Il tempo di campionamento per ogni modalità deve essere di almeno 20 secondi per il metodo a filtro singolo e di almeno 60 secondi per il metodo a filtri multipli. Per i sistemi senza possibilità di bypass, il tempo di campionamento per ogni modalità deve essere di almeno 60 secondi sia per il metodo a filtro singolo che per quello a filtri multipli.

- d) In ciascuna modalità il regime e il carico del motore, la temperatura dell'aria di aspirazione e il flusso del carburante e, se del caso, dell'aria o dei gas di scarico devono essere misurati per ciascuna modalità nello stesso intervallo utilizzato per la misurazione delle concentrazioni gassose.

Devono essere inoltre registrati ulteriori dati eventualmente necessari per il calcolo.

- e) Se si spegne il motore o si interrompe il campionamento delle emissioni in qualsiasi momento dopo l'inizio del campionamento delle emissioni in modalità discreta e con il metodo a filtro singolo, la prova deve essere annullata e ripetuta a partire dalla procedura di riscaldamento del motore. Per la misurazione del PM con il metodo a filtri multipli (un filtro di campionamento per ogni modalità operativa), la prova deve essere continuata stabilizzando il motore nella modalità precedente per il condizionamento della temperatura del motore e in seguito iniziando la misurazione nella modalità in cui si era arrestato il motore.

- f) Dopo la prova devono essere eseguite le operazioni di cui al punto 7.3.2 del presente allegato.

7.8.1.3. Criteri di convalida

Durante ciascuna modalità del ciclo di prova stazionario in questione, dopo il periodo iniziale di transizione, il regime misurato non deve scostarsi dal regime di riferimento di oltre $\pm 1\%$ del regime nominale o di ± 3 giri/min se tale valore è superiore, salvo per il minimo, per il quale valgono i limiti di tolleranza dichiarati dal costruttore. La coppia misurata non deve discostarsi dalla coppia di riferimento di oltre $\pm 2\%$ della coppia massima al regime di prova.

7.8.2. Sequenza di prova delle emissioni per il ciclo RMC

7.8.2.1. Riscaldamento del motore

Devono essere eseguite le operazioni preliminari alla prova di cui al punto 7.3.1 del presente allegato, inclusa la taratura dell'analizzatore. Il motore deve essere riscaldato mediante la sequenza di condizionamento di cui al punto 7.3.1.1.4 del presente allegato. Immediatamente dopo questo condizionamento del motore, il regime del motore e la coppia, se non sono già regolati per la prima modalità di prova, devono essere commutati in una rampa lineare di 20 ± 1 secondi nella prima modalità di prova. La misurazione del ciclo di prova deve iniziare tra 5 e 10 secondi dopo la fine della rampa.

7.8.2.2. Esecuzione del ciclo di prova modale con rampe di transizione

La prova deve essere eseguita nell'ordine numerico delle modalità stabilito per il ciclo di prova (cfr. appendice A.6 del presente allegato). Se non è disponibile un ciclo RMC per il ciclo NRSC specificato, deve essere seguita la procedura per i cicli NRSC in modalità discreta di cui al punto 7.8.1 del presente allegato.

Il motore deve essere fatto funzionare per il tempo prescritto in ciascuna modalità. La transizione da una modalità alla successiva deve essere lineare in 20 ± 1 secondi, sulla base delle tolleranze prescritte al punto 7.8.2.4 del presente allegato.

Per i cicli modali con rampe di transizione, i valori di regime nominale e coppia devono essere generati a una frequenza minima di 1 Hz; tale sequenza di punti deve quindi essere usata per eseguire il ciclo. Durante la transizione tra modalità, ai valori denormalizzati del regime di riferimento e della coppia deve essere applicata una rampa lineare tra modalità per generare i punti di riferimento. Ai valori di riferimento normalizzati della coppia non deve essere applicata la rampa lineare tra modalità e successiva denormalizzazione. Se attraversa un punto al di sopra della curva di coppia del motore, la rampa del regime e della coppia deve essere fatta continuare per controllare le coppie di riferimento e all'operatore deve essere consentito di impostare il valore massimo.

Per tutto il ciclo di prova RMC (durante ogni modalità e incluse le rampe tra le modalità) deve essere misurata la concentrazione di ciascun inquinante gassoso e, in presenza di un limite applicabile, devono essere campionati PM e PN. Gli inquinanti gassosi possono essere misurati allo stato grezzo o diluito e vanno registrati in modo continuo; se diluiti, possono anche essere campionati con un sacchetto di campionamento. Il campione di particolato deve essere diluito con aria ambiente condizionata e pulita. Durante l'intera procedura di prova deve essere prelevato un unico campione che, nel caso del PM, deve essere raccolto su un unico filtro di campionamento del PM.

Per il calcolo delle emissioni specifiche al banco frenato deve essere calcolato il lavoro prodotto nel ciclo effettivo integrando la potenza effettiva del motore nell'arco del ciclo completo.

7.8.2.3. Sequenza per la prova delle emissioni

- a) Avviare contemporaneamente il ciclo RMC, il campionamento dei gas di scarico, la registrazione dei dati e l'integrazione dei valori misurati.
- b) Tenere sotto controllo il regime e la coppia fino alla prima modalità del ciclo di prova.
- c) Se il motore si spegne in qualsiasi momento durante l'esecuzione del ciclo RMC, la prova deve essere annullata. In tale caso occorre riaccendere il motore e ripetere la prova.
- d) Alla fine del ciclo RMC continuare il campionamento, ad eccezione del campionamento del PM, facendo funzionare tutti i sistemi per consentire il trascorrere del tempo di risposta del sistema. Fermare quindi tutte le attività di campionamento e registrazione, inclusa la registrazione dei campioni di fondo. Arrestare infine i dispositivi integrati e indicare nei dati registrati la fine del ciclo di prova.
- e) Dopo la prova devono essere eseguite le operazioni di cui al punto 7.3.2 del presente allegato.

7.8.2.4. Criteri di convalida

Le prove RMC devono essere convalidate applicando l'analisi di regressione di cui ai punti 7.8.3.3 e 7.8.3.5 del presente allegato. Le tolleranze RMC consentite sono indicate nella seguente tabella A.4-1. Si noti che le tolleranze RMC sono diverse dalle tolleranze NRTC di cui alla tabella A.4-2. Per le prove condotte sui motori con potenza di riferimento superiore a 560 kW è possibile utilizzare le tolleranze della linea di regressione di cui alla tabella A.4-2 e la cancellazione di punti di cui alla tabella A.4-3.

Tabella A.4-1

Tolleranze della linea di regressione RMC

	Regime	Coppia	Potenza
Errore standard della stima (<i>SEE</i>) di <i>y</i> su <i>x</i>	Max 1 % del regime nominale	Max 2 % della coppia massima del motore	Max 2 % della potenza massima del motore
Coefficiente angolare della linea di regressione, a_1	0,99 - 1,01	0,98 - 1,02	0,98 - 1,02
Coefficiente di determinazione, r^2	Min 0,990	Min 0,950	Min 0,950
Intercetta su <i>y</i> della linea di regressione, a_0	± 1 % del regime nominale	± 20 Nm o 2 % della coppia massima se maggiore	± 4 kW o 2 % della potenza massima se maggiore

Se la prova RMC non viene eseguita su un banco di prova transitorio e non sono disponibili i valori secondo per secondo del regime e della coppia, devono essere utilizzati i criteri di convalida che seguono.

Per ogni modalità, le tolleranze per il regime e la coppia figurano al punto 7.8.1.3 del presente allegato. Per le transizioni di 20 secondi a regime e a coppia lineare tra le modalità di prova RMC stazionarie (punto 7.4.1.2 del presente allegato) devono essere applicate le seguenti tolleranze di regime e carico per la rampa; il regime deve essere mantenuto lineare ed entro ± 2 % del regime nominale. La coppia deve essere mantenuta lineare ed entro ± 5 % della coppia massima al regime nominale.

7.8.3. Ciclo di prova transitorio (NRTC e LSI-NRTC)

Per i cicli NRTC e LSI-NRTC, i comandi relativi a regime e coppia di riferimento devono essere impartiti consecutivamente. I comandi relativi a regime e coppia devono essere impartiti a una frequenza di almeno 5 Hz. Poiché il ciclo di prova di riferimento è specificato a 1 Hz, i comandi intermedi relativi a regime e coppia devono essere interpolati linearmente dai valori di coppia di riferimento generati durante la generazione del ciclo.

I valori di regime bassi denormalizzati vicino al regime minimo a caldo possono causare l'attivazione dei regolatori del minimo a basso regime e la coppia del motore può superare la coppia di riferimento, anche se la richiesta dell'operatore è al minimo. In tali casi si raccomanda di regolare il dinamometro in modo da dare priorità alla coppia di riferimento invece che al regime di riferimento e di permettere al motore di regolare il regime.

In condizioni di avviamento a freddo i motori possono utilizzare un dispositivo di minimo potenziato per riscaldare velocemente il motore e i dispositivi di post-trattamento. In siffatte condizioni, i regimi normalizzati molto bassi genereranno regimi di riferimento inferiori a questo regime minimo potenziato. In tale caso si raccomanda di regolare il dinamometro in modo da dare priorità alla coppia di riferimento e di permettere al motore di regolare il regime quando la richiesta dell'operatore è al minimo.

Durante la prova delle emissioni, i regimi e le coppie di riferimento e i regimi e le coppie di retroazione devono essere registrati con una frequenza di almeno 1 Hz, ma preferibilmente di 5 Hz o anche di 10 Hz. Questa maggiore frequenza di registrazione è importante, perché contribuisce a minimizzare l'effetto distorsivo dell'intervallo di tempo tra i valori di riferimento e quelli misurati di regime e di coppia di retroazione.

I regimi e le coppie di riferimento e di retroazione possono essere registrati a frequenze inferiori (fino a 1 Hz), se vengono registrati i valori medi nell'intervallo di tempo tra valori registrati. I valori medi vanno calcolati in base ai valori di retroazione aggiornati a una frequenza di almeno 5 Hz. I valori registrati devono essere usati per calcolare le statistiche di convalida del ciclo e il lavoro totale.

7.8.3.1. Esecuzione del ciclo di prova transitorio NRTC

Devono essere eseguite le operazioni preliminari alla prova di cui al punto 7.3.1 del presente allegato, inclusa la taratura dell'analizzatore.

La prova deve essere avviata nel modo seguente:

la sequenza di prova deve iniziare immediatamente dopo l'avviamento del motore in condizione raffreddata di cui al punto 7.3.1.2 del presente allegato in caso di prova NRTC con avviamento a freddo o in condizione di stazionamento a caldo in caso di prova NRTC con avviamento a caldo. Deve essere rispettata la sequenza di cui al punto 7.4.2.1 del presente allegato.

All'avvio del motore devono iniziare contemporaneamente la registrazione dei dati, il campionamento dei gas di scarico e l'integrazione dei valori misurati. Il ciclo di prova, che deve iniziare all'avviamento del motore, deve essere eseguito conformemente alla tabella dell'appendice A.6 del presente allegato.

Alla fine del ciclo, il campionamento deve essere continuato facendo funzionare tutti i sistemi per consentire il trascorrere del tempo di risposta del sistema. Fermare quindi tutte le attività di campionamento e registrazione, inclusa la registrazione dei campioni di fondo. Arrestare infine i dispositivi integrati e indicare nei dati registrati la fine del ciclo di prova.

Dopo la prova devono essere eseguite le operazioni di cui al punto 7.3.2 del presente allegato.

7.8.3.2. Esecuzione del ciclo di prova LSI-NRTC

Devono essere eseguite le operazioni preliminari alla prova di cui al punto 7.3.1 del presente allegato, inclusi il preconditionamento e la taratura dell'analizzatore.

La prova deve essere avviata nel modo seguente:

la prova deve iniziare conformemente alla sequenza di cui al punto 7.4.2.2 del presente allegato.

La registrazione dei dati, il campionamento dei gas di scarico e l'integrazione dei valori misurati devono essere iniziati in contemporanea all'avvio del ciclo LSI-NRTC, al termine del periodo di 30 secondi in cui il motore funziona al minimo, di cui al punto 7.4.2.2, lettera b), del presente allegato. Il ciclo di prova deve essere eseguito conformemente alla tabella dell'appendice A.6 del presente allegato.

Alla fine del ciclo, il campionamento deve essere continuato facendo funzionare tutti i sistemi per consentire il trascorrere del tempo di risposta del sistema. Fermare quindi tutte le attività di campionamento e registrazione, inclusa la registrazione dei campioni di fondo. Arrestare infine i dispositivi integrati e indicare nei dati registrati la fine del ciclo di prova.

Dopo la prova devono essere eseguite le operazioni di cui al punto 7.3.2 del presente allegato.

7.8.3.3. Criteri di convalida dei cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC)

Per controllare la validità di una prova devono essere applicati i criteri di convalida del ciclo del presente punto ai valori di riferimento e di retroazione del regime, della coppia, della potenza e del lavoro totale.

7.8.3.4. Calcolo del ciclo di lavoro

Per calcolare il lavoro prodotto nel ciclo effettivo devono essere omessi i valori di regime e di coppia eventualmente registrati durante l'avviamento del motore. I punti con valori di coppia negativi devono essere considerati come lavoro zero. Il lavoro prodotto nel ciclo W_{act} (kWh) deve essere calcolato in base ai valori di retroazione del regime e della coppia del motore. Il lavoro prodotto nel ciclo W_{ref} (kWh) deve essere calcolato in base ai valori di riferimento del regime e della coppia del motore. Il lavoro prodotto nel ciclo W_{act} è utilizzato per il confronto con il lavoro prodotto nel ciclo di riferimento W_{ref} e per il calcolo delle emissioni specifiche al banco frenato (cfr. punto 7.2 del presente allegato).

W_{act} deve essere compreso fra l'85 % e il 105 % di W_{ref} .

7.8.3.5. Statistiche di convalida (cfr. allegato 5, appendice A.3)

Devono essere calcolate le regressioni lineari tra i valori di retroazione e i valori di riferimento per il regime, la coppia e la potenza.

Per minimizzare l'effetto distorsivo del ritardo temporale tra i valori di retroazione e i valori del ciclo di riferimento, è possibile anticipare o ritardare nel tempo l'intera sequenza dei segnali di retroazione del regime e della coppia rispetto alla sequenza del regime e della coppia di riferimento. Se i segnali di retroazione sono spostati, è necessario spostare il regime e la coppia nella stessa misura e nella stessa direzione.

Deve essere utilizzato il metodo dei minimi quadrati con l'equazione di interpolazione ottimale avente la formula:

$$y = a_1x + a_0 \quad (\text{A.4-19})$$

dove:

y = valore di retroazione del regime (giri/min), della coppia (Nm) o della potenza (kW)

a_1 = coefficiente angolare della linea di regressione

x = valore di riferimento del regime (giri/min), della coppia (Nm) o della potenza (kW)

a_0 = intercetta su y della linea di regressione

Occorre calcolare l'errore standard della stima (SEE) di y su x e il coefficiente di determinazione (r^2) per ciascuna linea di regressione (allegato 4, appendice A.2).

Si raccomanda di effettuare questa analisi a 1 Hz. La prova è considerata valida se sono rispettati i criteri indicati nella tabella A.4-2 che segue.

Tabella A.4-2

Tolleranze della linea di regressione

	Regime	Coppia	Potenza
Errore standard della stima (SEE) di y su x	$\leq 5,0$ % del regime massimo di prova	$\leq 10,0$ % della coppia massima di mappatura	$\leq 10,0$ % della potenza massima di mappatura
Coefficiente angolare della linea di regressione, a_1	0,95 - 1,03	0,83 - 1,03	0,89 - 1,03
Coefficiente di determinazione, r^2	Minimo 0,970	Minimo 0,850	Minimo 0,910
Intercetta su y della linea di regressione, a_0	≤ 10 % del minimo	± 20 Nm o ± 2 % della coppia massima se maggiore	± 4 kW o ± 2 % della potenza massima se maggiore

Ai soli fini della regressione, è ammessa la cancellazione di punti secondo quanto indicato nella tabella A.4-3 che segue prima di eseguire il calcolo della regressione. Tuttavia, tali punti non devono essere cancellati per il calcolo delle emissioni e del lavoro nel ciclo. Per «punto di minimo» si intende un punto con coppia di riferimento normalizzata dello 0 % e regime di riferimento normalizzato dello 0 %. La cancellazione di punti può essere applicata a tutto il ciclo o a una qualsiasi parte dello stesso; occorre specificare i punti ai quali si applica la cancellazione.

Tabella A.4-3

Cancellazioni di punti ammesse nell'analisi di regressione

Evento	Condizioni (n= regime del motore, T=coppia)	Cancellazioni di punti ammesse
Richiesta minima da parte dell'operatore (punto di minimo)	$n_{ref} = n_{idle}$ $T_{ref} = 0$ $T_{act} > (T_{ref} - 0,02 T_{maxmappedorque})$ $T_{act} < (T_{ref} + 0,02 T_{maxmappedorque})$	Regime e potenza
Richiesta minima da parte dell'operatore	$n_{act} \leq 1,02 n_{ref}$ e $T_{act} > T_{ref}$ oppure $n_{act} > n_{ref}$ e $T_{act} \leq T_{ref}$ oppure $n_{act} > 1,02 n_{ref}$ e $T_{ref} < T_{act} \leq (T_{ref} + 0,02 T_{maxmappedorque})$	Potenza e coppia o potenza e regime
Richiesta massima da parte dell'operatore	$n_{act} < n_{ref}$ e $T_{act} \geq T_{ref}$ oppure $n_{act} \geq 0,98 n_{ref}$ e $T_{act} < T_{ref}$ oppure $n_{act} < 0,98 n_{ref}$ e $T_{ref} > T_{act} \geq (T_{ref} - 0,02 T_{maxmappedorque})$	Potenza e coppia o potenza e regime

dove:

n_{ref} è il regime di riferimento (cfr. punto 7.7.2 del presente allegato)

n_{idle} è il regime minimo

n_{act} è il regime effettivo (misurato)

T_{ref} è la coppia di riferimento (cfr. punto 7.7.2 del presente allegato)

T_{act} è la coppia effettiva (misurata)

$T_{maxmappedorque}$ è il valore più alto della coppia lungo la curva di coppia a pieno carico mappata in conformità al punto 7.6 del presente allegato.

8. PROCEDURE DI MISURAZIONE

8.1. Controlli della taratura e delle prestazioni

8.1.1. Introduzione

Nel presente punto sono descritte le necessarie tarature e verifiche dei sistemi di misurazione. Per le specifiche applicabili ai singoli strumenti si veda il punto 9.4 del presente allegato.

Le tarature o le verifiche devono essere eseguite generalmente in tutta la catena di misurazione completa.

Se per una parte del sistema di misurazione mancano specificazioni relative alla taratura o alla verifica, quella parte del sistema deve essere tarata e le sue prestazioni verificate a una frequenza coerente con le eventuali raccomandazioni del costruttore del sistema di misurazione e la buona pratica ingegneristica.

Per il rispetto delle tolleranze indicate per le tarature e le verifiche si deve ricorrere a norme internazionalmente riconosciute e tracciabili.

8.1.2. Panoramica delle tarature e delle verifiche

La tabella A.4-4 riporta una panoramica delle tarature e delle verifiche descritte al presente punto, con indicazione di quando vanno effettuate queste operazioni.

Tabella A.4-4
Panoramica delle tarature e delle verifiche

Tipo di taratura o verifica	Frequenza minima ^(a)
8.1.3. Accuratezza, ripetibilità e rumore	Accuratezza: non obbligatoria ma raccomandata per il montaggio iniziale. Ripetibilità: non obbligatoria ma raccomandata per il montaggio iniziale. Rumore: non obbligatorio ma raccomandato per il montaggio iniziale.
8.1.4. Verifica della linearità	Regime: al momento del montaggio iniziale, entro 370 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti. Coppia: al momento del montaggio iniziale, entro 370 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti. Flussi di gas pulito e di gas di scarico diluito: al momento del montaggio iniziale, entro 370 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti, a meno che non si verifichi il flusso eseguendo un controllo del propano o con la bilancia del carbone o dell'ossigeno. Flusso dei gas di scarico grezzi: al momento del montaggio iniziale, entro 185 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti, a meno che non si verifichi il flusso eseguendo un controllo del propano o con la bilancia del carbone o dell'ossigeno. Analizzatori di gas: al momento del montaggio iniziale, entro 35 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti. Bilancia del PM: al momento del montaggio iniziale, entro 370 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti. Pressione e temperatura indipendenti: al momento del montaggio iniziale, entro 370 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti.
8.1.5. Risposta continua del sistema di analisi dei gas e verifica dell'aggiornamento/registrazione per gli analizzatori di gas non compensati in modo continuo per altre specie di gas	Al momento del montaggio iniziale o dopo una modifica del sistema che potrebbe influenzare la risposta.
8.1.6. Risposta continua del sistema di analisi dei gas e verifica dell'aggiornamento/registrazione per gli analizzatori di gas compensati in modo continuo per altre specie di gas	Al momento del montaggio iniziale o dopo una modifica del sistema che potrebbe influenzare la risposta.
8.1.7.1. Coppia	Al momento del montaggio iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.7.2. Pressione, temperatura, punto di rugiada	Al momento del montaggio iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.8.1. Flusso di carburante	Al momento del montaggio iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.8.2. Flusso di aspirazione	Al momento del montaggio iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.8.3. Flusso di gas di scarico	Al momento del montaggio iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.8.4. Flusso di gas di scarico diluito (CVS e PFD)	Al momento del montaggio iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.8.5. Verifica di CVS/PFD e sistema di campionamento per lotti ^(b)	Al momento del montaggio iniziale, entro 35 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti (controllo del propano).
8.1.8.5.8. Verifica dell'essiccatore del campione	Per i dispositivi di raffreddamento termico: al momento del montaggio e dopo manutenzioni importanti. Per le membrane osmotiche: al momento del montaggio, entro 35 giorni dalla prova e dopo manutenzioni importanti.
8.1.8.8. Perdite sotto vuoto	Prima di ogni prova di laboratorio conformemente al punto 7.1.

Tipo di taratura o verifica	Frequenza minima ^(a)
8.1.9.1. Interferenza di H ₂ O per gli analizzatori NDIR di CO ₂	Al momento del montaggio iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.9.2. Interferenza di CO ₂ e H ₂ O per gli analizzatori NDIR di CO	Al momento del montaggio iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.10.1. Taratura del FID Ottimizzazione e verifica del FID per i THC	Taratura, ottimizzazione e determinazione della risposta CH ₄ : al momento del montaggio iniziale e dopo manutenzioni importanti. Verifica della risposta CH ₄ : al momento del montaggio iniziale, entro 185 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti.
8.1.10.2. Interferenza di O ₂ per i FID per i gas di scarico grezzi	Per tutti gli analizzatori FID: al momento del montaggio iniziale e dopo manutenzioni importanti. Per tutti gli analizzatori FID di THC: al momento del montaggio iniziale, dopo manutenzioni importanti e dopo l'ottimizzazione del FID secondo il punto 8.1.10.1.
8.1.11.1. Attenuazione di CO ₂ e H ₂ O per gli analizzatori CLD	Al momento del montaggio iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.11.3. Interferenza di HC e H ₂ O per gli analizzatori NDUV	Al momento del montaggio iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.11.4. Penetrazione di NO ₂ nell'essiccatore del campione (refrigerante)	Al momento del montaggio iniziale e dopo manutenzioni importanti.
8.1.11.5. Conversione del convertitore NO ₂ /NO	Al momento del montaggio iniziale, entro 35 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti.
8.1.12.1. Bilancia e pesata del PM	Verifica indipendente: al momento del montaggio iniziale, entro 370 giorni prima della prova e dopo manutenzioni importanti. Verifica dello zero, dello span e del campione di riferimento: entro 12 ore prima della pesata e dopo manutenzioni importanti.

^(a) Eseguire le tarature e le verifiche con maggiore frequenza secondo le istruzioni del costruttore del sistema di misurazione e la buona pratica ingegneristica.

^(b) La verifica CVS non è necessaria per sistemi concordi entro ± 2 % in base all'equilibrio chimico del carbone o dell'ossigeno dell'aria di aspirazione, del carburante e dei gas di scarico diluiti.

8.1.3. Verifica dell'accuratezza, della ripetibilità e del rumore

I valori delle prestazioni per i singoli strumenti di cui alla tabella 8 sono la base per la determinazione dell'accuratezza, della ripetibilità e del rumore di uno strumento.

Non è obbligatorio verificare l'accuratezza, la ripetibilità e il rumore dello strumento. Tuttavia, può essere utile considerare queste verifiche per definire una specifica per un nuovo strumento, per verificare le prestazioni di un nuovo strumento alla sua consegna o per risolvere i problemi di uno strumento esistente.

8.1.4. Verifica della linearità

8.1.4.1. Campo di applicazione e frequenza

La verifica della linearità deve essere eseguita per ogni sistema di misurazione di cui alla tabella A.4-5 almeno con la frequenza indicata nella tabella e conformemente alle raccomandazioni del costruttore del sistema di misurazione e alla buona pratica ingegneristica. La verifica della linearità mira a far sì che un sistema di misurazione risponda proporzionalmente nell'intervallo di misurazione desiderato. Tale verifica consiste nell'introduzione di una serie di almeno 10 valori di riferimento a un sistema di misurazione, salvo diverse indicazioni. Il sistema di misurazione quantifica ogni valore di riferimento. I valori misurati devono essere confrontati collettivamente con i valori di riferimento usando una regressione lineare con il metodo dei minimi quadrati e i criteri di linearità di cui alla tabella A.4-5.

8.1.4.2. Requisiti di prestazione

Se il sistema di misurazione non soddisfa i criteri di linearità applicabili di cui alla tabella A.4-5, tale difetto deve essere corretto mediante nuova taratura, manutenzione o sostituzione di componenti, a seconda dei casi. La verifica della linearità deve essere ripetuta dopo la soluzione del problema per fare in modo che il sistema di misurazione soddisfi i criteri.

8.1.4.3. Procedura

Deve essere utilizzato il protocollo di verifica della linearità che segue:

- a) far funzionare il sistema di misurazione alla temperatura, pressione e flusso indicati nelle specifiche;
- b) eseguire una taratura dello zero dello strumento come prima di una prova delle emissioni con l'introduzione di un segnale zero. Per gli analizzatori di gas deve essere usato un gas di zero che soddisfi le specifiche del punto 9.5.1 del presente allegato. Il gas va introdotto direttamente all'ingresso dell'analizzatore;
- c) la taratura dello span dello strumento deve essere effettuata come prima di una prova delle emissioni con l'introduzione di un segnale di span. Per gli analizzatori di gas deve essere usato un gas di span che soddisfi le specifiche del punto 9.5.1 del presente allegato. Il gas va introdotto direttamente all'ingresso dell'analizzatore;
- d) dopo la taratura dello span dello strumento, verificare lo zero con lo stesso segnale usato alla lettera b); in base alla lettura dello zero, è necessario affidarsi alla buona pratica ingegneristica per determinare se sia necessario determinare nuovamente lo zero o lo span dello strumento prima di passare alla fase successiva;
- e) per tutte le quantità misurate, applicare le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica per selezionare i valori di riferimento, y_{ref} , per tutto l'intervallo dei valori previsti durante la prova delle emissioni, evitando quindi l'estrapolazione oltre questi valori. Un segnale di riferimento zero deve essere selezionato come uno dei valori di riferimento della verifica della linearità. Per le verifiche individuali della linearità della pressione e della temperatura vanno selezionati almeno tre valori di riferimento. Per tutte le altre verifiche della linearità devono essere selezionati almeno dieci valori di riferimento;
- f) selezionare l'ordine in cui introdurre la serie di valori di riferimento in base alle raccomandazioni del costruttore dello strumento e alla buona pratica ingegneristica;
- g) generare e introdurre le quantità di riferimento conformemente alle istruzioni del punto 8.1.4.4 del presente allegato. Per gli analizzatori di gas devono essere utilizzate concentrazioni di gas conformi alle specifiche del punto 9.5.1 del presente allegato. I gas vanno introdotti direttamente all'ingresso dell'analizzatore;
- h) lasciare un intervallo di tempo per la stabilizzazione dello strumento durante la misurazione del valore di riferimento;
- i) a una frequenza di registrazione almeno pari alla frequenza minima di cui alla tabella 7, misurare il valore di riferimento per 30 secondi e registrare la media aritmetica, \bar{y}_i , dei valori registrati.
- j) ripetere le fasi dalla lettera g) alla lettera i) del presente punto finché non sono state misurate tutte le quantità di riferimento;
- k) le medie aritmetiche, \bar{y}_i , e i valori di riferimento, y_{ref} , devono essere adoperati per calcolare i parametri della regressione lineare con il metodo dei minimi quadrati e i valori statistici da confrontare con i criteri minimi di prestazione di cui alla tabella 5. Devono essere utilizzati i calcoli di cui all'allegato 5, appendice A.3.

8.1.4.4. Segnali di riferimento

Nel presente punto sono illustrati i metodi raccomandati per la generazione dei valori di riferimento per il protocollo di verifica della linearità di cui al punto 8.1.4.3 del presente allegato. Devono essere utilizzati valori di riferimento che simulano i valori effettivi oppure deve essere introdotto e misurato un valore effettivo con un sistema di misurazione di riferimento. In quest'ultimo caso, il valore di riferimento è il valore indicato dal sistema di misurazione di riferimento. I valori di riferimento e i sistemi di misurazione di riferimento devono essere tracciabili a livello internazionale.

Per i sistemi di misurazione della temperatura con sensori come termocoppie, RTD e termistori, la verifica della linearità può essere eseguita mediante la rimozione del sensore dal sistema e l'introduzione di un simulatore. Se necessario va usato un simulatore che è tarato indipendentemente e compensato con giunzione a freddo. L'incertezza di misurazione della temperatura del simulatore tracciabile a livello internazionale deve essere inferiore allo 0,5 % della temperatura massima di funzionamento T_{max} . Se si sceglie questa opzione è necessario utilizzare sensori che il fornitore dichiara essere precisi oltre lo 0,5 % di T_{max} rispetto alla relativa curva di taratura standard.

8.1.4.5. Sistemi di misurazione che necessitano della verifica della linearità

Nella tabella A.4-5 sono indicati i sistemi di misurazione che devono essere sottoposti alla verifica della linearità. Per questa tabella valgono le seguenti disposizioni:

- a) la verifica della linearità deve essere eseguita a una frequenza maggiore qualora sia raccomandato dal costruttore dello strumento o dalla buona pratica ingegneristica;

- b) "min" si riferisce al valore di riferimento minimo usato durante la verifica della linearità;
- si noti che tale valore può corrispondere a zero o a un valore negativo, a seconda del segnale;
- c) "max" si riferisce generalmente al valore di riferimento massimo usato durante la verifica della linearità; ad esempio, per i divisori di gas, x_{\max} è la concentrazione di gas di span non divisa e non diluita. Nei seguenti casi speciali "max" si riferisce ad un altro valore:
- i) per la verifica della linearità della bilancia del PM, m_{\max} si riferisce alla tipica massa di un filtro antiparticolato;
 - ii) per la verifica della linearità di coppia, T_{\max} si riferisce al valore di picco della coppia del motore indicata dal costruttore della coppia massima del motore da sottoporre a prova;
- d) gli intervalli indicati sono inclusivi. Ad esempio, un intervallo indicato di 0,98-1,02 per il coefficiente angolare a_1 significa $0,98 \leq a_1 \leq 1,02$;
- e) tali verifiche della linearità non sono obbligatorie per i sistemi che superano la verifica della portata dei gas di scarico diluiti di cui al punto 8.1.8.5, per il controllo del propano o che concordano per il $\pm 2\%$ in base al bilancio chimico del carbone o dell'ossigeno dell'aria di aspirazione, del carburante e dei gas di scarico diluiti;
- f) i criteri a_1 per queste quantità devono essere soddisfatti solo se è richiesto il valore assoluto della quantità, diversamente da un segnale che è solo linearmente proporzionale al valore effettivo;
- g) le temperature individuali includono le temperature del motore e le condizioni ambientali usate per regolare o verificare le condizioni del motore, le temperature usate per regolare o verificare le condizioni critiche nel sistema di prova e le temperature usate per i calcoli delle emissioni:
- i) le seguenti verifiche della linearità delle temperature sono obbligatorie: aspirazione dell'aria; banchi di post-trattamento (per motori sottoposti a prova con dispositivi di post-trattamento con cicli ad avviamento a freddo); aria di diluizione per il campionamento del PM (CVS, diluizione doppia e sistema di flusso parziale); campione del PM; campione del refrigerante (per i sistemi di campionamento dei gas che usano refrigeranti per essiccare i campioni);
 - ii) le seguenti verifiche di linearità sono obbligatorie solo se indicato dal costruttore del motore: ingresso del carburante; uscita dell'aria dal sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione nella camera di prova (per motori sottoposti a prova con uno scambiatore di calore nella camera di prova che simula un sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione del veicolo/della macchina); ingresso del refrigerante nel sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione nella camera di prova (per motori sottoposti a prova con uno scambiatore di calore nella camera di prova che simula un sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione del veicolo/della macchina); olio nella coppa dell'olio; refrigerante a monte del termostato (per motori con sistema di raffreddamento liquido);
- h) le pressioni individuali includono le pressioni del motore e le condizioni ambientali usate per regolare o verificare le condizioni del motore, le temperature usate per regolare o verificare le condizioni critiche nel sistema di prova e le pressioni usate per i calcoli delle emissioni:
- i) le verifiche obbligatorie della linearità della pressione sono: limitazione della pressione dell'aria aspirata; controcompressione allo scarico; barometro; CVS della pressione all'ingresso (se per la misurazione si usa il dispositivo CVS); campione del refrigerante (per i sistemi di campionamento dei gas che usano refrigeranti per essiccare i campioni);
 - ii) le seguenti verifiche di linearità della pressione sono obbligatorie solo se indicato dal costruttore del motore: sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione nella camera di prova e perdita di pressione del condotto di collegamento (per motori con turbocompressore sottoposti a prova con uno scambiatore di calore nella camera di prova che simula un sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione del veicolo/della macchina); ingresso del carburante; uscita del carburante.

Tabella A.4-5

Sistemi di misurazione che necessitano di verifiche della linearità

Sistema di misurazione	Quantità	Frequenza minima di verifica	Criteri di linearità			
			$ x_{\min} \cdot (a-1) + a_0 $	a	SEE (errore standard della stima)	r^2
Regime del motore	n	Entro 370 giorni prima della prova	$\leq 0,05 \% n_{\max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% n_{\max}$	$\geq 0,990$
Coppia del motore	T	Entro 370 giorni prima della prova	$\leq 1 \% T_{\max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% T_{\max}$	$\geq 0,990$
Portata del carburante	q_m	Entro 370 giorni prima della prova	$\leq 1 \% q_{m, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{m, \max}$	$\geq 0,990$
Portata dell'aria di aspirazione ⁽¹⁾	q_V	Entro 370 giorni prima della prova	$\leq 1 \% q_{V, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{V, \max}$	$\geq 0,990$
Portata dell'aria di diluizione ⁽¹⁾	q_V	Entro 370 giorni prima della prova	$\leq 1 \% q_{V, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{V, \max}$	$\geq 0,990$
Portata dei gas di scarico diluiti ⁽¹⁾	q_V	Entro 370 giorni prima della prova	$\leq 1 \% q_{V, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{V, \max}$	$\geq 0,990$
Portata dei gas di scarico grezzi ⁽¹⁾	q_V	Entro 185 giorni prima della prova	$\leq 1 \% q_{V, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{V, \max}$	$\geq 0,990$
Portate del campionamento per lotti ⁽¹⁾	q_V	Entro 370 giorni prima della prova	$\leq 1 \% q_{V, \max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% q_{V, \max}$	$\geq 0,990$
Divisori di gas	x/x_{span}	Entro 370 giorni prima della prova	$\leq 0,5 \% x_{\max}$	0,98-1,02	$\leq 2 \% x_{\max}$	$\geq 0,990$
Analizzatori di gas	x	Entro 35 giorni prima della prova	$\leq 0,5 \% x_{\max}$	0,99-1,01	$\leq 1 \% x_{\max}$	$\geq 0,998$
Bilancia del PM	m	Entro 370 giorni prima della prova	$\leq 1 \% m_{\max}$	0,99-1,01	$\leq 1 \% m_{\max}$	$\geq 0,998$
Pressioni individuali	p	Entro 370 giorni prima della prova	$\leq 1 \% p_{\max}$	0,99-1,01	$\leq 1 \% p_{\max}$	$\geq 0,998$
Conversione da analogico a digitale di segnali di temperatura individuali	T	Entro 370 giorni prima della prova	$\leq 1 \% T_{\max}$	0,99-1,01	$\leq 1 \% T_{\max}$	$\geq 0,998$

⁽¹⁾ È possibile usare la portata molare al posto della portata volumetrica standard come termine di "quantità". In tale caso si può usare la portata molare massima al posto della portata volumetrica massima nel criterio di linearità corrispondente.

8.1.5. Verifica della risposta del sistema dell'analizzatore di gas e della registrazione dell'aggiornamento

Nel presente punto è descritta la procedura generale di verifica della risposta del sistema dell'analizzatore di gas e della registrazione dell'aggiornamento in continuo. Cfr. il seguente punto 8.1.6 le procedure di verifica per gli analizzatori di compensazione.

8.1.5.1. Campo di applicazione e frequenza

Questa verifica deve essere effettuata dopo l'installazione o la sostituzione di un analizzatore di gas usato per il campionamento continuo. Questa verifica deve essere eseguita anche qualora il sistema sia riconfigurato in un modo che potrebbe modificare la risposta del sistema. La verifica è necessaria per gli analizzatori di gas in continuo usati per i cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) o modali con rampe di transizione, ma non per i sistemi di analizzatori di gas per lotti o in continuo usati solo per le prove con ciclo NRSC in modalità discreta.

8.1.5.2. Principi di misurazione

Questa prova verifica che le frequenze di aggiornamento e di registrazione siano conformi alla risposta generale del sistema a una variazione rapida del valore delle concentrazioni alla sonda di campionamento. I sistemi di analizzatori di gas vanno ottimizzati in modo che la loro risposta a una variazione rapida della concentrazione sia aggiornata e registrata a una frequenza appropriata per evitare la perdita di informazioni. Questa prova verifica anche che i sistemi di analizzatori di gas in continuo soddisfino un tempo di risposta minimo.

Le regolazioni del sistema per la valutazione del tempo di risposta devono essere identiche a quelle usate per la misurazione nel corso della prova (pressione, portata, regolazione dei filtri degli analizzatori e tutti gli altri elementi in grado di influenzare il tempo di risposta). Per determinare il tempo di risposta occorre procedere alla commutazione del gas direttamente all'ingresso della sonda di campionamento. I dispositivi per la commutazione del gas devono avere una specifica che consenta la commutazione in meno di 0,1 secondi. I gas utilizzati per la prova devono determinare una variazione di concentrazione pari ad almeno il 60 % del fondo scala (FS).

Deve essere registrata la traccia della concentrazione di ciascun componente del singolo gas.

8.1.5.3. Requisiti di sistema

- a) Il tempo di risposta del sistema deve essere ≤ 10 s, con un tempo di salita ≤ 5 s o un tempo di salita e discesa ≤ 5 s per tutti i componenti misurati (CO, NO_x, CO₂ e HC) e tutti gli intervalli utilizzati.

Tutti i dati (concentrazione, portata di carburante e di aria) devono essere cambiati in base ai tempi di risposta misurati prima di eseguire i calcoli delle emissioni di cui all'allegato 5.

- b) Per dimostrare un livello di aggiornamento e registrazione accettabile rispetto alla risposta generale del sistema, il sistema deve soddisfare uno dei seguenti criteri:
- i) il prodotto del tempo di salita medio e della frequenza a cui il sistema registra una concentrazione aggiornata deve corrispondere almeno a 5. In ogni caso il tempo di salita medio deve essere pari o inferiore a 10 secondi;
 - ii) il sistema deve registrare la concentrazione con una frequenza di almeno 2 Hz (cfr. anche tabella 7).

8.1.5.4. Procedura

La risposta di ogni sistema di analizzatori di gas in continuo deve essere verificata con la seguente procedura:

- a) per l'installazione dello strumento vanno seguite le istruzioni di avvio e funzionamento del costruttore. Il sistema di misurazione deve essere regolato in modo da ottimizzare le prestazioni. Tale verifica va eseguita con l'analizzatore nelle stesse condizioni di funzionamento previste per la prova delle emissioni. Se l'analizzatore condivide il sistema di campionamento con altri analizzatori e se il flusso di gas agli altri analizzatori influenza il tempo di risposta del sistema, gli altri analizzatori devono essere avviati e mantenuti in funzione durante questa verifica. La verifica può essere eseguita contemporaneamente su diversi analizzatori che condividono lo stesso sistema di campionamento. Se si usano filtri analogici o digitali durante la prova delle emissioni, tali filtri devono funzionare nello stesso modo durante questa verifica;
- b) per le apparecchiature usate per convalidare il tempo di risposta del sistema si raccomanda di usare lunghezze minime dei condotti di trasferimento dei gas tra tutti i collegamenti; una fonte di aria di zero deve essere collegata all'ingresso di una valvola a tre vie (2 ingressi e 1 uscita) in modo da controllare il flusso di gas di zero e gas miscelati di span all'ingresso della sonda del sistema di campionamento o a un punto vicino all'uscita della sonda. Normalmente la portata del gas è superiore alla portata del campione alla sonda e l'eccesso deborda all'ingresso della sonda. Se la portata del gas è inferiore alla portata della sonda, le concentrazioni di gas vanno regolate in modo da tenere conto della diluizione dovuta all'aria ambiente che entra nella sonda. Possono essere usati gas di span binari o multipli. Per mescolare i gas di span può essere utilizzato un miscelatore di gas. Un miscelatore di gas è raccomandato quando si mescolano gas di span diluiti in N₂ con gas di span diluiti in aria.

Usando un divisore di gas, un gas di span $\text{NO-CO-CO}_2\text{-C}_3\text{H}_8\text{-CH}_4$ (resto N_2) deve essere mescolato in parti uguali con un gas di span NO_2 (resto aria sintetica purificata). Se del caso, al posto del gas di span miscelato $\text{NO-CO-CO}_2\text{-C}_3\text{H}_8\text{-CH}_4$ (resto gas di span N_2) possono essere usati gas di span binari standard; in questo caso si devono eseguire prove separate della risposta di ogni analizzatore. L'uscita del divisore di gas deve essere collegata all'altro ingresso della valvola a tre vie. L'uscita della valvola deve essere collegata a un traboccamento sulla sonda del sistema dell'analizzatore di gas o a un raccordo di traboccamento tra la sonda e il condotto di trasferimento a tutti gli analizzatori che vengono verificati. Vanno usate impostazioni atte a evitare le pulsazioni di pressione dovute all'arresto del flusso attraverso il miscelatore del gas. Devono essere omessi tutti i componenti del gas non rilevanti per gli analizzatori in questa verifica. In alternativa è consentito l'uso di bombole di singoli gas e una misurazione separata dei tempi di risposta;

c) i dati vanno raccolti nel modo seguente:

- i) azionare la valvola per avviare il flusso di gas di zero;
- ii) attendere il tempo necessario a consentire la stabilizzazione, tenendo conto dei ritardi dovuti al trasporto e alla risposta completa dell'analizzatore più lento;
- iii) iniziare la registrazione alla frequenza usata durante la prova delle emissioni. Ogni valore registrato deve essere una concentrazione aggiornata unica, misurata dall'analizzatore; non è possibile usare l'interpolazione o il filtraggio per modificare i valori registrati;
- iv) azionare la valvola per consentire il flusso dei gas di span miscelati verso gli analizzatori. Questo lasso di tempo deve essere registrato come t_0 ;
- v) si deve tenere conto dei ritardi dovuti al trasporto e alla risposta completa dell'analizzatore più lento;
- vi) commutare il flusso per consentire al gas di zero di fluire verso l'analizzatore. Questo lasso di tempo deve essere registrato come t_{100} ;
- vii) si deve tenere conto dei ritardi dovuti al trasporto e alla risposta completa dell'analizzatore più lento;
- viii) ripetere le fasi di cui alla lettera c), punti da iv) a vii), del presente punto fino a registrare sette cicli completi, finendo con il gas di zero che fluisce verso gli analizzatori;
- ix) terminare la registrazione.

8.1.5.5. Valutazione delle prestazioni

I dati di cui al punto 8.1.5.4, lettera c), del presente allegato devono essere usati per calcolare il tempo di salita medio, T_{10-90} , per ciascuno degli analizzatori.

- a) Per la dimostrazione della conformità al punto 8.1.5.3, lettera b), punto i), del presente allegato si applica la seguente procedura: moltiplicare i tempi di salita (in secondi) per le rispettive frequenze di registrazione in Hertz (1/secondo). Il valore di ogni risultato deve corrispondere almeno a 5. Se il valore è inferiore a 5, la frequenza di registrazione deve essere aumentata, i flussi devono essere regolati oppure il progetto del sistema di campionamento deve essere modificato per aumentare il tempo di salita, a seconda della necessità. Inoltre i filtri digitali possono essere configurati in modo da aumentare il tempo di salita.
- b) Se si sceglie di dimostrare la conformità al punto 8.1.5.3, lettera b), punto ii), è sufficiente dimostrare la conformità alle prescrizioni di cui al punto 8.1.5.3, lettera b), punto ii).

8.1.6. Verifica del tempo di risposta per gli analizzatori di compensazione

8.1.6.1. Campo di applicazione e frequenza

Questa verifica deve essere eseguita per determinare la risposta di un analizzatore di gas in continuo, dove la risposta di un analizzatore è compensata dalla risposta di un altro analizzatore per quantificare l'emissione gassosa. Per questa verifica il vapore acqueo è considerato un costituente gassoso. Tale verifica è obbligatoria per gli analizzatori continui dei gas utilizzati per i cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) o RMC. Non è necessaria per gli analizzatori di gas per lotti o in continuo usati esclusivamente per le prove NRSC in modalità discreta. La verifica, che non si applica alla correzione per l'acqua rimossa dal campione durante il post-trattamento, deve essere eseguita dopo il montaggio iniziale (della camera di prova). Dopo manutenzioni importanti si possono applicare le disposizioni del punto 8.1.5 per verificare l'uniformità della risposta, purché ogni componente sostituito sia stata sottoposto ad una verifica dell'uniformità della risposta su base umida.

8.1.6.2. Principi di misurazione

Questa procedura verifica l'allineamento temporale e l'uniformità della risposta delle misurazioni continue dei gas miscelati. Prima di eseguirla è necessario accertarsi che tutti gli algoritmi di compensazione e le correzioni dell'umidità siano attivati.

8.1.6.3. Requisiti di sistema

Il tempo di risposta generale e il tempo di salita di cui alla lettera a) del punto 8.1.5.3 sono validi anche per gli analizzatori di compensazione. Inoltre, se la frequenza di registrazione è diversa dalla frequenza di aggiornamento del segnale continuamente combinato/compensato, la frequenza inferiore delle due deve essere utilizzata per la verifica prescritta al punto 8.1.5.3, lettera b), punto i), del presente allegato.

8.1.6.4. Procedura

Devono essere applicate tutte le procedure di cui al punto 8.1.5.4, lettere da a) a c), del presente allegato. Se si utilizza un algoritmo di compensazione basato sul vapore acqueo misurato, deve essere misurato anche il tempo di risposta e di salita di quest'ultimo. In questo caso almeno uno dei gas di taratura utilizzati (ma non l'NO₂) deve essere umidificato nel modo descritto di seguito.

Se il sistema non utilizza un essiccatore del campione per rimuovere l'acqua dal gas campione, il gas di span deve essere umidificato facendo fluire la miscela di gas attraverso un dispositivo sigillato. Tale dispositivo umidifica il gas al massimo punto di rugiada del campione stimato durante il campionamento delle emissioni facendolo gorgogliare attraverso acqua distillata. Se durante la prova il sistema impiega un essiccatore del campione che ha superato la verifica, la miscela di gas umidificata può essere introdotta a valle dell'essiccatore e fatta gorgogliare attraverso acqua distillata in un dispositivo sigillato a una temperatura di 298 ± 10 K (25 ± 10 °C), oppure a una temperatura superiore al punto di rugiada. In tutti i casi, a valle del dispositivo il gas umidificato deve essere mantenuto a una temperatura di almeno 5 K (5 °C) superiore al punto di rugiada locale nella linea. Si noti che è possibile omettere qualunque componente del gas non pertinente per gli analizzatori in questa verifica. Se uno qualunque dei componenti del gas non è sensibile alla compensazione dell'acqua, la verifica della risposta per questi analizzatori può essere eseguita senza umidificazione.

8.1.7. Misurazione dei parametri del motore e delle condizioni ambientali

Devono essere applicate procedure di qualità interne tracciabili basate su standard nazionali o internazionali riconosciuti. Altrimenti si devono applicare le procedure che seguono.

8.1.7.1. Taratura della coppia

8.1.7.1.1. Campo di applicazione e frequenza

Tutti i sistemi di misurazione della coppia, inclusi i sistemi e i trasduttori di misurazione della coppia del dinamometro, devono essere tarati al momento dell'installazione iniziale e dopo manutenzioni importanti utilizzando, tra l'altro, la forza di riferimento o la lunghezza del braccio insieme al peso morto. Per ripetere la taratura è necessario affidarsi alla buona pratica ingegneristica. Per linearizzare l'output del sensore di coppia vanno seguite le istruzioni del costruttore del trasduttore di coppia. Sono permessi altri metodi di taratura.

8.1.7.1.2. Taratura a peso morto

Con questa tecnica si applica una forza nota caricando pesi noti a una distanza nota sul braccio di leva. Il braccio di leva dei pesi deve essere perpendicolare al punto di gravità (orizzontale) e perpendicolare all'asse di rotazione del dinamometro. Almeno sei combinazioni di pesi di taratura vanno applicate per ogni intervallo di misurazione della coppia applicabile, distanziando le quantità di peso in modo più o meno uguale in tutto l'intervallo. Il dinamometro deve essere oscillato o ruotato durante la taratura in modo da ridurre l'isteresi statica di frizione. Ogni forza del peso deve essere determinata moltiplicando la sua massa tracciabile a livello internazionale per l'accelerazione locale della gravità della terra.

8.1.7.1.3. Estensimetro o taratura dell'anello dinamometrico

Con questa tecnica si applica la forza caricando pesi su un braccio di leva (questi pesi e la lunghezza del braccio non sono usati come parte della determinazione della coppia di riferimento) o facendo funzionare il dinamometro a coppie diverse. Almeno sei combinazioni di forza vanno applicate per ogni intervallo di misurazione della coppia applicabile, distanziando le quantità di forza in modo più o meno uguale su tutto l'intervallo. Il dinamometro deve essere oscillato o ruotato durante la taratura in modo da ridurre l'isteresi statica di frizione. In questo caso la coppia di riferimento è determinata moltiplicando l'output della forza dal metro di riferimento (ad esempio un estensimetro o un anello dinamometrico) per l'effettiva lunghezza del braccio di leva, che è misurata dal punto in cui viene misurata la forza all'asse di rotazione del dinamometro. Tale lunghezza deve essere misurata in posizione perpendicolare all'asse di misurazione del metro di riferimento e perpendicolare all'asse di rotazione del dinamometro.

8.1.7.2. Taratura della pressione, della temperatura e del punto di rugiada

Gli strumenti devono essere tarati per misurare la pressione, la temperatura e il punto di rugiada al momento del montaggio iniziale. Per ripetere la taratura è necessario seguire le istruzioni del costruttore dello strumento e affidarsi alla buona pratica ingegneristica.

Per i sistemi di misurazione della temperatura dotati di termocoppia, RTD o sensori del termistore, la taratura del sistema va eseguita conformemente al punto 8.1.4.4 del presente allegato relativo alla verifica della linearità.

8.1.8. Misurazioni relative al flusso

8.1.8.1. Taratura del flusso di carburante

I flussometri del carburante devono essere tarati al momento del montaggio iniziale. Per ripetere la taratura è necessario seguire le istruzioni del costruttore dello strumento e affidarsi alla buona pratica ingegneristica.

8.1.8.2. Taratura del flusso dell'aria di aspirazione

I flussometri dell'aria di aspirazione devono essere tarati al momento del montaggio iniziale. Per ripetere la taratura è necessario seguire le istruzioni del costruttore dello strumento e affidarsi alla buona pratica ingegneristica.

8.1.8.3. Taratura del flusso dei gas di scarico

I flussometri dei gas di scarico devono essere tarati al momento del montaggio iniziale. Per ripetere la taratura è necessario seguire le istruzioni del costruttore dello strumento e affidarsi alla buona pratica ingegneristica.

8.1.8.4. Taratura dei gas di scarico diluiti (CVS)

8.1.8.4.1. Panoramica

- a) Nel presente punto è descritta la taratura dei flussometri per i sistemi di campionamento a volume costante (CVS) dei gas di scarico diluiti.
- b) La taratura deve essere eseguita quando il flussometro è installato nella sua posizione permanente e va ripetuta dopo ogni modifica della configurazione del flusso a monte o a valle del flussometro che potrebbe influire sulla taratura del medesimo. La taratura deve essere eseguita al momento dell'installazione iniziale del dispositivo CVS e ogniqualvolta le misure correttive non risolvano un errore di verifica del flusso dei gas di scarico diluiti (per es. controllo del propano) di cui al punto 8.1.8.5 del presente allegato.
- c) Il flussometro del dispositivo CVS deve essere tarato usando un flussometro di riferimento quale un flussometro subsonico di Venturi, un boccaglio a lungo raggio, un orifizio di avvicinamento, un flussometro laminare, un insieme di tubi di Venturi a flusso critico o un flussometro ultrasonico. Deve essere utilizzato un flussometro di riferimento che indichi le quantità tracciabili a livello internazionale con un'incertezza massima di $\pm 1\%$. Tale risposta del flussometro di riferimento al flusso deve essere usata come valore di riferimento per la taratura del flussometro del dispositivo CVS.
- d) Può essere utilizzato uno schermo a monte o altra limitazione in grado di influire sul flusso a monte del flussometro di riferimento, a condizione che il flussometro sia stato tarato con tali limitazioni.
- e) La sequenza di taratura descritta al punto 8.1.8.4 del presente allegato si riferisce all'approccio basato sulla mole. Per la sequenza corrispondente usata nell'approccio basato sulla massa cfr. l'allegato 5, appendice A.1.
- f) È possibile rimuovere il tubo di Venturi a flusso critico (CFV) o, in alternativa, il tubo di Venturi subsonico (SSV) dalla posizione permanente per la taratura, purché si rispettino le seguenti prescrizioni quando i suddetti tubi sono installati nel dispositivo CVS:
 - i) al momento del montaggio del CFV o del SSV nel dispositivo CVS, è necessario affidarsi alla buona pratica ingegneristica per verificare che non vi siano fughe tra l'ingresso del dispositivo CVS e il tubo di Venturi;
 - ii) in seguito alla taratura *ex situ* del tubo di Venturi devono essere sottoposte a verifica tutte le combinazioni di tubi di Venturi quando si tratta di un CFV, o almeno 10 punti di flusso quando si tratta di un SSV, mediante il controllo del propano come descritto al punto 8.1.8.5 del presente allegato. Il risultato del controllo del propano per ciascun punto di flusso del tubo di Venturi non può eccedere la tolleranza di cui al punto 8.1.8.5.6 del presente allegato;

- iii) al fine di verificare la taratura *ex situ* di un dispositivo CVS avente più di un CFV, deve essere eseguito il seguente controllo:
- a. utilizzare un dispositivo a flusso costante per erogare un flusso costante di propano al tunnel di diluizione;
 - b. misurare la concentrazione di idrocarburi su almeno 10 diverse portate di flusso per i flussometri SSV oppure su tutte le possibili combinazioni di flusso per i flussometri CFV, mantenendo sempre costante il flusso di propano;
 - c. misurare la concentrazione di fondo degli idrocarburi nell'aria di diluizione all'inizio e al termine della prova. Il valore medio della concentrazione di fondo di ciascuna misurazione per ciascun punto di flusso deve essere sottratto prima di effettuare l'analisi di regressione di cui al punto iv);
 - d. eseguire una regressione di potenza utilizzando tutti i valori accoppiati di portata e concentrazione corretta per ottenere un rapporto sotto forma di $y = a \times x^b$, dove la concentrazione è la variabile indipendente e la portata è la variabile dipendente. Per ciascun punto di dati sono necessari il calcolo della differenza tra la portata misurata e i valori rappresentati dalla curva. Per ogni punto la differenza deve essere inferiore a $\pm 1\%$ del valore di regressione appropriato. Il valore di b deve essere compreso tra -1,005 e -0,995. Se i risultati non rispettano tali limiti devono essere adottate misure correttive in linea con il punto 8.1.8.5.1, lettera a), del presente allegato.

8.1.8.4.2. Taratura della PDP

La pompa volumetrica (PDP) deve essere tarata in modo da determinare un'equazione di flusso-velocità della PDP che tenga conto delle perdite del flusso attraverso le superfici di sigillatura nella PDP come funzione della pressione d'ingresso nella PDP. Vanno determinati coefficienti unici per ogni regime di funzionamento della PDP. Il flussometro della PDP deve essere tarato nel modo seguente:

- a) collegare il sistema conformemente alla figura A.4-4;
- b) eventuali perdite tra il flussometro di taratura e la PDP devono essere inferiori allo 0,3 % del flusso totale al punto di flusso più basso tarato; ad esempio, al restringimento più alto e al punto di regime più basso della PDP;
- c) durante il funzionamento della PDP deve essere mantenuta una temperatura costante all'ingresso della PDP pari a $\pm 2\%$ della media assoluta della temperatura all'ingresso, T_{in} ;
- d) regolare il regime della PDP al primo punto di regime che sarà usato per la taratura;
- e) aprire al massimo il limitatore;
- f) far funzionare la PDP per almeno 3 minuti per stabilizzare il sistema. Continuando a far funzionare la PDP, registrare i valori medi di almeno 30 secondi dei dati campionati di ognuna delle seguenti quantità:
 - i) la portata media del flussometro di riferimento, \bar{Q}_{ref} ;
 - ii) la temperatura media all'ingresso della PDP, T_{in} ;
 - iii) la pressione statica assoluta media all'ingresso della PDP, p_{in} ;
 - iv) la pressione statica assoluta media all'uscita della PDP, p_{out} ;
 - v) il regime medio della PDP, n_{PDP} ;
- g) chiudere gradualmente il limitatore per ridurre la pressione assoluta all'ingresso della PDP, p_{in} ;

- h) ripetere le fasi di cui alle lettere f) e g) del presente punto per registrare i dati di almeno sei posizioni del limitatore. Tali posizioni devono riflettere l'intervallo completo delle possibili pressioni in uso all'ingresso della PDP;
- i) tarare la PDP usando i dati raccolti e le equazioni di cui all'allegato 5;
- j) ripetere le fasi di cui dalla lettera f) alla lettera i) del presente punto per ogni regime di funzionamento della PDP;
- k) utilizzare le equazioni di cui all'allegato 5, appendice A.2 (approccio basato sulla mole) o A.1 (approccio basato sulla massa) per determinare l'equazione di flusso della PDP per le prove delle emissioni;
- l) verificare la taratura eseguendo una verifica CVS (per es. controllo del propano) conformemente alle disposizioni del punto 8.1.8.5 che segue;
- m) la PDP non può essere usata al di sotto della pressione d'ingresso più bassa verificata durante la taratura.

8.1.8.4.3. Taratura del CFV

Il tubo di Venturi a flusso critico (CFV) deve essere tarato per la verifica del coefficiente di efflusso, C_d , alla pressione differenziale statica più bassa prevista tra l'ingresso e l'uscita del CFV. Il flussometro del CFV deve essere tarato nel modo seguente:

- a) collegare il sistema conformemente alla figura A.4-4;
- b) avviare il compressore a valle del CFV;
- c) durante il funzionamento del CFV deve essere mantenuta una temperatura costante all'ingresso del CFV pari a $\pm 2\%$ della media assoluta della temperatura all'ingresso, T_{in} ;
- d) eventuali perdite tra il flussometro di taratura e il CFV devono essere inferiori allo 0,3 % del flusso totale al restringimento più alto;
- e) aprire al massimo il limitatore; invece di utilizzare un limitatore, è possibile variare la pressione a valle del CFV variando la velocità del compressore o introducendo una perdita controllata; si noti che alcuni compressori hanno limitazioni per le condizioni senza carico;
- f) far funzionare il CFV per almeno 3 minuti per stabilizzare il sistema. Continuando a far funzionare il CFV, registrare i valori medi di almeno 30 secondi dei dati campionati di ognuna delle seguenti quantità:
 - i) la portata media del flussometro di riferimento, \bar{q}_{Vref} ;
 - ii) in alternativa, il punto di rugiada medio dell'aria di taratura, T_{dew} . Cfr. l'allegato 5 per le ipotesi permesse durante le misurazioni delle emissioni;
 - iii) la temperatura media all'ingresso del tubo di Venturi, T_{in} ;
 - iv) la pressione statica assoluta media all'ingresso del tubo di Venturi, p_{in} ;
 - v) la pressione differenziale statica media tra l'ingresso e l'uscita del CFV, Δp_{CFV} ;
- g) chiudere gradualmente il limitatore per ridurre la pressione assoluta all'ingresso del CFV, p_{in} ;
- h) ripetere le fasi di cui alle lettere f) e g) del presente punto per registrare i dati medi in un minimo di dieci posizioni del limitatore, in modo da sottoporre a prova l'intervallo pratico più completo di Δp_{CFV} previsto durante la prova; non è necessario rimuovere i componenti di taratura o il CVS per effettuare la taratura ai restringimenti più bassi possibili;
- i) determinare C_d e il rapporto di pressione più basso consentito r nel modo descritto nell'allegato 5;

- j) utilizzare C_d per determinare il flusso del CFV durante una prova delle emissioni. Il CFV non deve essere usato al di sotto del r più basso consentito, conformemente alle disposizioni di cui all'allegato 5;
- k) verificare la taratura eseguendo una verifica CVS (per es. controllo del propano) conformemente alle disposizioni del punto 8.1.8.5 del presente allegato;
- l) se è configurato per funzionare in parallelo su più di un CFV per volta, il dispositivo CVS deve essere tarato in uno dei seguenti modi:
 - i) tarare ogni combinazione di CFV secondo le disposizioni del presente punto e dell'allegato 5. Cfr. l'allegato 5 per le istruzioni su come calcolare le portate per questa opzione;
 - ii) tarare ogni CFV secondo le disposizioni del presente punto e dell'allegato 5. Cfr. l'allegato 5 per le istruzioni su come calcolare le portate per questa opzione.

8.1.8.4.4. Taratura dell'SSV

Un tubo di Venturi subsonico (SSV) è tarato per determinare il coefficiente di taratura, C_d , per l'intervallo previsto di pressioni all'ingresso. Il flussometro dell'SSV deve essere tarato nel modo seguente:

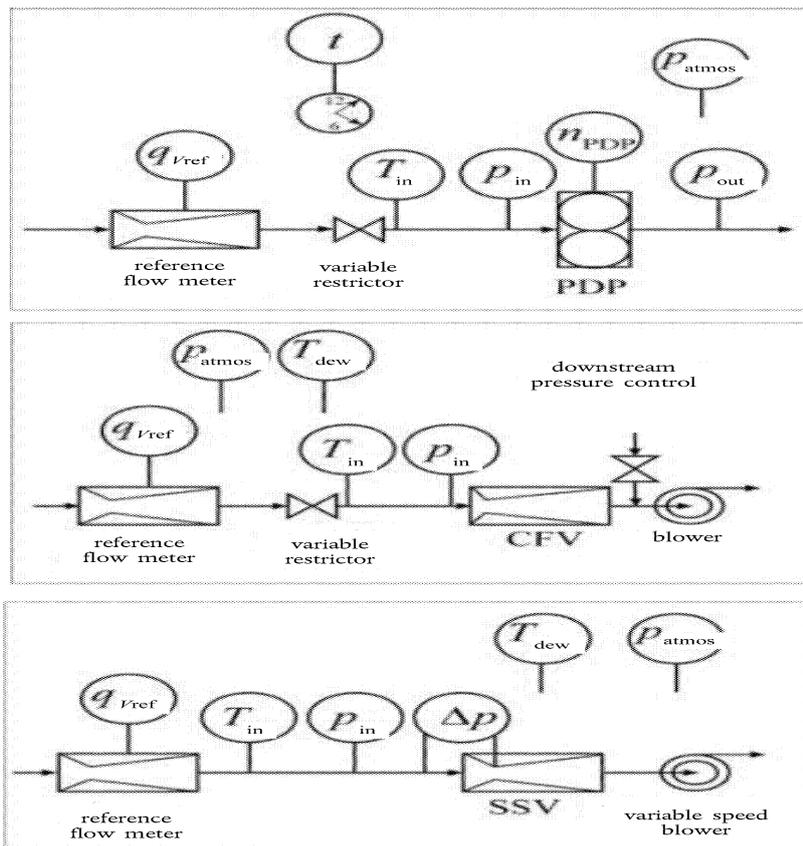
- a) collegare il sistema conformemente alla figura A.4-4;
- b) avviare il compressore a valle dell'SSV;
- c) le perdite tra il flussometro di taratura e l'SSV devono essere inferiori allo 0,3 % del flusso totale al restringimento più alto;
- d) durante il funzionamento dell'SSV deve essere mantenuta una temperatura costante all'ingresso dell'SSV pari a ± 2 % della media assoluta della temperatura all'ingresso, T_{in} ;
- e) regolare il limitatore o il compressore a velocità variabile a una portata superiore alla portata maggiore prevista durante le prove. Le portate non possono essere estrapolate oltre i valori tarati, quindi si raccomanda di accertarsi che un numero Reynolds, Re , alla gola dell'SSV, alla portata tarata massima, sia superiore al massimo Re previsto durante le prove;
- f) far funzionare l'SSV per almeno 3 minuti per stabilizzare il sistema. Continuando a far funzionare l'SSV, registrare i valori medi di almeno 30 secondi dei dati campionati di ognuna delle seguenti quantità:
 - i) la portata media del flussometro di riferimento, \bar{q}_{Vref} ;
 - ii) in alternativa, il punto di rugiada medio dell'aria di taratura, T_{dew} . Cfr. l'allegato 5 per le ipotesi consentite;
 - iii) la temperatura media all'ingresso del tubo di Venturi, T_{in} ;
 - iv) la pressione statica assoluta media all'ingresso del tubo di Venturi, p_{in} ;
 - v) la pressione differenziale statica tra la pressione statica all'ingresso del tubo di Venturi e la pressione statica alla gola del tubo di Venturi, Δp_{SSV} ;
- g) chiudere gradualmente il limitatore o diminuire la velocità del compressore per ridurre la portata;
- h) ripetere le fasi di cui alle lettere f) e g) del presente punto per registrare i dati per almeno dieci portate;

- i) determinare una forma funzionale di C_d rispetto a Re usando i dati raccolti e le equazioni di cui all'allegato 5, appendici A.1 e A.2;
- j) verificare la taratura eseguendo una verifica CVS (p. es. controllo del propano) conformemente al punto 8.1.8.5 del presente allegato, usando la nuova equazione di C_d rispetto a Re ;
- k) l'SSV va utilizzato solo tra le portate tarate minima e massima;
- l) utilizzare le equazioni di cui all'allegato 5, appendice A.1 (approccio basato sulla massa), o allegato 5, appendice A.2 (approccio basato sulla mole), per determinare il flusso dell'SSV nel corso della prova;

8.1.8.4.5. Taratura ultrasonica (riservato)

Figura A.4-4

Diagrammi schematici per la taratura del CVS per i gas di scarico diluiti



8.1.8.5. Verifica del CVS e del sistema di campionamento per lotti (controllo del propano)

8.1.8.5.1. Introduzione

- a) Il controllo del propano serve come verifica del CVS per determinare se vi siano discrepanze tra i valori misurati del flusso dei gas di scarico diluiti. Serve anche come verifica del campionatore per lotti per determinare se vi siano discrepanze nel sistema di campionamento per lotti che estrae un campione da un dispositivo CVS, come descritto alla lettera f) del presente punto. In base alla buona pratica ingegneristica e alle prassi di sicurezza, questo controllo può essere eseguito usando un gas diverso dal propano, come CO_2 o CO . Un controllo del propano non riuscito potrebbe essere indice di uno o più problemi che potrebbero richiedere misure correttive, come i seguenti:
- i) taratura errata dell'analizzatore. L'analizzatore FID deve essere ritarato, riparato o sostituito;
 - ii) deve essere effettuato un controllo delle perdite sul tunnel del CVS, sui collegamenti, sui fissaggi e sul sistema di campionamento degli HC in conformità al punto 8.1.8.7 del presente allegato;
 - iii) deve essere eseguita la verifica della cattiva miscelazione conformemente al punto 9.2.2 del presente allegato;
 - iv) deve essere eseguita la verifica della contaminazione da idrocarburi del sistema di campionamento conformemente al punto 7.3.1.3 del presente allegato;
 - v) modifica della taratura del dispositivo CVS. Deve essere eseguita una taratura in loco del flussometro del CVS conformemente al punto 8.1.8.4 del presente allegato;
 - vi) altri problemi con il dispositivo CVS o con l'hardware o software di verifica del campionamento. Si devono ispezionare il sistema del CVS, l'hardware e il software di verifica del CVS per individuare eventuali discrepanze;
- b) il controllo del propano impiega una massa di riferimento o una portata di riferimento di C_3H_8 come gas tracciante nel dispositivo CVS. Se si usa una portata di riferimento, è necessario tenere conto di eventuali comportamenti non ideali del gas C_3H_8 nel flussometro di riferimento. Cfr. l'allegato 5, appendice A.1 (approccio basato sulla massa), o appendice A.2 (approccio basato sulla mole) per istruzioni su come tarare e usare determinati flussometri. Non sono ammesse ipotesi di gas ideale al punto 8.1.8.5 e nell'allegato 5. Con il controllo del propano si mette a confronto la massa calcolata del C_3H_8 , iniettato usando le misurazioni degli HC e le misurazioni della portata del CVS, con il valore di riferimento.

8.1.8.5.2. Metodo di introduzione di una quantità nota di propano nel sistema del CVS

L'esattezza dell'intero sistema di campionamento e di analisi del CVS deve essere determinata introducendo nel sistema, funzionante in condizioni normali, una massa nota di un gas inquinante. L'inquinante va analizzato e la massa calcolata conformemente all'allegato 5. Deve essere utilizzata una delle due tecniche indicate di seguito:

- a) misurazione mediante tecnica gravimetrica, che si esegue nel modo seguente: determinare, con un'accuratezza pari a $\pm 0,01$ g, il peso di una piccola bombola riempita di monossido di carbonio o propano. Far funzionare per circa 5-10 minuti il sistema del CVS come nella normale prova delle emissioni di gas di scarico iniettando monossido di carbonio o propano nel sistema. Determinare quindi la quantità di gas puro introdotto nel sistema mediante pesata differenziale. Analizzare un campione di gas con l'apparecchiatura consueta (metodo con sacchetto di campionamento o integrazione) e calcolare la massa del gas;
- b) misurazione gravimetrica con un orifizio di flusso critico, che si esegue nel modo seguente: introdurre nel sistema CVS una quantità nota di gas puro (monossido di carbonio o propano) attraverso un orifizio a flusso critico tarato. Se la pressione di immissione è sufficientemente elevata, la portata, che viene regolata mediante l'orifizio a flusso critico, è indipendente dalla pressione di uscita dall'orifizio (flusso critico). Far funzionare per circa 5-10 minuti il sistema del CVS come nella normale prova delle emissioni di gas di scarico. Analizzare un campione di gas con l'apparecchiatura consueta (metodo con sacchetto di campionamento o integrazione) e calcolare la massa del gas.

8.1.8.5.3. Preparazione del controllo del propano

Il controllo del propano deve essere preparato come segue:

- a) se si usa la massa di riferimento di C_3H_8 invece della portata di riferimento, si deve ottenere un cilindro carico di C_3H_8 . Determinare la massa del cilindro di riferimento di C_3H_8 entro $\pm 0,5\%$ della quantità di C_3H_8 che si prevede di usare;
- b) selezionare portate appropriate per il CVS e il C_3H_8 ;
- c) selezionare un punto di iniezione del C_3H_8 nel CVS. Il punto di iniezione deve trovarsi il più vicino possibile al punto in cui il sistema dei gas di scarico del motore si immette nel CVS. Collegare il cilindro carico di C_3H_8 al sistema di iniezione;
- d) mettere in funzione il CVS e stabilizzarlo;
- e) gli eventuali scambiatori di calore nel sistema di campionamento vanno preriscaldati o preraffreddati;
- f) consentire ai componenti riscaldati o raffreddati quali linee, filtri, refrigeranti e pompe di stabilizzarsi alle rispettive temperature di funzionamento;
- g) se del caso, effettuare una verifica dell'integrità dal lato in depressione sul sistema di campionamento degli HC conformemente al punto 8.1.8.7.

8.1.8.5.4. Preparazione del sistema di campionamento degli HC per il controllo del propano

La verifica dell'integrità dal lato in depressione del sistema di campionamento degli HC può essere eseguita conformemente alla lettera g) del presente punto. Se si adopera questa procedura, si può usare anche la procedura di contaminazione degli HC di cui al punto 7.3.1.3. Se la verifica dell'integrità dal lato in depressione non è eseguita secondo la lettera g), il sistema di campionamento degli HC deve sottoposto a taratura dello zero e dello span e verificato per la contaminazione nel modo seguente:

- a) selezionare il più basso intervallo dell'analizzatore degli HC in grado di misurare la concentrazione di C_3H_8 prevista per le portate di CVS e C_3H_8 ;
- b) tarare lo zero dell'analizzatore degli HC usando l'aria di zero introdotta nel raccordo di entrata dell'analizzatore;
- c) tarare lo span dell'analizzatore degli HC usando il gas di span C_3H_8 , che deve essere introdotto nel raccordo di entrata dell'analizzatore;
- d) far traboccare l'aria di zero alla sonda degli HC o in un raccordo tra la sonda dell'HC e il condotto di trasferimento;
- e) misurare la concentrazione stabile di HC del sistema di campionamento degli HC mentre trabocca l'aria di zero in eccesso. Per la misurazione di HC per lotti, riempire il contenitore del lotto (ad es. un sacchetto) e misurare la concentrazione del flusso di traboccamento degli HC;
- f) se la concentrazione del flusso di traboccamento degli HC supera $2\ \mu\text{mol/mol}$, non è possibile continuare la procedura finché non è stata eliminata la contaminazione. Determinare la fonte della contaminazione e prendere provvedimenti correttivi, quali la pulizia del sistema o la sostituzione delle parti contaminate;
- g) se la concentrazione del flusso di traboccamento degli HC non supera $2\ \mu\text{mol/mol}$, registrare questo valore come x_{HCinit} e utilizzarlo per correggere la contaminazione degli HC conformemente all'allegato 5, appendice A.1 (approccio basato sulla massa) o appendice A.2 (approccio basato sulla mole).

8.1.8.5.5. Esecuzione del controllo del propano

- a) Il controllo del propano deve essere eseguito come segue:
 - i) per il campionamento degli HC per lotti, collegare dispositivi di stoccaggio puliti, quali sacchetti svuotati;

- ii) avviare tutti gli strumenti di misurazione degli HC secondo le istruzioni del costruttore;
 - iii) se è prevista la correzione delle concentrazioni di fondo degli HC nell'aria di diluizione, misurare e registrare gli HC di fondo nell'aria di diluizione;
 - iv) tarare lo zero di eventuali dispositivi di integrazione.
 - v) avviare il campionamento e gli eventuali integratori di flusso;
 - vi) rilasciare il C_3H_8 alla portata selezionata. Se si usa la portata di riferimento di C_3H_8 , avviare l'integrazione di questa portata;
 - vii) continuare a rilasciare il C_3H_8 fino a che non è stata rilasciata una quantità almeno sufficiente a garantire una quantificazione precisa del C_3H_8 di riferimento e del C_3H_8 misurato;
 - viii) chiudere il cilindro carico di C_3H_8 e continuare il campionamento fino a tenere conto di ritardi temporali dovuti al trasporto del campione e alla risposta dell'analizzatore;
 - ix) concludere il campionamento e disinnescare gli eventuali integratori;
- b) in caso di misurazione con un orificio a flusso critico è possibile applicare la seguente procedura per il controllo del propano in alternativa al metodo di cui al punto precedente:
- i) per il campionamento degli HC per lotti, collegare dispositivi di stoccaggio puliti, quali sacchetti svuotati;
 - ii) avviare tutti gli strumenti di misurazione degli HC secondo le istruzioni del costruttore;
 - iii) se è prevista la correzione delle concentrazioni di fondo degli HC nell'aria di diluizione, misurare e registrare gli HC di fondo nell'aria di diluizione;
 - iv) tarare lo zero di eventuali dispositivi di integrazione.
 - v) rilasciare il contenuto del cilindro di riferimento di C_3H_8 alla velocità selezionata;
 - vi) avviare il campionamento e gli eventuali integratori di flusso dopo aver confermato che la concentrazione di HC è stabile;
 - vii) continuare a rilasciare il contenuto del cilindro fino a che non è stata rilasciata una quantità di C_3H_8 almeno sufficiente a garantire una quantificazione precisa del C_3H_8 di riferimento e del C_3H_8 misurato;
 - viii) fermare gli integratori;
 - ix) chiudere il cilindro di riferimento del C_3H_8 .

8.1.8.5.6. Valutazione del controllo del propano

Dopo la prova, effettuare le seguenti operazioni:

- a) se è stato usato il campionamento per lotti, analizzare i campioni per lotti quanto prima;
- b) dopo l'analisi degli HC, effettuare le correzioni per la contaminazione e il fondo;
- c) calcolare la massa totale di C_3H_8 in base ai dati del CVS e degli HC conformemente alle disposizioni dell'allegato 5, usando la massa molare di C_3H_8 , $M_{C_3H_8}$, invece della massa molare effettiva degli HC, M_{HC} ;

- d) se si usa una massa di riferimento (tecnica gravimetrica), determinare la massa del propano del cilindro con un'accuratezza di $\pm 0,5\%$ e la massa di riferimento di C_3H_8 sottraendo la massa di propano del cilindro vuoto dalla massa di propano del cilindro pieno. Se si usa un orifizio a flusso critico (misurazione con un orifizio a flusso critico), determinare la massa di propano moltiplicando la portata per il tempo della prova;
- e) sottrarre la massa di riferimento di C_3H_8 dalla massa calcolata. Se la differenza corrisponde a $\pm 3,0\%$ della massa di riferimento, il CVS supera questa verifica.

8.1.8.5.7. Verifica del sistema di diluizione secondaria del PM

Se il controllo del propano deve essere ripetuto per verificare il sistema di diluizione secondaria, si applica la seguente procedura dalla lettera a) alla lettera d):

- a) configurare il sistema di campionamento degli HC per estrarre un campione vicino ai dispositivi di stoccaggio del campionatore per lotti (ad es. un filtro antiparticolato). Se la pressione assoluta in questo punto è troppo bassa per estrarre un campione di HC, è possibile campionare gli HC dallo scarico della pompa del campionatore per lotti. Occorre cautela per il campionamento dallo scarico della pompa perché una perdita a valle del flussometro di un campionatore per lotti, che in circostanze normali sarebbe accettabile, potrebbe causare un falso errore nel controllo del propano;
- b) ripetere il controllo del propano come descritto in questo punto, campionando gli HC dal campionatore per lotti;
- c) calcolare la massa di C_3H_8 tenendo conto di un'eventuale diluizione secondaria dal campionatore per lotti;
- d) sottrarre la massa di riferimento di C_3H_8 dalla massa calcolata. Se la differenza corrisponde a $\pm 5\%$ della massa di riferimento, il campionatore per lotti supera questa verifica. In caso contrario devono essere presi provvedimenti correttivi.

8.1.8.5.8. Verifica dell'essiccatore del campione

Se si usa un sensore dell'umidità per il monitoraggio continuo del punto di rugiada all'uscita dell'essiccatore del campione, questo controllo non si applica purché sia garantito che l'umidità all'uscita dell'essiccatore è inferiore ai valori minimi usati per i controlli di attenuazione, interferenza e compensazione.

- a) Se per rimuovere l'acqua dal gas campione si utilizza un essiccatore del campione come consentito al punto 9.3.2.3.1 del presente allegato, la prestazione del dispositivo di raffreddamento termico deve essere verificata al momento dell'installazione e dopo manutenzioni importanti. Per gli essiccatori a membrana osmotica la prestazione deve essere verificata al momento dell'installazione, dopo manutenzioni importanti ed entro 35 giorni dalla prova;
- b) l'acqua può inibire la capacità dell'analizzatore di misurare correttamente il componente d'interesse dei gas di scarico; pertanto l'acqua, talvolta, viene rimossa prima che il gas campione raggiunga l'analizzatore. Ad esempio, l'acqua può interferire negativamente sulla risposta agli NO_x di un analizzatore CLD mediante un'attenuazione di collisione e può interferire positivamente su un analizzatore NDIR causando una risposta simile al CO;
- c) l'essiccatore del campione deve soddisfare le specifiche di cui al punto 9.3.2.3.1 del presente allegato per il punto di rugiada, T_{dew} , e la pressione assoluta, p_{total} , a valle dell'essiccatore a membrana osmotica o del dispositivo di raffreddamento;
- d) occorre applicare la seguente procedura di verifica dell'essiccatore del campione per determinarne la prestazione; in alternativa deve essere elaborato un protocollo diverso in base alla buona pratica ingegneristica:
 - i) effettuare i collegamenti necessari mediante tubature in politetrafluoroetilene («PTFE») o in acciaio inossidabile;
 - ii) umidificare l' N_2 o l'aria purificata facendola gorgogliare attraverso l'acqua distillata in un dispositivo sigillato che umidifichi il gas al punto di rugiada più alto del campione stimato durante il campionamento delle emissioni;
 - iii) introdurre il gas umidificato a monte dell'essiccatore;

- iv) mantenere la temperatura del gas umidificato a valle del dispositivo almeno a 5 K (5 °C) al di sopra del suo punto di rugiada;
- v) misurare il punto di rugiada del gas umidificato, T_{dew} , e la pressione, p_{total} , il più possibile vicino all'ingresso dell'essiccatore per verificare che il punto di rugiada sia il più alto stimato durante il campionamento delle emissioni;
- vi) misurare il punto di rugiada del gas umidificato, T_{dew} , e la pressione, p_{total} , il più vicino possibile all'uscita dell'essiccatore;
- vii) l'essiccatore del campione supera la verifica se il risultato della lettera d), punto vi), del presente punto è inferiore al punto di rugiada corrispondente alle specifiche dell'essiccatore determinate conformemente al punto 9.3.2.3.1 del presente allegato più 2 K (+2 °C), oppure se la frazione molare di cui alla lettera d), punto vi), è inferiore alle corrispondenti specifiche dell'essiccatore più 0,002 mol/mol o 0,2 % in volume. Si noti che per questa verifica il punto di rugiada del campione è espresso in temperatura assoluta, Kelvin.

8.1.8.6. Taratura periodica del flusso parziale di PM e dei sistemi di misurazione associati dei gas di scarico grezzi

8.1.8.6.1. Specifiche per la misurazione differenziale del flusso

Affinché i sistemi di diluizione a flusso parziale estraggano un campione proporzionale dei gas di scarico grezzi è particolarmente importante l'accuratezza del flusso del campione q_{mp} , se la misurazione non è effettuata direttamente ma mediante misurazione differenziale del flusso illustrato nell'equazione (A.4-20):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} \quad (A.4-20)$$

dove:

q_{mp} = portata massica dei gas di scarico campione in ingresso nel sistema di diluizione a flusso parziale

q_{mdw} = portata massica dell'aria di diluizione (su umido)

q_{mdew} = portata massica dei gas di scarico diluiti su umido

In questo caso l'errore massimo della differenza deve essere tale che l'accuratezza di q_{mp} corrisponda a $\pm 5\%$ quando il rapporto di diluizione è inferiore a 15. Questo valore può essere calcolato dalla radice quadrata degli errori medi di ciascuno strumento.

È possibile ottenere un valore accettabile di accuratezza per q_{mp} con uno dei seguenti metodi:

- a) l'accuratezza assoluta di q_{mdew} e q_{mdw} è $\pm 0,2\%$, il che garantisce per q_{mp} un'accuratezza $\leq 5\%$ con un rapporto di diluizione di 15. Nel caso di rapporti di diluizione più elevati, tuttavia, gli errori saranno maggiori;
- b) la taratura di q_{mdw} rispetto a q_{mdew} è effettuata in modo da ottenere per q_{mp} la stessa accuratezza di cui alla lettera a). Cfr. punto 8.1.8.6.2 del presente allegato;
- c) l'accuratezza di q_{mp} è determinata indirettamente dall'accuratezza del rapporto di diluizione determinato utilizzando un gas tracciante, ad esempio CO_2 . Per q_{mp} è richiesta un'accuratezza equivalente a quella indicata alla lettera a);
- d) l'accuratezza assoluta di q_{mdew} e q_{mdw} non supera $\pm 2\%$ del fondo scala, l'errore massimo di calcolo della differenza tra q_{mdew} e q_{mdw} non supera $0,2\%$ e l'errore di linearità non supera $\pm 0,2\%$ del valore più alto di q_{mdew} osservato durante la prova.

8.1.8.6.2. Taratura della misurazione differenziale del flusso

Il sistema di diluizione a flusso parziale per prelevare un campione proporzionale dei gas di scarico grezzi deve essere tarato periodicamente con un flussometro preciso tracciabile secondo gli standard internazionali e/o nazionali. La taratura del flussometro o della strumentazione per la misurazione del flusso deve essere effettuata mediante una delle procedure indicate di seguito, in modo che il flusso della sonda q_{mp} nel tunnel soddisfi i requisiti di accuratezza previsti dal punto 8.1.8.6.1 del presente allegato.

- a) Collegare in serie il flussometro per q_{mdw} al flussometro per q_{mdew} , tarare la differenza tra i due flussometri per almeno 5 punti fissi con valori di flusso equidistanti tra il valore più basso di q_{mdw} utilizzato durante la prova e il valore di q_{mdew} utilizzato durante la prova. Il tunnel di diluizione può essere bypassato.

- b) Collegare in serie un dispositivo tarato al flussometro per q_{mdew} e controllare l'accuratezza per il valore utilizzato nella prova. Collegare quindi in serie il dispositivo tarato al flussometro per q_{mdw} e controllare l'accuratezza per almeno cinque regolazioni corrispondenti a rapporti di diluizione tra 3 e 15 rispetto al valore di q_{mdew} utilizzato nel corso della prova.
- c) Scollegare il condotto di trasferimento TL (cfr. figura A.4-5) dal sistema di scarico e collegarlo a un dispositivo tarato per la misurazione del flusso con un campo adeguato per misurare q_{mp} . Regolare il valore di q_{mdew} sul valore utilizzato nel corso della prova e quello di q_{mdw} sequenzialmente su almeno cinque valori corrispondenti a rapporti di diluizione tra 3 e 15. In alternativa è possibile disporre un percorso speciale del flusso di taratura che bypassa il tunnel, ma nel quale l'aria totale e l'aria di diluizione passano attraverso i corrispondenti flussometri come nella prova vera e propria.
- d) Immettere un gas tracciante nel condotto di trasferimento dei gas di scarico TL. Tale gas tracciante può essere un componente dei gas di scarico, come CO_2 o NO_x . Dopo la diluizione nel tunnel, misurare il gas tracciante. Ripetere questa operazione per cinque rapporti di diluizione tra 3 e 15. Determinare l'accuratezza del flusso del campione a partire dal rapporto di diluizione r_d con l'equazione (A.4-21):

$$q_{mp} = q_{mdew} / r_d \quad (A.4-21)$$

Per garantire l'accuratezza di q_{mp} occorre tenere conto dell'accuratezza degli analizzatori di gas.

8.1.8.6.3. Prescrizioni specifiche per la misurazione differenziale del flusso

Si raccomanda vivamente di effettuare un controllo del flusso di carbonio utilizzando i gas di scarico reali per individuare eventuali problemi di misurazione e di controllo e per verificare il corretto funzionamento del sistema a flusso parziale. È opportuno verificare il flusso di carbonio almeno ogni volta che viene montato un nuovo motore o che si verificano cambiamenti significativi nella configurazione della camera di prova.

Il motore deve funzionare al regime e al carico di coppia massima o in qualsiasi altra modalità stazionaria che produca almeno il 5 % di CO_2 . Il sistema di campionamento a flusso parziale va utilizzato con un fattore di diluizione di 15 a 1.

Se si effettua il controllo del flusso di carbonio, seguire la procedura di cui all'allegato 4, appendice A.4. Le portate del carbonio devono essere calcolate utilizzando le equazioni di cui all'allegato 4, appendice A.4. Le portate del carbonio devono coincidere tra loro con una differenza massima pari al 5 %.

8.1.8.6.3.1. Verifica preliminare

Al massimo due ore prima della prova deve essere eseguita la verifica preliminare descritta di seguito.

L'accuratezza dei flussometri deve essere controllata con lo stesso metodo usato per la taratura (cfr. punto 8.1.8.6.2 del presente allegato) per almeno due punti, inclusi i valori del flusso di q_{mdw} corrispondenti a rapporti di diluizione compresi tra 5 e 15 per il valore di q_{mdew} utilizzato nel corso della prova.

Se la documentazione relativa alla procedura di taratura di cui al punto 8.1.8.6.2 del presente allegato dimostra che la taratura del flussometro è stabile per un periodo di tempo più lungo, la verifica preliminare può essere omessa.

8.1.8.6.3.2. Determinazione del tempo di trasformazione

Le regolazioni del sistema per la valutazione del tempo di trasformazione devono essere identiche a quelle usate per la misurazione nel corso della prova. Per determinare il tempo di trasformazione, di cui alla figura A.5-1, utilizzare il metodo descritto di seguito.

Collegare in serie a una sonda nelle immediate vicinanze un flussometro di riferimento indipendente, con un intervallo di misurazione adeguato alla portata della sonda. Il flussometro deve avere un tempo di trasformazione inferiore a 100 ms per le dimensioni del gradino di flusso utilizzate ai fini della misurazione del tempo di risposta. La limitazione del flusso deve essere sufficientemente bassa da non causare ripercussioni sulle prestazioni dinamiche del sistema di diluizione a flusso parziale secondo la buona pratica ingegneristica. Introdurre una variazione a gradino all'immissione del flusso dei gas di scarico (o del flusso dell'aria, se si sta calcolando la portata dei gas di scarico) del sistema di diluizione a flusso parziale, partendo da una portata bassa per arrivare almeno al 90 % del fondo scala. Il segnale di innesto della variazione a gradino deve essere lo stesso utilizzato per avviare il controllo *look-ahead* nella prova vera e propria. Registrare il segnale di aumento del flusso dei gas di scarico e la risposta del flussometro con una frequenza di campionamento di almeno 10 Hz.

Dai dati così raccolti è possibile ricavare il tempo di trasformazione per il sistema di diluizione a flusso parziale: si tratta dell'intervallo di tempo che intercorre tra l'innescò dell'impulso a gradino fino al raggiungimento del punto corrispondente al 50 % della risposta del flussometro. In modo analogo si determinano i tempi di trasformazione del segnale q_{mp} (flusso campione dei gas di scarico nel sistema di diluizione a flusso parziale) e del segnale $q_{mew,i}$ (portata massica dei gas di scarico su umido fornita dal flussometro dello scarico). Questi segnali sono utilizzati nelle verifiche di regressione eseguite alla fine di ogni prova (cfr. punto 8.2.1.2 del presente allegato).

Ripetere il calcolo per almeno cinque segnali di salita e di discesa e fare la media dei risultati ottenuti. Sottrarre al valore ottenuto il tempo di trasformazione interno (< 100 ms) del flussometro di riferimento. Se è richiesto un controllo predittivo (*look-ahead*), il valore predittivo del sistema di diluizione a flusso parziale deve essere utilizzato come indicato al punto 8.2.1.2 del presente allegato.

8.1.8.7. Verifica dell'integrità dal lato in depressione

8.1.8.7.1. Campo di applicazione e frequenza

Al momento del montaggio iniziale del sistema di campionamento, dopo manutenzioni importanti come la sostituzione dei prefiltri ed entro le 8 ore precedenti ogni sequenza di un ciclo di lavoro si deve verificare che non vi siano perdite importanti dal lato in depressione con una delle prove descritte al presente punto. La verifica non si applica alla parte di flusso pieno di un sistema di diluizione del CVS.

8.1.8.7.2. Principi di misurazione

Una perdita può essere individuata misurando una piccola quantità di flusso quando ci dovrebbe essere un flusso zero, individuando la diluizione di una concentrazione nota di gas di span quando fluisce attraverso il lato in depressione di un sistema di campionamento oppure misurando l'aumento di pressione di un sistema evacuato.

8.1.8.7.3. Verifica della tenuta a flusso ridotto

Per escludere le perdite a flusso ridotto il sistema di campionamento deve essere verificato nel modo seguente:

- a) sigillare l'estremità del sistema dove si trova la sonda in uno dei modi seguenti:
 - i) coprire o chiudere la punta della sonda di campionamento;
 - ii) scollegare il condotto di trasferimento alla sonda e coprire o chiudere tale area;
 - iii) chiudere la valvola a tenuta stagna in linea tra la sonda e il condotto di trasferimento;
- b) mettere in funzione tutte le pompe del vuoto. Dopo la stabilizzazione, verificare che il flusso attraverso il lato in depressione del sistema di campionamento sia inferiore allo 0,5 % della portata normale del sistema in uso. I flussi tipici dell'analizzatore e del bypass possono essere stimati come un'approssimazione della portata normale in uso del sistema.

8.1.8.7.4. Verifica della tenuta mediante diluizione del gas di span

Per questa prova è possibile utilizzare qualsiasi analizzatore di gas. Se per questa prova si utilizza un FID, è necessario correggere l'eventuale contaminazione da HC nel sistema di campionamento conformemente alle disposizioni dell'allegato 5, appendici A.1 e A.2, relativamente alla determinazione degli HC. È possibile evitare risultati fuorvianti usando solo analizzatori con una ripetibilità dello 0,5 %, o migliore, alla concentrazione di gas di span usata per la prova. La verifica dell'integrità dal lato in depressione deve essere eseguita come segue:

- a) preparare l'analizzatore di gas nel modo in cui viene preparato per la prova delle emissioni;
- b) fornire il gas di span al raccordo di entrata dell'analizzatore e verificare che la concentrazione del gas di span sia misurata con l'accuratezza di misurazione e la ripetibilità previste;
- c) inviare il gas di span traboccato a uno dei seguenti siti nel sistema di campionamento:
 - i) alla punta della sonda di campionamento;
 - ii) alla parte aperta del condotto di trasferimento, dopo aver scollegato il condotto di trasferimento alla sonda e fatto traboccare il gas di span;

- iii) alla valvola a tre vie installata in linea tra la sonda e il condotto di trasferimento;
- d) verificare che la concentrazione misurata del gas di span traboccato corrisponda a $\pm 0,5\%$ della concentrazione del gas di span. Un valore misurato più basso del previsto indica una perdita, ma un valore più alto del previsto potrebbe indicare un problema con il gas di span o con l'analizzatore stesso. Un valore misurato più alto del previsto non è indice di una perdita.

8.1.8.7.5. Verifica dell'integrità con il metodo del decadimento del vuoto (*vacuum decay*)

Per eseguire questa prova si applica un vuoto al volume del lato in depressione del sistema di campionamento e si osserva la portata della perdita come un degrado del vuoto applicato. Ai fini di questa prova, il volume del lato in depressione del sistema di campionamento deve corrispondere a $\pm 10\%$ del suo volume effettivo. Gli strumenti di misurazione utilizzati devono soddisfare le specifiche di cui ai punti 8.1 e 9.4.

La verifica dell'integrità con il metodo del decadimento del vuoto deve essere eseguita come segue:

- a) sigillare il sistema dal lato della sonda il più vicino possibile all'apertura della sonda mediante uno dei metodi seguenti:
 - i) coprire o chiudere la punta della sonda di campionamento;
 - ii) scollegare il condotto di trasferimento alla sonda e coprire o chiudere tale condotto;
 - iii) chiudere la valvola a tenuta stagna in linea tra la sonda e il condotto di trasferimento;
- b) mettere in funzione tutte le pompe del vuoto. Deve essere generato un vuoto rappresentativo delle normali condizioni di funzionamento. Nel caso dei sacchetti di campionamento si raccomanda di eseguire due volte la normale procedura di svuotamento del sacchetto di campionamento in modo da minimizzare i volumi intrappolati;
- c) spegnere le pompe di campionamento e sigillare il sistema. Misurare e registrare la pressione assoluta del gas intrappolato e, facoltativamente, la temperatura assoluta del sistema. Attendere un tempo sufficiente a consentire la stabilizzazione di eventuali elementi transitori; attendere inoltre finché una perdita dello $0,5\%$ abbia causato una variazione di pressione pari ad almeno 10 volte la risoluzione del trasduttore di pressione. Registrare nuovamente i valori della pressione e, facoltativamente, della temperatura;
- d) calcolare la portata della perdita in base al valore ipotetico di zero per i volumi svuotati dei sacchetti e ai valori noti del volume del sistema di campionamento, delle pressioni iniziale e finale, delle temperature facoltative e del tempo trascorso. Verificare che la portata della perdita dovuta al decadimento del vuoto sia inferiore allo $0,5\%$ della portata normale del sistema in uso con l'equazione (A.4-22):

$$q_{V_{leak}} = \frac{V_{vac}}{R} * \frac{\left(\frac{P_2}{T_2} - \frac{P_1}{T_1} \right)}{(t_2 - t_1)} \quad (A.4-22)$$

dove:

$q_{V_{leak}}$ = portata del degrado del vuoto [mol/s]

V_{vac} = volume geometrico del lato in depressione del sistema di campionamento [m³]

R = costante del gas molare [J/(mol·K)]

P_2 = pressione assoluta sul lato in depressione nell'istante t_2 [Pa]

T_2 = temperatura assoluta sul lato in depressione nell'istante t_2 [K]

P_1 = pressione assoluta sul lato in depressione nell'istante t_1 [Pa]

T_1 = temperatura assoluta sul lato in depressione nell'istante t_1 [K]

t_2 = istante in cui termina la verifica della tenuta con il metodo del decadimento del vuoto [s]

t_1 = istante in cui inizia la verifica della tenuta con il metodo del decadimento del vuoto [s]

8.1.9. Misurazioni di CO e CO₂8.1.9.1. Verifica dell'interferenza di H₂O per gli analizzatori NDIR di CO₂

8.1.9.1.1. Campo di applicazione e frequenza

Se il CO₂ è misurato con un analizzatore NDIR, la quantità dell'interferenza di H₂O deve essere verificata dopo il montaggio iniziale dell'analizzatore e dopo manutenzioni importanti.

8.1.9.1.2. Principi di misurazione

L'H₂O può interferire con la risposta di un analizzatore NDIR al CO₂. Se l'analizzatore NDIR usa algoritmi di compensazione che utilizzano le misurazioni di altri gas per soddisfare la verifica dell'interferenza, tali misurazioni vanno eseguite contemporaneamente per provare gli algoritmi di compensazione durante la verifica dell'interferenza dell'analizzatore.

8.1.9.1.3. Requisiti di sistema

Un analizzatore NDIR di CO₂ deve avere un'interferenza dell'H₂O pari a $(0,0 \pm 0,4)$ mmol/mol (della concentrazione media di CO₂ prevista).

8.1.9.1.4. Procedura

La verifica dell'interferenza deve essere eseguita nel modo seguente:

- a) avviare e far funzionare l'analizzatore NDIR di CO₂, e tararne lo zero e lo span, come si fa abitualmente prima di una prova delle emissioni;
- b) creare un gas di prova umidificato facendo gorgogliare aria di zero conforme alle specifiche del punto 9.5.1 del presente allegato attraverso acqua distillata in un dispositivo sigillato. Se il campione non viene passato attraverso un essiccatore, controllare la temperatura del dispositivo per generare un livello di H₂O nel gas di prova almeno pari al massimo previsto durante la prova. Se durante la prova il campione viene passato attraverso un essiccatore, controllare la temperatura del dispositivo per generare un livello di H₂O nel gas di prova almeno pari al massimo previsto all'uscita dell'essiccatore, nel rispetto delle prescrizioni di cui al punto 9.3.2.3.1.1 del presente allegato;
- c) mantenere la temperatura del gas di prova umidificato a valle del dispositivo almeno 5 °K (5 °C) al di sopra del suo punto di rugiada a valle del dispositivo;
- d) introdurre il gas di prova umidificato nel sistema di campionamento. Il gas di prova umidificato può essere introdotto a valle di un eventuale essiccatore del campione che sia usato durante la prova;
- e) misurare la frazione molare dell'acqua, $x_{\text{H}_2\text{O}}$, del gas di prova umidificato il più vicino possibile all'ingresso dell'analizzatore. Ad esempio, per calcolare $x_{\text{H}_2\text{O}}$ devono essere misurati il punto di rugiada, T_{dew} , e la pressione assoluta, P_{total} ;
- f) affidarsi alla buona pratica ingegneristica per evitare la condensazione nei condotti di trasferimento, nei fissaggi o nelle valvole dal punto in cui $x_{\text{H}_2\text{O}}$ è misurato fino all'analizzatore;
- g) attendere il tempo necessario per consentire alla risposta dell'analizzatore di stabilizzarsi. Il tempo di stabilizzazione deve comprendere il tempo necessario a spurgare il condotto di trasferimento e il tempo di risposta dell'analizzatore;
- h) registrare 30 secondi di dati campionati mentre l'analizzatore misura la concentrazione del campione. Calcolare la media aritmetica dei dati. L'analizzatore supera la verifica dell'interferenza se questo valore corrisponde a $(0,0 \pm 0,4)$ mmol/mol.

8.1.9.2. Verifica dell'interferenza di H₂O e CO₂ per gli analizzatori NDIR di CO

8.1.9.2.1. Campo di applicazione e frequenza

Se il CO è misurato con un analizzatore NDIR, la quantità dell'interferenza di H₂O e CO₂ deve essere verificata dopo il montaggio iniziale dell'analizzatore e dopo manutenzioni importanti.

8.1.9.2.2. Principi di misurazione

L'H₂O e il CO₂ possono interferire positivamente con un analizzatore NDIR causando una risposta simile al CO. Se l'analizzatore NDIR usa algoritmi di compensazione che utilizzano le misurazioni di altri gas per soddisfare la verifica dell'interferenza, tali misurazioni vanno eseguite contemporaneamente per provare gli algoritmi di compensazione durante la verifica dell'interferenza dell'analizzatore.

8.1.9.2.3. Requisiti di sistema

Un analizzatore NDIR di CO deve avere un'interferenza combinata di H₂O e CO₂ pari a $\pm 2\%$ della concentrazione media di CO prevista.

8.1.9.2.4. Procedura

La verifica dell'interferenza deve essere eseguita nel modo seguente:

- a) avviare e far funzionare l'analizzatore NDIR di CO, e tararne lo zero e lo span, come si fa abitualmente prima di una prova delle emissioni;
- b) creare un gas di prova CO₂ umidificato facendo gorgogliare un gas di span CO₂ attraverso acqua distillata in un dispositivo sigillato. Se il campione non viene passato attraverso un essiccatore, controllare la temperatura del dispositivo per generare un livello di H₂O almeno pari al massimo previsto durante la prova. Se il campione viene passato attraverso un essiccatore durante la prova, controllare la temperatura del dispositivo per generare un livello di H₂O almeno pari al livello necessario conformemente al punto 9.3.2.3.1 del presente allegato. Usare una concentrazione del gas di span CO₂ almeno pari alla concentrazione massima prevista per le prove;
- c) introdurre il gas di prova CO₂ umidificato nel sistema di campionamento. Il gas di prova CO₂ umidificato può essere introdotto a valle di un essiccatore del campione eventualmente adoperato durante la prova;
- d) misurare la frazione molare dell'acqua, $x_{\text{H}_2\text{O}}$, del gas di prova umidificato il più vicino possibile all'ingresso dell'analizzatore. Ad esempio, per calcolare $x_{\text{H}_2\text{O}}$ devono essere misurati il punto di rugiada, T_{dew} , e la pressione assoluta, P_{total} ;
- e) affidarsi alla buona pratica ingegneristica per evitare la condensazione nei condotti di trasferimento, nei fissaggi o nelle valvole dal punto in cui $x_{\text{H}_2\text{O}}$ è misurato fino all'analizzatore;
- f) attendere il tempo necessario per consentire alla risposta dell'analizzatore di stabilizzarsi;
- g) mentre l'analizzatore misura la concentrazione del campione, registrare 30 secondi di dati campionati. Calcolare la media aritmetica dei dati;
- h) l'analizzatore supera la verifica dell'interferenza se il risultato di cui alla lettera g) del presente punto corrisponde alla tolleranza di cui al punto 8.1.9.2.3 del presente allegato;
- i) è consentito eseguire separatamente le procedure di verifica delle interferenze per CO₂ e H₂O. Se i livelli di CO₂ e H₂O usati sono superiori ai livelli massimi previsti durante le prove, ciascun valore di interferenza rilevato deve essere ridotto moltiplicando l'interferenza rilevata per il rapporto tra la concentrazione massima prevista e il valore effettivo usato nella procedura. È possibile eseguire procedure di verifica delle interferenze separate a concentrazioni di H₂O (fino a un contenuto di H₂O di 0,025 mol/mol) inferiori ai livelli massimi previsti durante le prove, ma il valore di interferenza dell'H₂O rilevato deve essere aumentato moltiplicando l'interferenza rilevata per il rapporto tra la concentrazione massima di H₂O prevista e il valore effettivo usato nella procedura. La somma del valore di interferenza ridotto e del valore aumentato deve corrispondere alla tolleranza di cui al punto 8.1.9.2.3 del presente allegato.

8.1.10. Misurazione degli idrocarburi

8.1.10.1. Ottimizzazione e verifica dell'analizzatore FID

8.1.10.1.1. Campo di applicazione e frequenza

Per tutti gli analizzatori FID, il FID deve essere tarato al momento del montaggio iniziale. La taratura deve essere ripetuta all'occorrenza in base alla buona pratica ingegneristica. Per un FID che misura gli HC deve essere eseguita la seguente procedura:

- a) ottimizzare la risposta del FID ai vari idrocarburi dopo il montaggio iniziale dell'analizzatore e dopo manutenzioni importanti. La risposta del FID al propilene e al toluene deve corrispondere allo 0,9-1,1 rispetto al propano;

- b) determinare il fattore di risposta del FID al metano (CH_4) dopo il montaggio iniziale dell'analizzatore e dopo manutenzioni importanti conformemente al punto 8.1.10.1.4 del presente allegato;
- c) verificare la risposta al metano (CH_4) entro 185 giorni prima della prova.

8.1.10.1.2. Taratura

Affidarsi alla buona pratica ingegneristica per sviluppare una procedura di taratura, basandosi, ad esempio, sulle istruzioni del costruttore dell'analizzatore FID e sulla frequenza raccomandata da quest'ultimo per la taratura del FID. Tarare il FID utilizzando gas di taratura C_3H_8 che soddisfino le specifiche di cui al punto 9.5.1 del presente allegato. La taratura va effettuata su un numero di atomi di carbonio pari a uno (C_1).

8.1.10.1.3. Ottimizzazione della risposta dell'analizzatore FID agli HC

Questa procedura è valida solo per gli analizzatori FID che misurano gli HC.

- a) Seguire le prescrizioni del costruttore e affidarsi alla buona pratica ingegneristica per l'avvio iniziale dello strumento e la regolazione di base usando carburante FID e aria di zero. La temperatura dei FID riscaldati deve rientrare nell'intervallo prescritto. Ottimizzare la risposta del FID per soddisfare i requisiti dei fattori di risposta agli idrocarburi e della verifica di interferenza dell'ossigeno conformemente al punto 8.1.10.1.1, lettera a), e al punto 8.1.10.2 del presente allegato nell'intervallo più comune dell'analizzatore previsto durante la prova delle emissioni. È possibile utilizzare un intervallo dell'analizzatore più elevato secondo le raccomandazioni del costruttore e affidandosi alla buona pratica ingegneristica al fine di ottimizzare il FID in modo accurato, purché l'intervallo comune dell'analizzatore sia inferiore all'intervallo minimo per l'ottimizzazione specificato dal costruttore dello strumento.
- b) La temperatura dei FID riscaldati deve rientrare nell'intervallo prescritto. Ottimizzare la risposta dei FID all'intervallo più comune dell'analizzatore previsto durante la prova delle emissioni. Dopo aver impostato le portate di carburante e di aria del FID raccomandate dal costruttore, introdurre nell'analizzatore un gas di span.
- c) Per l'ottimizzazione effettuare le operazioni previste per le fasi da i) a iv) riportate di seguito oppure seguire la procedura prescritta dal costruttore dello strumento. In alternativa, per l'ottimizzazione si possono seguire le procedure di cui al documento SAE n. 770141:
 - i) determinare la risposta a una data portata di carburante del FID in base alla differenza tra la risposta al gas di span e la risposta al gas di zero;
 - ii) regolare gradualmente la portata del carburante FID al di sopra e al di sotto del valore specificato dal costruttore; registrare le risposte di span e di zero a queste portate di carburante;
 - iii) riportare nel grafico la differenza tra la risposta di span e la risposta di zero e regolare il flusso di carburante sul lato grasso della curva. Questa regolazione rappresenta la regolazione iniziale della portata, che può essere successivamente ottimizzata in base ai risultati dei fattori di risposta agli idrocarburi e del controllo dell'interferenza dell'ossigeno secondo i punti 8.1.10.1.1, lettera a), e 8.1.10.2 del presente allegato;
 - iv) se l'interferenza dell'ossigeno o i fattori di risposta agli idrocarburi non rispettano le specifiche indicate di seguito, il flusso dell'aria deve essere regolato gradualmente al di sopra e al di sotto del valore specificato dal costruttore, ripetendo le procedure dei punti 8.1.10.1.1, lettera a), e 8.1.10.2 del presente allegato per ciascun flusso.
- d) Determinare le portate e/o le pressioni ottimali per il carburante FID e l'aria del bruciatore, campionarle e registrarle come riferimento futuro.

8.1.10.1.4. Determinazione del fattore di risposta dell'analizzatore FID degli HC per il CH_4

Poiché gli analizzatori hanno generalmente una risposta diversa al CH_4 rispetto al C_3H_8 , ciascun fattore di risposta per il CH_4 dell'analizzatore FID degli HC, $RF_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]}$, deve essere determinato dopo l'ottimizzazione del FID. Per i calcoli finalizzati alla determinazione degli HC di cui all'allegato 5, appendice A.2 (approccio basato sulla mole), o all'allegato 5, appendice A.1 (approccio basato sulla massa), deve essere utilizzato l' $RF_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]}$ delle misurazioni più recenti conformemente alle prescrizioni del presente punto al fine di compensare la risposta per il CH_4 . L' $RF_{\text{CH}_4[\text{THC-FID}]}$ si determina nel modo seguente:

- a) selezionare una concentrazione di gas di span C_3H_8 per tarare lo span dell'analizzatore prima della prova delle emissioni. Selezionare solo gas di span che soddisfano le specifiche del punto 9.5.1 del presente allegato e registrare la concentrazione di C_3H_8 nel gas;
- b) selezionare un gas di span CH_4 che soddisfi le specifiche del punto 9.5.1 del presente allegato e registrare la concentrazione di CH_4 nel gas;
- c) mettere in funzione l'analizzatore FID secondo le istruzioni del costruttore;
- d) confermare che l'analizzatore FID è stato tarato usando C_3H_8 . La taratura va effettuata su un numero di atomi di carbonio pari a uno (C_1);
- e) tarare lo zero del FID con un gas di zero usato per la prova delle emissioni;
- f) tarare lo span del FID con il gas di span C_3H_8 selezionato;
- g) introdurre il gas di span CH_4 , selezionato conformemente alle disposizioni della lettera b) del presente punto, all'ingresso di campionamento dell'analizzatore FID;
- h) stabilizzare la risposta dell'analizzatore. Il periodo di stabilizzazione può comprendere il tempo necessario per spurgare l'analizzatore e il tempo di risposta di quest'ultimo;
- i) registrare 30 secondi di dati campionati mentre l'analizzatore misura la concentrazione del CH_4 e calcolare la media aritmetica dei valori registrati;
- j) dividere la concentrazione media misurata per la concentrazione di span registrata del gas di taratura CH_4 . Il risultato è il valore $RF_{CH_4[THC-FID]}$, il fattore di risposta dell'analizzatore FID per CH_4 .

8.1.10.1.5. Verifica della risposta al metano (CH_4) dell'analizzatore FID degli HC

Se il valore $RF_{CH_4[THC-FID]}$ ottenuto conformemente al punto 8.1.10.1.4 del presente allegato corrisponde a $\pm 5,0\%$ del valore più recente determinato in precedenza, l'analizzatore FID degli HC supera la verifica di risposta al metano.

- a) Innanzitutto verificare che le pressioni e/o le portate del carburante, dell'aria del bruciatore e del campione FID corrispondano a $\pm 0,5\%$ dei valori più recenti determinati in precedenza conformemente al punto 8.1.10.1.3 del presente allegato. Se queste portate devono essere regolate, deve essere determinato un nuovo valore $RF_{CH_4[THC-FID]}$ come descritto al punto 8.1.10.1.4 del presente allegato. Verificare che il valore $RF_{CH_4[THC-FID]}$ determinato rientri nella fascia di tolleranza indicata al punto 8.1.10.1.5 del presente allegato.
- b) Se il valore $RF_{CH_4[THC-FID]}$ non rientra nella fascia di tolleranza indicata al punto 8.1.10.1.5 del presente allegato, la risposta del FID deve essere nuovamente ottimizzata conformemente al punto 8.1.10.1.3 del presente allegato.
- c) Determinare un nuovo valore $RF_{CH_4[THC-FID]}$ come descritto al punto 8.1.10.1.4 del presente allegato. Il nuovo valore $RF_{CH_4[THC-FID]}$ deve essere usato nel calcolo per la determinazione degli HC, come descritto nell'allegato 5, appendice A.2 (approccio basato sulla mole), o appendice A.1 (approccio basato sulla massa).

8.1.10.2. Verifica non stechiometrica dell'interferenza dell' O_2 sul FID nei gas di scarico grezzi

8.1.10.2.1. Campo di applicazione e frequenza

Se per la misurazione dei gas di scarico grezzi si usano analizzatori FID, è necessario verificare la misura dell'interferenza dell' O_2 sul FID al momento del montaggio iniziale e dopo manutenzioni importanti.

8.1.10.2.2. Principi di misurazione

Le variazioni nella concentrazione di O₂ nei gas di scarico grezzi possono ripercuotersi sulla risposta del FID modificando la temperatura della fiamma del FID. Per superare questa verifica, il carburante, l'aria del bruciatore e il flusso del campione del FID devono essere ottimizzati. La prestazione del FID deve essere verificata con gli algoritmi di compensazione per l'interferenza dell'O₂ sul FID che si verifica durante una prova delle emissioni.

8.1.10.2.3. Requisiti di sistema

Ogni analizzatore FID usato per le prove deve soddisfare i criteri di verifica dell'interferenza dell'O₂ secondo la procedura di cui al presente punto.

8.1.10.2.4. Procedura

L'interferenza dell'O₂ sul FID deve essere determinata nel modo descritto di seguito. Si noti che possono essere usati uno o più divisori di gas per creare le concentrazioni di gas di riferimento necessarie alla verifica:

- a) per tarare lo span degli analizzatori prima della prova delle emissioni, selezionare tre gas di span di riferimento che soddisfino le specifiche del punto 9.5.1 e contengano una concentrazione di C₃H₈. Selezionare le tre concentrazioni di gas bilanciate in modo che le concentrazioni di O₂ e N₂ rappresentino le concentrazioni di O₂ minima, massima e intermedia previste durante la prova. Si può omettere la prescrizione sull'uso della concentrazione media di O₂ se il FID è tarato con gas di span bilanciato con la concentrazione media prevista di ossigeno;
- b) confermare che l'analizzatore FID soddisfa tutte le specifiche di cui al punto 8.1.10.1 del presente allegato;
- c) avviare e far funzionare l'analizzatore FID come si fa abitualmente prima di una prova delle emissioni. Indipendentemente dalla fonte d'aria del bruciatore del FID durante la prova, per questa verifica come fonte di aria del bruciatore del FID deve essere usata l'aria di zero;
- d) tarare lo zero dell'analizzatore;
- e) tarare lo span dell'analizzatore usando un gas di span utilizzato durante le prove delle emissioni;
- f) controllare la risposta di zero con un gas di zero usato per la prova delle emissioni. Se la risposta di zero media su 30 s di dati campionati corrisponde a $\pm 0,5\%$ del valore di riferimento dello span di cui alla lettera e) del presente punto, procedere alla fase successiva; altrimenti ripetere la procedura a partire dalla lettera d) del presente punto;
- g) controllare la risposta dell'analizzatore usando il gas di span che ha la concentrazione minima di O₂ prevista durante le prove. Registrare la risposta media su 30 s di dati campionati stabilizzati come $x_{O_2\min HC}$;
- h) controllare la risposta di zero dell'analizzatore FID con un gas di zero usato durante la prova delle emissioni. Se la risposta di zero media su 30 s di dati campione stabilizzati corrisponde a $\pm 0,5\%$ del valore di riferimento dello span di cui alla lettera e) del presente punto, procedere alla fase successiva; altrimenti ripetere la procedura a partire dalla lettera d) del presente punto;
- i) controllare la risposta dell'analizzatore usando il gas di span che ha la concentrazione media di O₂ prevista durante le prove. Registrare la risposta media su 30 s di dati campionati stabilizzati come $x_{O_2\text{avg}HC}$;
- j) controllare la risposta di zero dell'analizzatore FID con un gas di zero usato durante la prova delle emissioni. Se la risposta di zero media su 30 s di dati campione stabilizzati corrisponde a $\pm 0,5\%$ del valore di riferimento dello span di cui alla lettera e) del presente punto, procedere alla fase successiva; altrimenti ripetere la procedura a partire dalla lettera d) del presente punto;

- k) controllare la risposta dell'analizzatore usando il gas di span che ha la concentrazione massima di O₂ prevista durante le prove. Registrare la risposta media su 30 s di dati campionati stabilizzati come x_{O_2maxHC} ;
- l) controllare la risposta di zero dell'analizzatore FID con un gas di zero usato durante la prova delle emissioni. Se la risposta di zero media su 30 s di dati campione stabilizzati corrisponde a $\pm 0,5\%$ del valore di riferimento dello span di cui alla lettera e) del presente punto, procedere alla fase successiva; altrimenti ripetere la procedura a partire dalla lettera d) del presente punto;
- m) calcolare la differenza percentuale tra x_{O_2maxHC} e la concentrazione del relativo gas di riferimento; calcolare la differenza percentuale tra x_{O_2avgHC} e la concentrazione del relativo gas di riferimento; calcolare la differenza percentuale tra x_{O_2minHC} e la concentrazione del relativo gas di riferimento; determinare la differenza percentuale massima dei tre: il risultato ottenuto rappresenta l'interferenza dell'O₂;
- n) se l'interferenza dell'O₂ è pari a $\pm 3\%$, il FID supera la verifica dell'interferenza dell'O₂; altrimenti è necessario adottare una o più delle seguenti misure per rimediare al problema:
- i) ripetere la verifica per determinare se vi è stato un errore di procedura;
 - ii) selezionare per la prova delle emissioni gas di zero e di span contenenti concentrazioni di O₂ più alte o più basse e ripetere la verifica;
 - iii) regolare il carburante, l'aria del bruciatore e le portate del campione del FID. Si noti che se le portate sono regolate per analizzatori FID degli HC al fine di soddisfare i criteri di verifica dell'interferenza dell'O₂, l' RF_{CH_4} deve essere reimpostato per la successiva verifica dell' RF_{CH_4} . Ripetere la verifica dell'interferenza dell'O₂ dopo la regolazione e determinare il valore di RF_{CH_4} ;
 - iv) riparare o sostituire il FID e ripetere la verifica dell'interferenza dell'O₂.

8.1.11. Misurazioni degli NO_x

8.1.11.1. Verifica dell'attenuazione di CO₂ e H₂O per gli analizzatori CLD

8.1.11.1.1. Campo di applicazione e frequenza

Se per misurare gli NO_x si usa un analizzatore CLD, la quantità dell'attenuazione di CO₂ e H₂O deve essere verificata dopo il montaggio dell'analizzatore CLD e a seguito di manutenzioni importanti.

8.1.11.1.2. Principi di misurazione

H₂O e CO₂ possono interferire negativamente con la risposta agli NO_x di un analizzatore CLD mediante l'attenuazione per collisione, che impedisce la reazione chemiluminescente utilizzata dall'analizzatore CLD per rilevare gli NO_x. Questa procedura e i calcoli di cui al punto 8.1.11.2.3 del presente allegato determinano l'attenuazione e riportano i risultati dell'attenuazione alla massima frazione molare di H₂O e alla massima concentrazione di CO₂ previste durante la prova delle emissioni. Se l'analizzatore CLD usa algoritmi di compensazione dell'attenuazione che utilizzano strumenti di misurazione di H₂O e/o CO₂, l'attenuazione deve essere valutata con tali strumenti attivati e applicando gli algoritmi di compensazione.

8.1.11.1.3. Requisiti di sistema

Per la misurazione dei gas diluiti, l'analizzatore CLD non deve superare un'attenuazione combinata di H₂O e CO₂ di $\pm 2\%$. Per la misurazione dei gas grezzi, l'analizzatore CLD non deve superare un'attenuazione combinata di H₂O e CO₂ di $\pm 2,5\%$. L'attenuazione combinata è la somma dell'attenuazione di CO₂ determinata conformemente al punto 8.1.11.1.4 del presente allegato e dell'attenuazione di H₂O determinata conformemente al punto 8.1.11.1.5 del presente allegato. Se questi requisiti non sono soddisfatti, devono essere adottate misure correttive come la riparazione o la sostituzione dell'analizzatore. Prima di effettuare le prove delle emissioni è necessario verificare che con le misure correttive adottate sia stato ripristinato il corretto funzionamento dell'analizzatore.

8.1.11.1.4. Procedura di verifica dell'attenuazione di CO₂

Il seguente metodo o quello prescritto dal costruttore dello strumento può essere usato per determinare l'attenuazione di CO₂ usando un divisore di gas che mescola gas di span binari con gas di zero come diluente e soddisfa le specifiche del punto 9.4.5.6 del presente allegato. In alternativa può essere sviluppato un protocollo diverso in base alla buona pratica ingegneristica:

- a) effettuare i collegamenti necessari mediante tubature in PTFE o in acciaio inossidabile;
- b) configurare il divisore di gas in modo che siano mescolati quantità quasi uguali di gas di span e gas diluente;
- c) se l'analizzatore CLD ha una modalità operativa che rileva solo il gas NO, invece degli NO_x totali, far funzionare l'analizzatore CLD nella modalità esclusivamente per il NO;
- d) usare un gas di span CO₂ conforme alle specifiche del punto 9.5.1 del presente allegato e una concentrazione che sia pari a circa due volte la concentrazione massima di CO₂ prevista durante la prova delle emissioni;
- e) usare un gas di span NO conforme alle specifiche del punto 9.5.1 del presente allegato e una concentrazione che sia pari a circa due volte la concentrazione massima di NO prevista durante la prova delle emissioni. Se la concentrazione di NO prevista è inferiore all'intervallo minimo per la verifica specificato dal costruttore dello strumento, è possibile utilizzare una concentrazione maggiore, secondo le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica, al fine di ottenere una verifica accurata;
- f) tarare lo zero e lo span dell'analizzatore CLD. Lo span dell'analizzatore CLD deve essere tarato con il gas di span NO di cui alla lettera e) del presente punto mediante il divisore di gas. Collegare il gas di span NO all'ingresso del diluente del divisore di gas. Collegare un gas di zero all'ingresso del diluente del divisore di gas. Deve essere usato lo stesso rapporto nominale di mescolamento di cui alla lettera b) del presente punto. Usare la concentrazione di NO prodotta dal divisore di gas per tarare lo span dell'analizzatore CLD. Se necessario, applicare le correzioni delle proprietà del gas per garantire una corretta divisione dei gas;
- g) collegare il gas di span CO₂ all'ingresso del diluente del divisore di gas;
- h) il gas di span NO deve essere collegato all'ingresso del diluente del divisore di gas;
- i) mentre si fanno fluire NO e CO₂ attraverso il divisore di gas, stabilizzare la miscela del divisore di gas. Determinare la concentrazione di CO₂ dalla miscela del divisore di gas applicando eventualmente la correzione delle proprietà del gas in modo da garantire una divisione corretta dei gas. La concentrazione, $x_{\text{CO}_2\text{act}}$, va registrata e utilizzata per i calcoli della verifica dell'attenuazione di cui al punto 8.1.11.2.3 del presente allegato. In alternativa al divisore di gas, è possibile usare un altro dispositivo semplice di miscelazione dei gas. In questo caso, per determinare la concentrazione di CO₂ è necessario ricorrere a un analizzatore. Se insieme al dispositivo semplice di miscelazione dei gas viene usato un NDIR, questo deve soddisfare i requisiti del presente punto e il relativo span deve essere tarato con il gas di CO₂ di cui alla lettera d) del presente punto. La linearità dell'analizzatore NDIR deve essere controllata preventivamente su tutto l'intervallo e non deve superare il doppio della concentrazione massima di CO₂ prevista durante la prova;
- j) la concentrazione di NO si misura a valle del divisore di gas con l'analizzatore CLD. Attendere il tempo necessario per consentire alla risposta dell'analizzatore di stabilizzarsi. Il tempo di stabilizzazione può comprendere il tempo necessario a spurgare il condotto di trasferimento e a tenere conto del tempo di risposta dell'analizzatore. Registrare 30 s di dati campionati mentre l'analizzatore misura la concentrazione del campione. Calcolare la media aritmetica della concentrazione in base a questi dati, x_{NOmeas} . Registrare il valore di x_{NOmeas} usato per i calcoli della verifica dell'attenuazione di cui al punto 8.1.11.2.3 del presente allegato;

- k) calcolare la concentrazione effettiva di NO all'uscita del divisore di gas, x_{NOact} , in base alle concentrazioni dei gas di span, e x_{CO2act} con l'equazione (A.4-24). Il valore calcolato va usato per i calcoli della verifica dell'attenuazione con l'equazione (A.4-23);
- l) per calcolare l'attenuazione, usare i valori registrati conformemente ai punti 8.1.11.1.4 e 8.1.11.1.5 del presente allegato, come descritto al punto 8.1.11.2.3 del presente allegato.

8.1.11.1.5. Procedura di verifica dell'attenuazione di H₂O

Per determinare l'attenuazione di H₂O è possibile usare il metodo descritto di seguito o quello prescritto dal costruttore dello strumento, oppure è possibile sviluppare un protocollo diverso affidandosi alla buona pratica ingegneristica:

- a) effettuare i collegamenti necessari mediante tubature in PTFE o in acciaio inossidabile;
- b) se l'analizzatore CLD ha una modalità operativa che rileva solo il gas NO, invece degli NO_x totali, far funzionare l'analizzatore CLD nella modalità esclusivamente per il NO;
- c) usare un gas di span NO conforme alle specifiche del punto 9.5.1 del presente allegato e una concentrazione prossima alla concentrazione massima prevista durante la prova delle emissioni. Se la concentrazione di NO prevista è inferiore all'intervallo minimo per la verifica specificato dal costruttore dello strumento, è possibile utilizzare una concentrazione maggiore, secondo le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica, al fine di ottenere una verifica accurata;
- d) tarare lo zero e lo span dell'analizzatore CLD. Tarare lo span dell'analizzatore CLD con il gas di span NO di cui alla lettera c) del presente punto. La concentrazione del gas di span deve essere registrata come x_{NOdry} e utilizzata per i calcoli di verifica dell'attenuazione di cui al punto 8.1.11.2.3 del presente allegato;
- e) umidificare il gas di span NO facendolo gorgogliare attraverso l'acqua distillata in un dispositivo sigillato. Se per questa prova di verifica il campione di gas di span NO umidificato non passa attraverso un essiccatore, la temperatura del dispositivo deve essere controllata in modo da generare un livello di H₂O nel gas di span approssimativamente uguale alla frazione molare massima di H₂O prevista durante la prova delle emissioni. Se il gas di span NO umidificato non passa attraverso un essiccatore del campione, l'attenuazione dell'H₂O misurata con i calcoli della verifica dell'attenuazione di cui al punto 8.1.11.2.3 del presente allegato viene rapportata alla frazione molare massima di H₂O prevista durante la prova delle emissioni. Se per la prova di verifica il campione di gas di span NO umidificato viene passato attraverso un essiccatore, controllare la temperatura del dispositivo per generare un livello di H₂O nel gas di prova almeno pari al massimo previsto all'uscita dell'essiccatore, nel rispetto delle prescrizioni di cui al punto 9.3.2.3.1.1 del presente allegato. In questo caso l'attenuazione misurata con i calcoli di verifica di cui al punto 8.1.11.2.3 del presente allegato non si rapporta all'attenuazione misurata per l'H₂O;
- f) introdurre il gas di prova NO umidificato nel sistema di campionamento. Il gas può essere introdotto a monte o a valle dell'essiccatore del campione usato durante la prova delle emissioni. A seconda del punto in cui viene introdotto il gas scegliere il corrispondente metodo di calcolo, di cui alla lettera e). Si noti che l'essiccatore del campione deve soddisfare i criteri di verifica di cui al punto 8.1.8.5.8 del presente allegato;
- g) misurare la frazione molare di H₂O nel gas di span NO umidificato. Se viene usato un essiccatore del campione, la frazione molare di H₂O nel gas di span NO umidificato deve essere misurata a valle dell'essiccatore del campione, x_{H2Omeas} . Si raccomanda di misurare il valore x_{H2Omeas} il più vicino possibile all'ingresso dell'analizzatore CLD. Il valore x_{H2Omeas} può essere calcolato a partire dalle misurazioni del punto di rugiada, T_{dew} , e della pressione assoluta, p_{total} ;
- h) affidarsi alla buona pratica ingegneristica per evitare la condensazione nei condotti di trasferimento, nei fissaggi o nelle valvole dal punto in cui x_{H2Omeas} è misurato fino all'analizzatore. Il sistema deve essere progettato in modo che la temperatura delle pareti nei condotti di trasferimento, dei fissaggi e delle valvole dal punto in cui viene misurato x_{H2Omeas} all'analizzatore siano di almeno 5 K (5 °C) superiore al punto di rugiada locale del gas campione;

- i) la concentrazione del gas di span NO si misura con l'analizzatore CLD. Attendere il tempo necessario per consentire alla risposta dell'analizzatore di stabilizzarsi. Il tempo di stabilizzazione può comprendere il tempo necessario a spurgare il condotto di trasferimento e a tenere conto del tempo di risposta dell'analizzatore. Mentre l'analizzatore misura la concentrazione del campione, registrare per 30 secondi i dati. Quindi calcolare la media aritmetica dei dati registrati, x_{NOwet} . x_{NOwet} deve essere registrato e utilizzato per i calcoli della verifica dell'attenuazione di cui al punto 8.1.11.2.3 del presente allegato.

8.1.11.2. Calcoli di verifica dell'attenuazione del CLD

I calcoli di verifica dell'attenuazione del CLD devono essere eseguiti conformemente al presente punto.

8.1.11.2.1. Quantità d'acqua prevista durante la prova

Stimare la frazione molare massima di $x_{\text{H}_2\text{Oexp}}$ prevista durante la prova delle emissioni. Tale stima deve essere effettuata nel punto in cui è stato introdotto il gas di span NO umidificato, di cui al punto 8.1.11.1.5, lettera f), del presente allegato. Per la stima della frazione molare massima prevista dell'acqua deve essere considerato il contenuto massimo di acqua nell'aria di combustione, nei prodotti di combustione nel carburante e nell'aria di diluizione (se del caso). Se il gas di span NO umidificato è introdotto nel sistema di campionamento a monte di un essiccatore del campione durante la verifica, non è necessario stimare la frazione molare massima prevista dell'acqua e il valore di $x_{\text{H}_2\text{Oexp}}$ deve essere regolato come $x_{\text{H}_2\text{Omeas}}$.

8.1.11.2.2. Quantità di CO₂ prevista durante la prova

Stimare la frazione molare massima di CO₂, $x_{\text{CO}_2\text{exp}}$, prevista durante la prova delle emissioni. Tale stima deve essere effettuata nel punto del sistema di campionamento in cui è stata introdotta la miscela di gas di span NO e CO₂, conformemente al punto 8.1.11.1.4, lettera j), del presente allegato. Per la stima della concentrazione massima prevista di CO₂ deve essere considerato il contenuto massimo previsto di CO₂ nei prodotti di combustione del carburante e nell'aria di diluizione.

8.1.11.2.3. Calcoli dell'attenuazione combinata di H₂O e CO₂

L'attenuazione combinata di H₂O e CO₂ deve essere calcolata con l'equazione (A.4-23):

$$\text{quench} = \left[\left(\frac{x_{\text{NOwet}}}{1 - x_{\text{H}_2\text{Omeas}}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{\text{H}_2\text{Oexp}}}{x_{\text{H}_2\text{Omeas}}} + \left(\frac{x_{\text{NOmeas}}}{x_{\text{NOact}}} - 1 \right) \cdot \frac{x_{\text{CO}_2\text{exp}}}{x_{\text{CO}_2\text{act}}} \right] \cdot 100\% \quad (\text{A.4-23})$$

dove:

quench = quantità di attenuazione del CLD

x_{NOdry} = concentrazione misurata di NO a monte di un gorgogliatore, conformemente al punto 8.1.11.1.5, lettera d), del presente allegato

x_{NOwet} = concentrazione misurata di NO a valle di un gorgogliatore, conformemente al punto 8.1.11.1.5, lettera d), del presente allegato

$x_{\text{H}_2\text{Oexp}}$ = frazione molare massima prevista dell'acqua durante la prova delle emissioni, conformemente al punto 8.1.11.2.1 del presente allegato

$x_{\text{H}_2\text{Omeas}}$ = frazione molare misurata dell'acqua durante la verifica dell'attenuazione, conformemente al punto 8.1.11.1.5, lettera g), del presente allegato

x_{NOmeas} = concentrazione misurata di NO quando il gas di span NO è mescolato con il gas di span CO₂, conformemente al punto 8.1.11.1.4, lettera j), del presente allegato

$x_{NO_{act}}$ = concentrazione effettiva di NO quando il gas di span NO è mescolato con il gas di span CO₂, conformemente al punto 8.1.11.1.4, lettera k), del presente allegato, e calcolato con l'equazione (A.4-24)

x_{CO_2exp} = concentrazione massima prevista di CO₂ durante la prova delle emissioni, conformemente al punto 8.1.11.2.2 del presente allegato

x_{CO_2act} = concentrazione effettiva di CO₂ quando il gas di span NO è mescolato con il gas di span CO₂, conformemente al punto 8.1.11.1.4, lettera i), del presente allegato

$$x_{NO_{act}} = \left(1 - \frac{x_{CO_2act}}{x_{CO_2span}} \right) \cdot x_{NOspan} \quad (A.4-24)$$

dove:

x_{NOspan} = concentrazione del gas di span NO immesso nel divisore di gas, conformemente al punto 8.1.11.1.4, lettera e), del presente allegato

x_{CO_2span} = concentrazione del gas di span CO₂ immesso nel divisore di gas, conformemente al punto 8.1.11.1.4, lettera d), del presente allegato

8.1.11.3. Verifica dell'interferenza di HC e H₂O per gli analizzatori NDUV

8.1.11.3.1. Campo di applicazione e frequenza

Se gli NO_x sono misurati con un analizzatore NDUV, la quantità dell'interferenza di H₂O e degli idrocarburi deve essere verificata dopo il montaggio iniziale dell'analizzatore e dopo manutenzioni importanti.

8.1.11.3.2. Principi di misurazione

Idrocarburi e H₂O possono interferire positivamente con l'analizzatore NDUV causando una risposta simile agli NO_x. Se l'analizzatore NDUV usa algoritmi di compensazione che utilizzano le misurazioni di altri gas per soddisfare questa verifica dell'interferenza, tali misurazioni vanno eseguite contemporaneamente per provare gli algoritmi durante la verifica dell'interferenza dell'analizzatore.

8.1.11.3.3. Requisiti di sistema

Un analizzatore NDIR di NO_x deve avere un'interferenza combinata di H₂O e HC pari a ± 2 % della concentrazione media di NO_x.

8.1.11.3.4. Procedura

La verifica dell'interferenza deve essere eseguita nel modo seguente:

- a) l'analizzatore NDUV di NO_x deve essere avviato, fatto funzionare e tarato (zero e span) secondo le istruzioni del costruttore dello strumento;
- b) si consiglia di estrarre gas di scarico del motore per effettuare questa verifica. Usare un CLD conforme alle specifiche del punto 9.4 per quantificare gli NO_x nei gas di scarico. Usare la risposta del CLD come valore di riferimento. Anche gli HC devono essere misurati nei gas di scarico servendosi di un analizzatore FID conforme alle specifiche del punto 9.4. La risposta del FID va usata come valore di riferimento per gli idrocarburi;
- c) introdurre i gas di scarico del motore nell'analizzatore NDUV a monte dell'essiccatore del campione, se usato durante le prove;

- d) attendere il tempo necessario per consentire alla risposta dell'analizzatore di stabilizzarsi. Il tempo di stabilizzazione può comprendere il tempo necessario a spurgare il condotto di trasferimento e a tenere conto del tempo di risposta dell'analizzatore;
- e) mentre tutti gli analizzatori misurano la concentrazione del campione, registrare 30 secondi di dati campionati e calcolare la media aritmetica per i tre analizzatori;
- f) sottrarre il valore medio di CLD dal valore medio di NDUV;
- g) moltiplicare la differenza per il rapporto tra la concentrazione media di HC prevista e la concentrazione di HC misurata durante la verifica. L'analizzatore supera la verifica dell'interferenza di cui al presente punto se il risultato è pari a $\pm 2\%$ della concentrazione di NO_x prevista al valore limite delle emissioni, come illustrato nell'equazione (A.4-25):

$$\left| \bar{x}_{\text{NO}_x, \text{CLD}, \text{meas}} - \bar{x}_{\text{NO}_x, \text{NDUV}, \text{meas}} \right| \cdot \left(\frac{\bar{x}_{\text{HC}, \text{exp}}}{\bar{x}_{\text{HC}, \text{meas}}} \right) \leq 2\% \cdot (\bar{x}_{\text{NO}_x, \text{exp}}) \quad (\text{A.4-25})$$

dove:

- $\bar{x}_{\text{NO}_x, \text{CLD}, \text{meas}}$ = concentrazione media di NO_x misurata dal CLD, [$\mu\text{mol/mol}$] o [ppm]
- $\bar{x}_{\text{NO}_x, \text{NDUV}, \text{meas}}$ = concentrazione media di NO_x misurata dallo NDUV, [$\mu\text{mol/mol}$] o [ppm]
- $\bar{x}_{\text{HC}, \text{meas}}$ = concentrazione media di HC misurata [$\mu\text{mol/mol}$] o [ppm]
- $\bar{x}_{\text{HC}, \text{exp}}$ = concentrazione media di HC prevista allo standard [$\mu\text{mol/mol}$] o [ppm]
- $\bar{x}_{\text{NO}_x, \text{exp}}$ = concentrazione media di NO_x prevista allo standard [$\mu\text{mol/mol}$] o [ppm]

8.1.11.4. Penetrazione di NO_2 nell'essiccatore del campione

8.1.11.4.1. Campo di applicazione e frequenza

Se si usa un essiccatore per essiccare un campione a monte di uno strumento di misurazione di NO_x ma non si usa un convertitore NO_2/NO a monte dell'essiccatore del campione, deve essere eseguita questa verifica della penetrazione di NO_2 nell'essiccatore del campione. La verifica va eseguita dopo il montaggio iniziale e a seguito di manutenzioni importanti.

8.1.11.4.2. Principi di misurazione

Un essiccatore del campione elimina l'acqua che potrebbe altrimenti interferire con la misurazione degli NO_x . Tuttavia, l'acqua che rimane in un essiccatore del campione mal progettato può asportare NO_2 dal campione. Se quindi si usa un essiccatore del campione senza un convertitore NO_2/NO a monte, potrebbe essere asportato NO_2 dal campione prima che abbia luogo la misurazione degli NO_x .

8.1.11.4.3. Requisiti di sistema

L'essiccatore campione deve consentire la misurazione di almeno il 95 % dell' NO_2 totale alla concentrazione massima di NO_2 prevista.

8.1.11.4.4. Procedura

Le prestazioni dell'essiccatore del campione devono essere verificate con la seguente procedura:

- a) Configurazione dello strumento: seguire le istruzioni di avvio e funzionamento fornite dal costruttore dell'analizzatore e dell'essiccatore. L'analizzatore e l'essiccatore devono essere regolati in modo da ottimizzare le prestazioni.
- b) Configurazione delle apparecchiature e raccolta dei dati:
- i) tarare lo zero e lo span dell'analizzatore o degli analizzatori degli NO_x come si fa abitualmente prima di una prova delle emissioni;

- ii) selezionare il gas di taratura NO_2 (gas bilanciato di aria secca) con una concentrazione di NO_2 vicina alla concentrazione massima prevista durante la prova. Se la concentrazione di NO_2 prevista è inferiore all'intervallo minimo per la verifica specificato dal costruttore dello strumento, è possibile utilizzare una concentrazione maggiore, secondo le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica, al fine di ottenere una verifica accurata;
- iii) far traboccare questo gas di taratura alla sonda del sistema di campionamento o al raccordo di traboccamento. Attendere il tempo necessario a consentire la stabilizzazione della risposta degli NO_x totali, tenendo conto solo dei ritardi dovuti al trasporto e alla risposta dello strumento;
- iv) calcolare la media su 30 secondi di dati registrati di NO_x totali e registrare questo valore come $x_{\text{NO}_x\text{ref}}$;
- v) arrestare il flusso del gas di taratura NO_2 ;
- vi) saturare quindi il sistema di campionamento facendo traboccare il prodotto del generatore del punto di rugiada, regolato a un punto di rugiada di 323 K (50 °C), verso la sonda o il raccordo di traboccamento del sistema di campionamento del gas. Campionare il prodotto del generatore del punto di rugiada attraverso il sistema di campionamento e il refrigerante per almeno 10 minuti, finché il refrigerante, prevedibilmente, non rimuove una portata costante di acqua;
- vii) commutare immediatamente al traboccamento del gas di taratura NO_2 usato per determinare il valore $x_{\text{NO}_x\text{ref}}$. Attendere il tempo necessario a consentire la stabilizzazione della risposta degli NO_x totali, tenendo conto solo dei ritardi dovuti al trasporto e alla risposta dello strumento. Calcolare la media su 30 secondi di dati registrati di NO_x totali e registrare questo valore come $x_{\text{NO}_x\text{meas}}$;
- viii) correggere il valore $x_{\text{NO}_x\text{meas}}$ in $x_{\text{NO}_x\text{dry}}$ in base al vapore acqueo residuo che è passato attraverso l'essiccatore del campione alla temperatura e alla pressione di uscita dell'essiccatore;

c) Valutazione delle prestazioni

Se il valore $x_{\text{NO}_x\text{dry}}$ è inferiore al 95 % di $x_{\text{NO}_x\text{ref}}$, l'essiccatore del campione deve essere riparato o sostituito.

8.1.11.5. Verifica della conversione del convertitore NO_2/NO

8.1.11.5.1. Campo di applicazione e frequenza

Se per determinare gli NO_x si usa un analizzatore che misura solo NO , è necessario usare un convertitore NO_2/NO a monte dell'analizzatore. Questa verifica deve essere eseguita dopo il montaggio del convertitore, a seguito di manutenzioni importanti ed entro 35 giorni prima di una prova delle emissioni. Ripetere la verifica con questa frequenza per verificare che l'attività catalitica del convertitore NO_2/NO non si sia deteriorata.

8.1.11.5.2. Principi di misurazione

Un convertitore NO_2/NO consente a un analizzatore che misura solo gli NO di determinare gli NO_x totali convertendo in NO gli NO_2 dei gas di scarico.

8.1.11.5.3. Requisiti di sistema

Il convertitore NO_2/NO deve consentire la misurazione di almeno il 95 % dell' NO_2 totale alla concentrazione massima di NO_2 prevista.

8.1.11.5.4. Procedura

Le prestazioni del convertitore NO_2/NO devono essere verificate con la seguente procedura:

- a) per la configurazione dello strumento, seguire le istruzioni di avvio e funzionamento fornite dal costruttore dell'analizzatore e del convertitore NO_2/NO . L'analizzatore e il convertitore devono essere regolati in modo da ottimizzare le prestazioni;

- b) collegare l'ingresso di un ozonizzatore a una fonte di aria di zero o di ossigeno e la sua uscita a una delle porte di un raccordo a tre vie. Collegare un gas di span NO a un'altra porta del raccordo e l'ingresso del convertitore NO₂/NO all'ultima porta del raccordo;
- c) per questa verifica si devono compiere le azioni di seguito elencate:
- i) chiudere l'aria dell'ozonizzatore e spegnere l'ozonizzatore; regolare il convertitore NO₂/NO nella modalità bypass (modalità NO). Attendere il tempo necessario a consentire la stabilizzazione, tenendo conto solo dei ritardi dovuti al trasporto e alla risposta dello strumento;
 - ii) regolare i flussi di NO e di gas di zero in modo che la concentrazione di NO all'analizzatore sia vicina al picco totale della concentrazione di NO_x prevista durante la prova. Il contenuto di NO₂ della miscela di gas deve essere inferiore al 5 % della concentrazione di NO. Registrare la concentrazione di NO calcolando la media su 30 secondi di dati campionati dall'analizzatore; registrare questo valore come x_{NOref} . Se la concentrazione di NO prevista è inferiore all'intervallo minimo per la verifica specificato dal costruttore dello strumento, è possibile utilizzare una concentrazione maggiore, secondo le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica, al fine di ottenere una verifica accurata;
 - iii) avviare l'alimentazione di O₂ dell'ozonizzatore e regolare la portata di O₂ in modo che l'NO indicato dall'analizzatore sia di circa il 10 % inferiore al valore di x_{NOref} . Registrare la concentrazione di NO calcolando la media su 30 secondi di dati campionati dall'analizzatore; registrare questo valore come $x_{\text{NO+O2mix}}$;
 - iv) avviare l'ozonizzatore e regolare la generazione di ozono in modo che il NO misurato dall'analizzatore corrisponda a circa il 20 % di x_{NOref} , mantenendo almeno il 10 % di NO senza farlo reagire. Determinare la concentrazione di NO calcolando la media su 30 secondi dei dati campionati dall'analizzatore. Registrare questo valore come x_{NOmeas} ;
 - v) commutare l'analizzatore degli NO_x nella modalità NO_x e misurare gli NO_x totali. Registrare la concentrazione di NO_x calcolando la media su 30 secondi di dati campionati dall'analizzatore; registrare questo valore come x_{NOxmeas} ;
 - vi) disattivare l'ozonizzatore mantenendo tuttavia il flusso di gas attraverso il sistema. L'analizzatore degli NO_x indicherà il livello di NO_x nella miscela NO + O₂. Registrare la concentrazione di NO_x calcolando la media su 30 secondi di dati campionati dall'analizzatore; registrare questo valore come $x_{\text{NOx+O2mix}}$;
 - vii) interrompere l'alimentazione di O₂. L'analizzatore degli NO_x indicherà il livello di NO_x nella miscela NO/N₂ originale. Registrare la concentrazione di NO_x calcolando la media su 30 secondi di dati campionati dall'analizzatore; registrare questo valore come x_{NOxref} . Questo valore non deve essere superiore al 5 % del valore x_{NOref} .
- d) Valutazione delle prestazioni: calcolare l'efficienza del convertitore degli NO_x sostituendo le concentrazioni ottenute con l'equazione (A.4-26):

$$\text{Efficiency}[\%] = \left(1 + \frac{x_{\text{NOxmeas}} - x_{\text{NOx+O2mix}}}{x_{\text{NO+O2mix}} - x_{\text{NOmeas}}} \right) \cdot 100 \quad (\text{A.4-26})$$

- e) se il risultato è inferiore al 95 %, il convertitore NO₂/NO deve essere riparato o sostituito.

8.1.12. Misurazione del PM

8.1.12.1. Verifiche della bilancia del PM e della procedura di pesata

8.1.12.1.1. Campo di applicazione e frequenza

Il presente punto descrive tre verifiche:

- a) la verifica indipendente delle prestazioni della bilancia del PM entro 370 giorni prima della pesata del filtro;

- b) la taratura dello zero e dello span della bilancia entro 12 giorni prima della pesata del filtro;
- c) la verifica che la determinazione della massa dei filtri di riferimento prima e dopo la pesata di un filtro sia inferiore a una tolleranza specificata.

8.1.12.1.2. Verifica indipendente

Il costruttore della bilancia (o un rappresentante approvato dal costruttore della bilancia) deve verificare le prestazioni della bilancia entro 370 giorni dalla prova conformemente alle procedure di audit interno.

8.1.12.1.3. Regolazione di zero e span

Le prestazioni della bilancia devono essere verificate mediante regolazione di zero e span con almeno un peso di taratura; tutti i pesi usati per eseguire questa verifica devono essere conformi alle specifiche del punto 9.5.2 del presente allegato. È possibile avvalersi di una procedura manuale o automatizzata:

- a) secondo la procedura manuale, la taratura dello zero e dello span della bilancia deve essere effettuata con almeno un peso di taratura. Se generalmente i valori medi sono ottenuti ripetendo la procedura di pesata per migliorare l'accuratezza delle misurazioni del PM, la stessa procedura deve essere usata per verificare le prestazioni della bilancia;
- b) la procedura automatizzata si esegue con pesi di taratura interni che sono usati automaticamente per verificare le prestazioni della bilancia. I pesi per questa verifica devono essere conformi alle specifiche del punto 9.5.2 del presente allegato.

8.1.12.1.4. Pesata del campione di riferimento

Tutte le letture della massa durante una sessione di pesata devono essere verificate pesando i mezzi di campionamento del PM di riferimento (ad es. filtri) prima e dopo la sessione di pesata. La sessione di pesata può essere della durata desiderata, ma non deve eccedere le 80 ore. Si possono includere le letture delle masse precedenti e successive alla prova. Le successive determinazioni della massa di ogni mezzo di campionamento del PM devono avere per risultato la stessa massa totale prevista del PM, $\pm 10 \mu\text{g}$ o $\pm 10 \%$, a seconda di quale valore è superiore. Se le pesate successive del filtro di campionamento del PM non rispondono a questo criterio, devono essere invalidate tutte le letture dei filtri di prova tra le determinazioni successive della massa del filtro di riferimento. Tali filtri possono essere ripesati in un'altra sessione di pesata. Se un filtro analizzato successivamente alla prova viene invalidato, tutto l'intervallo di prova è nullo. La verifica deve essere eseguita come segue:

- a) mantenere nell'ambiente di stabilizzazione del PM almeno due campioni di mezzi di campionamento del PM non usati, che saranno utilizzati come riferimenti. Devono essere inoltre selezionati come riferimenti filtri non usati dello stesso materiale e delle stesse dimensioni;
- b) stabilizzare i riferimenti nell'ambiente di stabilizzazione del PM. I riferimenti devono essere considerati stabilizzati se sono rimasti nell'ambiente di stabilizzazione del PM per almeno 30 minuti e l'ambiente di stabilizzazione del PM è rimasto conforme alle specifiche di cui al punto 9.3.4.4 del presente allegato per almeno i 60 minuti precedenti;
- c) la bilancia deve essere provata diverse volte con un campione di riferimento senza che siano registrati i valori;
- d) tarare lo zero e lo span della bilancia. Mettere sulla bilancia una massa di prova (ad es., un peso di taratura), quindi rimuoverla, accertando che la bilancia ritorni a un'indicazione accettabile di zero nel tempo di stabilizzazione normale;
- e) pesare ognuno dei mezzi di riferimento (ad es. filtri) e registrare le rispettive masse. Se generalmente i valori medi sono ottenuti ripetendo la procedura di pesata per migliorare l'accuratezza delle masse dei mezzi di riferimento (ad es. filtri), la stessa procedura deve essere usata per misurare i valori medi delle masse dei mezzi di campionamento (ad es. filtri);
- f) registrare il punto di rugiada ambiente della bilancia, la temperatura ambiente e la pressione atmosferica;

- g) le condizioni ambientali registrate devono essere usate per correggere i risultati in funzione della galleggiabilità conformemente al punto 8.1.12.2 del presente allegato. Registrare la massa corretta in funzione della galleggiabilità di ciascuno dei riferimenti;
- h) sottrarre la massa di riferimento corretta in funzione della galleggiabilità di ognuno dei mezzi di riferimento (ad esempio filtri) dalla massa corretta in funzione della galleggiabilità precedentemente misurata e registrata;
- i) se la massa di uno dei filtri di riferimento cambia più di quanto consentito dal presente punto, tutte le determinazioni della massa del PM effettuate dopo l'ultima convalida della massa dei mezzi di riferimento devono essere invalidate. I filtri di riferimento del PM possono essere eliminati se solo una delle masse dei filtri è cambiata più di quanto consentito e se è possibile individuare una causa specifica di tale variazione della massa del filtro che non avrebbe influenzato altri filtri del processo. La convalida può quindi essere considerata riuscita. In questo caso i mezzi di riferimento contaminati non possono essere inclusi per la determinazione della conformità alla lettera j) del presente punto, ma il filtro in questione può essere eliminato e sostituito;
- j) se una delle masse di riferimento cambia più di quanto consentito dal punto 8.1.12.1.4 del presente allegato, tutti i risultati del PM determinati tra i due momenti in cui sono state determinate le masse di riferimento devono essere invalidati. Se il mezzo di campionamento del PM di riferimento è eliminato a norma della lettera i) del presente punto, deve essere disponibile almeno una differenza della massa di riferimento che soddisfi i criteri del punto 8.1.12.1.4 del presente allegato. In caso contrario tutti i risultati del PM ottenuti tra i due momenti in cui sono state determinate le masse dei mezzi di riferimento (ad es. filtri) devono essere invalidati.

8.1.12.2. Correzione in funzione della galleggiabilità del filtro di campionamento del PM

8.1.12.2.1. Aspetti generali

Il filtro di campionamento del PM deve essere corretto in funzione della sua galleggiabilità in aria. Tale correzione dipende dalla densità del mezzo di campionamento, dalla densità dell'aria e dalla densità del peso di taratura della bilancia. La correzione in funzione della galleggiabilità non tiene conto della galleggiabilità del PM stesso, poiché la massa del PM rappresenta tipicamente solo tra lo 0,01 e lo 0,10 % del peso totale. La correzione di questa piccola frazione di massa corrisponderebbe al massimo allo 0,010 %. I valori corretti in funzione della galleggiabilità sono le masse della tara dei campioni di PM. I valori corretti in funzione della galleggiabilità della pesata del filtro precedente alla prova sono in seguito sottratti dai valori corretti in funzione della galleggiabilità della pesata successiva alla prova del filtro corrispondente, al fine di determinare la massa del PM emesso durante la prova.

8.1.12.2.2. Densità del filtro di campionamento del PM

Filtri di campionamento del PM diversi hanno densità diverse. Deve essere usata la densità nota dei mezzi di campionamento o una delle densità di alcuni mezzi di campionamento comuni come segue:

- a) per il vetro di borosilicato rivestito di PTFE va usata una densità di riferimento di 2300 kg/m³;
- b) per i mezzi di membrana PTFE (pellicola) con un anello di supporto integrale di polimetilpentene rappresentante il 95 % della massa del mezzo deve essere usata una densità di campionamento pari a 920 kg/m³;
- c) per i mezzi di membrana PTFE (pellicola) con un anello di supporto integrale di PTFE deve essere usata una densità di campionamento pari a 2144 kg/m³.

8.1.12.2.3. Densità dell'aria

Poiché l'ambiente della bilancia del PM deve essere rigorosamente mantenuto a una temperatura ambiente di 295 ± 1 K (22 ± 1 °C) e a un punto di rugiada di 282,5 ± 1 K (9,5 ± 1 °C), la densità dell'aria è determinata principalmente dalla pressione atmosferica. Occorre quindi specificare una correzione della galleggiabilità che rappresenti soltanto una funzione della pressione atmosferica.

8.1.12.2.4. Densità del peso di taratura

Utilizzare la densità dichiarata del materiale del peso di taratura di metallo.

8.1.12.2.5. Calcolo del fattore di correzione

Per correggere il filtro di campionamento del PM in funzione della galleggiabilità si usa l'equazione (A.4-27):

$$m_{\text{cor}} = m_{\text{uncor}} \cdot \left(\frac{1 - \frac{\rho_{\text{air}}}{\rho_{\text{weight}}}}{1 - \frac{\rho_{\text{air}}}{\rho_{\text{media}}}} \right) \quad (\text{A.4-27})$$

dove:

m_{cor} = massa del filtro di campionamento del PM corretta per la galleggiabilità

m_{uncor} = massa del filtro di campionamento del PM non corretta per la galleggiabilità

ρ_{air} = densità dell'aria nell'ambiente della bilancia

ρ_{weight} = densità del peso di taratura utilizzato per tarare lo span della bilancia

ρ_{media} = densità del filtro di campionamento del PM

con

$$\rho_{\text{air}} = \frac{p_{\text{abs}} \cdot M_{\text{mix}}}{R \cdot T_{\text{amb}}} \quad (\text{A.4-28})$$

dove:

p_{abs} = pressione assoluta nell'ambiente della bilancia

M_{mix} = massa molare dell'aria nell'ambiente della bilancia

R = costante molare del gas

T_{amb} = temperatura ambiente assoluta nell'ambiente della bilancia

8.2. Convalida dello strumento per la prova

8.2.1. Convalida del controllo del flusso proporzionale per il campionamento per lotti e del rapporto di diluizione minimo per il campionamento per lotti del PM

8.2.1.1. Criteri di proporzionalità per il CVS

8.2.1.1.1. Flussi proporzionali

Per ogni coppia di flussometri devono essere usati il campione registrato e le portate totali, o le medie per 1 Hz, per i calcoli statistici di cui all'allegato 5, appendice A.3. Deve essere determinata l'errore standard della stima (SEE) della portata del campione rispetto alla portata totale. Per ogni intervallo di prova si deve dimostrare che SEE è risultato pari o inferiore al 3,5 % della portata media del campione.

8.2.1.1.2. Flussi costanti

Per ogni coppia di flussometri devono essere usati il campione registrato e le portate totali, o le relative medie per 1 Hz, per dimostrare che ogni portata è risultata costante entro la tolleranza di $\pm 2,5\%$ rispetto alla rispettiva portata media o a quella desiderata. Invece di registrare la portata di ogni tipo di misuratore è possibile usare una delle seguenti opzioni:

- a) opzione del tubo di Venturi a flusso critico: per i tubi di Venturi a flusso critico devono essere usate le condizioni registrate all'ingresso del tubo di Venturi o le rispettive medie per 1 Hz. Si deve dimostrare che la densità del flusso all'ingresso del tubo Venturi è risultata costante entro la tolleranza di $\pm 2,5\%$ rispetto alla rispettiva densità media o a quella desiderata. Per un tubo Venturi CVS a flusso critico, ciò può essere provato dimostrando che la temperatura assoluta all'ingresso del tubo Venturi è risultata costante entro la tolleranza di $\pm 4\%$ rispetto alla temperatura media o a quella desiderata in ogni intervallo di prova;
- b) opzione della pompa volumetrica: devono essere applicate le condizioni registrate all'ingresso della pompa o le rispettive medie per 1 Hz. Si deve dimostrare che la densità del flusso all'ingresso della pompa è risultata costante entro la tolleranza di $\pm 2,5\%$ rispetto alla rispettiva densità media o a quella desiderata. Per una pompa CVS, ciò può essere provato dimostrando che la temperatura assoluta all'ingresso della pompa è risultata costante entro la tolleranza di $\pm 2\%$ rispetto alla temperatura assoluta media o a quella desiderata in ogni intervallo di prova.

8.2.1.1.3. Dimostrazione del campionamento proporzionale

Per i campioni proporzionali dei lotti come un sacchetto o un filtro antiparticolato, deve essere dimostrato che è stato mantenuto il campionamento proporzionale con uno dei seguenti metodi. Si noti che fino al 5 % del numero totale di punti di rilevamento può essere omesso per i valori fuori linea.

Affidandosi alla buona pratica ingegneristica deve essere dimostrato con un'analisi ingegneristica che il sistema di controllo del flusso proporzionale garantisce il campionamento proporzionale in tutte le circostanze previste durante la prova. Ad esempio, i CFV possono essere usati sia per il flusso di campionamento che per il flusso totale se è dimostrato che hanno sempre le stesse pressioni e temperature d'ingresso e che operano sempre in condizioni di flusso critico.

Per determinare il rapporto di diluizione minimo per ogni campionamento per lotti del PM nell'intervallo di prova occorre utilizzare i flussi misurati o calcolati e/o le concentrazioni di gas traccianti (ad es. CO₂).

8.2.1.2. Convalida del sistema di diluizione a flusso parziale

Per controllare un sistema di diluizione a flusso parziale al fine di estrarre un campione dei gas di scarico grezzi è necessaria una risposta rapida del sistema, che è indicata dalla rapidità di reazione del sistema di diluizione a flusso parziale. Il tempo di trasformazione del sistema deve essere determinato secondo la procedura di cui al punto 8.1.8.6.3.2. L'effettivo controllo del sistema di diluizione a flusso parziale deve essere basato sulle condizioni attuali misurate. Se il tempo di trasformazione combinato della misurazione del flusso dei gas di scarico e del sistema a flusso parziale è $\leq 0,3$ secondi, deve essere utilizzato il controllo in linea. Se il tempo di trasformazione è superiore a 0,3 secondi, deve essere utilizzato il controllo *look-ahead* sulla base di un ciclo di prova preregistrato. In questo caso il tempo di salita combinato deve essere ≤ 1 s e il tempo di ritardo combinato ≤ 10 s. La risposta totale del sistema deve assicurare un campione rappresentativo delle particelle, $q_{mp,i}$ (flusso campione del gas di scarico nel sistema di diluizione a flusso parziale), proporzionale alla portata massica dei gas di scarico. Per determinare la proporzionalità deve essere effettuata un'analisi di regressione di $q_{mp,i}$ rispetto a $q_{mew,i}$ (portata massica dei gas di scarico su umido) con una frequenza di acquisizione dei dati di almeno 5 Hz, nel rispetto dei seguenti criteri:

- a) il coefficiente di correlazione r^2 della regressione lineare tra $q_{mp,i}$ e $q_{mew,i}$ non deve essere inferiore a 0,95;
- b) l'errore standard della stima di $q_{mp,i}$ rispetto a $q_{mew,i}$ non deve superare il 5 % del valore massimo di q_{mp} ;
- c) l'intercetta su q_{mp} della linea di regressione non deve essere superiore a $\pm 2\%$ del valore massimo di q_{mp} .

Se i tempi di trasformazione combinati del sistema per la determinazione del particolato, $t_{50,P}$, e del segnale della portata massica dei gas di scarico, $t_{50,F}$, sono $> 0,3$ s è necessario eseguire il controllo *look-ahead*. In questo caso può essere eseguita una prova preliminare e il segnale della portata massica dei gas di scarico della prova preliminare deve essere utilizzato per il controllo del flusso del campione nel sistema per la determinazione del particolato. Si ha un controllo corretto del sistema di diluizione se la traccia temporale di $q_{mew,pre}$ della prova preliminare, che controlla q_{mp} , viene corretta con un tempo *look-ahead* pari a $t_{50,P} + t_{50,F}$.

Per stabilire la correlazione tra $q_{mp,i}$ e $q_{mew,i}$ devono essere utilizzati i dati rilevati nel corso della prova effettiva, con il tempo $q_{mew,i}$ allineato da $t_{50,F}$ in relazione a $q_{mp,i}$ ($t_{50,P}$ non contribuisce all'allineamento temporale). Lo sfasamento temporale tra q_{mew} e q_{mp} è la differenza tra i rispettivi tempi di trasformazione determinati al punto 8.1.8.6.3.2 del presente allegato.

- 8.2.2. Convalida dell'intervallo dell'analizzatore di gas, convalida e correzione in funzione della deriva
- 8.2.2.1. Convalida dell'intervallo
- Se in qualsiasi momento durante la prova l'analizzatore ha funzionato a oltre il 100 % del suo intervallo, devono essere eseguite le seguenti operazioni.
- 8.2.2.1.1. Campionamento per lotti
- Per il campionamento per lotti il campione deve essere rianalizzato usando l'intervallo più basso dell'analizzatore risultante in una risposta massima dello strumento al di sotto del 100 %. Il risultato è quello ottenuto dall'intervallo più basso in cui l'analizzatore funziona al di sotto del 100 % del suo intervallo per tutta la prova.
- 8.2.2.1.2. Campionamento continuo
- Per il campionamento continuo si ripete tutta la prova usando il successivo intervallo più alto dell'analizzatore. Se l'analizzatore funziona di nuovo al di sopra del 100 % del suo intervallo, la prova deve essere ripetuta usando il successivo intervallo più alto. La prova deve essere ripetuta finché l'analizzatore arriva a funzionare al di sotto del 100 % del suo intervallo per tutta la prova.
- 8.2.2.2. Convalida e correzione in funzione della deriva
- Se la deriva è pari a $\pm 1\%$, i dati possono essere accettati con o senza correzione. Se la deriva è superiore a $\pm 1\%$, devono essere calcolate due serie di risultati delle emissioni specifiche al banco frenato per ogni inquinante, oppure la prova deve essere invalidata. Una serie deve essere calcolata usando i dati prima della correzione in funzione della deriva e un'altra dopo la correzione di tutti i dati tenendo conto della deriva, conformemente all'allegato 5, appendice A.1, punto A.1.6, e all'allegato 5, appendice A.2, punto A.2.10. Il raffronto va fatto come valore percentuale dei risultati non corretti. La differenza tra i valori non corretti e i valori corretti delle emissioni specifiche al banco frenato deve corrispondere a $\pm 4\%$ dei valori non corretti delle emissioni specifiche al banco frenato. In caso contrario l'intera prova è invalidata.
- 8.2.3. Per condizionamento e taratura del mezzo di campionamento del PM (ad es., filtri)
- Prima di una prova delle emissioni devono essere eseguite le seguenti operazioni per preparare il mezzo usato come filtro di campionamento del PM e l'apparecchiatura di misurazione del PM.
- 8.2.3.1. Verifiche periodiche
- È necessario assicurare che gli ambienti della bilancia e di stabilizzazione del PM superino le verifiche periodiche di cui al punto 8.1.12 del presente allegato. Il filtro di riferimento deve essere pesato subito prima della pesata dei filtri di prova, in modo da stabilire un punto di riferimento appropriato (cfr. particolari della procedura al punto 8.1.12.1 del presente allegato). La verifica della stabilità dei filtri di riferimento va effettuata dopo il periodo di stabilizzazione successivo alla prova, immediatamente prima della pesata successiva alla prova.
- 8.2.3.2. Ispezione visiva
- I filtri di campionamento non utilizzati devono essere ispezionati visivamente per individuare eventuali difetti. I filtri difettosi vanno scartati.
- 8.2.3.3. Messa a terra
- Per manipolare i filtri antiparticolato devono essere usate pinze a massa o un bracciale antistatico come descritto al punto 9.3.4 del presente allegato.
- 8.2.3.4. Mezzi di campionamento non usati
- I mezzi di campionamento non usati devono essere riposti in uno o più contenitori aperti nell'ambiente di stabilizzazione del PM. Se vengono usati dei filtri, questi possono essere riposti nella metà inferiore di una cassetta portafiltri.
- 8.2.3.5. Stabilizzazione
- I mezzi di campionamento devono essere stabilizzati nell'ambiente di stabilizzazione del PM. I mezzi di campionamento devono essere stabilizzati nell'ambiente di stabilizzazione del PM. Un mezzo di campionamento non usato può essere considerato stabilizzato se è rimasto nell'ambiente di stabilizzazione del PM per almeno 30 minuti, durante i quali le condizioni dell'ambiente di stabilizzazione sono rimaste conformi alle specifiche di cui al punto 9.3.4. Se tuttavia si prevede una massa di PM di 400 μg o superiore, i mezzi di campionamento devono essere stabilizzati per almeno 60 minuti.

8.2.3.6. Pesata

I mezzi di campionamento devono essere pesati automaticamente o manualmente nel modo descritto di seguito:

- a) in caso di pesata automatica, seguire le istruzioni del costruttore del sistema di automazione per preparare i campioni per la pesata;
- b) per la pesata manuale, affidarsi alla buona pratica ingegneristica;
- c) è consentita anche la pesata per sostituzione (cfr. punto 8.2.3.10 del presente allegato);
- d) dopo la pesata, riporre il filtro nella capsula di Petri e coprirlo.

8.2.3.7. Correzione in funzione della galleggiabilità

Il peso misurato deve essere corretto in funzione della galleggiabilità conformemente al punto 8.1.12.2 del presente allegato.

8.2.3.8. Ripetizione

Le misurazioni della massa del filtro possono essere ripetute per determinare la massa media del filtro secondo la buona pratica ingegneristica e per escludere valori fuori linea dal calcolo della media.

8.2.3.9. Taratura

I filtri non usati che sono stati pesati e tarati devono essere caricati in cassette portafiltri pulite e le cassette cariche devono essere poste in un contenitore coperto o sigillato prima di essere portate nella camera di prova per il campionamento.

8.2.3.10. Pesata per sostituzione

La pesata per sostituzione è un'opzione e, se usata, comprende la misurazione di un peso di riferimento prima e dopo ogni pesata di un mezzo di campionamento del PM (ad es. filtro). Sebbene richieda più misurazioni, la pesata per sostituzione corregge la deriva dello zero della bilancia e dipende dalla linearità della bilancia solo per un piccolo intervallo. Questo metodo è appropriato se si quantificano masse totali del PM inferiori allo 0,1 % della massa del mezzo di campionamento. Tuttavia potrebbe essere inappropriato se le masse totali del PM sono superiori all'1 % della massa del mezzo di campionamento. Se si usa la pesata per sostituzione, tale metodo deve essere utilizzato per la pesata prima e dopo la prova. Per la pesata prima e dopo la prova deve essere usato lo stesso peso di sostituzione. La massa del peso di sostituzione deve essere corretta in funzione della galleggiabilità se la densità del peso di sostituzione è inferiore a 2,0 g/cm³. La seguente procedura è un esempio di pesata per sostituzione:

- a) usare pinze a massa o un bracciale antistatico come descritto al punto 9.3.4.6 del presente allegato;
- b) utilizzare un neutralizzatore statico come descritto al punto 9.3.4.6 del presente allegato per minimizzare la carica di elettricità statica su qualsiasi oggetto prima che sia posato sulla bilancia;
- c) selezionare un peso di sostituzione conforme alle specifiche dei pesi di taratura di cui al punto 9.5.2 del presente allegato. Il peso di sostituzione deve avere la stessa densità del peso usato per tarare lo span della microbilancia e deve avere una massa simile ad un mezzo di campionamento non utilizzato (ad es. filtro). Se vengono usati dei filtri, la massa del peso deve corrispondere a circa (80-100) mg per i filtri tipici da 47 mm di diametro;
- d) registrare l'indicazione stabile della bilancia e quindi rimuovere il peso di taratura;
- e) pesare un mezzo di campionamento non usato (ad es. un filtro nuovo) e registrare l'indicazione stabile della bilancia; registrare inoltre il punto di rugiada dell'ambiente della bilancia, la temperatura ambiente e le pressione atmosferica;
- f) pesare nuovamente il peso di taratura e registrare l'indicazione stabile della bilancia;
- g) calcolare la media aritmetica delle due letture del peso di taratura che sono state registrate immediatamente prima e dopo la pesata del campione non usato. Sottrarre il valore medio dalla lettura del campione non usato, poi aggiungere la massa effettiva del peso di taratura come indicato sul certificato del peso di taratura. Registrare il risultato. Questo è il peso tarato del campione non usato senza la correzione in funzione della galleggiabilità;

- h) ripetere le operazioni di pesata per sostituzione per i rimanenti mezzi di campionamento non usati;
- i) una volta completata la pesata, seguire le istruzioni di cui ai punti da 8.2.3.7 a 8.2.3.9 del presente allegato.

8.2.4. Condizionamento e pesata del campione di PM dopo la prova

I filtri di campionamento del PM utilizzati devono essere inseriti in un contenitore coperto o sigillato oppure il portafiltri deve essere chiuso per proteggere i filtri campione dalla contaminazione ambientale. Così protetti, i filtri carichi devono essere riportati nella camera di condizionamento del filtro antiparticolato. Poi i filtri di campionamento del PM vanno condizionati e ponderati di conseguenza.

8.2.4.1. Verifiche periodiche

È necessario assicurare che gli ambienti di pesata e di stabilizzazione del PM abbiano superato le verifiche periodiche di cui al punto 8.1.12.1 del presente allegato. Dopo il completamento della prova, i filtri vanno riportati nell'ambiente di pesata e di stabilizzazione del PM. L'ambiente di pesata e di stabilizzazione del PM deve soddisfare le condizioni ambientali di cui al punto 9.3.4.4 del presente allegato, oppure i filtri di prova devono essere lasciati coperti fino al raggiungimento delle condizioni appropriate.

8.2.4.2. Rimozione dai contenitori sigillati

Nell'ambiente di stabilizzazione del PM, i campioni di PM devono essere rimossi dai contenitori sigillati. I filtri possono essere rimossi dalle cassette prima della stabilizzazione o dopo di essa. Quando si rimuove il filtro da una cassetta, la metà superiore della cassetta deve essere separata dalla metà inferiore usando un apposito separatore.

8.2.4.3. Messa a terra elettrica

Per manipolare i campioni di PM devono essere usate pinzette a massa o un bracciale antistatico come descritto al punto 9.3.4.5 che segue.

8.2.4.4. Ispezione visiva

I campioni di PM raccolti e i relativi mezzi usati come filtri di campionamento devono essere ispezionati visivamente. Se le condizioni del filtro o del campione di PM raccolto appaiono compromesse o se il particolato viene a contatto con superfici diverse dal filtro, il campione non può essere usato per determinare le emissioni di particolato. In caso di contatto con un'altra superficie, quest'ultima deve essere pulita prima di procedere.

8.2.4.5. Stabilizzazione dei campioni di PM

Per stabilizzare i campioni di PM occorre riporli in uno o più contenitori aperti nell'ambiente di stabilizzazione del PM di cui al punto 9.3.4.3 del presente allegato. Un campione di PM è stabilizzato se è stato nell'ambiente di stabilizzazione del PM per uno dei periodi di tempo indicati di seguito e se in tale periodo di tempo l'ambiente di stabilizzazione del PM è rimasto conforme alle specifiche del punto 9.3.4.3 che segue:

- a) se si prevede che la concentrazione totale del PM sulla superficie del filtro sarà superiore a $0,353 \mu\text{g}/\text{mm}^2$, per un carico ipotetico di PM di $400 \mu\text{g}$ su un'area della macchia del filtro di diametro di 38 mm, il filtro deve essere esposto all'ambiente di stabilizzazione per almeno 60 minuti prima della pesata;
- b) se si prevede che la concentrazione totale in superficie del PM sarà inferiore a $0,353 \mu\text{g}/\text{mm}^2$, il filtro deve essere esposto all'ambiente di stabilizzazione per almeno 30 minuti prima della pesata;
- c) se la concentrazione totale in superficie del PM prevista durante la prova non è nota, il filtro deve essere esposto all'ambiente di stabilizzazione per almeno 60 minuti prima della pesata.

8.2.4.6. Determinazione della massa del filtro dopo la prova

Per determinare la massa del filtro successiva alla prova occorre ripetere le procedure di cui al punto 8.2.3 (punti da 8.2.3.6 a 8.2.3.9 del presente allegato).

8.2.4.7. Massa totale

Ogni massa di taratura del filtro corretta in funzione della galleggiabilità deve essere sottratta dalla rispettiva massa del filtro successiva alla prova corretta in funzione della galleggiabilità. Il risultato è la massa totale, m_{totale} , che deve essere usata nei calcoli delle emissioni di cui all'allegato 5.

9. APPARECCHI DI MISURAZIONE

9.1. Specifica del dinamometro

9.1.1. Lavoro dell'albero

Deve essere usato un dinamometro con caratteristiche appropriate all'esecuzione del ciclo di lavoro applicabile, inclusa la capacità di soddisfare i criteri appropriati di convalida del ciclo. Possono essere usati i seguenti dinamometri:

- a) dinamometro a correnti parassite o a freno idraulico;
- b) dinamometro a corrente alternata o a corrente continua;
- c) uno o più dinamometri.

9.1.2. Ciclo di prova transitorio (NRTC o LSI-NRTC)

Per la misurazione della coppia possono essere usate celle di carico o torsionometri in linea.

Quando si usa una cella di carico, il segnale di coppia deve essere trasferito all'asse del motore considerando l'inerzia del dinamometro. La coppia effettiva del motore è quella rilevata sulla cella di carico sommata al momento d'inerzia del freno e moltiplicata per l'accelerazione angolare. Il sistema di controllo deve effettuare questo calcolo in tempo reale.

9.1.3. Accessori del motore

È necessario tenere conto del lavoro degli accessori del motore necessari per la distribuzione del carburante, la lubrificazione o il riscaldamento del motore, la distribuzione del liquido refrigerante al motore o il funzionamento dei sistemi di post-trattamento dei gas di scarico; tali accessori devono essere montati conformemente alle disposizioni del punto 6.3.

9.1.4. Supporto del motore e sistema di trasmissione della potenza (categoria NRSh)

Se necessari al fine di testare correttamente un motore della categoria NRSh, devono essere utilizzati il supporto del motore per la prova al banco e il sistema di trasmissione della potenza da collegare al sistema di rotazione del dinamometro specificati dal costruttore.

9.2. Procedura di diluizione (se pertinente)

9.2.1. Condizioni di diluizione e concentrazioni di fondo

I componenti gassosi possono essere misurati grezzi o diluiti, mentre la misurazione del PM richiede generalmente la diluizione. La diluizione può essere realizzata mediante un sistema di diluizione a flusso parziale o pieno. Se si fa ricorso alla diluizione, i gas di scarico possono essere diluiti con aria ambiente, aria sintetica o azoto. Per la misurazione delle emissioni gassose la temperatura del diluente deve essere di almeno 288 K (15 °C). Per il campionamento del PM la temperatura del diluente è specificata al punto 9.2.2 del presente allegato per il CVS e al punto 9.2.3 per la PFD con un rapporto di diluizione variabile. La capacità di flusso del sistema di diluizione deve essere sufficientemente elevata da eliminare completamente la condensazione dell'acqua nei sistemi di diluizione e campionamento. Se l'umidità dell'aria è elevata, è ammessa la deumidificazione dell'aria di diluizione prima dell'ingresso nel sistema di diluizione. Le pareti del tunnel di diluizione, nonché le tubature del flusso complessivo a valle del tunnel, possono essere riscaldate o isolate in modo da impedire la precipitazione di costituenti del gas contenenti acqua dalla forma gassosa a quella liquida ("condensazione dell'acqua").

Prima di mescolarlo con i gas di scarico, il diluente può essere preconditionato aumentando o diminuendo la sua temperatura o umidità. Si possono rimuovere componenti dal diluente in modo da ridurre le concentrazioni di fondo. Per rimuovere componenti o per tenere conto delle concentrazioni di fondo devono essere applicate le seguenti disposizioni:

- a) le concentrazioni dei componenti nel diluente possono essere misurate e compensate per gli effetti di fondo sui risultati della prova. Per i calcoli per la compensazione delle concentrazioni di fondo si veda l'allegato 5;
- b) per la misurazione di emissioni di inquinanti gassosi e particolato inquinante di fondo sono ammesse le seguenti varianti ai requisiti di cui ai punti 7.2, 9.3 e 9.4 del presente allegato:
 - i) non è richiesto l'uso del campionamento proporzionale;
 - ii) possono essere usati sistemi di campionamento non riscaldati;
 - iii) può essere usato il campionamento continuo anche se si utilizza il campionamento per lotti per le emissioni diluite;
 - iv) può essere usato il campionamento per lotti anche se si utilizza il campionamento continuo per le emissioni diluite;
- c) per tenere conto del PM di fondo sono disponibili le seguenti opzioni:
 - i) per rimuovere il PM di fondo, filtrare il diluente con filtri antiparticolato ad alta efficienza (HEPA) aventi un'efficienza iniziale di rimozione del particolato di almeno il 99,97 % (cfr. il punto 2.1.42 del presente regolamento per le procedure relative alle efficienze di filtraggio HEPA);
 - ii) per correggere il PM di fondo senza filtraggio HEPA, il PM di fondo non deve costituire più del 50 % del PM netto raccolto sul filtro di campionamento;
 - iii) la correzione del PM di fondo netto con il filtraggio HEPA è consentita senza limitazioni della pressione.

9.2.2. Sistema a flusso pieno

Diluizione a flusso pieno; campionamento a volume costante (CVS). Il flusso pieno dei gas di scarico grezzi è diluito in un tunnel di diluizione. È possibile mantenere costante un flusso mantenendo entro i limiti la temperatura e la pressione del flussometro. Un flusso non costante deve essere misurato direttamente in modo da consentire il campionamento proporzionale. Il sistema deve essere concepito nel modo seguente (cfr. figura A.4-5):

- a) utilizzare un tunnel con superfici interne di acciaio inossidabile. Tutto il tunnel di diluizione deve essere messo a terra. In alternativa è possibile utilizzare materiali non conduttori per le categorie di motori che non sono oggetto di limitazioni di PM o di PN;
- b) la contropressione del sistema dei gas di scarico non deve essere abbassata artificialmente dal sistema di immissione dell'aria di diluizione. Mantenere la pressione statica nel punto in cui i gas di scarico grezzi sono introdotti nel tunnel a $\pm 1,2$ kPa di pressione atmosferica;
- c) per agevolare la miscelazione, introdurre i gas di scarico grezzi nel tunnel dirigendoli verso valle lungo la linea centrale del tunnel. Per minimizzare l'interazione dei gas di scarico con le pareti del tunnel è possibile introdurre radialmente una porzione di aria di diluizione dalla superficie interna del tunnel;
- d) per il campionamento del PM mantenere la temperatura dei diluenti (aria ambiente, aria sintetica o azoto, come indicato al punto 9.2.1 del presente allegato) tra 293 e 325 K (20-52 °C) in stretta prossimità dell'entrata del tunnel di diluizione;

- e) il numero di Reynolds, Re , deve essere almeno pari a 4 000 per il flusso dei gas di scarico diluiti, dove Re è basato sul diametro interno del tunnel di diluizione. Per una definizione di Re cfr. l'allegato 5. Eseguire la verifica della corretta miscelazione mentre il gas attraversa una sonda di campionamento, posta trasversalmente al diametro del tunnel, verticalmente e orizzontalmente. Se la risposta dell'analizzatore indica una deviazione superiore a $\pm 2\%$ della concentrazione media misurata, far funzionare il CVS a una portata maggiore oppure installare una piastra o un orifizio di miscelazione per migliorare la miscelazione;
- f) preconditionamento per la misurazione del flusso: i gas di scarico diluiti possono essere condizionati prima di misurarne la portata, purché tale condizionamento sia eseguito a valle delle sonde di campionamento riscaldate degli HC o del PM usando:
- i) un raddrizzatore, un ammortizzatore di pulsazioni oppure entrambi;
 - ii) un filtro;
 - iii) uno scambiatore di calore per controllare la temperatura a monte di un flussometro, purché siano prese misure per evitare la condensazione dell'acqua;
- g) condensazione dell'acqua:

la condensazione dell'acqua è una funzione dell'umidità, della pressione, della temperatura e delle concentrazioni di altri componenti, quali l'acido solforico. Tali parametri variano in funzione dell'umidità dell'aria di alimentazione del motore, dell'umidità dell'aria di diluizione, del rapporto aria/carburante del motore, inclusa la quantità di idrogeno e di zolfo nel carburante.

Per garantire che sia misurato un flusso corrispondente a una concentrazione misurata esistono due possibilità: evitare la condensazione dell'acqua tra la sonda di campionamento e l'ingresso del flussometro nel tunnel di diluizione oppure permettere la condensazione dell'acqua e misurare l'umidità all'ingresso del flussometro. Per evitare la condensazione dell'acqua è possibile riscaldare o isolare le pareti del tunnel di diluizione o le tubazioni del flusso complessivo a valle del tunnel. La condensazione dell'acqua deve essere impedita in tutto il tunnel di diluizione. Alcuni componenti dei gas di scarico possono essere diluiti o eliminati dalla presenza di umidità.

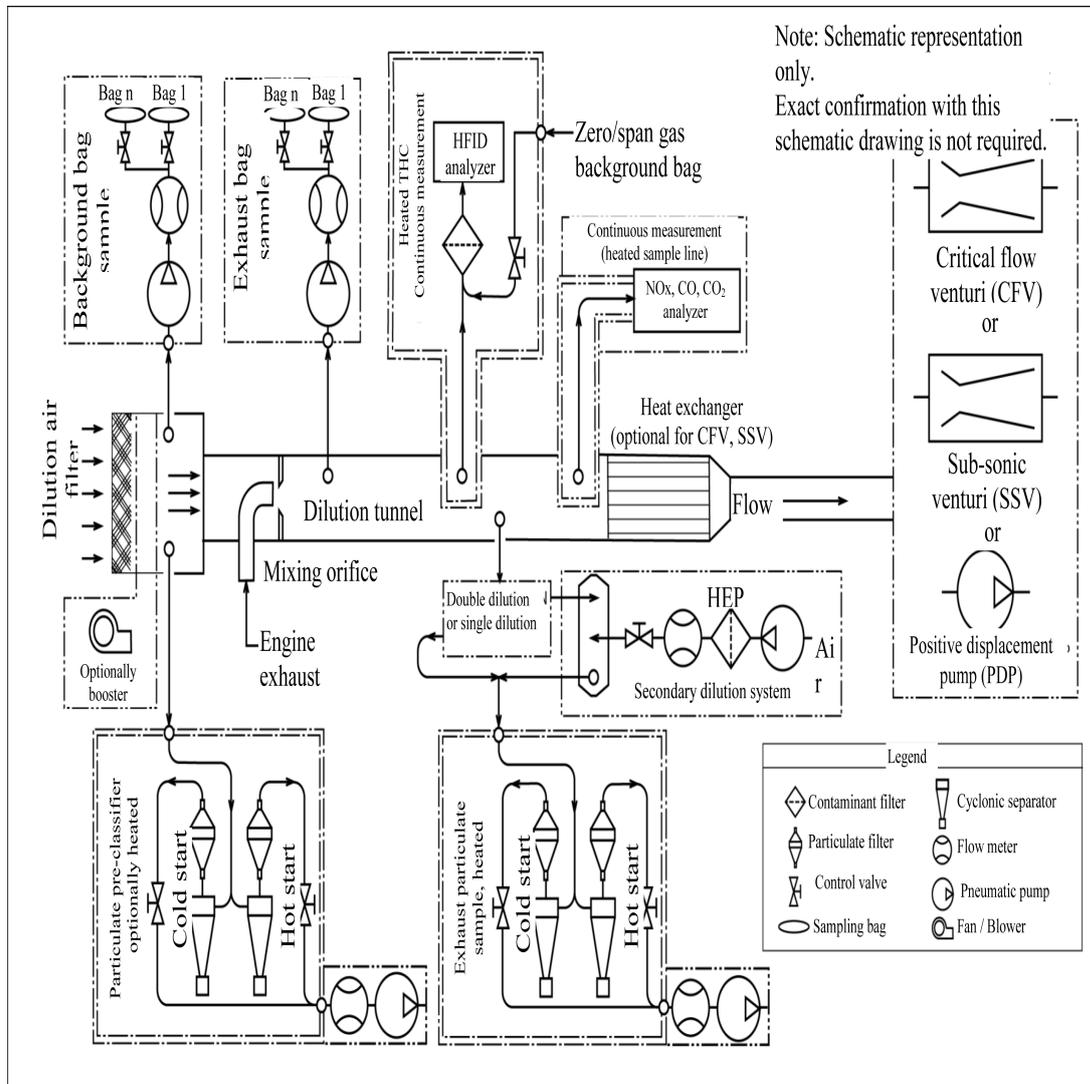
Per il campionamento del PM il flusso già proporzionale in arrivo dal CVS passa attraverso la diluizione secondaria (una o più) in modo da raggiungere il rapporto di diluizione globale necessario di cui alla figura A.4-6 e al punto 9.2.3.2 del presente allegato;

- h) il rapporto di diluizione minimo deve rientrare nell'intervallo tra 5:1 e 7:1 e deve essere di almeno 2:1 per la fase di diluizione primaria sulla base della portata massima dei gas di scarico del motore durante il ciclo o l'intervallo di prova;
- i) il tempo globale di permanenza nel sistema deve essere compreso tra 0,5 e 5 secondi, misurato dal punto di introduzione del diluente fino ai portafiltri o ai portafiltri;
- j) il tempo di permanenza nel sistema di diluizione secondaria deve essere di almeno 0,5 secondi, misurato dal punto di introduzione del diluente secondario fino ai portafiltri o ai portafiltri.

Per determinare la massa del particolato, utilizzare un sistema di campionamento del particolato, un filtro di campionamento del particolato, una bilancia gravimetrica e una camera di pesata a temperatura e umidità controllate.

Figura A.4-5

Esempi di configurazione del campionamento con diluizione a flusso pieno



9.2.3. Sistema di diluizione a flusso parziale (PFD)

9.2.3.1. Descrizione del sistema a flusso parziale

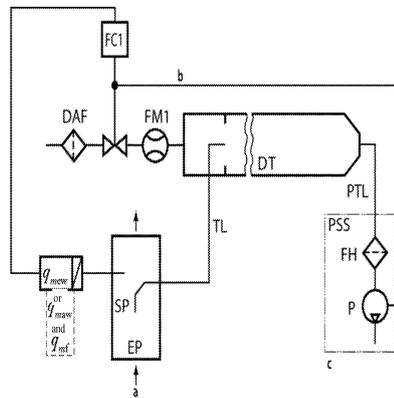
Nella figura A.4-6 è riportato lo schema di un sistema PFD. Si tratta di uno schema generale che illustra i principi di estrazione del campione, di diluizione e di campionamento del PM. Con ciò non si intende indicare che tutti i componenti descritti nella figura sono necessari per altri sistemi di campionamento possibili che soddisfino l'obiettivo della raccolta del campione. Sono permesse altre configurazioni che non corrispondono a questo schema, purché siano destinate alla raccolta del campione, alla diluizione e al campionamento del PM. Tali configurazioni devono soddisfare altri criteri, di cui ai punti 8.1.8.6 (taratura periodica) e 8.2.1.2 (convalida) per la diluizione variabile PFD, al punto 8.1.4.5, alla tabella A.4-5 (verifica della linearità) e al punto 8.1.8.5.7 del presente allegato (verifica) per la diluizione costante PFD.

Come indicato nella figura A.4-6, i gas di scarico grezzi o il flusso diluito primario sono trasferiti dal tubo di scarico EP o dal CVS, rispettivamente, al tunnel di diluizione DT mediante la sonda di campionamento SP e il condotto di trasferimento TL. Il flusso totale attraverso il tunnel viene regolato con il controllore di flusso e la pompa di campionamento P del sistema di campionamento del particolato (PSS). Per il campionamento proporzionale dei gas di scarico grezzi, il flusso dell'aria di diluizione è controllato dal controllore del flusso FC1, che può usare q_{mew} (portata massica del gas di scarico su umido) o q_{maw} (portata massica dell'aria di aspirazione su umido) e q_{mf} (portata massica del carburante) come segnali di comando per la divisione desiderata dei gas di scarico. Il flusso del campione verso il tunnel di diluizione DT è dato dalla differenza tra il flusso totale e il flusso dell'aria di diluizione. La portata dell'aria di diluizione viene misurata con il dispositivo di misurazione del flusso FM1, mentre la portata totale con il dispositivo di misurazione della portata del sistema di campionamento del particolato. Il rapporto di diluizione viene calcolato in base a queste due portate. Per il campionamento con un rapporto di diluizione costante dei gas di scarico grezzi o diluiti rispetto al flusso dei gas di scarico (ad es. diluizione secondaria per il campionamento del PM), la portata dell'aria di diluizione è generalmente costante e controllata dal controllore di flusso FC1 o dalla pompa dell'aria di diluizione.

L'aria di diluizione (aria ambiente, aria sintetica o azoto) deve essere filtrata con un filtro antiparticolato ad alta efficienza (HEPA).

Figura A.4-6

Schema del sistema di diluizione a flusso parziale (tipo a campionamento totale)



a = gas di scarico del motore o flusso diluito primario

b = facoltativo

c = campionamento del PM

Componenti della figura A.4-6:

DAF = filtro dell'aria di diluizione. L'aria di diluizione (aria ambiente, aria sintetica o azoto) deve essere filtrata con un filtro antiparticolato ad alta efficienza (HEPA)

DT = tunnel di diluizione o sistema di diluizione secondaria

EP = tubo di scarico o sistema di diluizione secondaria

FC1 = controllore di flusso

FH = portafiltri

FM1 = flussometro che misura la portata dell'aria di diluizione

P = pompa di campionamento

PSS = sistema di campionamento del PM

PTL = condotto di trasferimento del PM

SP = sonda di campionamento dei gas di scarico grezzi o diluiti

TL = condotto di trasferimento

Portate massiche applicabili solo al campionamento proporzionale PFD dei gas di scarico grezzi:

q_{mew} = portata massica dei gas di scarico su umido

q_{maw} = portata massica dell'aria di aspirazione su umido

q_{mf} = portata massica del carburante

9.2.3.2. Diluizione

La temperatura dei diluenti (aria ambiente, aria sintetica o azoto come indicato al punto 9.2.1) deve essere mantenuta tra 293 e 325 K (20-52 °C) in stretta prossimità dell'ingresso del tunnel di diluizione.

È ammessa la deumidificazione dell'aria di diluizione prima dell'ingresso nel sistema di diluizione. Il sistema di diluizione a flusso parziale deve essere progettato in modo da prelevare un campione proporzionale dei gas di scarico grezzi dal flusso dei gas di scarico del motore, rispondendo quindi alle escursioni della portata dei gas di scarico, e da introdurre l'aria di diluizione nel campione in modo da raggiungere una temperatura al filtro di prova conforme alle disposizioni del punto 9.3.3.4.3 del presente allegato. A tale fine è essenziale determinare il rapporto di diluizione in modo da soddisfare i requisiti di accuratezza di cui al punto 8.1.8.6.1 del presente allegato.

Per garantire che sia misurato un flusso corrispondente a una concentrazione misurata esistono due possibilità: evitare la condensazione dell'acqua tra la sonda di campionamento e l'ingresso del flussometro nel tunnel di diluizione oppure permettere la condensazione dell'acqua e misurare l'umidità all'ingresso del flussometro. Il sistema PFD può essere riscaldato o isolato in modo da evitare la condensazione dell'acqua. La condensazione dell'acqua deve essere impedita in tutto il tunnel di diluizione.

Il rapporto di diluizione minimo deve rientrare nell'intervallo tra 5:1 e 7:1 sulla base della portata massima dei gas di scarico del motore durante il ciclo o l'intervallo di prova.

Il tempo globale di permanenza nel sistema deve essere compreso tra 0,5 e 5 secondi, come misurato dal punto di introduzione del diluente fino ai portafiltri.

Per determinare la massa del particolato, utilizzare un sistema di campionamento del particolato, un filtro di campionamento del particolato, una bilancia gravimetrica e una camera di pesata a temperatura e umidità controllate.

9.2.3.3. Applicabilità

Il PFD può essere usato per estrarre un campione proporzionale dei gas di scarico grezzi per ogni tipo di campionamento continuo o per lotti delle emissioni e del PM in ogni ciclo di lavoro transitorio (NRTC e LSI-NRTC), NRSC in modalità discreta o RMC.

Il sistema può essere usato anche per gas di scarico diluiti in precedenza dove, mediante un rapporto di diluizione costante, viene diluito un flusso già proporzionale (cfr. figura A.4-6). In questo modo è possibile eseguire una diluizione secondaria da un tunnel CVS al fine di raggiungere il rapporto di diluizione globale necessario per il campionamento del PM.

9.2.3.4. Taratura

La taratura del PFD per estrarre un campione proporzionale dei gas di scarico grezzi è descritta al punto 8.1.8.6 del presente allegato.

9.3. Procedure di campionamento

9.3.1. Requisiti generali di sicurezza

9.3.1.1. Progettazione e costruzione della sonda

La sonda è il primo raccordo in un sistema di campionamento. Essa si inserisce in un flusso di gas di scarico grezzi o diluiti per estrarre un campione e le sue superfici interne ed esterne sono in contatto con il gas di scarico. Il campione è trasferito dalla sonda a un condotto di trasferimento.

Le sonde di campionamento devono essere costruite con superfici interne di acciaio inossidabile oppure, per il campionamento dei gas di scarico grezzi, con qualsiasi materiale non reattivo in grado di resistere alla temperatura dei gas di scarico grezzi. Le sonde di campionamento vanno posizionate nel punto in cui vengono mescolati i componenti alla concentrazione media di campionamento e in cui è minima l'interferenza con altre sonde. Le sonde non devono subire influenze da strati confinanti, scie e turbolenze, in particolare nelle vicinanze dell'uscita di un condotto di scarico dei gas grezzi dove potrebbe avvenire una diluizione non intenzionale. Lo spurgo di una sonda non deve influenzare altre sonde durante la prova. È possibile usare un'unica sonda per estrarre un campione di diversi componenti, purché la sonda soddisfi tutte le specifiche per ogni componente.

9.3.1.1.1. Miscelatore (categoria NRSh)

Se consentito dal costruttore, per le prove di motori della categoria NRSh è possibile utilizzare un miscelatore. Il miscelatore è un componente opzionale di un sistema di campionamento di gas grezzi ed è situato nel sistema di scarico tra il silenziatore e la sonda di campionamento. La forma e le dimensioni del miscelatore e delle tubature in entrata e in uscita devono essere tali da fornire un campione ben miscelato e omogeneo all'altezza della sonda del campione e da evitare pulsazioni forti o risonanze del miscelatore che potrebbero avere un effetto sull'esito delle emissioni.

9.3.1.2. Condotti di trasferimento

La lunghezza dei condotti di trasferimento che trasportano il campione estratto dalla sonda all'analizzatore, al dispositivo di stoccaggio o al sistema di diluizione deve essere ridotta al minimo; a tale fine gli analizzatori, i dispositivi di stoccaggio e i sistemi di diluizione devono essere posizionati il più vicino possibile alle sonde. Il numero di curve dei condotti di trasferimento deve essere ridotto al minimo e il raggio delle curve che non possono essere evitate deve essere il più ampio possibile.

9.3.1.3. Modalità di campionamento

Per il campionamento continuo e per lotti di cui al punto 7.2 del presente allegato, si applicano le seguenti condizioni:

- a) se l'estrazione avviene a una portata costante, anche il campionamento deve essere eseguito a una portata costante;
- b) se l'estrazione avviene a una portata variabile, anche la portata di campionamento deve variare proporzionalmente alla portata variabile;
- c) il campionamento proporzionale deve essere convalidato conformemente alle disposizioni del punto 8.2.1 del presente allegato.

9.3.2. Campionamento dei gas

9.3.2.1. Sonde di campionamento

Per il campionamento delle emissioni gassose si usano sonde a ingresso unico o multiplo. Le sonde possono essere orientate in qualsiasi direzione rispetto al flusso dei gas di scarico grezzi o diluiti. Per alcune sonde occorre controllare le temperature del campione nel modo seguente:

- a) per le sonde che estraggono NO_x dai gas di scarico diluiti la temperatura della parete della sonda deve essere regolata in modo da prevenire la condensazione dell'acqua;
- b) per le sonde che estraggono idrocarburi dai gas di scarico diluiti, è consigliabile che la temperatura della parete della sonda sia regolata a circa 464 K (191 °C) in modo da ridurre al minimo la contaminazione.

9.3.2.1.1. Miscelatore (categoria NRSh)

Se usato in conformità al punto 9.3.1.1.1 del presente allegato, il volume interno del miscelatore non deve essere inferiore a dieci volte la cilindrata per singolo cilindro del motore sottoposto a prova. Il miscelatore deve essere collegato il più vicino possibile al silenziatore del motore deve avere una temperatura minima della superficie interna pari a 452 K (179 °C). Il miscelatore può essere progettato secondo le specifiche del costruttore.

9.3.2.2. Condotti di trasferimento

Devono essere utilizzati condotti di trasferimento con superfici interne di acciaio inossidabile, PTFE, Viton™ o qualsiasi altro materiale che abbia proprietà migliori per il campionamento delle emissioni. Si deve usare un materiale non reattivo in grado di resistere alle temperature dei gas di scarico. Possono essere usati filtri in linea se il filtro e il portafiltri soddisfano gli stessi requisiti di temperatura dei condotti di trasferimento, come segue:

- a) per le linee di trasferimento degli NO_x a monte di un convertitore NO_2/NO che possiede i requisiti di cui al punto 8.1.11.5 del presente allegato o di un refrigerante che possiede i requisiti di cui al punto 8.1.11.4 del presente allegato, mantenere una temperatura del campione che impedisca la condensazione dell'acqua;
- b) per i condotti di trasferimento THC, mantenere lungo tutta la linea una temperatura di 464 ± 11 K (191 ± 11 °C). Se il campionamento avviene dai gas di scarico grezzi, è possibile collegare un condotto di trasferimento isolato e non riscaldato direttamente alla sonda. La lunghezza e l'isolamento del condotto di trasferimento devono essere progettati in modo da raffreddare la temperatura più alta prevista del gas dei gas di scarico grezzi a una temperatura non inferiore a 464 K (191 °C), misurata all'uscita del condotto di trasferimento. Per il campionamento con diluizione è consentita una zona di transizione tra la sonda e la linea di trasferimento fino a una lunghezza di 0,92 m per portare la temperatura della parete a 464 ± 11 K (191 ± 11 °C).

9.3.2.3. Componenti del condizionamento del campione

9.3.2.3.1. Essiccatori del campione

9.3.2.3.1.1. Requisiti

Gli essiccatori del campione possono essere utilizzati per rimuovere l'umidità dal campione al fine di ridurre gli effetti dell'acqua sulle misurazioni delle emissioni gassose. Gli essiccatori del campione devono possedere i requisiti di cui ai punti 9.3.2.3.1.1 e 9.3.2.3.1.2 del presente allegato. Nell'equazione (A.5-13) è usato un tenore di umidità dello 0,8 % in volume di H_2O .

Per la concentrazione più alta prevista di vapore acqueo H_m , la tecnica di rimozione dell'acqua deve mantenere l'umidità a ≤ 5 g acqua/kg aria secca (o circa lo 0,8 % in volume di H_2O), che corrisponde al 100 % di umidità relativa a 277,1 K (3,9 °C) e 101,3 kPa. Questa specifica dell'umidità equivale anche a un'umidità relativa del 25 % circa a 298 K (25 °C) e 101,3 kPa. Ciò può essere dimostrato:

- a) misurando la temperatura all'uscita dell'essiccatore del campione; oppure
- b) misurando l'umidità in un punto direttamente a monte del CLD; oppure
- c) effettuando la procedura di verifica di cui al punto 8.1.8.5.8 del presente allegato.

9.3.2.3.1.2. Tipi di essiccatori del campione consentiti e procedure per stimare il tenore di umidità dopo il passaggio nell'essiccatore

Ogni tipo di essiccatore del campione descritto al presente punto può essere usato per ridurre gli effetti dell'acqua sulle misurazioni delle emissioni gassose.

- a) Se è usato un essiccatore a membrana osmotica, a monte di qualsiasi analizzatore di gas o dispositivo di stoccaggio, esso deve rispettare le specifiche relative alla temperatura di cui al punto 9.3.2.2 del presente allegato. Il punto di rugiada, T_{dew} , e la pressione assoluta, p_{total} , a valle di un essiccatore a membrana osmotica devono essere monitorati. La quantità di acqua deve essere calcolata come indicato nell'allegato 5 utilizzando i valori registrati continuamente di T_{dew} e p_{total} , i rispettivi valori di picco osservati durante una prova oppure i rispettivi valori preimpostati (*set point*) di allarme. In assenza di una misurazione diretta il p_{total} nominale è dato dalla pressione assoluta più bassa dell'essiccatore prevista durante la prova.

- b) Non è consentito usare un dispositivo di raffreddamento termico a monte di un sistema di misurazione dei THC per i motori ad accensione spontanea. Se si usa un dispositivo di raffreddamento termico a monte di un convertitore NO₂/NO o in un sistema di campionamento senza convertitore NO₂/NO, tale dispositivo deve superare il controllo di perdita delle prestazioni NO₂ di cui al punto 8.1.11.4 del presente allegato. Il punto di rugiada, T_{dew} , e la pressione assoluta, p_{total} , a valle di un dispositivo di raffreddamento termico devono essere monitorati. La quantità di acqua deve essere calcolata come indicato nell'allegato 5 utilizzando i valori registrati continuamente di T_{dew} e p_{total} , i rispettivi valori di picco osservati durante una prova oppure i rispettivi valori preimpostati (*set point*) di allarme. In assenza di una misurazione diretta il p_{total} nominale è dato dalla pressione assoluta più bassa del dispositivo di raffreddamento termico prevista durante la prova. Se è possibile formulare un'ipotesi valida relativa al grado di saturazione nel dispositivo di raffreddamento termico, T_{dew} , è possibile calcolare T_{chiller} in base all'efficienza nota del dispositivo di raffreddamento e al monitoraggio continuo della temperatura del dispositivo. Se i valori di T_{chiller} non sono registrati in modo continuo, il suo valore massimo osservato durante una prova, oppure il suo valore preimpostato (*set point*) di allarme, può essere usato come valore costante per determinare una quantità costante d'acqua conformemente all'allegato 5. Se si può ipotizzare che T_{chiller} sia uguale a T_{dew} , allora T_{chiller} può essere usato al posto di T_{dew} conformemente all'allegato 5. Se si può ipotizzare uno scarto di temperatura costante tra T_{chiller} e T_{dew} dovuto a una quantità nota e fissa di riscaldamento del campione tra l'uscita del dispositivo di raffreddamento e il punto di misurazione della temperatura, è possibile tenere conto di questo presunto scarto di temperatura nei calcoli delle emissioni. La validità di una qualsiasi delle ipotesi consentite al presente punto deve essere dimostrata mediante un'analisi ingegneristica o comprovata da dati.

9.3.2.3.2. Pompe di campionamento

Devono essere usate pompe di campionamento a monte di un analizzatore o di un dispositivo di stoccaggio di qualsiasi gas. Le pompe devono avere superfici interne di acciaio inossidabile, PTFE o qualsiasi altro materiale che abbia proprietà migliori per il campionamento delle emissioni. Per alcune pompe di campionamento occorre controllare le temperature nel modo seguente:

- a) se è usata una pompa di campionamento degli NO_x a monte di un convertitore NO₂/NO che possiede i requisiti di cui al punto 8.1.11.5, o di un refrigerante che possiede i requisiti di cui al punto 8.1.11.4 del presente allegato, mantenere una temperatura del campione che impedisca la condensazione dell'acqua;
- b) se è usata una pompa di campionamento dei THC a monte di un analizzatore di THC o di un dispositivo di stoccaggio, le sue superfici interne devono essere riscaldate a una temperatura di $464 \pm 11 \text{ K}$ ($191 \pm 11 \text{ °C}$).

9.3.2.3.3. Scrubber di abbattimento dell'ammoniaca

Tutti i sistemi di campionamento dei gas possono avvalersi di scrubber per evitare un'interferenza da parte dell'NH₃, l'avvelenamento del convertitore NO₂/NO ed eventuali depositi nel sistema di campionamento o negli analizzatori. Per l'installazione di scrubber di abbattimento dell'ammoniaca, seguire le raccomandazioni del costruttore.

9.3.2.4. Dispositivi di stoccaggio dei campioni

Per il campionamento con sacchetti i volumi di gas devono essere stoccati in contenitori sufficientemente puliti e che limitino al minimo il rilascio la permeazione di gas. Per determinare soglie accettabili di pulizia e di permeazione dei dispositivi di stoccaggio affidarsi alla buona pratica ingegneristica. Per pulire un contenitore è possibile spurgarlo, svuotarlo e scaldarlo ripetutamente. Deve essere usato un contenitore flessibile, come un sacchetto, in un ambiente a temperatura controllata o un contenitore rigido a temperatura controllata che è inizialmente svuotato o che ha un volume che può essere spostato, quale un pistone o un insieme di cilindri. Vanno usati contenitori conformi alle specifiche della seguente tabella A.4-6.

Tabella A.4-6

Materiali dei contenitori per il campionamento per lotti dei componenti gassosi

CO, CO ₂ , O ₂ , CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₃ H ₈ , NO, NO ₂ ⁽¹⁾	polifluoruro di vinile (PVF) ⁽²⁾ , ad esempio Tedlar™, fluoruro di polivinilidene ⁽²⁾ , ad esempio Kynar™, politetrafluoroetilene ⁽³⁾ , ad esempio Teflon™, o acciaio inossidabile ⁽³⁾
HC	politetrafluoroetilene ⁽⁴⁾ o acciaio inossidabile ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Purché sia evitata la condensazione dell'acqua nel contenitore di stoccaggio.

⁽²⁾ Fino a 313 K (40 °C).

⁽³⁾ Fino a 475 K (202 °C).

⁽⁴⁾ A $464 \pm 11 \text{ K}$ ($191 \pm 11 \text{ °C}$).

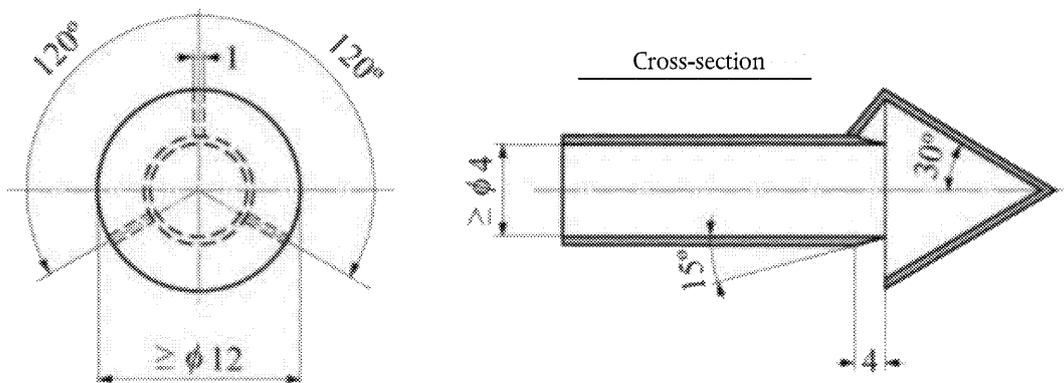
9.3.3. Campionamento del PM

9.3.3.1. Sonde di campionamento

Devono essere usate sonde del PM con un'unica apertura nella parte terminale. Le sonde del PM vanno orientate verso monte.

La sonda del PM può essere protetta da una punta conica conforme alle prescrizioni della figura A.4-7. In questo caso non deve essere usato il preclassificatore descritto al punto 9.3.3.3 del presente allegato.

Figura A.4-7

Schema di una sonda di campionamento con preclassificatore a punta conica

9.3.3.2. Condotti di trasferimento

Si raccomanda l'impiego di condotti di trasferimento isolati o riscaldati in modo da minimizzare le differenze di temperatura tra i condotti di trasferimento e i componenti dei gas di scarico. Devono essere usati condotti di trasferimento inerti rispetto al PM ed elettroconduttori sulle superfici interne. Si raccomanda di usare condotti di trasferimento in acciaio inossidabile; qualsiasi altro materiale deve garantire le stesse prestazioni di campionamento dell'acciaio inossidabile. La superficie interna dei condotti di trasferimento del PM deve collegata a massa.

9.3.3.3. Preclassificatore

L'uso di un preclassificatore del PM per rimuovere le particelle di grande diametro è consentito se è installato nel sistema di diluizione direttamente davanti al portafiltri. È consentito l'uso di un solo preclassificatore. Se si usa una sonda a punta conica (cfr. figura A.4-7), è vietato l'uso di un preclassificatore.

Il preclassificatore del PM può essere un dispositivo a impatto inerziale o un separatore a ciclone e deve essere costruito in acciaio inossidabile. Il preclassificatore deve essere regolato in modo da rimuovere almeno il 50 % del PM con un diametro aerodinamico di 10 μm e non più dell'1 % del PM con un diametro aerodinamico di 1 μm nell'intervallo di portate nel quale è usato. L'uscita del preclassificatore deve essere configurata con un mezzo per bypassare qualsiasi filtro di campionamento del PM in modo che il flusso del preclassificatore possa essere stabilizzato prima dell'avvio di una prova. Il filtro di campionamento del PM deve essere ubicato a massimo 75 cm a valle dell'uscita del preclassificatore.

9.3.3.4. Filtro di campionamento

Per il campionamento dei gas di scarico diluiti durante la sequenza di prova deve essere utilizzato un filtro in possesso dei requisiti di cui ai punti da 9.3.3.4.1 a 9.3.3.4.4.

9.3.3.4.1. Specifiche dei filtri

Tutti i tipi di filtro devono avere un'efficienza di raccolta pari almeno al 99,7 %. Per dimostrare la conformità a tale requisito è possibile utilizzare le misurazioni del filtro campione effettuate dal costruttore indicate nelle valutazioni del prodotto. Il materiale del filtro può essere:

- a) fibra di vetro rivestita di fluorocarburo (PTFE); oppure
- b) membrana a base di fluorocarburi (PTFE).

Se la massa netta del PM prevista sul filtro supera 400 µg, è possibile usare un filtro con un'efficienza di raccolta iniziale minima del 98 %.

9.3.3.4.2. Dimensioni dei filtri

La dimensione nominale del filtro deve avere un diametro di 46,50 mm ± 0,6 mm (la zona di deposito almeno di 37 mm). Possono essere usati filtri di diametro maggiore previo consenso dell'autorità di omologazione. Si raccomanda di conservare la proporzionalità tra il filtro e l'area della macchia.

9.3.3.4.3. Controllo della diluizione e della temperatura dei campioni di PM

I campioni di PM devono essere diluiti almeno una volta a monte dei condotti di trasferimento nel caso dei sistemi CVS e a valle nel caso dei sistemi PFD (cfr. punto 9.3.3.2 del presente allegato riguardante i condotti di trasferimento). La temperatura del campione deve essere regolata a 320 ± 5 K (47 ± 5 °C), misurata in qualsiasi punto entro 200 mm a monte e 200 mm a valle del mezzo di filtrazione del PM. Il campione di PM è destinato a essere riscaldato o raffreddato principalmente alle condizioni di diluizione, come indicato al punto 9.2.1, lettera a), del presente allegato.

9.3.3.4.4. Velocità ortogonale alla superficie del filtro

La velocità ortogonale alla superficie del filtro deve essere compresa tra 0,90 e 1,00 m/s con meno del 5 % dei valori di portata registrati superiori a questo intervallo. Se la massa totale del PM sul filtro supera 400 µg, la velocità ortogonale alla superficie del filtro può essere ridotta. La velocità ortogonale alla superficie del filtro deve essere calcolata come la portata volumetrica del campione alla pressione a monte del filtro e alla temperatura della superficie del filtro, divisa per l'area esposta del filtro. Se la perdita di pressione attraverso il campionatore del PM fino al filtro è inferiore a 2 kPa, per la pressione a monte deve essere usata la pressione del tubo del sistema di scarico o del tunnel CVS.

9.3.3.4.5. Portafiltri

Per minimizzare il deposito turbolento e per depositare il PM omogeneamente sul filtro deve essere usato un angolo conico divergente di 12,5° (dal centro) nella sezione di raccordo tra il diametro del condotto di trasferimento e il diametro esposto della faccia del filtro. Per questo condotto deve essere usato acciaio inossidabile.

9.3.4. Stabilizzazione del PM e ambienti di pesata per l'analisi gravimetrica

9.3.4.1. Ambiente per l'analisi gravimetrica

Nel presente punto sono descritti i due ambienti necessari per stabilizzare e pesare il PM per l'analisi gravimetrica: l'ambiente di stabilizzazione del PM, dove i filtri sono stoccati prima della pesata, e l'ambiente di pesata in cui si trova la bilancia. I due ambienti possono condividere uno spazio comune.

Sia l'ambiente di stabilizzazione che quello di pesata devono essere privi di contaminanti ambientali quali polvere, aerosol o materiali semivolatili che potrebbero contaminare i campioni di PM.

9.3.4.2. Pulizia

La pulizia dell'ambiente di stabilizzazione del PM deve essere verificata utilizzando filtro di riferimento, conformemente al punto 8.1.12.1.4 del presente allegato.

9.3.4.3. Temperatura della camera

La temperatura della camera (o del locale) in cui vengono condizionati e pesati i filtri del particolato deve essere mantenuta a 295 ± 1 K (22 ± 1 °C) durante tutto il condizionamento e la pesata dei filtri. L'umidità deve essere mantenuta al punto di rugiada di $282,5 \pm 1$ K ($9,5 \pm 1$ °C) e l'umidità relativa a 45 ± 8 %. Se gli ambienti di pesata e di stabilizzazione sono separati, il secondo deve essere mantenuto a 295 ± 3 K (22 ± 3 °C).

9.3.4.4. Verifica delle condizioni ambientali

Se si usano strumenti di misurazione conformi alle specifiche del punto 9.4 devono essere verificate le seguenti condizioni ambientali:

- a) registrare il punto di rugiada e la temperatura ambiente. Questi valori devono essere usati per determinare se gli ambienti di stabilizzazione e di pesata sono rimasti entro le tolleranze specificate al punto 9.3.4.3 del presente allegato per almeno 60 minuti prima di pesare i filtri;
- b) registrare in modo continuo la pressione ambientale nell'ambiente di pesata. Un'alternativa accettabile è l'uso di un barometro che misura la pressione atmosferica al di fuori dell'ambiente di pesata, purché si possa garantire che la pressione atmosferica alla bilancia sia sempre entro ± 100 Pa della pressione atmosferica condivisa. Se viene pesato ogni campione di PM deve essere messo a disposizione un mezzo per registrare la pressione atmosferica più recente. Tale valore va utilizzato per calcolare la correzione in funzione della galleggiabilità del PM di cui al punto 8.1.12.2 del presente allegato.

9.3.4.5. Installazione della bilancia

La bilancia deve essere:

- a) installata su una piattaforma ammortizzata per essere isolata dal rumore e dalle vibrazioni esterne;
- b) protetta dalla portata dell'aria convettiva mediante un paravento antistatico a massa.

9.3.4.6. Carica elettrica statica

Nell'ambiente della bilancia la carica elettrica statica deve essere ridotta al minimo nel modo seguente:

- a) collegare la bilancia a massa;
- b) se i campioni di PM sono manipolati manualmente, usare pinzette di acciaio inossidabile;
- c) collegare a massa le pinze mediante un apposito cavo oppure fornire all'operatore un bracciale antistatico che abbia una massa in comune con la bilancia;
- d) usare un neutralizzatore dell'elettricità statica che sia collegato a massa in comune con la bilancia, in modo da rimuovere la carica di elettricità statica dai campioni di PM.

9.4. Strumenti di misurazione

9.4.1. Introduzione

9.4.1.1. Ambito di applicazione

Nel presente punto sono indicati i requisiti degli strumenti di misurazione e dei sistemi associati per la prova delle emissioni. Sono inclusi gli strumenti di laboratorio per la misurazione dei parametri del motore, delle condizioni ambientali, dei parametri di portata e delle concentrazioni delle emissioni (grezze o diluite).

9.4.1.2. Tipi di strumenti

Tutti gli strumenti indicati nel presente allegato devono essere utilizzati secondo le disposizioni dell'allegato medesimo (cfr. tabella 5 per le quantità di misurazione fornite dagli strumenti). Se uno strumento indicato nel presente allegato viene usato in un modo diverso da quello specificato oppure un altro strumento è usato al suo posto, si applicano le disposizioni di equivalenza di cui al punto 5.1.3 del presente allegato. Se per una particolare misurazione è indicato più di uno strumento, l'autorità di omologazione, su richiesta, identificherà uno di essi come riferimento per dimostrare l'equivalenza di una procedura alternativa a quella prescritta.

9.4.1.3. Sistemi ridondanti

Previa approvazione dell'autorità di omologazione, per calcolare i risultati di un'unica prova è possibile usare dati da diversi strumenti; ciò vale per tutti gli strumenti di misurazione descritti al presente punto. Devono essere registrati i risultati di tutte le misurazioni, e i dati grezzi conservati. Tale prescrizione è applicabile indipendentemente dal fatto che le misurazioni siano effettivamente usate nei calcoli.

9.4.2. Registrazione e controllo dei dati

Il sistema di prova deve essere in grado di aggiornare e registrare i dati e controllare i sistemi relativi alla domanda dell'operatore, al dinamometro, agli apparecchi di campionamento e agli strumenti di misurazione. Devono essere usati sistemi di acquisizione e di controllo dei dati che possono registrare alle frequenze minime prescritte, conformemente alla tabella A.4-7 (questa tabella non vale per le prove NRSC in modalità discreta).

Tabella A.4-7

Frequenze minime di registrazione e controllo dei dati

Protocollo di prova applicabile	Valori misurati	Frequenza minima di comando e controllo	Frequenza minima di registrazione
7.6.	Regime e coppia durante uno <i>step-map</i> (mappa a gradini) del motore	1 Hz	1 valore medio per gradino
7.6.	Regime e coppia durante uno <i>sweep-map</i> del motore	5 Hz	1 Hz di media
7.8.3.	Regimi e coppie effettivi e di riferimento durante il ciclo di lavoro transitorio (NRTC e LSI-NRTC)	5 Hz	1 Hz di media
7.8.2.	Regimi e coppie effettivi e di riferimento durante i cicli di lavoro stazionario e modale con rampe di transizione	1 Hz	1 Hz
7.3.	Concentrazioni continue degli analizzatori di gas grezzi	n.d.	1 Hz
7.3.	Concentrazioni continue degli analizzatori di gas diluiti	n.d.	1 Hz
7.3.	Concentrazioni per lotto degli analizzatori di gas grezzi o diluiti	n.d.	1 valore medio per intervallo di prova
7.6.8.2.1.	Portata dei gas di scarico diluiti da un CVS con scambiatore di calore a monte della misurazione del flusso	n.d.	1 Hz
7.6.8.2.1.	Portata dei gas di scarico diluiti da un CVS senza scambiatore di calore a monte della misurazione del flusso	5 Hz	1 Hz di media
7.6.8.2.1.	Portata dell'aria aspirata o dei gas di scarico (per la misurazione transitoria dei gas di scarico grezzi)	n.d.	1 Hz di media
7.6.8.2.1.	Aria di diluizione se controllata attivamente	5 Hz	1 Hz di media
7.6.8.2.1.	Flusso di campionamento da un CVS con scambiatore di calore	1 Hz	1 Hz
7.6.8.2.1.	Flusso di campionamento da un CVS senza scambiatore di calore	5 Hz	1 Hz di media

9.4.3. Specifiche delle prestazioni degli strumenti di misurazione

9.4.3.1. Panoramica

Il sistema di prova nel suo insieme deve soddisfare tutti i criteri relativi alle tarature, alle verifiche e alla convalida delle prove applicabili di cui al punto 8.1 del presente allegato, compresi i requisiti riguardanti il controllo della linearità di cui ai punti 8.1.4 e 8.2 del presente allegato. Gli strumenti devono soddisfare le specifiche di cui alla tabella A.4-7 per tutti gli intervalli usati per la prova. Va inoltre conservata tutta la documentazione ricevuta dai fabbricanti degli strumenti che indichi che gli strumenti sono conformi alle specifiche di cui alla tabella A.4-7.

9.4.3.2. Requisiti dei componenti

La tabella A.4-8 illustra le specifiche dei trasduttori di coppia, di regime e di pressione, dei sensori della temperatura e del punto di rugiada e di altri strumenti. Il sistema globale di misurazione di una data quantità fisica e/o chimica deve soddisfare la verifica di linearità di cui al punto 8.1.4 del presente allegato. Per la misurazione delle emissioni gassose possono essere usati analizzatori aventi algoritmi di compensazione che sono funzioni di altri componenti gassosi misurati e delle proprietà del carburante per la prova specifica del motore. Qualsiasi algoritmo di compensazione deve fornire solo una compensazione (*offset*) senza influenzare qualsiasi guadagno (vale a dire senza distorsione).

Tabella A.4-8

Specifiche delle prestazioni raccomandate per gli strumenti di misurazione

Strumento di misurazione	Simbolo della quantità misurata	Tempo di salita del sistema completo	Frequenza di aggiornamento della registrazione	Accuratezza (e)	Ripetibilità (e)
Trasduttore del regime del motore	n	1 s	1 Hz di media	2,0 % del pt. o 0,5 % del max	1,0 % del pt. o 0,25 % del max
Trasduttore di coppia del motore	T	1 s	1 Hz di media	2,0 % del pt. o 1,0 % del max	1,0 % del pt. o 0,5 % del max
Flussometro del carburante (totalizzatore del carburante)		5 s (n.d.)	1 Hz (n.d.)	2,0 % del pt. o 1,5 % del max	1,0 % del pt. o 0,75 % del max
Misuratore dei gas di scarico diluiti totali (CVS) (con scambiatore di calore prima del misuratore)		1 s (5 s)	1 Hz di media (1 Hz)	2,0 % del pt. o 1,5 % del max	1,0 % del pt. o 0,75 % del max
Aria di diluizione, aria di aspirazione, gas di scarico e flussometri di campionamento		1 s	Media di 1 Hz di campioni di 5 Hz	2,5 % del pt. o 1,5 % del max	1,25 % del pt. o 0,75 % del max
Analizzatore in continuo dei gas di scarico grezzi	x	5 s	2 Hz	2,0 % del pt. o 2,0 % del meas	1,0 % del pt. o 1,0 % del meas
Analizzatore in continuo dei gas di scarico diluiti	x	5 s	1 Hz	2,0 % del pt. o 2,0 % del meas	1,0 % del pt. o 1,0 % del meas
Analizzatore di gas in continuo	x	5 s	1 Hz	2,0 % del pt. o 2,0 % del meas	1,0 % del pt. o 1,0 % del meas
Analizzatore di gas per lotti	x	n.d.	n.d.	2,0 % del pt. o 2,0 % del meas	1,0 % del pt. o 1,0 % del meas

Strumento di misurazione	Simbolo della quantità misurata	Tempo di salita del sistema completo	Frequenza di aggiornamento della registrazione	Accuratezza ^(e)	Ripetibilità ^(e)
Bilancia gravimetrica del PM	m _{PM}	n.d.	n.d.	Cfr. punto 9.4.11	0,5 µg
Bilancia inerziale del PM	m _{PM}	5 s	1 Hz	2,0 % del pt. o 2,0 % del meas	1,0 % del pt. o 1,0 % del meas

^(e) L'accuratezza e la ripetibilità sono determinate entrambe con gli stessi dati raccolti, conformemente al punto 9.4.3 del presente allegato e in base ai valori assoluti. "pt." si riferisce al valore globale medio previsto al limite di emissione; "max." si riferisce al valore massimo previsto al limite di emissione durante il ciclo di lavoro, non al massimo dell'intervallo dello strumento; "meas." si riferisce alla media effettiva misurata durante il ciclo di lavoro.

9.4.4. Misurazione dei parametri del motore e delle condizioni ambientali

9.4.4.1. Sensori di regime e di coppia

9.4.4.1.1. Applicazione

Gli strumenti di misurazione degli input e degli output di lavoro durante il funzionamento del motore devono essere conformi alle specifiche del presente punto. Si raccomanda di usare sensori, trasduttori e misuratori conformi alle specifiche della tabella A.4-8. Il sistema globale di misurazione degli input e degli output di lavoro deve soddisfare le verifiche della linearità di cui al punto 8.1.4 del presente allegato.

9.4.4.1.2. Lavoro dell'albero

Il lavoro e la potenza devono essere calcolati dagli output dei trasduttori di coppia e di regime conformemente al punto 9.4.4.1 del presente allegato. Il sistema globale di misurazione del regime e della coppia deve soddisfare la taratura e le verifiche di cui ai punti 8.1.7 e 8.1.4 del presente allegato.

La coppia indotta dall'inerzia dei componenti in accelerazione e decelerazione collegati al volano, quali l'albero motore e il rotore del dinamometro, all'occorrenza va compensata affidandosi alla buona pratica ingegneristica.

9.4.4.2. Trasduttori di pressione, sensori di temperatura e sensori del punto di rugiada

I sistemi globali di misurazione della pressione, della temperatura e del punto di rugiada devono soddisfare le disposizioni relative alla taratura di cui al punto 8.1.7 del presente allegato.

I trasduttori della pressione devono essere collocati in un ambiente a temperatura controllata, oppure devono compensare le variazioni della temperatura nell'intervallo di funzionamento previsto. I materiali dei trasduttori devono essere compatibili con il fluido misurato.

9.4.5. Misurazioni relative al flusso

Per qualsiasi tipo di flussometro (per carburante, aria aspirata, gas di scarico grezzi, gas di scarico diluiti, campione), il flusso deve essere condizionato in modo da evitare che l'accuratezza o la ripetibilità del misuratore siano compromesse da scie o elementi vorticosi, flussi di circolazione o di pulsazione. Per alcuni misuratori ciò è possibile usando una tubazione sufficientemente lunga (ad es. una lunghezza equivalente ad almeno 10 volte il diametro del condotto) oppure ricorrendo a tubature, alette di raddrizzamento, piastre dell'orifizio (o attenuatori pneumatici delle pulsazioni per il flussometro del carburante) progettate specificamente, in modo da stabilire un profilo di velocità costante e prevedibile a monte del misuratore.

9.4.5.1. Flussometro del carburante

Il sistema globale per la misurazione del flusso del carburante deve soddisfare le disposizioni relative alla taratura di cui al punto 8.1.8.1 del presente allegato. Per ogni misurazione del flusso del carburante si deve tenere conto del carburante che eventualmente bypassa il motore o ritorna dal motore al serbatoio.

9.4.5.2. Debimetro per l'aria aspirata

Il sistema globale per la misurazione dell'aria aspirata deve soddisfare le disposizioni relative alla taratura di cui al punto 8.1.8.2 del presente allegato.

9.4.5.3. Flussometro dei gas di scarico grezzi

9.4.5.3.1. Requisiti dei componenti

Il sistema globale di misurazione del flusso dei gas di scarico grezzi deve soddisfare i requisiti di linearità di cui al punto 8.1.4 del presente allegato. Ogni flussometro dei gas di scarico grezzi deve essere progettato in modo da compensare adeguatamente le variazioni nello stato termodinamico, fluido e di composizione dei gas di scarico grezzi.

9.4.5.3.2. Tempo di risposta del flussometro

Ai fini del controllo di un sistema di diluizione a flusso parziale, per estrarre un campione proporzionale dei gas di scarico grezzi è necessario un tempo di risposta del flussometro più rapido di quello indicato nella tabella A.4-8. Per i sistemi di diluizione a flusso parziale con controllo in linea, il tempo di risposta del flussometro deve soddisfare le specifiche di cui al punto 8.2.1.2 del presente allegato.

9.4.5.3.3. Raffreddamento dei gas di scarico

Il presente punto non si applica al raffreddamento dei gas di scarico dovuto alle caratteristiche di progetto del motore, che comprendono, tra l'altro, collettori di scarico o turbocompressori raffreddati ad acqua.

Il raffreddamento dei gas di scarico a monte del flussometro è consentito con le seguenti limitazioni:

- a) il PM non deve essere sottoposto a campionamento a valle del raffreddamento;
- b) se il raffreddamento porta i gas di scarico da una temperatura superiore a 475 K (202 °C) a una temperatura inferiore a 453 K (180 °C), gli HC non vanno campionati a valle del raffreddamento;
- c) se il raffreddamento provoca la condensazione dell'acqua, gli NO_x non devono essere campionati a valle del raffreddamento, a meno che il dispositivo di raffreddamento non superi la verifica delle prestazioni di cui al punto 8.1.11.4 del presente allegato;
- d) se il raffreddamento provoca la condensazione dell'acqua prima che il flusso raggiunga un flussometro, il punto di rugiada, T_{dew} , e la pressione, p_{total} , devono essere misurati all'ingresso del flussometro. Questi valori devono essere utilizzati per i calcoli delle emissioni conformemente all'allegato 5.

9.4.5.4. Flussometri dell'aria di diluizione e dei gas di scarico diluiti

9.4.5.4.1. Applicazione

Le portate istantanee dei gas di scarico diluiti o il flusso totale dei gas di scarico diluiti in un intervallo di prova devono essere determinati usando un flussometro dei gas di scarico diluiti. Le portate dei gas di scarico grezzi o il flusso totale dei gas di scarico grezzi in un intervallo di prova possono essere calcolati dalla differenza tra un flussometro dei gas di scarico diluiti e un flussometro dell'aria di diluizione.

9.4.5.4.2. Requisiti dei componenti

Il sistema globale di misurazione del flusso dei gas di scarico diluiti deve soddisfare i requisiti di taratura e di verifica di cui ai punti 8.1.8.4 e 8.1.8.5 del presente allegato. Si possono usare i seguenti flussometri:

- a) per il campionamento a volume costante (CVS) del flusso totale dei gas di scarico diluiti: un tubo di Venturi a flusso critico (CFV) o diversi tubi di Venturi a flusso critico disposti in parallelo, una pompa volumetrica (PDP), un tubo di Venturi subsonico (SSV) o un flussometro ultrasonico (UFM). Insieme a uno scambiatore di calore collocato a monte, un CFV o un PDP funzionano anche come controllore passivo del flusso mantenendo costante la temperatura dei gas di scarico diluiti nel sistema CVS;

- b) per il sistema di diluizione a flusso parziale (PFD): la combinazione di qualsiasi flussometro con qualsiasi sistema di controllo attivo del flusso per mantenere il campionamento proporzionale dei componenti dei gas di scarico. Per mantenere il campionamento proporzionale è possibile controllare il flusso totale dei gas di scarico diluiti, uno o più flussi di campionamento oppure una combinazione di questi controlli del flusso.

Per qualsiasi altro sistema di diluizione è possibile usare un elemento del flusso laminare, un flussometro ultrasonico, un tubo di Venturi subsonico, un tubo di Venturi a flusso critico o una serie di tubi di Venturi disposti in parallelo, un flussometro volumetrico, un misuratore di massa termica, un tubo di Pitot oppure un anemometro a filo caldo.

9.4.5.4.3. Raffreddamento dei gas di scarico

I gas di scarico diluiti a monte di un flussometro possono essere raffreddati, purché siano rispettate le seguenti disposizioni:

- a) il PM non deve essere sottoposto a campionamento a valle del raffreddamento;
- b) se il raffreddamento porta i gas di scarico da una temperatura superiore a 475 K (202 °C) a una temperatura inferiore a 453 K (180 °C), gli HC non vanno campionati a valle del raffreddamento;
- c) se il raffreddamento provoca la condensazione dell'acqua, gli NO_x non devono essere campionati a valle del raffreddamento, a meno che il dispositivo di raffreddamento non superi la verifica delle prestazioni di cui al punto 8.1.11.4 del presente allegato;
- d) se il raffreddamento provoca la condensazione dell'acqua prima che il flusso raggiunga un flussometro, il punto di rugiada, T_{dew} , e la pressione, p_{total} , devono essere misurati all'ingresso del flussometro. Questi valori devono essere utilizzati per i calcoli delle emissioni conformemente all'allegato 5.

9.4.5.5. Flussometro per il campionamento per lotti

Per determinare le portate di campionamento o il flusso totale campionato in un sistema di campionamento per lotti nell'intervallo di prova si deve utilizzare un flussometro per campionamenti. La differenza tra due flussometri può essere usata per calcolare il flusso del campione nel tunnel di diluizione, ad es. per la misurazione del flusso parziale di diluizione del PM e del flusso di diluizione secondaria del PM. Le specifiche per la misurazione del flusso differenziale per estrarre un campione proporzionale dei gas di scarico grezzi figurano al punto 8.1.8.6.1, mentre la taratura della misurazione del flusso differenziale è illustrata al punto 8.1.8.6.2 del presente allegato.

Il sistema globale per il flussometro di campionamento deve soddisfare le disposizioni relative alla taratura di cui al punto 8.1.8 del presente allegato.

9.4.5.6. Divisore di gas

Per mescolare i gas di taratura è possibile usare un divisore di gas.

Tale divisore di gas deve miscelare i gas conformemente alle specifiche del punto 9.5.1 del presente allegato e alle concentrazioni previste durante la prova. Possono essere usati divisori di gas a flusso critico, a tubo capillare o a misuratore di massa termica. Le correzioni della viscosità vanno applicate secondo necessità (se non vengono effettuate dal software interno del divisore di gas) per garantire la corretta divisione dei gas. Il sistema di divisione dei gas deve soddisfare i criteri di verifica della linearità di cui al punto 8.1.4.5 del presente allegato. In alternativa, il miscelatore può essere controllato con uno strumento lineare per natura, ad esempio impiegando un gas NO con un CLD. Il valore di span dello strumento deve essere regolato quando il gas di span è direttamente collegato allo strumento. Il divisore di gas deve essere controllato nelle posizioni di regolazione utilizzate; il valore nominale deve essere raffrontato alla concentrazione misurata dallo strumento.

9.4.6. Misurazioni di CO e CO₂

Per misurare le concentrazioni di CO e CO₂ nei gas di scarico grezzi o diluiti al fine del campionamento per lotti o continuo deve essere usato un analizzatore ad assorbimento non dispersivo nell'infrarosso (NDIR).

Il sistema NDIR deve rispettare i requisiti di taratura e di verifica di cui al punto 8.1.9.1 o 8.1.9.2 del presente allegato.

9.4.7. Misurazione degli idrocarburi

9.4.7.1. Rivelatore a ionizzazione di fiamma

9.4.7.1.1. Applicazione

Per misurare le concentrazioni di idrocarburi nei gas di scarico grezzi o diluiti al fine del campionamento per lotti o continuo deve essere usato come analizzatore un rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato (HFID). Le concentrazioni di idrocarburi devono essere determinate in base a un numero di atomi di carbonio pari a uno, C_1 . Gli analizzatori FID riscaldati devono mantenere tutte le superfici esposte alle emissioni ad una temperatura di $464\text{ K} \pm 11\text{ K}$ ($191\text{ °C} \pm 11\text{ °C}$). In via facoltativa, per i motori alimentati a GN e a GPL e per i motori ad accensione comandata l'analizzatore degli idrocarburi può essere del tipo dei rivelatori a ionizzazione di fiamma (FID) non riscaldati.

9.4.7.1.2. Requisiti dei componenti

Il sistema FID per la misurazione dei THC deve superare tutte le verifiche di misurazione degli idrocarburi di cui al punto 8.1.10 del presente allegato.

9.4.7.1.3. Carburante FID e aria del bruciatore

Il carburante FID e l'aria del bruciatore devono soddisfare le specifiche di cui al punto 9.5.1 del presente allegato. Il carburante FID e l'aria del bruciatore non devono mescolarsi prima di entrare nell'analizzatore FID in modo da garantire che l'analizzatore FID funzioni con una fiamma di diffusione e non con una fiamma premiscelata.

9.4.7.1.4. Riservato

9.4.7.1.5. Riservato

9.4.7.2. Riservato

9.4.8. Misurazioni degli NO_x

Per la misurazione degli NO_x sono indicati due strumenti, i quali possono entrambi essere usati purché soddisfino i criteri di cui rispettivamente al punto 9.4.8.1 o 9.4.8.2 del presente allegato. Come procedura di riferimento per il confronto con qualsiasi procedura di misurazione alternativa proposta a norma del punto 5.1.3 del presente allegato deve essere usato il rivelatore a chemiluminescenza.

9.4.8.1. Rivelatore a chemiluminescenza

9.4.8.1.1. Applicazione

Per misurare la concentrazione di NO_x nei gas di scarico grezzi o diluiti per il campionamento per lotti o continuo deve essere usato un rivelatore a chemiluminescenza (CLD) con un convertitore NO_2/NO .

9.4.8.1.2. Requisiti dei componenti

Il sistema CLD deve rispettare i requisiti di verifica dell'attenuazione di cui al punto 8.1.11.1 del presente allegato. È possibile utilizzare un CLD riscaldato o non riscaldato e un CLD funzionante a pressione atmosferica o sotto vuoto.

9.4.8.1.3. Convertitore NO_2/NO

Un convertitore NO_2/NO interno o esterno che soddisfi i criteri di verifica di cui al punto 8.1.11.5 del presente allegato va posizionato a monte del CLD. Il convertitore deve essere configurato con un bypass per facilitare questa verifica.

9.4.8.1.4. Effetti dell'umidità

Tutte le temperature del CLD devono essere mantenute in modo da evitare la condensazione dell'acqua. Per rimuovere l'umidità da un campione a monte del CLD, utilizzare una delle seguenti configurazioni:

- a) un CLD collegato a valle dell'essiccatore o del dispositivo di raffreddamento situato a valle di un convertitore NO_2/NO che soddisfa i criteri di verifica di cui al punto 8.1.11.5 del presente allegato;
- b) un CLD collegato a valle dell'essiccatore o del dispositivo di raffreddamento termico che soddisfa i criteri di verifica di cui al punto 8.1.11.4 del presente allegato.

9.4.8.1.5. Tempo di risposta

Per migliorare il tempo di risposta del CLD può essere usato un CLD riscaldato.

9.4.8.2. Analizzatore a raggi ultravioletti non dispersivo

9.4.8.2.1. Applicazione

Per misurare la concentrazione di NO_x nei gas di scarico grezzi o diluiti al fine del campionamento per lotti o continuo deve essere usato un analizzatore a raggi ultravioletti non dispersivo (NDUV).

9.4.8.2.2. Requisiti dei componenti

Il sistema NDUV deve soddisfare i criteri di verifica di cui al punto 8.1.11.3 del presente allegato.

9.4.8.2.3. Convertitore NO_2/NO

Se l'analizzatore NDUV misura solo l' NO , a monte di esso deve essere posizionato un convertitore NO_2/NO interno o esterno che soddisfa i criteri di verifica di cui al punto 8.1.11.5 del presente allegato. Il convertitore deve essere configurato con un bypass per facilitare tale verifica.

9.4.8.2.4. Effetti dell'umidità

La temperatura dell'NDUV deve essere mantenuta tale da evitare la condensazione dell'acqua, a meno che non sia usata una delle seguenti configurazioni:

- a) un NDUV collegato a valle dell'essiccatore o del dispositivo di raffreddamento situato a valle di un convertitore NO_2/NO che soddisfa i criteri di verifica di cui al punto 8.1.11.5 del presente allegato;
- b) un NDUV collegato a valle dell'essiccatore o del dispositivo di raffreddamento termico che soddisfa i criteri di verifica di cui al punto 8.1.11.4 del presente allegato.

9.4.9. Misurazioni dell' O_2

Per misurare la concentrazione di O_2 nei gas di scarico grezzi o diluiti per il campionamento per lotti o continuo deve essere usato un analizzatore a rilevazione paramagnetica (PMD) o magnetopneumatica (MPD).

9.4.10. Misurazioni del rapporto aria/carburante

Per misurare il rapporto aria/carburante nei gas di scarico grezzi per il campionamento continuo è possibile usare un analizzatore a ossido di zirconio (ZrO_2). Le misurazioni di O_2 con misurazione dell'aria di aspirazione o del flusso di carburante possono essere usate per calcolare la portata dei gas di scarico conformemente all'allegato 5.

9.4.11. Misurazioni del PM con la bilancia gravimetrica

Per pesare il PM netto raccolto sul filtro di campionamento deve essere usata una bilancia.

Il requisito minimo per quanto concerne la risoluzione della bilancia deve essere pari o inferiore alla ripetibilità di 0,5 microgrammi, conformemente alla tabella A.4-8. Se la bilancia usa pesi di taratura interni per la taratura dello span di routine e per le verifiche di linearità, i pesi di taratura devono soddisfare le specifiche di cui al punto 9.5.2 del presente allegato.

La bilancia deve essere configurata in modo da ottenere un tempo di deposito e una stabilità ottimali nella propria sede.

9.4.12. Misurazioni dell'ammoniaca (NH_3)

Per misurare l'ammoniaca è possibile utilizzare un analizzatore FTIR (analizzatore a infrarossi in trasformata di Fourier), un analizzatore NDUV o un analizzatore laser a infrarossi, in conformità all'appendice A.4.

9.5. Gas analitici e standard di massa

9.5.1. Gas analitici

I gas analitici devono soddisfare i criteri di accuratezza e di purezza di cui al presente punto.

9.5.1.1. Specifiche dei gas

Devono essere prese in considerazione le seguenti specifiche dei gas:

- a) per creare miscele con altri gas di taratura e per correggere gli strumenti di misurazione in modo da ottenere una risposta di zero a uno standard di taratura zero devono essere usati gas purificati. I gas devono avere un livello di contaminazione non superiore al massimo tra i seguenti valori nella bombola o all'uscita di un generatore di gas di zero:
 - i) 2 % di contaminazione, misurata in relazione alla concentrazione media prevista al valore limite delle emissioni. Ad esempio, se è prevista una concentrazione di CO di $100,0 \mu\text{mol/mol}$, è consentito usare un gas di zero con una contaminazione di CO pari o inferiore a $2\,000 \mu\text{mol/mol}$;
 - ii) una contaminazione secondo la tabella A.4-9, applicabile alle misurazioni grezze o diluite;
 - iii) una contaminazione secondo la tabella A.4-10, applicabile alle misurazioni grezze.

Tabella A.4-9

Limiti di contaminazione applicabili alle misurazioni grezze o diluite [$\mu\text{mol/mol}$ = ppm (3.2)]

Componente	Aria sintetica purificata ^(*)	N_2 purificato ^(*)
THC (equivalente C_1)	$\leq 0,05 \mu\text{mol/mol}$	$\leq 0,05 \mu\text{mol/mol}$
CO	$\leq 1 \mu\text{mol/mol}$	$\leq 1 \mu\text{mol/mol}$

Componente	Aria sintetica purificata ^(a)	N ₂ purificato ^(a)
CO ₂	≤ 10 μmol/mol	≤ 10 μmol/mol
O ₂	Da 0,205 a 0,215 mol/mol	≤ 2 μmol/mol
NO _x	≤ 0,02 μmol/mol	≤ 0,02 μmol/mol

^(a) Non è necessario che tali livelli di purezza corrispondano a standard tracciabili riconosciuti a livello internazionale e/o nazionale.

Tabella A.4-10

Limiti di contaminazione applicabili alle misurazioni grezze [μmol/mol = ppm (3.2)]

Componente	Aria sintetica purificata ^(a)	N ₂ purificato ^(a)
THC (equivalente C ₁)	≤ 1 μmol/mol	≤ 1 μmol/mol
CO	≤ 1 μmol/mol	≤ 1 μmol/mol
CO ₂	≤ 400 μmol/mol	≤ 400 μmol/mol
O ₂	Da 0,18 a 0,21 mol/mol	—
NO _x	≤ 0,1 μmol/mol	≤ 0,1 μmol/mol

^(a) Non è necessario che tali livelli di purezza corrispondano a standard tracciabili riconosciuti a livello internazionale e/o nazionale.

- b) Con un analizzatore FID devono essere usati i seguenti gas:
- i) carburante FID con una concentrazione di H₂ pari a (0,39-0,41) mol/mol, resto He oppure N₂. La miscela non deve contenere oltre 0,05 μmol/mol di THC;
 - ii) aria per il bruciatore FID conforme alle specifiche dell'aria purificata di cui alla lettera a) del presente punto;
 - iii) gas di zero per il FID. Lo zero dei rivelatori a ionizzazione di fiamma deve essere tarato con un gas purificato conforme alle specifiche della lettera a) del presente punto, tuttavia la concentrazione del gas purificato O₂ può corrispondere a qualsiasi valore;
 - iv) propano come gas di span per il FID. La taratura e la taratura dello span del FID a THC deve essere effettuata con concentrazioni di gas di span C₃H₈ (propano). La taratura va effettuata su un numero di atomi di carbonio pari a uno (C₁);
- c) devono essere usate le seguenti miscele di gas, con una tracciabilità dei gas pari a ± 1,0 % del valore reale degli standard internazionali e/o nazionali riconosciuti o di altri standard approvati per i gas:
- i) CH₄, resto aria sintetica purificata e/o N₂ (a seconda dei casi);
 - ii) Riservato
 - iii) C₃H₈, resto aria sintetica purificata e/o N₂ (a seconda dei casi);
 - iv) CO, resto N₂ purificato;
 - v) CO₂, resto N₂ purificato;
 - vi) NO, resto N₂ purificato;
 - vii) NO₂, resto aria sintetica purificata;
 - viii) O₂, resto N₂ purificato;
 - ix) C₃H₈, CO, CO₂, NO, resto N₂ purificato;
 - x) C₃H₈, CH₄, CO, CO₂, NO, resto N₂ purificato;

d) possono essere usati gas di specie diversa da quelli elencati alla lettera c) del presente punto (come il metanolo nell'aria, che può essere usato per determinare i fattori di risposta), purché siano tracciabili entro un limite fino a $\pm 3,0\%$ del valore reale degli standard internazionali e/o nazionali riconosciuti e soddisfino i requisiti di stabilità di cui al punto 9.5.1.2 del presente allegato;

e) possono essere generati gas di taratura propri usando un dispositivo di miscelazione di precisione, quale un divisore di gas, per diluire i gas con N₂ purificato o aria sintetica purificata. Se i divisori di gas sono conformi alle specifiche del punto 9.4.5.6 del presente allegato e i gas miscelati possiedono i requisiti di cui alle lettere a) e c) del presente punto, le miscele risultanti sono considerate in possesso dei requisiti di cui al punto 9.5.1.1 del presente allegato.

9.5.1.2. Concentrazione e data di scadenza

Devono essere registrate la concentrazione di tutti i campioni di gas di taratura e la rispettiva data di scadenza indicata dal fornitore del gas.

a) Nessun campione di gas di taratura può essere usato dopo la data di scadenza, ad eccezione dei casi previsti alla seguente lettera b).

b) I gas di taratura possono essere nuovamente etichettati e usati dopo la data di scadenza previa approvazione dell'autorità di omologazione.

9.5.1.3. Trasferimento di gas

I gas devono essere trasferiti dalla loro sorgente agli analizzatori usando componenti dedicati esclusivamente al controllo e al trasferimento di questi gas.

9.5.2. Standard di massa

Devono essere usati pesi di taratura della bilancia del PM certificati secondo standard di tracciabilità riconosciuti a livello internazionale e/o nazionale con un'incertezza pari allo 0,1%. I pesi di taratura possono essere certificati da qualsiasi laboratorio di taratura che mantiene standard di tracciabilità riconosciuti a livello internazionale e/o nazionale. Si deve garantire che il peso di taratura più basso non abbia una massa superiore a dieci volte la massa di un mezzo di campionamento del PM non utilizzato. Nel verbale della taratura deve essere indicata anche la densità dei pesi.

APPENDICE A.1

APPARECCHIATURE DI MISURAZIONE DEL NUMERO DI PARTICELLE NELLE EMISSIONI

A.1.1. Procedura per la prova di misurazione

A.1.1.1. Campionamento

Il numero di particelle nelle emissioni deve essere misurato mediante un campionamento continuo effettuato a partire dal sistema di diluizione a flusso parziale, di cui al punto 9.2.3 del presente allegato, oppure dal sistema di diluizione a flusso totale, di cui al punto 9.2.2 del presente allegato.

A.1.1.1.1. Filtraggio del diluente

Il diluente usato per la diluizione primaria, ed eventualmente per quella secondaria, dei gas di scarico nel sistema di diluizione deve attraversare dei filtri che soddisfino i requisiti per i filtri HEPA (High-Efficiency Particulate Air - filtro antiparticolato ad alta efficienza) definiti al punto 2.1.41 del presente regolamento. Prima di passare attraverso il filtro HEPA il diluente può essere facoltativamente depurato mediante uno scrubber a carbone vegetale al fine di ridurre e stabilizzare la concentrazione di idrocarburi. Si raccomanda di collocare un filtro aggiuntivo per particelle più grandi a monte del filtro HEPA e a valle dell'eventuale scrubber a carbone vegetale.

A.1.1.2. Compensazione del flusso del campione del numero di particelle – Sistemi di diluizione a flusso totale

Per compensare la portata massica estratta dal sistema di diluizione per il campionamento del numero di particelle, la portata massica estratta (filtrata) deve essere ricondotta al sistema di diluizione. In alternativa, si può correggere matematicamente la portata massica totale nel sistema di diluizione in base al flusso estratto per il campionamento del numero di particelle. Se la portata massica totale estratta dal sistema di diluizione per la somma del campionamento del numero di particelle e della massa del particolato è inferiore allo 0,5 % del totale del flusso dei gas di scarico diluiti nel tunnel di diluizione (med), la correzione, o la riconduzione del flusso, può essere trascurata.

A.1.1.3. Compensazione del flusso del campione del numero di particelle – Sistemi di diluizione a flusso parziale

A.1.1.3.1. Nei sistemi di diluizione a flusso parziale si deve tenere conto della portata massica estratta dal sistema di diluizione per il campionamento del numero di particelle al momento di controllare la proporzionalità del campionamento. Ciò deve essere ottenuto riportando il flusso del campione del numero di particelle nel sistema di diluizione a monte del dispositivo di misurazione del flusso, oppure con la correzione matematica di cui al punto A.1.1.3.2. Nel caso dei sistemi di diluizione a flusso parziale di tipo a campionamento totale anche la portata massica estratta per il campionamento del numero di particelle deve essere corretta nel calcolo della massa del particolato, come indicato al punto A.1.1.3.3.

A.1.1.3.2. La portata istantanea dei gas di scarico nel sistema di diluizione (q_{mp}), usata per controllare la proporzionalità del campionamento, deve essere corretta conformemente a uno dei seguenti metodi:

a) nel caso in cui si scarti il flusso del campione del numero di particelle estratto, l'equazione (A.4-20) di cui al punto 8.1.8.6.1 del presente allegato deve essere sostituita dall'equazione (A.4-29):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} \quad (A.4-29)$$

dove:

q_{mdew} è la portata massica dei gas di scarico diluiti, in kg/s;

q_{mdw} è la portata massica dell'aria di diluizione, in kg/s;

q_{ex} è la portata massica del campione del numero di particelle, in kg/s.

Il segnale q_{ex} inviato al regolatore del sistema a flusso parziale deve avere in qualunque momento un'accuratezza entro $\pm 0,1$ % di q_{mdew} e va inviato con la frequenza minima di 1 Hz;

- b) se si scarta del tutto o in parte il flusso del campione del numero di particelle estratto, ma si riconduce un flusso equivalente al sistema di diluizione a monte del dispositivo di misurazione del flusso, l'equazione (A.4-20) del punto 8.1.8.6.1 del presente allegato deve essere sostituita dall'equazione (A.4-30):

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} + q_{ex} - q_{sw} \quad (\text{A.4-30})$$

dove:

q_{mdew} è la portata massica dei gas di scarico diluiti, in kg/s;

q_{mdw} è la portata massica dell'aria di diluizione, in kg/s;

q_{ex} è la portata massica del campione del numero di particelle, in kg/s;

q_{sw} è la portata massica ricondotta nel tunnel di diluizione per compensare l'estrazione del campione del numero di particelle, in kg/s.

La differenza tra q_{ex} e q_{sw} inviata al regolatore del sistema a flusso parziale deve avere in qualunque momento un'accuratezza entro $\pm 0,1$ % di q_{mdew} . Il segnale o i segnali vanno inviati alla frequenza di almeno 1 Hz.

A.1.1.3.3. Correzione della misurazione del PM

Quando si estrae un flusso del campione del numero di particelle da un sistema di diluizione a flusso parziale di campionamento totale, la massa delle particelle (m_{PM}) calcolata come specificato all'allegato 5, appendice A.1, A.1.2.3.1.1, deve essere corretta nel modo che segue per tener conto del flusso estratto. La correzione è necessaria anche quando il flusso estratto è filtrato e ricondotto nei sistemi di diluizione a flusso parziale, come illustrato dall'equazione (A.4-31):

$$m_{PM,corr} = m_{PM} \times \frac{m_{sed}}{(m_{sed} - m_{ex})} \quad (\text{A.4-31})$$

dove:

m_{PM} è la massa delle particelle determinata conformemente all'allegato 5, appendice A.1, A.1.2.3.1.1, in g/prova;

m_{sed} è la massa totale dei gas di scarico diluiti che passano attraverso il tunnel di diluizione, in kg;

m_{ex} è la massa totale dei gas di scarico diluiti estratti dal tunnel di diluizione per il campionamento del numero di particelle, in kg.

A.1.1.3.4. Proporzionalità del campionamento di diluizione a flusso parziale

Per misurare il numero di particelle deve essere usata la portata massica dei gas di scarico, determinata in conformità a uno dei metodi descritti nell'allegato 5, appendice A.1, punti da A.1.1.6.1. a A.1.1.6.4, per controllare il sistema di diluizione a flusso parziale ed estrarre un campione proporzionale alla portata massica dei gas di scarico. La qualità della proporzionalità deve essere controllata con un'analisi di regressione tra campione e flusso dei gas di scarico in conformità al punto 8.2.1.2 del presente allegato.

A.1.1.3.5. Calcolo del numero di particelle

Le istruzioni per la determinazione e il calcolo del PN sono stabilite all'allegato 5, appendice A.6.

A.1.2. Apparecchiature di misurazione

A.1.2.1. Specifiche

A.1.2.1.1. Panoramica del sistema

A.1.2.1.1.1. Il sistema di campionamento delle particelle deve essere costituito da una sonda o di un punto di campionamento che estrae un campione da un flusso miscelato in modo omogeneo in un sistema di diluizione, quale descritto ai punti 9.2.2 o 9.2.3 del presente allegato, un separatore di particelle volatili (VPR) a monte di un contatore di particelle (PNC) e di un adeguato condotto di trasferimento.

A.1.2.1.1.2. Si raccomanda di collocare un preclassificatore delle dimensioni delle particelle (p. es. un separatore a ciclone, un impattatore, ecc.) a monte dell'ingresso del VPR. Una sonda di campionamento che funga da adeguato dispositivo di classificazione delle dimensioni, come quella mostrata nella figura A.4-7, rappresenta tuttavia un'alternativa accettabile all'uso di un preclassificatore delle dimensioni delle particelle. Nel caso dei sistemi di diluizione a flusso parziale è possibile usare lo stesso preclassificatore per il campionamento della massa del particolato e del numero di particelle, estraendo il campione del numero di particelle dal sistema di diluizione a valle del preclassificatore. In alternativa, è possibile usare preclassificatori separati ed estrarre il campione del numero di particelle dal sistema di diluizione a monte del preclassificatore della massa del particolato.

A.1.2.1.2. Requisiti generali

A.1.2.1.2.1. Il punto di campionamento delle particelle deve essere collocato all'interno di un sistema di diluizione.

La punta della sonda di campionamento o il punto di campionamento e il condotto di trasferimento delle particelle (PTL) formano insieme il sistema di trasferimento delle particelle (PTS). Il PTS conduce il campione dal tunnel di diluizione all'ingresso del VPR. Il PTS deve soddisfare le seguenti condizioni:

- a) nel caso dei sistemi di diluizione a flusso totale o parziale del tipo a campionamento frazionale (descritti al punto 9.2.3 del presente allegato), la sonda di campionamento deve essere installata vicino alla linea centrale del tunnel, a una distanza pari a 10-20 volte il diametro del tunnel, a valle dell'ingresso del gas, orientata controcorrente rispetto al flusso del gas nel tunnel; l'asse della punta deve essere parallelo a quello della galleria di diluizione. La sonda di campionamento deve essere collocata all'interno del tratto di diluizione in modo che il campione sia estratto da una miscela omogenea di diluente/gas di scarico.
- b) Nel caso dei sistemi di diluizione a flusso parziale del tipo a campionamento totale (descritti al punto 9.2.3 del presente allegato), il punto o la sonda di campionamento delle particelle devono essere collocati nel condotto di trasferimento del particolato, a monte del supporto del filtro del particolato, del dispositivo di misurazione del flusso e di qualsiasi punto di biforcazione tra campione e derivazione. La sonda o il punto di campionamento devono essere collocati in modo che il campione sia estratto da una miscela omogenea di diluente/gas di scarico. Le dimensioni della sonda di campionamento delle particelle devono essere tali da non interferire con il funzionamento del sistema di diluizione a flusso parziale.

Il gas campione che attraversa il PTS deve soddisfare le seguenti condizioni:

- a) nel caso dei sistemi di diluizione a flusso totale, esso deve avere un flusso caratterizzato da un numero di Reynolds (Re) < 1700 ;
- b) nel caso dei sistemi di diluizione a flusso parziale, esso deve avere un flusso caratterizzato da un numero di Reynolds (Re) < 1700 nel PTT, cioè a valle della sonda o del punto di campionamento;
- c) avere un tempo di permanenza nel PTS ≤ 3 secondi.
- d) ogni altra configurazione di campionamento del PTS per la quale possa essere dimostrata una penetrazione equivalente di particelle a 30 nm sarà considerata accettabile.

Il tubo di uscita (OT) che trasporta il campione diluito dal VPR all'ingresso del PNC deve avere le seguenti caratteristiche:

- a) un diametro interno ≥ 4 mm;
- b) il flusso del campione di gas attraverso l'OT deve avere un tempo di permanenza $\leq 0,8$ s;

- c) ogni altra configurazione di campionamento dell'OT per la quale possa essere dimostrata una penetrazione equivalente di particelle a 30 nm sarà considerata accettabile.

- A.1.2.1.2.2. Il VPR deve comprendere dispositivi per la diluizione del campione e la separazione delle particelle volatili.
- A.1.2.1.2.3. Tutte le parti del sistema di diluizione e di campionamento dal tubo di scarico al PNC che sono a contatto con gas di scarico grezzi e diluiti devono essere progettate in modo da ridurre al minimo il deposito delle particelle. Tutte le parti devono essere fabbricate con materiali elettroconduttori che non reagiscano con i componenti dei gas di scarico e devono essere a massa per impedire effetti elettrostatici.
- A.1.2.1.2.4. Il sistema di campionamento delle particelle deve riflettere le migliori pratiche di campionamento degli aerosol, evitando curve brusche e improvvisi cambiamenti della sezione trasversale, usando superfici interne lisce e riducendo al minimo la lunghezza del condotto di campionamento. Sono invece ammessi cambiamenti graduali della sezione trasversale.
- A.1.2.1.3. Requisiti specifici
- A.1.2.1.3.1. Il campione di particelle non deve attraversare una pompa prima di raggiungere il PNC.
- A.1.2.1.3.2. Si raccomanda l'uso di un preclassificatore per il campione.
- A.1.2.1.3.3. L'unità di condizionamento del campione deve:
- A.1.2.1.3.3.1. essere in grado di diluire il campione in una o più fasi per ottenere una concentrazione del numero di particelle inferiore alla soglia superiore del modo di conteggio unico delle particelle del PNC e una temperatura dei gas inferiore a 308 K (35°C) all'ingresso del PNC;
- A.1.2.1.3.3.2. comprendere una fase di diluizione iniziale a caldo che produca in uscita un campione a una temperatura ≥ 423 K (150 °C) e ≤ 673 K (400 °C) e il cui fattore di diluizione sia almeno pari a 10;
- A.1.2.1.3.3.3. controllare che le temperature nominali di funzionamento delle fasi a caldo rimangano costanti, nell'intervallo specificato al punto A.1.2.1.3.3.2, con una tolleranza di ± 10 K (± 10 °C); indicare se le fasi a caldo sono o no alle temperature di funzionamento corrette;
- A.1.2.1.3.3.4. ottenere un fattore di riduzione della concentrazione di particelle $[f_r(d_i)]$, definito al punto A.1.2.2.2.2 della presente appendice, per particelle con diametro di mobilità elettrica di 30 nm e di 50 nm, che non sia superiore per più del 30 % e del 20 % rispettivamente e non sia inferiore per più del 5 % a quello di particelle del diametro di mobilità elettrica di 100 nm per l'intero VPR;
- A.1.2.1.3.3.5. ottenere inoltre una vaporizzazione $> 99,0$ % delle particelle di 30 nm di tetracontano ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$), con concentrazione d'ingresso ≥ 10000 cm^{-3} , mediante riscaldamento e riduzione delle pressioni parziali del tetracontano.
- A.1.2.1.3.4. Il PNC deve:
- A.1.2.1.3.4.1. funzionare in condizioni di flusso totale;
- A.1.2.1.3.4.2. raggiungere una accuratezza di conteggio di ± 10 % nell'intera gamma tra 1 cm^{-3} fino alla soglia massima della sua modalità di conteggio delle singole particelle rispetto a una norma tracciabile. In presenza di concentrazioni inferiori a 100 cm^{-3} , per dimostrare l'accuratezza del PNC con un alto grado di affidabilità statistica può essere necessario calcolare la media di misurazioni effettuate su lunghi periodi di campionamento;
- A.1.2.1.3.4.3. avere una leggibilità di almeno 0,1 particelle/ cm^{-3} a concentrazioni fino a 100 cm^{-3} ;
- A.1.2.1.3.4.4. avere una risposta lineare a concentrazioni di particelle per l'intero intervallo della misurazione nel modo di conteggio unico delle particelle;
- A.1.2.1.3.4.5. avere una frequenza di registrazione dei dati pari o superiore a 0,5 Hz;
- A.1.2.1.3.4.6. avere un tempo di reazione inferiore a 5 secondi per l'intero intervallo della concentrazione misurata;

- A.1.2.1.3.4.7. disporre di una funzione di correzione per coincidenza fino a un massimo del 10 % e di un fattore di taratura interno, di cui al punto A.1.2.2.1.3, ma senza dover ricorrere ad altri algoritmi per correggere o definire l'efficienza di conteggio;
- A.1.2.1.3.4.8. avere un'efficienza di conteggio, con particelle dal diametro di mobilità elettrica di 23 nm (± 1 nm) e di 41 nm (± 1 nm), rispettivamente del 50 % (± 12 %) e > 90 %. Tale efficienza di conteggio può essere ottenuta con mezzi interni (ad esempio il controllo della progettazione dello strumento) o esterni (ad esempio preclassificazione delle dimensioni);
- A.1.2.1.3.4.9. se il PNC usa un liquido di lavoro, quest'ultimo deve essere sostituito alla frequenza specificata dal costruttore dello strumento.
- A.1.2.1.3.5. Se, al punto in cui viene controllata la portata del PNC, la pressione e/o la temperatura all'ingresso del PNC non sono mantenute a un livello costante noto, esse devono essere misurate e registrate per correggere la concentrazione delle particelle in condizioni standard.
- A.1.2.1.3.6. La somma del tempo di permanenza del PTS, del VPR e dell'OT oltre al tempo di risposta del PNC non deve essere superiore a 20 s.
- A.1.2.1.3.7. Il tempo di trasformazione dell'intero sistema di campionamento del numero di particelle (PTS, VPR, OT e PNC) deve essere determinato cambiando l'aerosol direttamente all'ingresso del PTS. Il cambiamento dell'aerosol deve essere effettuato in meno di 0,1 s. L'aerosol usato per la prova deve dar luogo a un cambiamento di concentrazione pari almeno al 60 % del fondo scala (FS).

La curva della concentrazione deve essere registrata. Per l'allineamento temporale dei segnali della concentrazione del numero di particelle e del flusso dei gas di scarico, il tempo di trasformazione è definito come l'intervallo di tempo che intercorre tra cambiamento (t_0) e raggiungimento di una risposta equivalente al 50 % del valore finale rilevato (t_{50}).

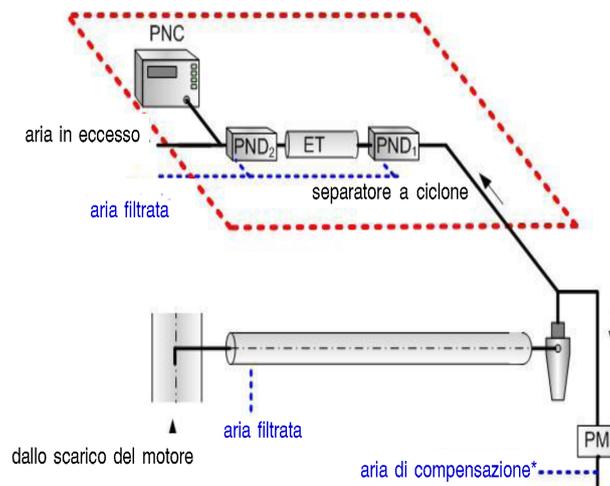
A.1.2.1.4. Descrizione del sistema raccomandato

Il presente punto descrive la pratica raccomandata per la misurazione del numero di particelle. È accettabile, tuttavia, qualsiasi sistema che soddisfi le specifiche di prestazione di cui ai punti A.1.2.1.2 e A.1.2.1.3.

Le figure A.4-8 e A.4-9 sono disegni schematici delle configurazioni del sistema raccomandato di campionamento delle particelle per sistemi di diluizione rispettivamente a flusso parziale e a flusso totale.

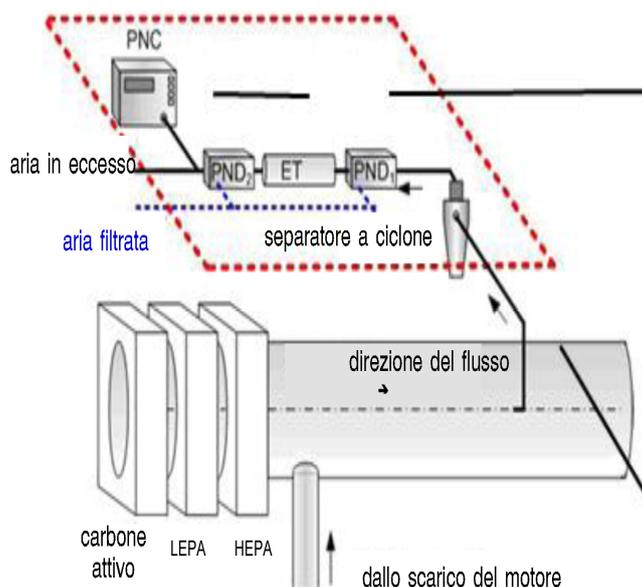
Figura A.4-8

Schema del sistema raccomandato di campionamento delle particelle – Campionamento a flusso parziale



*In alternativa il software di controllo può tenere conto del flusso eliminato dal sistema PN

Figura A.4-9.

Schema del sistema raccomandato di campionamento delle particelle – Campionamento a flusso totale**A.1.2.1.4.1. Descrizione del sistema di campionamento**

Il sistema di campionamento delle particelle deve essere costituito dalla punta della sonda di campionamento o da un punto di campionamento nel sistema di diluizione, da un condotto di trasferimento delle particelle (PTL), da un preclassificatore di particelle (PCF) e da un separatore di particelle volatili (VPR) a monte dell'unità di misurazione della concentrazione del numero di particelle (PNC). Il VPR deve comprendere dispositivi per la diluizione del campione (diluitori del numero di particelle: PND₁ e PND₂) e per l'evaporazione delle particelle (tubo di evaporazione, ET). La sonda o il punto di campionamento per il flusso di gas di prova devono essere collocati nel tratto di diluizione in modo da poter estrarre un campione rappresentativo del flusso di gas di scarico da una miscela omogenea di diluente/gas di scarico. La somma del tempo di permanenza del sistema oltre al tempo di risposta del PNC non deve essere superiore a 20 s.

A.1.2.1.4.2. Sistema di trasferimento delle particelle

La punta della sonda di campionamento o il punto di campionamento e il condotto di trasferimento delle particelle (PTL) formano insieme il sistema di trasferimento delle particelle (PTS). Il PTS conduce il campione dal tunnel di diluizione all'ingresso del primo diluente del numero di particelle. Il PTS deve soddisfare le seguenti condizioni:

nel caso dei sistemi di diluizione a flusso totale o parziale del tipo a campionamento frazionale (descritti al punto 9.2.3 del presente allegato), la sonda di campionamento deve essere installata vicino alla linea centrale del tunnel, a una distanza pari a 10-20 volte il diametro del tunnel, a valle dell'ingresso del gas, orientata controcorrente rispetto al flusso del gas nel tunnel; l'asse della punta deve essere parallelo a quello della galleria di diluizione. La sonda di campionamento deve essere collocata all'interno del tratto di diluizione in modo che il campione sia estratto da una miscela omogenea di diluente/gas di scarico.

Nel caso dei sistemi di diluizione a flusso parziale del tipo a campionamento totale (descritti al punto 9.2.3 del presente allegato), il punto di campionamento delle particelle deve essere collocato nel condotto di trasferimento del particolato, a monte del supporto del filtro del particolato, del dispositivo di misurazione del flusso e di qualsiasi punto di biforcazione tra campione e derivazione. La sonda o il punto di campionamento devono essere collocati in modo che il campione sia estratto da una miscela omogenea di diluente/gas di scarico.

Il gas campione che attraversa il PTS deve soddisfare le seguenti condizioni:

avere un flusso caratterizzato da un numero di Reynolds (Re) < 1700;

avere un tempo di permanenza nel PTS \leq 3 secondi.

Ogni altra configurazione di campionamento del PTS per la quale possa essere dimostrata una penetrazione equivalente di particelle del diametro di mobilità elettrica di 30 nm sarà considerata accettabile.

il tubo di uscita (OT) che trasporta il campione diluito dal VPR all'ingresso del PNC deve avere le seguenti caratteristiche:

un diametro interno ≥ 4 mm;

il flusso del campione di gas attraverso l'OT deve avere un tempo di permanenza $\leq 0,8$ s.

Ogni altra configurazione di campionamento dell'OT per la quale possa essere dimostrata una penetrazione equivalente di particelle del diametro di mobilità elettrica di 30 nm sarà considerata accettabile.

A.1.2.1.4.3. Preclassificatore di particelle

Il preclassificatore di particelle raccomandato deve essere collocato a monte del VPR. Il taglio granulometrico del diametro delle particelle del preclassificatore al 50 % deve essere compreso tra 2,5 μm e 10 μm alla portata volumetrica scelta per il campionamento del numero di particelle nelle emissioni. Il preclassificatore deve permettere ad almeno il 99 % della concentrazione massica di particelle da 1 μm che entrano nel preclassificatore di uscire da esso alla portata volumetrica scelta per il campionamento del numero di particelle nelle emissioni. Nel caso dei sistemi di diluizione a flusso parziale è possibile usare lo stesso preclassificatore per il campionamento della massa del particolato e del numero di particelle, estraendo il campione del numero di particelle dal sistema di diluizione a valle del preclassificatore. In alternativa, è possibile usare preclassificatori separati ed estrarre il campione del numero di particelle dal sistema di diluizione a monte del preclassificatore della massa del particolato.

A.1.2.1.4.4. Separatore di particelle volatili (VPR)

Il VPR deve comprendere un diluatore del numero di particelle (PND₁), un tubo di evaporazione e un secondo diluatore (PND₂) in serie. La diluizione ha la funzione di ridurre la concentrazione del campione, che entra nell'unità di misurazione della concentrazione delle particelle, fino a un livello inferiore alla soglia superiore del modo di conteggio unico delle particelle del PNC e di sopprimere la nucleazione all'interno del campione. Il VPR deve indicare se il PND₁ e il tubo di evaporazione hanno raggiunto le temperature di funzionamento corrette.

Il VPR deve ottenere inoltre una vaporizzazione $> 99,0$ % delle particelle di 30 nm di tetracontano ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$), con concentrazione d'ingresso ≥ 10000 cm^{-3} , mediante riscaldamento e riduzione delle pressioni parziali del tetracontano. Esso deve anche ottenere un fattore di riduzione della concentrazione di particelle (f_r), per particelle con diametro di mobilità elettrica di 30 nm e di 50 nm, che non sia superiore per più di rispettivamente il 30 % e il 20 % e non sia inferiore per più del 5 % a quello di particelle con diametro di mobilità elettrica di 100 nm per l'intero VPR.

A.1.2.1.4.4.1. Primo dispositivo di diluizione del numero di particelle (PND₁)

Il primo dispositivo di diluizione del numero di particelle deve essere progettato specificatamente per diluire la concentrazione del numero di particelle e funzionare a una temperatura (di parete) compresa tra 423 K e 673 K (tra 150 °C e 400 °C). Il valore di riferimento della temperatura di parete deve essere mantenuto a una temperatura nominale costante di funzionamento, entro il suddetto intervallo, con una tolleranza di ± 10 °C, e non deve superare la temperatura di parete dell'ET (cfr. punto A.1.2.1.4.4.2). Il diluatore deve essere alimentato con aria di diluizione filtrata da filtro HEPA e deve essere in grado di generare un fattore di diluizione compreso tra 10 e 200 volte.

A.1.2.1.4.4.2. Tubo di evaporazione (ET)

Per l'intera lunghezza del tubo di evaporazione (ET) deve essere mantenuta una temperatura di parete pari o superiore a quella del primo dispositivo di diluizione del numero di particelle; e la temperatura di parete deve essere mantenuta a una temperatura di funzionamento nominale fissa compresa tra 573 K (300 °C) e 673 K (400 °C), con una tolleranza di ± 10 K.

A.1.2.1.4.4.3. Secondo dispositivo di diluizione del numero di particelle (PND₂)

Il PND₂ deve essere progettato specificatamente per diluire la concentrazione del numero di particelle. Il diluatore deve essere alimentato con aria di diluizione filtrata da filtro HEPA e deve essere in grado di mantenere un fattore di diluizione unico compreso tra 10 e 30 volte. Il fattore di diluizione del PND₂ deve essere scelto tra 10 e 15 affinché la concentrazione del numero di particelle a valle del secondo diluatore sia inferiore alla soglia superiore della modalità di conteggio delle singole particelle del PNC e la temperatura dei gas sia < 308 K (35 °C) all'ingresso del PNC.

A.1.2.1.4.5. Contatore del numero di particelle (PNC)

Il PNC deve soddisfare i requisiti del punto A.1.2.1.3.4.

A.1.2.2. Taratura/convalida del sistema di campionamento delle particelle⁽¹⁾

A.1.2.2.1. Taratura del contatore del numero di particelle

A.1.2.2.1.1. Il servizio tecnico deve garantire l'esistenza di un certificato di taratura per il PNC attestante la sua conformità a una norma tracciabile nei 12 mesi precedenti la prova delle emissioni.

A.1.2.2.1.2. Dopo ogni intervento di manutenzione importante il PNC deve essere tarato nuovamente e deve essere emesso un nuovo certificato.

A.1.2.2.1.3. La taratura deve basarsi su un metodo di taratura standard:

- a) mediante comparazione della reazione del PNC da tarare con quella di un elettrometro di aerosol tarato mentre effettua il campionamento di particelle di taratura classificate elettrostaticamente; oppure
- b) mediante comparazione della reazione del PNC da tarare con quella di un secondo PNC tarato direttamente con il metodo di cui sopra.

Nel caso dell'elettrometro la taratura deve essere effettuata usando almeno sei concentrazioni standard distribuite il più uniformemente possibile nell'intervallo di misurazione del PNC. Questi punti comprendono una concentrazione nominale zero che si verifica applicando filtri HEPA appartenenti almeno alla classe H13 della norma EN 1822:2008, o di prestazioni equivalenti, all'ingresso di ogni strumento. Se non viene applicato un fattore di taratura al PNC da tarare, le concentrazioni misurate devono collocarsi, ad eccezione del punto zero, entro un margine di $\pm 10\%$ della concentrazione standard per ogni concentrazione utilizzata; altrimenti, il PNC da tarare deve essere respinto. Deve essere calcolato e registrato il gradiente della regressione lineare di due serie di dati. Al PNC da tarare deve essere applicato un fattore di taratura pari al reciproco del gradiente. La linearità della risposta è calcolata come il quadrato del coefficiente di correlazione del momento del prodotto di Pearson (R^2) delle due serie di dati e deve essere pari o superiore a 0,97. Nel calcolo del gradiente e di R^2 la regressione lineare deve essere forzata attraverso l'origine (concentrazione zero per entrambi gli strumenti).

Nel caso del PNC di riferimento la taratura deve essere effettuata usando almeno sei concentrazioni standard distribuite nell'intervallo di misurazione del PNC. Almeno 3 punti devono collocarsi a concentrazioni inferiori a 1000 cm⁻³; le restanti concentrazioni devono spaziarsi linearmente tra 1000 cm⁻³ e il massimo dell'intervallo del PNC nel modo di conteggio unico delle particelle. Questi punti comprendono una concentrazione nominale zero che si verifica applicando filtri HEPA appartenenti almeno alla classe H13 della norma EN 1822:2008, o di prestazioni equivalenti, all'ingresso di ogni strumento. Se non viene applicato un fattore di taratura al PNC da tarare, le concentrazioni misurate devono collocarsi, ad eccezione del punto zero, entro un margine di $\pm 10\%$ della concentrazione standard per ogni concentrazione; altrimenti, il PNC da tarare deve essere respinto. Deve essere calcolato e registrato il gradiente della regressione lineare di due serie di dati. Al PNC da tarare deve essere applicato un fattore di taratura pari al reciproco del gradiente. La linearità della risposta è calcolata come il quadrato del coefficiente di correlazione del momento del prodotto di Pearson (R^2) delle due serie di dati e deve essere pari o superiore a 0,97. Nel calcolo del gradiente e di R^2 la regressione lineare deve essere forzata attraverso l'origine (concentrazione zero per entrambi gli strumenti).

A.1.2.2.1.4. La taratura deve anche comprendere un controllo, in base ai requisiti di cui al punto A.1.2.1.3.4.8 della presente appendice, dell'efficacia di rilevamento del PNC con particelle con diametro di mobilità elettrica di 23 nm. Un controllo dell'efficacia di conteggio con particelle da 41 nm non è necessario.

A.1.2.2.2. Taratura/convalida del separatore di particelle volatili

⁽¹⁾ Esempi dei metodi di taratura/convalida sono disponibili al seguente indirizzo: www.unece.org/es/trans/main/wp29/wp29wgs/wp29grpe/pmp-fcp

- A.1.2.2.2.1. La taratura del fattore di riduzione della concentrazione di particelle nel VPR in tutta la gamma dei livelli di diluizione, alle temperature nominali fisse di funzionamento dello strumento, deve essere richiesta se lo strumento è nuovo e dopo ogni intervento di manutenzione importante. Il requisito della convalida periodica del fattore di riduzione della concentrazione delle particelle nel VPR si limita a un controllo con una sola regolazione, rappresentativa di quella usata per la misurazione su macchine mobili non stradali munite di filtro antiparticolato diesel. Il servizio tecnico deve garantire l'esistenza di un certificato di taratura o di convalida per il VPR nei 6 mesi precedenti la prova delle emissioni. Se il VPR comprende segnali di allarme per il monitoraggio delle temperature, deve essere ammesso un intervallo di convalida di 12 mesi.

Il VPR deve essere caratterizzato da un fattore di riduzione della concentrazione di particelle solide con diametro di mobilità elettrica di 30 nm, 50 nm e di 100 nm. I fattori di riduzione della concentrazione di particelle ($f_r(d)$) nel caso di particelle con diametro di mobilità elettrica di 30 nm e 50 nm non devono essere più alti, rispettivamente, del 30 % e del 20 % rispetto ai fattori per le particelle con diametro di mobilità elettrica di 100 nm, né devono essere inferiori ad essi di oltre il 5 %. Ai fini della convalida, il fattore di riduzione medio della concentrazione di particelle deve collocarsi entro ± 10 % del fattore di riduzione medio della concentrazione di particelle () calcolato nel corso della prima taratura del VPR.

- A.1.2.2.2.2. L'aerosol di prova per tali misurazioni deve essere costituito da particelle solide di 30, 50 e 100 nm di diametro di mobilità elettrica e da una concentrazione minima di 5000 particelle per cm^{-3} all'ingresso del VPR. Le concentrazioni di particelle devono essere misurate a monte e a valle dei componenti.

Il fattore di riduzione della concentrazione di particelle per la dimensione di ciascuna particella ($f_r(d_i)$) deve essere calcolato mediante l'equazione (A.4-32):

$$f_r(d_i) = \frac{N_{in}(d_i)}{N_{out}(d_i)} \quad (\text{A.4-32})$$

dove:

$N_{in}(d_i)$ è la concentrazione del numero di particelle a monte per particelle di diametro d_i ;

$N_{out}(d_i)$ è la concentrazione del numero di particelle a valle per particelle di diametro d_i ;

d_i è il diametro di mobilità elettrica delle particelle (30, 50 o 100 nm).

$N_{in}(d_i)$ e $N_{out}(d_i)$ devono essere corrette alle stesse condizioni.

La riduzione media della concentrazione di particelle (\bar{f}_r) a una determinata regolazione della diluizione deve essere calcolata mediante l'equazione (A.4-33):

$$\bar{f}_r = \frac{f_r(30nm) + f_r(50nm) + f_r(100nm)}{3} \quad (\text{A.4-33})$$

Si raccomanda di tarare e convalidare il VPR come unità completa.

- A.1.2.2.2.3. Il servizio tecnico deve garantire l'esistenza di un certificato di taratura per il VPR che ne dimostri l'effettiva efficacia nei 6 mesi precedenti la prova delle emissioni. Se il VPR comprende segnali di allarme per il monitoraggio delle temperature, deve essere ammesso un intervallo di convalida di 12 mesi. Il VPR deve dimostrare una capacità di eliminazione superiore al 99,0 % delle particelle di tetracontano ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{38}\text{CH}_3$) con diametro di mobilità elettrica pari ad almeno 30 nm e una concentrazione d'ingresso $\geq 10000 \text{ cm}^{-3}$, se fatto funzionare con la regolazione della diluizione minima e alla temperatura di funzionamento raccomandata dal costruttore.

- A.1.2.2.3. Procedura di verifica del sistema di conteggio del numero di particelle

- A.1.2.2.3.1. Prima di ciascuna prova, il contatore di particelle deve registrare una concentrazione misurata inferiore a 0,5 particelle per cm^{-3} se all'ingresso dell'intero sistema di campionamento delle particelle (VPR e PNC) è applicato un filtro HEPA appartenente almeno alla classe H13 della norma EN 1822:2008 o di prestazioni equivalenti.
- A.1.2.2.3.2. Su base mensile, il flusso all'interno del contatore di particelle deve registrare un valore misurato che si collochi entro un margine del 5 % della portata nominale del contatore di particelle, se controllato con un flussometro tarato.
- A.1.2.2.3.3. Ogni giorno, dopo aver applicato all'ingresso del contatore di particelle un filtro HEPA appartenente almeno alla classe H13 della norma EN 1822:2008, o di prestazioni equivalenti, il contatore di particelle deve registrare una concentrazione $\leq 0,2 \text{ cm}^{-3}$. Rimosso il filtro, il contatore di particelle deve indicare un aumento della concentrazione misurata di almeno 100 particelle per cm^{-3} , se sottoposto ad aria ambientale, e un ritorno a $\leq 0,2 \text{ cm}^{-3}$ appena viene ricollocato il filtro HEPA.
- A.1.2.2.3.4. Prima dell'inizio di ogni prova, occorre una conferma del fatto che il sistema di misurazione indichi che il tubo di evaporazione, se compreso nel sistema, abbia raggiunto la sua corretta temperatura di funzionamento.
- A.1.2.2.3.5. Prima dell'inizio di ogni prova, occorre una conferma del fatto che il sistema di misurazione indichi che il diluatore PND_1 , abbia raggiunto la sua corretta temperatura di funzionamento.
-

APPENDICE A.2

REQUISITI PER L'INSTALLAZIONE DI APPARECCHIATURE E DISPOSITIVI AUSILIARI

Numero	Apparecchiature e dispositivi ausiliari	Installati per la prova delle emissioni
1	Sistema di aspirazione	
	Collettore di aspirazione	Sì
	Sistema di controllo delle emissioni dal basamento	Sì
	Debimetro	Sì
	Filtro dell'aria	Sì ^(e)
	Silenziatore dell'aspirazione	Sì ^(e)
2	Sistema di scarico	
	Post-trattamento dei gas di scarico	Sì
	Collettore di scarico	Sì
	Tubi di raccordo	Sì ^(e)
	Silenziatore	Sì ^(e)
	Tubo di scarico	Sì ^(e)
	Freno motore a gas di scarico	No ^(e)
	Compressore	Sì
3	Pompa di alimentazione del carburante	Sì ^(d)
4	Dispositivi di iniezione del carburante	
	Prefiltro	Sì
	Filtro	Sì
	Pompa	Sì
5	Condotti ad alta pressione	Sì
	Iniettore	Sì
	Centralina elettronica di controllo (ECU), sensori, ecc.	Sì
	Regolatore/sistema di controllo	Sì
	Fine corsa automatico di pieno carico della cremagliera di controllo in funzione delle condizioni atmosferiche	Sì
6	Impianto di raffreddamento a liquido	
	Radiatore	No
	Ventola	No
	Carenatura della ventola	No
	Pompa dell'acqua	Sì ^(e)

Numero	Apparecchiature e dispositivi ausiliari	Installati per la prova delle emissioni
	Termostato	Sì ^(f)
7	Raffreddamento ad aria	
	Carenatura	No ^(g)
	Ventola o soffiante	No ^(g)
	Dispositivo di regolazione della temperatura	No
8	Impianto di sovralimentazione	
	Compressore azionato direttamente dal motore e/o dai gas di scarico	Sì
	Dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione	Sì ^(g) ^(h)
	Pompa o ventola del refrigerante (azionata dal motore)	No ^(g)
	Dispositivo per regolare la portata del refrigerante	Sì
9	Ventola ausiliaria del banco di prova	Sì, se necessario
10	Dispositivo antinquinamento	Sì
11	Impianto di avviamento	Sì, o apparecchiatura del banco di prova ⁽ⁱ⁾
12	Pompa dell'olio lubrificante	Sì
13	Determinati dispositivi ausiliari legati al funzionamento della macchina mobile non stradale e che potrebbero essere installati sul motore devono essere rimossi durante la prova. A titolo di esempio, si fornisce di seguito un elenco non limitativo: (i) compressore d'aria per i freni (ii) compressore del servosterzo (iii) compressore delle sospensioni (iv) sistema di condizionamento dell'aria.	No

^(a) Il sistema di aspirazione completo deve essere montato come previsto per l'impiego desiderato:

- i) se può influire sensibilmente sulla potenza del motore;
- ii) quando lo richiede il costruttore.

Negli altri casi, può essere installato un sistema equivalente verificando che la pressione di aspirazione non differisca di oltre 100 Pa dal valore limite massimo specificato dal costruttore per un filtro dell'aria pulito.

^(b) Il sistema completo di scarico deve essere montato come previsto per l'impiego desiderato nei seguenti casi:

- (i) se può influire sensibilmente sulla potenza del motore;
- (ii) quando lo richiede il costruttore.

Negli altri casi, può essere installato un sistema equivalente a condizione che la pressione misurata non differisca di oltre 1000 Pa dal valore limite massimo specificato dal costruttore per un filtro dell'aria pulito.

^(c) Se nel motore è incorporato un freno motore a gas di scarico, la valvola a farfalla deve essere fissata in posizione completamente aperta.

^(d) La pressione di alimentazione del carburante può essere regolata, se del caso, in modo da riprodurre la pressione esistente in quella particolare applicazione del motore (in particolare, se è previsto un sistema di "ritorno del carburante").

^(e) La circolazione del liquido di raffreddamento deve avvenire solo per mezzo della pompa dell'acqua del motore. Il raffreddamento del liquido può avvenire attraverso un circuito esterno, in modo che le perdite di pressione di tale circuito e la pressione all'ingresso della pompa restino sostanzialmente quelle del sistema di raffreddamento del motore.

^(f) Il termostato può essere regolato nella posizione di massima apertura.

^(g) Se per la prova viene montata una ventola di raffreddamento o una soffiante la potenza assorbita deve essere aggiunta ai valori registrati, eccetto nel caso in cui le ventole di raffreddamento dei motori raffreddati ad aria siano montati direttamente sull'albero a gomiti. La potenza della ventola o della soffiante deve essere determinata alle velocità utilizzate per la prova mediante un calcolo basato sulle caratteristiche standard o mediante prove pratiche.

^(h) I motori con raffreddamento dell'aria di sovralimentazione devono essere sottoposti a prova con tale sistema (a liquido o ad aria) in funzione; a discrezione del costruttore, il dispositivo di raffreddamento dell'aria può tuttavia essere sostituito con un dispositivo sul banco di prova. In entrambi i casi, la misurazione della potenza a ogni regime deve essere effettuata con la perdita di pressione massima e la perdita di temperatura minima dell'aria del motore nel dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione rispetto a quelle specificate dal costruttore.

⁽ⁱ⁾ La potenza destinata agli impianti elettrici o ad altri sistemi di avviamento deve essere fornita dal banco di prova.

APPENDICE A.3

VERIFICA DEL SEGNALE DI COPPIA TRASMESSO DALLA CENTRALINA ELETTRONICA DI CONTROLLO

A.3.1. Introduzione

Qualora la parte contraente chieda di eseguire prove di monitoraggio in servizio, la presente appendice stabilisce i requisiti per la verifica della coppia nel caso in cui il costruttore intenda utilizzare il segnale di coppia trasmesso dalla centralina elettronica di controllo (ECU) dei motori che ne sono dotati.

La base della coppia netta deve essere la coppia netta non corretta fornita dal motore comprensivo di apparecchiature e dispositivi ausiliari da includere per la prova delle emissioni conformemente all'appendice A.2.

A.3.2. Trasmissione dei valori di coppia

Con il motore montato sul banco di prova per l'esecuzione della procedura di mappatura devono essere previsti mezzi per la lettura del segnale di coppia trasmesso dall'ECU.

A.3.3. Procedura di verifica

Durante l'esecuzione della procedura di mappatura conformemente al punto 7.6.2 del presente allegato, le letture dei valori di coppia misurati dal dinamometro e di quelli trasmessi dall'ECU devono avvenire simultaneamente su almeno tre punti sulla curva di coppia. Almeno una di tali letture deve essere effettuata in un punto della curva in cui la coppia è pari ad almeno il 98 % del valore massimo.

I valori di coppia trasmessi dall'ECU devono essere accettati senza correzioni se, per ciascuno dei punti su cui è stata effettuata la misurazione, il fattore calcolato dividendo il valore di coppia misurato dal dinamometro per il valore di coppia trasmesso dall'ECU è pari ad almeno 0,93 (corrispondente a una differenza del 7 %). In tal caso nella notifica deve essere registrato che il valore di coppia trasmesso dall'ECU è stato verificato senza correzione. Se su uno o più punti di prova il fattore risulta essere inferiore a 0,93, deve essere determinato il fattore di correzione medio di tutti i punti nei quali è stata effettuata la lettura; tale valore deve essere registrato nella notifica. Quando il fattore è registrato nella notifica, esso deve essere applicato alla coppia trasmessa dall'ECU durante l'esecuzione di prove di monitoraggio in servizio.

APPENDICE A.4

PROCEDURE PER LA MISURAZIONE DELL'AMMONIACA

- A.4.1. Nella presente appendice è descritta la procedura per la misurazione dell'ammoniaca (NH₃). Per gli analizzatori non lineari deve essere consentito l'uso di circuiti di linearizzazione.
- A.4.2. Sono specificati tre principi di misurazione dell'NH₃, ciascuno dei quali può essere impiegato purché soddisfatti rispettivamente i criteri di cui ai punti A.4.2.1, A.4.2.2 o A.4.2.3. Ai fini della misurazione dell'NH₃ non è consentito l'uso di essiccatori a gas.
- A.4.2.1. Analizzatore a infrarosso operante in trasformata di Fourier (Fourier Transform Infrared, FTIR)
- A.4.2.1.1. Principio di misurazione
- L'FTIR si basa sul principio della spettroscopia infrarossa a banda larga. Esso consente la misurazione simultanea dei componenti dei gas di scarico i cui spettri standardizzati siano disponibili nello strumento. Lo spettro di assorbimento (intensità/lunghezza d'onda) è calcolato a partire dall'interferogramma (intensità/tempo) misurato con il metodo della trasformata di Fourier.
- A.4.2.1.2. Installazione e campionamento
- L'FTIR deve essere installato conformemente alle istruzioni del fabbricante dello strumento. La lunghezza d'onda dell'NH₃ deve essere selezionata per la valutazione. Il percorso del campione (linea di campionamento, prefiltro/i e valvole) deve essere in acciaio inossidabile o in PTFE e deve essere scaldato a valori preimpostati (set point) di temperatura compresi tra 383 K (110 °C) e 464 K (191 °C) per ridurre al minimo le perdite di NH₃ e gli artefatti di campionamento. La linea di campionamento deve inoltre essere quanto più breve sia praticamente possibile.
- A.4.2.1.3. Interferenza incrociata
- La risoluzione spettrale della lunghezza d'onda dell'NH₃ deve essere nell'ambito di 0,5 cm⁻¹ per ridurre al minimo l'interferenza incrociata di altri gas presenti nel gas di scarico.
- A.4.2.2. Assorbimento ultravioletto non dispersivo di risonanza ("NDUV")
- A.4.2.2.1. Principio di misurazione
- L'NDUV si basa su un principio puramente fisico; non sono necessari apparecchiature o gas ausiliari. L'elemento principale del fotometro è una lampada a scarica senza elettrodo. Essa produce una radiazione di struttura precisa nella gamma degli ultravioletti che consente la misurazione di diversi componenti, tra cui l'NH₃.
- Il sistema fotometrico dispone di un doppio raggio nel tempo impostato per produrre un raggio di misurazione e un raggio di riferimento in base alla tecnica di correlazione dei filtri.
- Al fine di raggiungere un elevato livello di stabilità del segnale di misurazione, il doppio raggio nel tempo è combinato a un doppio raggio nello spazio. L'elaborazione dei segnali del rilevatore favorisce un livello pressoché trascurabile di deriva dello zero.
- Nella modalità di taratura dell'analizzatore una cella di quarzo sigillata è inclinata verso il percorso del raggio al fine di ottenere un valore esatto di taratura, poiché tutte le perdite di riflesso e assorbimento delle finestre della cella sono compensate. Poiché il gas contenuto nella cella è molto stabile, questo metodo di taratura comporta una buona stabilità del fotometro nel tempo.
- A.4.2.2.2. Installazione
- L'analizzatore deve essere installato all'interno di un armadio di analisi che usi un campionamento per estrazione conformemente alle istruzioni del costruttore dello strumento. L'ubicazione dell'analizzatore deve essere in grado di sostenere il peso specificato dal costruttore.

Il percorso del campione (linea di campionamento, prefiltro/i e valvole) deve essere in acciaio inossidabile o in PTFE e deve essere scaldato a valori preimpostati (set point) di temperatura compresi tra 383 K (110 °C) e 464 K (191 °C).

La linea di campionamento deve inoltre essere quanto più breve possibile. L'influsso della temperatura e della pressione dei gas di scarico, dell'ambiente in cui si trova l'installazione e delle vibrazioni sulla misurazione deve essere ridotto al minimo.

L'analizzatore di gas deve essere posto al riparo da freddo, calore, variazioni di temperatura, forti correnti d'aria, accumulo di polvere, atmosfere corrosive e vibrazioni. Deve essere consentita una sufficiente circolazione dell'aria per evitare l'accumulo di calore. L'intera superficie deve essere utilizzata per dissipare il calore delle perdite.

A.4.2.2.3. Sensibilità trasversale

Deve essere selezionato un intervallo spettrale adeguato per ridurre al minimo le interferenze incrociate dei gas di accompagnamento. Componenti tipiche che provocano sensibilità trasversali nella misurazione dell' NH_3 sono SO_2 , NO_2 e NO .

Possono essere applicati anche altri metodi per ridurre la sensibilità trasversale:

- a) uso di filtri interferenziali;
- b) misurazione dei componenti della sensibilità trasversale e compensazione di quest'ultima tramite l'impiego del segnale di misurazione.

A.4.2.3. Analizzatore laser a infrarosso

A.4.2.3.1. Principio di misurazione

Un laser a infrarosso, come un diodo laser modulabile (TDL) o un laser a cascata quantica (QCL), è in grado di emettere una luce coerente, rispettivamente nella regione dell'infrarosso vicino e medio, in cui i composti di azoto, compreso l' NH_3 , sono soggetti a un forte assorbimento. Questa tecnologia di ottica dei laser è in grado di emettere uno spettro infrarosso medio o vicino a banda stretta e ad alta risoluzione in modalità pulsata. Gli analizzatori laser a infrarosso sono pertanto in grado di ridurre le interferenze causate dalla sovrapposizione dello spettro di gas coesistenti nello scarico del motore.

A.4.2.3.2. Installazione

L'analizzatore deve essere installato direttamente nel tubo di scarico (in situ) oppure all'interno di un armadio di analisi che usi un campionamento per estrazione conformemente alle istruzioni del costruttore dello strumento. Se installato in un armadio di analisi, il percorso del campione (linea di campionamento, prefiltro/i e valvole) deve essere in acciaio inossidabile o in PTFE e deve essere scaldato a valori preimpostati (set point) di temperatura compresi tra 383 K (110 °C) e 464 K (191 °C) per ridurre al minimo le perdite di NH_3 e gli artefatti di campionamento. La linea di campionamento deve inoltre essere quanto più breve sia praticamente possibile.

L'influsso della temperatura e della pressione dei gas di scarico, dell'ambiente in cui si trova l'installazione e delle vibrazioni sulla misurazione deve essere ridotto al minimo ed eventualmente compensato con accorgimenti tecnici.

L'aria a flusso laminare eventualmente usata nel corso della misurazione in situ per proteggere lo strumento non deve avere effetto sulla concentrazione di nessun componente dei gas di scarico misurata a valle del dispositivo; altrimenti il campionamento di altri componenti dei gas di scarico deve avvenire a monte del dispositivo.

A.4.2.3.3. Verifica dell'interferenza degli analizzatori a infrarossi di NH_3 (interferenza incrociata)

A.4.2.3.3.1. Campo di applicazione e frequenza

Se l' NH_3 è misurato usando un analizzatore a infrarossi, la quantità dell'interferenza deve essere verificata dopo l'installazione iniziale dell'analizzatore e dopo manutenzioni importanti.

A.4.2.3.3.2. Principi di misurazione per la verifica dell'interferenza

I gas interferenti possono interferire positivamente con determinati tipi di analizzatori laser a infrarossi causando una risposta simile all' NH_3 . Se l'analizzatore usa algoritmi di compensazione che utilizzano le misurazioni di altri gas per soddisfare la verifica dell'interferenza, tali misurazioni devono essere eseguite contemporaneamente per sottoporre a prova gli algoritmi di compensazione durante la verifica dell'interferenza dell'analizzatore.

I gas interferenti degli analizzatori laser a infrarossi devono essere determinati utilizzando criteri di buona pratica ingegneristica. È opportuno notare che le specie interferenti, con l'eccezione dell' H_2O , dipendono dalla banda di assorbimento dell'infrarosso dell' NH_3 scelta dal costruttore dello strumento. Per ciascun analizzatore deve essere determinata la banda di assorbimento dell'infrarosso dell' NH_3 . Per ciascuna banda di assorbimento dell'infrarosso dell' NH_3 , i gas interferenti da usare per la verifica devono essere determinati utilizzando criteri di buona pratica ingegneristica.

A.4.3. Procedura per la prova delle emissioni

A.4.3.1. Controllo degli analizzatori

Prima della prova delle emissioni, selezionare l'intervallo dell'analizzatore. Deve essere consentito utilizzare analizzatori delle emissioni con commutazione dell'intervallo automatica o manuale. Durante il ciclo di prova, l'intervallo degli analizzatori non deve essere commutato.

Occorre determinare la risposta di zero e di span se allo strumento non si applicano le disposizioni del punto A.4.3.4.2. Per la risposta di span deve essere usato un gas di NH_3 che soddisfa le specifiche di cui al punto A.4.4.2.7. È consentito l'uso di celle di riferimento contenenti gas di span di NH_3 .

A.4.3.2. Raccolta dei dati riguardanti le emissioni

All'inizio della sequenza di prova, deve essere avviata simultaneamente la raccolta dei dati sull' NH_3 . La concentrazione di NH_3 deve essere misurata in continuo e registrata alla frequenza di almeno 1 Hz su supporto informatico.

A.4.3.3. Operazioni post-prova

Al completamento della prova, il campionamento deve continuare fino alla scadenza dei tempi di reazione del sistema. Solo se non sono disponibili le informazioni di cui al punto A.4.3.4.2 sarà necessario determinare la deriva dell'analizzatore conformemente al punto A.4.3.4.1.

A.4.3.4. Deriva dell'analizzatore

A.4.3.4.1. Non appena possibile e in ogni caso entro 30 minuti dal completamento del ciclo di prova o durante il periodo di sosta, occorre determinare le risposte di zero e di span dell'analizzatore. La differenza tra i risultati precedenti e quelli successivi alla prova deve essere inferiore al 2 % del fondo scala.

A.4.3.4.2. Nelle seguenti situazioni non è necessario determinare la deriva dell'analizzatore:

- a) se la deriva dello zero e dello span specificata dal costruttore dello strumento ai punti A.4.4.2.3 e A.4.4.2.4 soddisfa i requisiti del punto A.4.3.4.1;
- b) se l'intervallo di tempo per la deriva dello zero e dello span specificato dal costruttore dello strumento ai punti A.4.4.2.3 e A.4.4.2.4 supera la durata della prova.

A.4.4. Specifiche e verifica dell'analizzatore

A.4.4.1. Requisiti di linearità

L'analizzatore deve essere conforme ai requisiti di linearità di cui alla tabella A.4-8. del presente allegato. La verifica della linearità deve essere eseguita conformemente al punto 8.1.4 del presente allegato e almeno alla frequenza minima di cui alla tabella A.4-5 del medesimo allegato. Previa approvazione dell'autorità di omologazione, sono consentiti meno di 10 punti di riferimento se può essere dimostrata un'accuratezza equivalente.

Per la verifica della linearità deve essere usato un gas di NH_3 che soddisfa le specifiche di cui al punto A.4.4.2.7. Deve essere consentito l'uso di celle di riferimento contenenti gas di span di NH_3 .

Gli strumenti i cui segnali siano usati per gli algoritmi di compensazione devono soddisfare i requisiti di linearità di cui alla tabella 5. del presente allegato. La verifica della linearità deve essere effettuata in base alle proprie procedure interne di audit, secondo le indicazioni del costruttore o conformemente ai requisiti della norma ISO 9000.

A.4.4.2. Specifiche dell'analizzatore

L'analizzatore deve avere un intervallo di misurazione e un tempo di risposta che permettano di misurare la concentrazione di NH_3 in condizioni transitorie e stazionarie con la necessaria accuratezza.

A.4.4.2.1. Limite di rilevamento minimo

In tutte le condizioni di prova, l'analizzatore deve avere un limite di rilevamento minimo < 2 ppm.

A.4.4.2.2. Accuratezza

L'accuratezza, definita come la deviazione della lettura dell'analizzatore dal valore di riferimento, non deve superare ± 3 % del valore rilevato o ± 2 ppm, se superiore.

A.4.4.2.3. Deriva dello zero

La deriva della risposta di zero e del relativo intervallo di tempo deve essere specificata dal costruttore dello strumento.

A.4.4.2.4. Deriva dello span

La deriva della risposta di span e del relativo intervallo di tempo deve essere specificata dal costruttore dello strumento.

A.4.4.2.5. Tempo di risposta del sistema

Il tempo di risposta del sistema deve essere ≤ 20 s.

A.4.4.2.6. Tempo di salita

Il tempo di salita dell'analizzatore deve essere ≤ 5 s.

A.4.4.2.7. Gas di taratura dell' NH_3

Deve essere disponibile una miscela di gas con la seguente composizione chimica:

NH_3 e azoto purificato.

La concentrazione effettiva del gas di taratura deve essere compresa entro ± 3 % del valore nominale. La concentrazione dell' NH_3 deve essere indicata in termini di volume (% del volume o ppm del volume).

La data di scadenza dei gas di taratura deve essere registrata.

A.4.4.2.8. Procedura di verifica dell'interferenza

La verifica dell'interferenza deve essere eseguita nel modo seguente:

- a) avviare, far funzionare e tarare lo zero e lo span dell'analizzatore di NH_3 come si fa abitualmente prima di una prova delle emissioni;
- b) creare un gas interferente di prova umidificato facendo gorgogliare un gas di span multicomponente attraverso H_2O distillata in un dispositivo sigillato. Se il campione non viene passato attraverso un essiccatore, controllare la temperatura del dispositivo per generare un livello di H_2O almeno pari al massimo previsto durante la prova delle emissioni. Usare concentrazioni di gas di span interferente almeno pari alla concentrazione massima prevista durante le prove;

- c) introdurre il gas interferente di prova umidificato nel sistema di campionamento.
- d) misurare, il più vicino possibile all'ingresso dell'analizzatore, la frazione molare dell'acqua, $x_{\text{H}_2\text{O}}$, del gas interferente di prova umidificato. Ad esempio, il punto di rugiada T_{dew} e la pressione assoluta p_{total} devono essere misurati per calcolare $x_{\text{H}_2\text{O}}$;
- e) per evitare la condensazione nei condotti di trasferimento, nei raccordi o nelle valvole dal punto in cui si misura $x_{\text{H}_2\text{O}}$ fino all'analizzatore devono essere utilizzati criteri di buona pratica ingegneristica;
- f) attendere il tempo necessario per consentire alla risposta dell'analizzatore di stabilizzarsi;
- g) mentre l'analizzatore misura la concentrazione del campione registrare 30 s di dati campionati. Calcolare la media aritmetica di tali dati;
- h) l'analizzatore supera la verifica dell'interferenza se il risultato di cui alla lettera g) del presente punto corrisponde alla tolleranza di cui alla lettera j);
- i) le procedure di verifica delle interferenze per i singoli gas interferenti possono anche essere eseguite separatamente. Se i livelli di gas interferenti usati sono superiori ai livelli massimi previsti durante le prove, ciascun valore di interferenza osservato può essere ridotto moltiplicando l'interferenza rilevata per il rapporto tra la concentrazione massima prevista e il valore effettivo usato nella procedura. È possibile eseguire una procedura di verifica di concentrazioni interferenti separate di H_2O (fino a un contenuto di H_2O di 0,025 mol/mol) inferiori ai livelli massimi previsti durante le prove, ma il valore di interferenza dell' H_2O osservato deve essere aumentato moltiplicando l'interferenza osservata per il rapporto tra la concentrazione massima di H_2O prevista e il valore effettivo usato in tale procedura. La somma dei valori di interferenza corretti deve rispettare il limite di tolleranza per i valori combinati di interferenza di cui alla lettera j) del presente punto;
- j) l'analizzatore deve avere un'interferenza combinata entro $\pm 0,2$ ppm di NH_3 .

A.4.5. Sistemi alternativi

L'autorità di omologazione può approvare altri sistemi o analizzatori se constata che questi danno risultati equivalenti conformemente al punto 5.1.3 del presente allegato. In tal caso, al suddetto punto il termine "risultati" deve riferirsi alla concentrazione media di NH_3 calcolata per il ciclo applicabile.

APPENDICE A.5

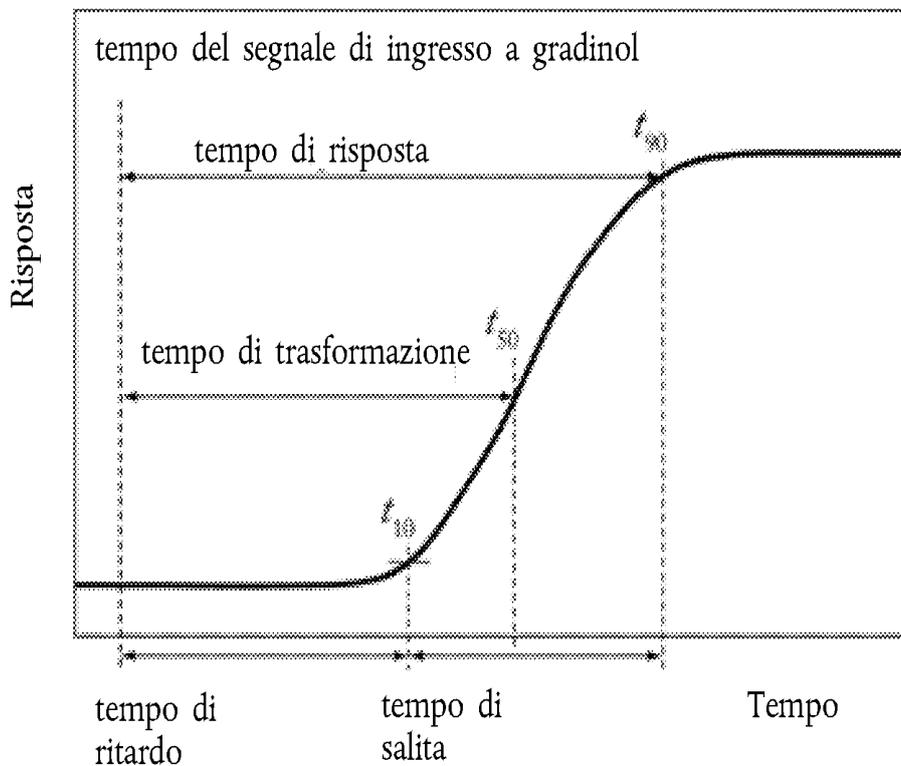
DESCRIZIONE DELLE RISPOSTE DEL SISTEMA

Questa appendice descrive i tempi impiegati per esprimere la risposta dei sistemi di analisi e di altri sistemi di misurazione a un segnale in entrata.

- A.5.1. Si applicano i tempi indicati di seguito, come illustrato nella figura A.4-10:
- A.5.1.1. "tempo di ritardo", il tempo che intercorre tra la variazione del componente da misurare nel punto di riferimento e il raggiungimento di una risposta del sistema equivalente al 10 % della lettura finale (t_{10}), definendo come punto di riferimento la sonda di campionamento.
- A.5.1.2. "tempo di risposta", il tempo che intercorre tra la variazione del componente da misurare nel punto di riferimento e il raggiungimento di una risposta del sistema equivalente al 90 % della lettura finale (t_{90}), definendo come punto di riferimento la sonda di campionamento.
- A.5.1.3. "tempo di salita", il tempo impiegato per il passaggio dal 10 al 90 % del valore finale indicato ($t_{90} - t_{10}$);
- A.5.1.4. "tempo di trasformazione", il tempo che intercorre tra la variazione del componente da misurare nel punto di riferimento e il raggiungimento di una risposta del sistema equivalente al 50 % della lettura finale (t_{50}), definendo come punto di riferimento la sonda di campionamento.
- A.5.1.5. Il tempo del segnale di ingresso a gradino è il momento in cui si verifica una variazione del parametro misurato.

Figura A.4-10

Illustrazione delle risposte del sistema



APPENDICE A.6

CARATTERISTICHE DEI CICLI DI PROVA STAZIONARIE TRANSITORI

A.6.1. Cicli di prova applicabili alle categorie e sottocategorie di motori di cui alle tabelle da A.4-11 a A.4-18.

Tabella A.4-11

Cicli di prova NRSC per i motori della categoria NRE

Categoria	Regime di funzionamento	Scopo	Sottocategoria	NRSC
NRE	variabile	Motore a regime variabile con potenza di riferimento inferiore a 19 kW	NRE-v-1 NRE-v-2	G2 o C1
		Motore a regime variabile con potenza di riferimento pari o superiore a 19 kW ma non superiore a 560 kW	NRE-v-3 NRE-v-4 NRE-v-5 NRE-v-6	C1
		Motore a regime variabile con potenza di riferimento superiore a 560 kW	NRE-v-7	C1
	costante	Motore a regime costante	NRE-c-1 NRE-c-2 NRE-c-3 NRE-c-4 NRE-c-5 NRE-c-6 NRE-c-7	D2

Tabella A.4-12

Cicli di prova NRSC per i motori della categoria NRG

Categoria	Regime di funzionamento	Scopo	Sottocategoria	NRSC
NRG	variabile	Motore a regime variabile per gruppi elettrogeni	NRG-v-1	C1
	costante	Motore a regime costante per gruppi elettrogeni	NRG-c-1	D2

Tabella A.4-13

Cicli di prova NRSC per i motori della categoria NRSh

Categoria	Regime di funzionamento	Scopo	Sottocategoria	NRSC
NRSh	variabile o costante	Motore con potenza di riferimento non superiore a 19 kW, per l'utilizzo in macchine portatili	NRSh-v-1a NRSh-v-1b	G3

Tabella A.4-14

Cicli di prova NRSC per i motori della categoria NRS

Categoria	Regime di funzionamento	Scopo	Sottocategoria	NRSC
NRS	variabile, < 3 600 giri/min	Motore a regime variabile con potenza di riferimento non superiore a 19 kW, destinato a funzionare a < 3 600 giri/min	NRS-vi-1a NRS-vi-1b	G1
	variabile, ≥ 3 600 giri/min; o costante	Motore a regime variabile con potenza di riferimento non superiore a 19 kW, destinato a funzionare a ≥ 3 600 giri/min; motore a regime costante con potenza di riferimento non superiore a 19 kW	NRS-vr-1a NRS-vr-1b	G2
	variabile o costante	Motore con una potenza di riferimento compresa tra 19 kW e 30 kW e con una cilindrata totale inferiore a 1 000 cm ³	NRS-v-2a	G2
Motore con una potenza di riferimento superiore a 19 kW, diverso dai motori con una potenza di riferimento compresa tra 19 kW e 30 kW e con una cilindrata totale inferiore a 1 000 cm ³		NRS-v-2b NRS-v-3	C2	

Tabella A.4-15

Cicli di prova NRSC per i motori della categoria SMB

Categoria	Regime di funzionamento	Scopo	Sottocategoria	NRSC
SMB	variabile o costante	Motori destinati alla propulsione di motoslitte	SMB-v-1	H

Tabella A.4-16

Cicli di prova NRSC per i motori della categoria ATS

Categoria	Regime di funzionamento	Scopo	Sottocategoria	NRSC
ATS	variabile o costante	Motori destinati alla propulsione di veicoli fuoristrada o side-by-side	ATS-v-1	G1

Tabella A.4-17

Ciclo di prova transitorio non stradale per i motori della categoria NRE

Categoria	Regime di funzionamento	Scopo	Sottocategoria	
NRE	variabile	Motore a regime variabile con potenza di riferimento pari o superiore a 19 kW ma non superiore a 560 kW	NRE-v-3 NRE-v-4 NRE-v-5 NRE-v-6	NRTC

Tabella A.4-18

Ciclo di prova transitorio non stradale per i motori della categoria NRS⁽¹⁾

Categoria	Regime di funzionamento	Scopo	Sottocategoria	
NRS	variabile o costante	Motore con una potenza di riferimento superiore a 19 kW, diverso dai motori con una potenza di riferimento compresa tra 19 kW e 30 kW e con una cilindrata totale inferiore a 1 000 cm ³	NRS-v-2b NRS-v-3	LSI-NRTC

⁽¹⁾ Applicabile esclusivamente ai motori con velocità massima di prova $\leq 3\,400$ giri/min.

A.6.2. Cicli di prova stazionari in modalità discreta

La descrizione dettagliata delle modalità di prova e dei fattori di ponderazione per i cicli di prova stazionari in modalità discreta è indicata nelle tabelle da A.4-19 a A.4-23.

Tabella A.4-19

Tabella delle modalità di prova e dei fattori di ponderazione per il ciclo C1

Numero modalità	1	2	3	4	5	6	7	8
Regime ^(a)	100 %				Intermedio			Minimo
Coppia ^(b) (%)	100	75	50	10	100	75	50	0
Fattore di ponderazione	0,15	0,15	0,15	0,1	0,1	0,1	0,1	0,15

^(a) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato 4, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.

^(b) La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.

Tabella A.4-20

Tabella delle modalità di prova e dei fattori di ponderazione per il ciclo C2

Numero modalità	1	2	3	4	5	6	7
Regime ^(a)	100 %	Intermedio					Minimo
Coppia ^(b) (%)	25	100	75	50	25	10	0
Fattore di ponderazione	0,06	0,02	0,05	0,32	0,30	0,10	0,15

^(a) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato 4, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.

^(b) La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.

Tabella A.4-21

Tabella delle modalità di prova e dei fattori di ponderazione per il ciclo D2

Numero modalità (ciclo D2)	1	2	3	4	5
Regime ^(a)	100 %				
Coppia ^(b) (%)	100	75	50	25	10
Fattore di ponderazione	0,05	0,25	0,3	0,3	0,1

^(a) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato 4, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.

^(b) La coppia in percentuale è relativa alla coppia corrispondente alla potenza netta dichiarata dal costruttore.

Tabella A.4-22
Tabella delle modalità di prova e dei fattori di ponderazione per i cicli di tipo G

Numero modalità (ciclo G1)						1	2	3	4	5	6
Regime ^(a)	100 %					Intermedio					Minimo
Coppia ^(b) %						100	75	50	25	10	0
Fattore di ponderazione						0,09	0,20	0,29	0,30	0,07	0,05
Numero modalità (ciclo G2)	1	2	3	4	5						6
Regime (a)	100 %										Minimo
Coppia (b) %	100	75	50	25	10						0
Fattore di ponderazione	0,09	0,20	0,29	0,30	0,07						0,05
Numero modalità (ciclo G3)	1										2
Regime (a)	100 %					Intermedio					Minimo
Coppia (b) %	100										0
Fattore di ponderazione	0,85										0,15

^(a) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato 4, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.

^(b) La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.

Tabella A.4-23
Tabella delle modalità di prova e dei fattori di ponderazione per i cicli di tipo H

Numero modalità	1	2	3	4	5
Regime ^(a) (%)	100	85	75	65	Minimo
Coppia ^(b) (%)	100	51	33	19	0
Fattore di ponderazione	0,12	0,27	0,25	0,31	0,05

^(a) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato 4, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.

^(b) La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.

A.6.3. Cicli modali stazionari con rampe di transizione (RMC)

La descrizione dettagliata delle modalità di prova e dei tempi in tali modalità per i cicli di prova modali stazionari con rampe di transizione è indicata nelle tabelle da A.4-24 a A.4-29.

Tabella A.4-24
Modalità di prova per il ciclo RMC-C1

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità [s]	Regime del motore ^(a) ^(c)	Coppia [%] ^(b) ^(c)
1a Stazionaria	126	Minimo	0
1b Transitoria	20	Transizione lineare	Transizione lineare

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità [s]	Regime del motore ^(a) ^(c)	Coppia [%] ^(b) ^(c)
2a Stazionaria	159	Intermedio	100
2b Transitoria	20	Intermedio	Transizione lineare
3a Stazionaria	160	Intermedio	50
3b Transitoria	20	Intermedio	Transizione lineare
4a Stazionaria	162	Intermedio	75
4b Transitoria	20	Transizione lineare	Transizione lineare
5a Stazionaria	246	100 %	100
5b Transitoria	20	100 %	Transizione lineare
6a Stazionaria	164	100 %	10
6b Transitoria	20	100 %	Transizione lineare
7a Stazionaria	248	100 %	75
7b Transitoria	20	100 %	Transizione lineare
8a Stazionaria	247	100 %	50
8b Transitoria	20	Transizione lineare	Transizione lineare
9 Stazionaria	128	Minimo	0

^(a) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato 4, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.

^(b) La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.

^(c) Passare da una modalità alla successiva entro un fase di transizione di 20 secondi. Durante la fase di transizione, programmare una progressione lineare dalla regolazione della coppia per la modalità corrente alla regolazione della coppia della modalità successiva e simultaneamente programmare una progressione lineare simile per il regime del motore in caso di variazione della regolazione del regime.

Tabella A.4-25

Modalità di prova per il ciclo RMC-C2

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità [s]	Regime del motore ^(a) ^(c)	Coppia [%] ^(b) ^(c)
1a Stazionaria	119	Minimo	0
1b Transitoria	20	Transizione lineare	Transizione lineare
2a Stazionaria	29	Intermedio	100
2b Transitoria	20	Intermedio	Transizione lineare
3a Stazionaria	150	Intermedio	10
3b Transitoria	20	Intermedio	Transizione lineare
4a Stazionaria	80	Intermedio	75
4b Transitoria	20	Intermedio	Transizione lineare
5a Stazionaria	513	Intermedio	25
5b Transitoria	20	Intermedio	Transizione lineare
6a Stazionaria	549	Intermedio	50

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità [s]	Regime del motore ^(a) ^(c)	Coppia [%] ^(b) ^(c)
6b Transitoria	20	Transizione lineare	Transizione lineare
7a Stazionaria	96	100 %	25
7b Transitoria	20	Transizione lineare	Transizione lineare
8 Stazionaria	124	Minimo	0

^(a) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato 4, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.

^(b) La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.

^(c) Passare da una modalità alla successiva entro un fase di transizione di 20 secondi. Durante la fase di transizione, programmare una progressione lineare dalla regolazione della coppia per la modalità corrente alla regolazione della coppia della modalità successiva e simultaneamente programmare una progressione lineare simile per il regime del motore in caso di variazione della regolazione del regime.

Tabella A.4-26

Modalità di prova per il ciclo RMC-D2

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità [s]	Regime del motore [%] ^(a)	Coppia [%] ^(b) ^(c)
1a Stazionaria	53	100	100
1b Transitoria	20	100	Transizione lineare
2a Stazionaria	101	100	10
2b Transitoria	20	100	Transizione lineare
3a Stazionaria	277	100	75
3b Transitoria	20	100	Transizione lineare
4a Stazionaria	339	100	25
4b Transitoria	20	100	Transizione lineare
5 Stazionaria	350	100	50

^(a) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato 4, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.

^(b) La coppia in percentuale è relativa alla coppia corrispondente alla potenza netta dichiarata dal costruttore.

^(c) Passare da una modalità alla successiva entro un fase di transizione di 20 secondi. Durante la fase di transizione, programmare una progressione lineare dalla regolazione della coppia per la modalità corrente alla regolazione della coppia della modalità successiva.

Tabella A.4-27

Modalità di prova per il ciclo RMC-G1

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità [s]	Regime del motore ^(a) ^(c)	Coppia [%] ^(b) ^(c)
1a Stazionaria	41	Minimo	0
1b Transitoria	20	Transizione lineare	Transizione lineare
2a Stazionaria	135	Intermedio	100
2b Transitoria	20	Intermedio	Transizione lineare
3a Stazionaria	112	Intermedio	10
3b Transitoria	20	Intermedio	Transizione lineare

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità [s]	Regime del motore ^(a) ^(c)	Coppia [%] ^(b) ^(c)
4a Stazionaria	337	Intermedio	75
4b Transitoria	20	Intermedio	Transizione lineare
5a Stazionaria	518	Intermedio	25
5b Transitoria	20	Intermedio	Transizione lineare
6a Stazionaria	494	Intermedio	50
6b Transitoria	20	Transizione lineare	Transizione lineare
7 Stazionaria	43	Minimo	0

^(a) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato 4, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.

^(b) La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.

^(c) Passare da una modalità alla successiva entro un fase di transizione di 20 secondi. Durante la fase di transizione, programmare una progressione lineare dalla regolazione della coppia per la modalità corrente alla regolazione della coppia della modalità successiva e simultaneamente programmare una progressione lineare simile per il regime del motore in caso di variazione della regolazione del regime.

Tabella A.4-28

Modalità di prova per il ciclo RMC-G2

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità [s]	Regime del motore ^(a) ^(c)	Coppia [%] ^(b) ^(c)
1a Stazionaria	41	Minimo	0
1b Transitoria	20	Transizione lineare	Transizione lineare
2a Stazionaria	135	100 %	100
2b Transitoria	20	100 %	Transizione lineare
3a Stazionaria	112	100 %	10
3b Transitoria	20	100 %	Transizione lineare
4a Stazionaria	337	100 %	75
4b Transitoria	20	100 %	Transizione lineare
5a Stazionaria	518	100 %	25
5b Transitoria	20	100 %	Transizione lineare
6a Stazionaria	494	100 %	50
6b Transitoria	20	Transizione lineare	Transizione lineare
7 Stazionaria	43	Minimo	0

^(a) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato 4, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.

^(b) La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.

^(c) Passare da una modalità alla successiva entro un fase di transizione di 20 secondi. Durante la fase di transizione, programmare una progressione lineare dalla regolazione della coppia per la modalità corrente alla regolazione della coppia della modalità successiva e simultaneamente programmare una progressione lineare simile per il regime del motore in caso di variazione della regolazione del regime.

Tabella A.4-29

Modalità di prova per il ciclo RMC-H

RMC Numero modalità	Tempo nella modalità [s]	Regime del motore ^(a) (%)	Coppia [%] ^(b) (%)
1a Stazionaria	27	Minimo	0
1b Transitoria	20	Transizione lineare	Transizione lineare
2a Stazionaria	121	100 %	100
2b Transitoria	20	Transizione lineare	Transizione lineare
3a Stazionaria	347	65 %	19
3b Transitoria	20	Transizione lineare	Transizione lineare
4a Stazionaria	305	85 %	51
4b Transitoria	20	Transizione lineare	Transizione lineare
5a Stazionaria	272	75 %	33
5b Transitoria	20	Transizione lineare	Transizione lineare
6 Stazionaria	28	Minimo	0

^(a) Per la determinazione dei regimi di prova necessari cfr. l'allegato 4, punti 5.2.5, 7.6 e 7.7.

^(b) La coppia in percentuale è relativa alla coppia massima al regime del motore regolato.

^(c) Passare da una modalità alla successiva entro un fase di transizione di 20 secondi. Durante la fase di transizione, programmare una progressione lineare dalla regolazione della coppia per la modalità corrente alla regolazione della coppia della modalità successiva e simultaneamente programmare una progressione lineare simile per il regime del motore in caso di variazione della regolazione del regime.

A.6.4. Cicli di prova transitori

Il regime del motore e la coppia normalizzati secondo per secondo per i cicli di prova transitori sono indicati nelle tabelle A.4-30 e A.4-31.

Tabella A.4-30

Sequenza di prova del dinamometro per il ciclo NRTC

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)	Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)	Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
1	0	0	18	0	0	35	9	21
2	0	0	19	0	0	36	17	20
3	0	0	20	0	0	37	33	42
4	0	0	21	0	0	38	57	46
5	0	0	22	0	0	39	44	33
6	0	0	23	0	0	40	31	0
7	0	0	24	1	3	41	22	27
8	0	0	25	1	3	42	33	43
9	0	0	26	1	3	43	80	49
10	0	0	27	1	3	44	105	47
11	0	0	28	1	3	45	98	70
12	0	0	29	1	3	46	104	36
13	0	0	30	1	6	47	104	65
14	0	0	31	1	6	48	96	71
15	0	0	32	2	1	49	101	62
16	0	0	33	4	13	50	102	51
17	0	0	34	7	18	51	102	50

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
52	102	46
53	102	41
54	102	31
55	89	2
56	82	0
57	47	1
58	23	1
59	1	3
60	1	8
61	1	3
62	1	5
63	1	6
64	1	4
65	1	4
66	0	6
67	1	4
68	9	21
69	25	56
70	64	26
71	60	31
72	63	20
73	62	24
74	64	8
75	58	44
76	65	10
77	65	12
78	68	23
79	69	30
80	71	30
81	74	15
82	71	23
83	73	20
84	73	21
85	73	19
86	70	33
87	70	34
88	65	47
89	66	47
90	64	53

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
91	65	45
92	66	38
93	67	49
94	69	39
95	69	39
96	66	42
97	71	29
98	75	29
99	72	23
100	74	22
101	75	24
102	73	30
103	74	24
104	77	6
105	76	12
106	74	39
107	72	30
108	75	22
109	78	64
110	102	34
111	103	28
112	103	28
113	103	19
114	103	32
115	104	25
116	103	38
117	103	39
118	103	34
119	102	44
120	103	38
121	102	43
122	103	34
123	102	41
124	103	44
125	103	37
126	103	27
127	104	13
128	104	30
129	104	19

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
130	103	28
131	104	40
132	104	32
133	101	63
134	102	54
135	102	52
136	102	51
137	103	40
138	104	34
139	102	36
140	104	44
141	103	44
142	104	33
143	102	27
144	103	26
145	79	53
146	51	37
147	24	23
148	13	33
149	19	55
150	45	30
151	34	7
152	14	4
153	8	16
154	15	6
155	39	47
156	39	4
157	35	26
158	27	38
159	43	40
160	14	23
161	10	10
162	15	33
163	35	72
164	60	39
165	55	31
166	47	30
167	16	7
168	0	6

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
169	0	8
170	0	8
171	0	2
172	2	17
173	10	28
174	28	31
175	33	30
176	36	0
177	19	10
178	1	18
179	0	16
180	1	3
181	1	4
182	1	5
183	1	6
184	1	5
185	1	3
186	1	4
187	1	4
188	1	6
189	8	18
190	20	51
191	49	19
192	41	13
193	31	16
194	28	21
195	21	17
196	31	21
197	21	8
198	0	14
199	0	12
200	3	8
201	3	22
202	12	20
203	14	20
204	16	17
205	20	18
206	27	34
207	32	33

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
208	41	31
209	43	31
210	37	33
211	26	18
212	18	29
213	14	51
214	13	11
215	12	9
216	15	33
217	20	25
218	25	17
219	31	29
220	36	66
221	66	40
222	50	13
223	16	24
224	26	50
225	64	23
226	81	20
227	83	11
228	79	23
229	76	31
230	68	24
231	59	33
232	59	3
233	25	7
234	21	10
235	20	19
236	4	10
237	5	7
238	4	5
239	4	6
240	4	6
241	4	5
242	7	5
243	16	28
244	28	25
245	52	53
246	50	8

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
247	26	40
248	48	29
249	54	39
250	60	42
251	48	18
252	54	51
253	88	90
254	103	84
255	103	85
256	102	84
257	58	66
258	64	97
259	56	80
260	51	67
261	52	96
262	63	62
263	71	6
264	33	16
265	47	45
266	43	56
267	42	27
268	42	64
269	75	74
270	68	96
271	86	61
272	66	0
273	37	0
274	45	37
275	68	96
276	80	97
277	92	96
278	90	97
279	82	96
280	94	81
281	90	85
282	96	65
283	70	96
284	55	95
285	70	96

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
286	79	96
287	81	71
288	71	60
289	92	65
290	82	63
291	61	47
292	52	37
293	24	0
294	20	7
295	39	48
296	39	54
297	63	58
298	53	31
299	51	24
300	48	40
301	39	0
302	35	18
303	36	16
304	29	17
305	28	21
306	31	15
307	31	10
308	43	19
309	49	63
310	78	61
311	78	46
312	66	65
313	78	97
314	84	63
315	57	26
316	36	22
317	20	34
318	19	8
319	9	10
320	5	5
321	7	11
322	15	15
323	12	9
324	13	27

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
325	15	28
326	16	28
327	16	31
328	15	20
329	17	0
330	20	34
331	21	25
332	20	0
333	23	25
334	30	58
335	63	96
336	83	60
337	61	0
338	26	0
339	29	44
340	68	97
341	80	97
342	88	97
343	99	88
344	102	86
345	100	82
346	74	79
347	57	79
348	76	97
349	84	97
350	86	97
351	81	98
352	83	83
353	65	96
354	93	72
355	63	60
356	72	49
357	56	27
358	29	0
359	18	13
360	25	11
361	28	24
362	34	53
363	65	83

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
364	80	44
365	77	46
366	76	50
367	45	52
368	61	98
369	61	69
370	63	49
371	32	0
372	10	8
373	17	7
374	16	13
375	11	6
376	9	5
377	9	12
378	12	46
379	15	30
380	26	28
381	13	9
382	16	21
383	24	4
384	36	43
385	65	85
386	78	66
387	63	39
388	32	34
389	46	55
390	47	42
391	42	39
392	27	0
393	14	5
394	14	14
395	24	54
396	60	90
397	53	66
398	70	48
399	77	93
400	79	67
401	46	65
402	69	98

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
403	80	97
404	74	97
405	75	98
406	56	61
407	42	0
408	36	32
409	34	43
410	68	83
411	102	48
412	62	0
413	41	39
414	71	86
415	91	52
416	89	55
417	89	56
418	88	58
419	78	69
420	98	39
421	64	61
422	90	34
423	88	38
424	97	62
425	100	53
426	81	58
427	74	51
428	76	57
429	76	72
430	85	72
431	84	60
432	83	72
433	83	72
434	86	72
435	89	72
436	86	72
437	87	72
438	88	72
439	88	71
440	87	72
441	85	71

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
442	88	72
443	88	72
444	84	72
445	83	73
446	77	73
447	74	73
448	76	72
449	46	77
450	78	62
451	79	35
452	82	38
453	81	41
454	79	37
455	78	35
456	78	38
457	78	46
458	75	49
459	73	50
460	79	58
461	79	71
462	83	44
463	53	48
464	40	48
465	51	75
466	75	72
467	89	67
468	93	60
469	89	73
470	86	73
471	81	73
472	78	73
473	78	73
474	76	73
475	79	73
476	82	73
477	86	73
478	88	72
479	92	71
480	97	54

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
481	73	43
482	36	64
483	63	31
484	78	1
485	69	27
486	67	28
487	72	9
488	71	9
489	78	36
490	81	56
491	75	53
492	60	45
493	50	37
494	66	41
495	51	61
496	68	47
497	29	42
498	24	73
499	64	71
500	90	71
501	100	61
502	94	73
503	84	73
504	79	73
505	75	72
506	78	73
507	80	73
508	81	73
509	81	73
510	83	73
511	85	73
512	84	73
513	85	73
514	86	73
515	85	73
516	85	73
517	85	72
518	85	73
519	83	73

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
520	79	73
521	78	73
522	81	73
523	82	72
524	94	56
525	66	48
526	35	71
527	51	44
528	60	23
529	64	10
530	63	14
531	70	37
532	76	45
533	78	18
534	76	51
535	75	33
536	81	17
537	76	45
538	76	30
539	80	14
540	71	18
541	71	14
542	71	11
543	65	2
544	31	26
545	24	72
546	64	70
547	77	62
548	80	68
549	83	53
550	83	50
551	83	50
552	85	43
553	86	45
554	89	35
555	82	61
556	87	50
557	85	55
558	89	49

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
559	87	70
560	91	39
561	72	3
562	43	25
563	30	60
564	40	45
565	37	32
566	37	32
567	43	70
568	70	54
569	77	47
570	79	66
571	85	53
572	83	57
573	86	52
574	85	51
575	70	39
576	50	5
577	38	36
578	30	71
579	75	53
580	84	40
581	85	42
582	86	49
583	86	57
584	89	68
585	99	61
586	77	29
587	81	72
588	89	69
589	49	56
590	79	70
591	104	59
592	103	54
593	102	56
594	102	56
595	103	61
596	102	64
597	103	60

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
598	93	72
599	86	73
600	76	73
601	59	49
602	46	22
603	40	65
604	72	31
605	72	27
606	67	44
607	68	37
608	67	42
609	68	50
610	77	43
611	58	4
612	22	37
613	57	69
614	68	38
615	73	2
616	40	14
617	42	38
618	64	69
619	64	74
620	67	73
621	65	73
622	68	73
623	65	49
624	81	0
625	37	25
626	24	69
627	68	71
628	70	71
629	76	70
630	71	72
631	73	69
632	76	70
633	77	72
634	77	72
635	77	72
636	77	70

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
637	76	71
638	76	71
639	77	71
640	77	71
641	78	70
642	77	70
643	77	71
644	79	72
645	78	70
646	80	70
647	82	71
648	84	71
649	83	71
650	83	73
651	81	70
652	80	71
653	78	71
654	76	70
655	76	70
656	76	71
657	79	71
658	78	71
659	81	70
660	83	72
661	84	71
662	86	71
663	87	71
664	92	72
665	91	72
666	90	71
667	90	71
668	91	71
669	90	70
670	90	72
671	91	71
672	90	71
673	90	71
674	92	72
675	93	69

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
676	90	70
677	93	72
678	91	70
679	89	71
680	91	71
681	90	71
682	90	71
683	92	71
684	91	71
685	93	71
686	93	68
687	98	68
688	98	67
689	100	69
690	99	68
691	100	71
692	99	68
693	100	69
694	102	72
695	101	69
696	100	69
697	102	71
698	102	71
699	102	69
700	102	71
701	102	68
702	100	69
703	102	70
704	102	68
705	102	70
706	102	72
707	102	68
708	102	69
709	100	68
710	102	71
711	101	64
712	102	69
713	102	69
714	101	69

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
715	102	64
716	102	69
717	102	68
718	102	70
719	102	69
720	102	70
721	102	70
722	102	62
723	104	38
724	104	15
725	102	24
726	102	45
727	102	47
728	104	40
729	101	52
730	103	32
731	102	50
732	103	30
733	103	44
734	102	40
735	103	43
736	103	41
737	102	46
738	103	39
739	102	41
740	103	41
741	102	38
742	103	39
743	102	46
744	104	46
745	103	49
746	102	45
747	103	42
748	103	46
749	103	38
750	102	48
751	103	35
752	102	48
753	103	49

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
754	102	48
755	102	46
756	103	47
757	102	49
758	102	42
759	102	52
760	102	57
761	102	55
762	102	61
763	102	61
764	102	58
765	103	58
766	102	59
767	102	54
768	102	63
769	102	61
770	103	55
771	102	60
772	102	72
773	103	56
774	102	55
775	102	67
776	103	56
777	84	42
778	48	7
779	48	6
780	48	6
781	48	7
782	48	6
783	48	7
784	67	21
785	105	59
786	105	96
787	105	74
788	105	66
789	105	62
790	105	66
791	89	41
792	52	5

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
793	48	5
794	48	7
795	48	5
796	48	6
797	48	4
798	52	6
799	51	5
800	51	6
801	51	6
802	52	5
803	52	5
804	57	44
805	98	90
806	105	94
807	105	100
808	105	98
809	105	95
810	105	96
811	105	92
812	104	97
813	100	85
814	94	74
815	87	62
816	81	50
817	81	46
818	80	39
819	80	32
820	81	28
821	80	26
822	80	23
823	80	23
824	80	20
825	81	19
826	80	18
827	81	17
828	80	20
829	81	24
830	81	21
831	80	26

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
832	80	24
833	80	23
834	80	22
835	81	21
836	81	24
837	81	24
838	81	22
839	81	22
840	81	21
841	81	31
842	81	27
843	80	26
844	80	26
845	81	25
846	80	21
847	81	20
848	83	21
849	83	15
850	83	12
851	83	9
852	83	8
853	83	7
854	83	6
855	83	6
856	83	6
857	83	6
858	83	6
859	76	5
860	49	8
861	51	7
862	51	20
863	78	52
864	80	38
865	81	33
866	83	29
867	83	22
868	83	16
869	83	12
870	83	9

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
871	83	8
872	83	7
873	83	6
874	83	6
875	83	6
876	83	6
877	83	6
878	59	4
879	50	5
880	51	5
881	51	5
882	51	5
883	50	5
884	50	5
885	50	5
886	50	5
887	50	5
888	51	5
889	51	5
890	51	5
891	63	50
892	81	34
893	81	25
894	81	29
895	81	23
896	80	24
897	81	24
898	81	28
899	81	27
900	81	22
901	81	19
902	81	17
903	81	17
904	81	17
905	81	15
906	80	15
907	80	28
908	81	22
909	81	24

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
910	81	19
911	81	21
912	81	20
913	83	26
914	80	63
915	80	59
916	83	100
917	81	73
918	83	53
919	80	76
920	81	61
921	80	50
922	81	37
923	82	49
924	83	37
925	83	25
926	83	17
927	83	13
928	83	10
929	83	8
930	83	7
931	83	7
932	83	6
933	83	6
934	83	6
935	71	5
936	49	24
937	69	64
938	81	50
939	81	43
940	81	42
941	81	31
942	81	30
943	81	35
944	81	28
945	81	27
946	80	27
947	81	31
948	81	41

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
949	81	41
950	81	37
951	81	43
952	81	34
953	81	31
954	81	26
955	81	23
956	81	27
957	81	38
958	81	40
959	81	39
960	81	27
961	81	33
962	80	28
963	81	34
964	83	72
965	81	49
966	81	51
967	80	55
968	81	48
969	81	36
970	81	39
971	81	38
972	80	41
973	81	30
974	81	23
975	81	19
976	81	25
977	81	29
978	83	47
979	81	90
980	81	75
981	80	60
982	81	48
983	81	41
984	81	30
985	80	24
986	81	20
987	81	21

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
988	81	29
989	81	29
990	81	27
991	81	23
992	81	25
993	81	26
994	81	22
995	81	20
996	81	17
997	81	23
998	83	65
999	81	54
1 000	81	50
1 001	81	41
1 002	81	35
1 003	81	37
1 004	81	29
1 005	81	28
1 006	81	24
1 007	81	19
1 008	81	16
1 009	80	16
1 010	83	23
1 011	83	17
1 012	83	13
1 013	83	27
1 014	81	58
1 015	81	60
1 016	81	46
1 017	80	41
1 018	80	36
1 019	81	26
1 020	86	18
1 021	82	35
1 022	79	53
1 023	82	30
1 024	83	29
1 025	83	32
1 026	83	28

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
1 027	76	60
1 028	79	51
1 029	86	26
1 030	82	34
1 031	84	25
1 032	86	23
1 033	85	22
1 034	83	26
1 035	83	25
1 036	83	37
1 037	84	14
1 038	83	39
1 039	76	70
1 040	78	81
1 041	75	71
1 042	86	47
1 043	83	35
1 044	81	43
1 045	81	41
1 046	79	46
1 047	80	44
1 048	84	20
1 049	79	31
1 050	87	29
1 051	82	49
1 052	84	21
1 053	82	56
1 054	81	30
1 055	85	21
1 056	86	16
1 057	79	52
1 058	78	60
1 059	74	55
1 060	78	84
1 061	80	54
1 062	80	35
1 063	82	24
1 064	83	43
1 065	79	49

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
1 066	83	50
1 067	86	12
1 068	64	14
1 069	24	14
1 070	49	21
1 071	77	48
1 072	103	11
1 073	98	48
1 074	101	34
1 075	99	39
1 076	103	11
1 077	103	19
1 078	103	7
1 079	103	13
1 080	103	10
1 081	102	13
1 082	101	29
1 083	102	25
1 084	102	20
1 085	96	60
1 086	99	38
1 087	102	24
1 088	100	31
1 089	100	28
1 090	98	3
1 091	102	26
1 092	95	64
1 093	102	23
1 094	102	25
1 095	98	42
1 096	93	68
1 097	101	25
1 098	95	64
1 099	101	35
1 100	94	59
1 101	97	37
1 102	97	60
1 103	93	98
1 104	98	53

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
1 105	103	13
1 106	103	11
1 107	103	11
1 108	103	13
1 109	103	10
1 110	103	10
1 111	103	11
1 112	103	10
1 113	103	10
1 114	102	18
1 115	102	31
1 116	101	24
1 117	102	19
1 118	103	10
1 119	102	12
1 120	99	56
1 121	96	59
1 122	74	28
1 123	66	62
1 124	74	29
1 125	64	74
1 126	69	40
1 127	76	2
1 128	72	29
1 129	66	65
1 130	54	69
1 131	69	56
1 132	69	40
1 133	73	54
1 134	63	92
1 135	61	67
1 136	72	42
1 137	78	2
1 138	76	34
1 139	67	80
1 140	70	67
1 141	53	70
1 142	72	65
1 143	60	57

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
1 144	74	29
1 145	69	31
1 146	76	1
1 147	74	22
1 148	72	52
1 149	62	96
1 150	54	72
1 151	72	28
1 152	72	35
1 153	64	68
1 154	74	27
1 155	76	14
1 156	69	38
1 157	66	59
1 158	64	99
1 159	51	86
1 160	70	53
1 161	72	36
1 162	71	47
1 163	70	42
1 164	67	34
1 165	74	2
1 166	75	21
1 167	74	15
1 168	75	13
1 169	76	10
1 170	75	13
1 171	75	10
1 172	75	7
1 173	75	13
1 174	76	8
1 175	76	7
1 176	67	45
1 177	75	13
1 178	75	12
1 179	73	21
1 180	68	46
1 181	74	8
1 182	76	11

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
1 183	76	14
1 184	74	11
1 185	74	18
1 186	73	22
1 187	74	20
1 188	74	19
1 189	70	22
1 190	71	23
1 191	73	19
1 192	73	19
1 193	72	20
1 194	64	60
1 195	70	39
1 196	66	56
1 197	68	64
1 198	30	68
1 199	70	38
1 200	66	47
1 201	76	14
1 202	74	18
1 203	69	46
1 204	68	62
1 205	68	62
1 206	68	62
1 207	68	62
1 208	68	62
1 209	68	62
1 210	54	50
1 211	41	37
1 212	27	25
1 213	14	12
1 214	0	0
1 215	0	0
1 216	0	0
1 217	0	0
1 218	0	0
1 219	0	0
1 220	0	0
1 221	0	0

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)	Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)	Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
1 222	0	0	1 228	0	0	1 234	0	0
1 223	0	0	1 229	0	0	1 235	0	0
1 224	0	0	1 230	0	0	1 236	0	0
1 225	0	0	1 231	0	0	1 237	0	0
1 226	0	0	1 232	0	0	1 238	0	0
1 227	0	0	1 233	0	0			

La figura che segue mostra una rappresentazione grafica della sequenza di prova del dinamometro per il ciclo NRTC

Sequenza di prova del dinamometro per il ciclo NRTC

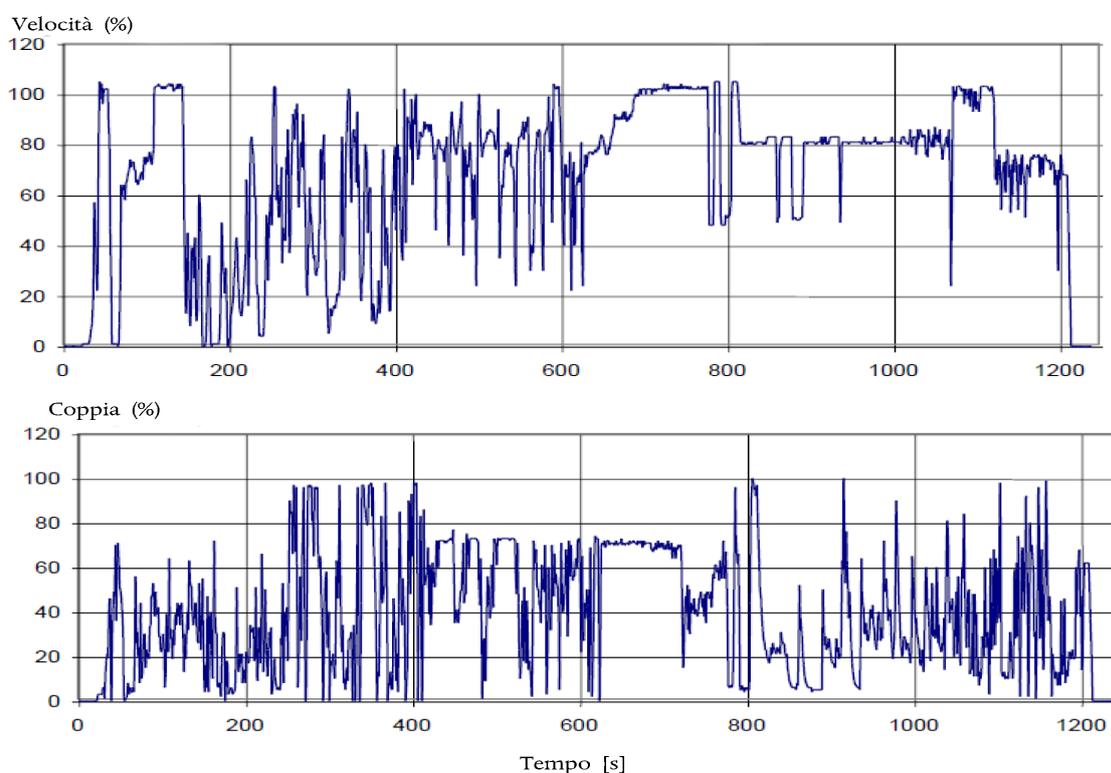


Tabella A.4-31

Sequenza di prova del dinamometro per il ciclo LSI-NRTC

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)	Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)	Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
0	0	0	7	0	0	14	5	51
1	0	0	8	0	0	15	18	51
2	0	0	9	1	8	16	31	50
3	0	0	10	6	54	17	30	56
4	0	0	11	8	61	18	31	49
5	0	0	12	34	59	19	25	66
6	0	0	13	22	46	20	58	55

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
21	43	31
22	16	45
23	24	38
24	24	27
25	30	33
26	45	65
27	50	49
28	23	42
29	13	42
30	9	45
31	23	30
32	37	45
33	44	50
34	49	52
35	55	49
36	61	46
37	66	38
38	42	33
39	17	41
40	17	37
41	7	50
42	20	32
43	5	55
44	30	42
45	44	53
46	45	56
47	41	52
48	24	41
49	15	40
50	11	44
51	32	31
52	38	54
53	38	47
54	9	55
55	10	50
56	33	55
57	48	56
58	49	47
59	33	44

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
60	52	43
61	55	43
62	59	38
63	44	28
64	24	37
65	12	44
66	9	47
67	12	52
68	34	21
69	29	44
70	44	54
71	54	62
72	62	57
73	72	56
74	88	71
75	100	69
76	100	34
77	100	42
78	100	54
79	100	58
80	100	38
81	83	17
82	61	15
83	43	22
84	24	35
85	16	39
86	15	45
87	32	34
88	14	42
89	8	48
90	5	51
91	10	41
92	12	37
93	4	47
94	3	49
95	3	50
96	4	49
97	4	48
98	8	43

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
99	2	51
100	5	46
101	8	41
102	4	47
103	3	49
104	6	45
105	3	48
106	10	42
107	18	27
108	3	50
109	11	41
110	34	29
111	51	57
112	67	63
113	61	32
114	44	31
115	48	54
116	69	65
117	85	65
118	81	29
119	74	21
120	62	23
121	76	58
122	96	75
123	100	77
124	100	27
125	100	79
126	100	79
127	100	81
128	100	57
129	99	52
130	81	35
131	69	29
132	47	22
133	34	28
134	27	37
135	83	60
136	100	74
137	100	7

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
138	100	2
139	70	18
140	23	39
141	5	54
142	11	40
143	11	34
144	11	41
145	19	25
146	16	32
147	20	31
148	21	38
149	21	42
150	9	51
151	4	49
152	2	51
153	1	58
154	21	57
155	29	47
156	33	45
157	16	49
158	38	45
159	37	43
160	35	42
161	39	43
162	51	49
163	59	55
164	65	54
165	76	62
166	84	59
167	83	29
168	67	35
169	84	54
170	90	58
171	93	43
172	90	29
173	66	19
174	52	16
175	49	17
176	56	38

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
177	73	71
178	86	80
179	96	75
180	89	27
181	66	17
182	50	18
183	36	25
184	36	24
185	38	40
186	40	50
187	27	48
188	19	48
189	23	50
190	19	45
191	6	51
192	24	48
193	49	67
194	47	49
195	22	44
196	25	40
197	38	54
198	43	55
199	40	52
200	14	49
201	11	45
202	7	48
203	26	41
204	41	59
205	53	60
206	44	54
207	22	40
208	24	41
209	32	53
210	44	74
211	57	25
212	22	49
213	29	45
214	19	37
215	14	43

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
216	36	40
217	43	63
218	42	49
219	15	50
220	19	44
221	47	59
222	67	80
223	76	74
224	87	66
225	98	61
226	100	38
227	97	27
228	100	53
229	100	72
230	100	49
231	100	4
232	100	13
233	87	15
234	53	26
235	33	27
236	39	19
237	51	33
238	67	54
239	83	60
240	95	52
241	100	50
242	100	36
243	100	25
244	85	16
245	62	16
246	40	26
247	56	39
248	81	75
249	98	86
250	100	76
251	100	51
252	100	78
253	100	83
254	100	100

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
255	100	66
256	100	85
257	100	72
258	100	45
259	98	58
260	60	30
261	43	32
262	71	36
263	44	32
264	24	38
265	42	17
266	22	51
267	13	53
268	23	45
269	29	50
270	28	42
271	21	55
272	34	57
273	44	47
274	19	46
275	13	44
276	25	36
277	43	51
278	55	73
279	68	72
280	76	63
281	80	45
282	83	40
283	78	26
284	60	20
285	47	19
286	52	25
287	36	30
288	40	26
289	45	34
290	47	35
291	42	28
292	46	38
293	48	44

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
294	68	61
295	70	47
296	48	28
297	42	22
298	31	29
299	22	35
300	28	28
301	46	46
302	62	69
303	76	81
304	88	85
305	98	81
306	100	74
307	100	13
308	100	11
309	100	17
310	99	3
311	80	7
312	62	11
313	63	11
314	64	16
315	69	43
316	81	67
317	93	74
318	100	72
319	94	27
320	73	15
321	40	33
322	40	52
323	50	50
324	11	53
325	12	45
326	5	50
327	1	55
328	7	55
329	62	60
330	80	28
331	23	37
332	39	58

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
333	47	24
334	59	51
335	58	68
336	36	52
337	18	42
338	36	52
339	59	73
340	72	85
341	85	92
342	99	90
343	100	72
344	100	18
345	100	76
346	100	64
347	100	87
348	100	97
349	100	84
350	100	100
351	100	91
352	100	83
353	100	93
354	100	100
355	94	43
356	72	10
357	77	3
358	48	2
359	29	5
360	59	19
361	63	5
362	35	2
363	24	3
364	28	2
365	36	16
366	54	23
367	60	10
368	33	1
369	23	0
370	16	0
371	11	0

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
372	20	0
373	25	2
374	40	3
375	33	4
376	34	5
377	46	7
378	57	10
379	66	11
380	75	14
381	79	11
382	80	16
383	92	21
384	99	16
385	83	2
386	71	2
387	69	4
388	67	4
389	74	16
390	86	25
391	97	28
392	100	15
393	83	2
394	62	4
395	40	6
396	49	10
397	36	5
398	27	4
399	29	3
400	22	2
401	13	3
402	37	36
403	90	26
404	41	2
405	25	2
406	29	2
407	38	7
408	50	13
409	55	10
410	29	3

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
411	24	7
412	51	16
413	62	15
414	72	35
415	91	74
416	100	73
417	100	8
418	98	11
419	100	59
420	100	98
421	100	99
422	100	75
423	100	95
424	100	100
425	100	97
426	100	90
427	100	86
428	100	82
429	97	43
430	70	16
431	50	20
432	42	33
433	89	64
434	89	77
435	99	95
436	100	41
437	77	12
438	29	37
439	16	41
440	16	38
441	15	36
442	18	44
443	4	55
444	24	26
445	26	35
446	15	45
447	21	39
448	29	52
449	26	46

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
450	27	50
451	13	43
452	25	36
453	37	57
454	29	46
455	17	39
456	13	41
457	19	38
458	28	35
459	8	51
460	14	36
461	17	47
462	34	39
463	34	57
464	11	70
465	13	51
466	13	68
467	38	44
468	53	67
469	29	69
470	19	65
471	52	45
472	61	79
473	29	70
474	15	53
475	15	60
476	52	40
477	50	61
478	13	74
479	46	51
480	60	73
481	33	84
482	31	63
483	41	42
484	26	69
485	23	65
486	48	49
487	28	57
488	16	67

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
489	39	48
490	47	73
491	35	87
492	26	73
493	30	61
494	34	49
495	35	66
496	56	47
497	49	64
498	59	64
499	42	69
500	6	77
501	5	59
502	17	59
503	45	53
504	21	62
505	31	60
506	53	68
507	48	79
508	45	61
509	51	47
510	41	48
511	26	58
512	21	62
513	50	52
514	39	65
515	23	65
516	42	62
517	57	80
518	66	81
519	64	62
520	45	42
521	33	42
522	27	57
523	31	59
524	41	53
525	45	72
526	48	73
527	46	90

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
528	56	76
529	64	76
530	69	64
531	72	59
532	73	58
533	71	56
534	66	48
535	61	50
536	55	56
537	52	52
538	54	49
539	61	50
540	64	54
541	67	54
542	68	52
543	60	53
544	52	50
545	45	49
546	38	45
547	32	45
548	26	53
549	23	56
550	30	49
551	33	55
552	35	59
553	33	65
554	30	67
555	28	59
556	25	58
557	23	56
558	22	57
559	19	63
560	14	63
561	31	61
562	35	62
563	21	80
564	28	65
565	7	74
566	23	54

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
567	38	54
568	14	78
569	38	58
570	52	75
571	59	81
572	66	69
573	54	44
574	48	34
575	44	33
576	40	40
577	28	58
578	27	63
579	35	45
580	20	66
581	15	60
582	10	52
583	22	56
584	30	62
585	21	67
586	29	53
587	41	56
588	15	67
589	24	56
590	42	69
591	39	83
592	40	73
593	35	67
594	32	61
595	30	65
596	30	72
597	48	51
598	66	58
599	62	71
600	36	63
601	17	59
602	16	50
603	16	62
604	34	48
605	51	66

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
606	35	74
607	15	56
608	19	54
609	43	65
610	52	80
611	52	83
612	49	57
613	48	46
614	37	36
615	25	44
616	14	53
617	13	64
618	23	56
619	21	63
620	18	67
621	20	54
622	16	67
623	26	56
624	41	65
625	28	62
626	19	60
627	33	56
628	37	70
629	24	79
630	28	57
631	40	57
632	40	58
633	28	44
634	25	41
635	29	53
636	31	55
637	26	64
638	20	50
639	16	53
640	11	54
641	13	53
642	23	50
643	32	59
644	36	63

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
645	33	59
646	24	52
647	20	52
648	22	55
649	30	53
650	37	59
651	41	58
652	36	54
653	29	49
654	24	53
655	14	57
656	10	54
657	9	55
658	10	57
659	13	55
660	15	64
661	31	57
662	19	69
663	14	59
664	33	57
665	41	65
666	39	64
667	39	59
668	39	51
669	28	41
670	19	49
671	27	54
672	37	63
673	32	74
674	16	70
675	12	67
676	13	60
677	17	56
678	15	62
679	25	47
680	27	64
681	14	71
682	5	65
683	6	57

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
684	6	57
685	15	52
686	22	61
687	14	77
688	12	67
689	12	62
690	14	59
691	15	58
692	18	55
693	22	53
694	19	69
695	14	67
696	9	63
697	8	56
698	17	49
699	25	55
700	14	70
701	12	60
702	22	57
703	27	67
704	29	68
705	34	62
706	35	61
707	28	78
708	11	71
709	4	58
710	5	58
711	10	56
712	20	63
713	13	76
714	11	65
715	9	60
716	7	55
717	8	53
718	10	60
719	28	53
720	12	73
721	4	64
722	4	61

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
723	4	61
724	10	56
725	8	61
726	20	56
727	32	62
728	33	66
729	34	73
730	31	61
731	33	55
732	33	60
733	31	59
734	29	58
735	31	53
736	33	51
737	33	48
738	27	44
739	21	52
740	13	57
741	12	56
742	10	64
743	22	47
744	15	74
745	8	66
746	34	47
747	18	71
748	9	57
749	11	55
750	12	57
751	10	61
752	16	53
753	12	75
754	6	70
755	12	55
756	24	50
757	28	60
758	28	64
759	23	60
760	20	56
761	26	50

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
762	28	55
763	18	56
764	15	52
765	11	59
766	16	59
767	34	54
768	16	82
769	15	64
770	36	53
771	45	64
772	41	59
773	34	50
774	27	45
775	22	52
776	18	55
777	26	54
778	39	62
779	37	71
780	32	58
781	24	48
782	14	59
783	7	59
784	7	55
785	18	49
786	40	62
787	44	73
788	41	68
789	35	48
790	29	54
791	22	69
792	46	53
793	59	71
794	69	68
795	75	47
796	62	32
797	48	35
798	27	59
799	13	58
800	14	54

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
801	21	53
802	23	56
803	23	57
804	23	65
805	13	65
806	9	64
807	27	56
808	26	78
809	40	61
810	35	76
811	28	66
812	23	57
813	16	50
814	11	53
815	9	57
816	9	62
817	27	57
818	42	69
819	47	75
820	53	67
821	61	62
822	63	53
823	60	54
824	56	44
825	49	39
826	39	35
827	30	34
828	33	46
829	44	56
830	50	56
831	44	52
832	38	46
833	33	44
834	29	45
835	24	46
836	18	52
837	9	55
838	10	54
839	20	53

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
840	27	58
841	29	59
842	30	62
843	30	65
844	27	66
845	32	58
846	40	56
847	41	57
848	18	73
849	15	55
850	18	50
851	17	52
852	20	49
853	16	62
854	4	67
855	2	64
856	7	54
857	10	50
858	9	57
859	5	62
860	12	51
861	14	65
862	9	64
863	31	50
864	30	78
865	21	65
866	14	51
867	10	55
868	6	59
869	7	59
870	19	54
871	23	61
872	24	62
873	34	61
874	51	67
875	60	66
876	58	55
877	60	52
878	64	55

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
879	68	51
880	63	54
881	64	50
882	68	58
883	73	47
884	63	40
885	50	38
886	29	61
887	14	61
888	14	53
889	42	6
890	58	6
891	58	6
892	77	39
893	93	56
894	93	44
895	93	37
896	93	31
897	93	25
898	93	26
899	93	27
900	93	25
901	93	21
902	93	22
903	93	24
904	93	23
905	93	27
906	93	34
907	93	32
908	93	26
909	93	31
910	93	34
911	93	31
912	93	33
913	93	36
914	93	37
915	93	34
916	93	30
917	93	32

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
918	93	35
919	93	35
920	93	32
921	93	28
922	93	23
923	94	18
924	95	18
925	96	17
926	95	13
927	96	10
928	95	9
929	95	7
930	95	7
931	96	7
932	96	6
933	96	6
934	95	6
935	90	6
936	69	43
937	76	62
938	93	47
939	93	39
940	93	35
941	93	34
942	93	36
943	93	39
944	93	34
945	93	26
946	93	23
947	93	24
948	93	24
949	93	22
950	93	19
951	93	17
952	93	19
953	93	22
954	93	24
955	93	23
956	93	20

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
957	93	20
958	94	19
959	95	19
960	95	17
961	96	13
962	95	10
963	96	9
964	95	7
965	95	7
966	95	7
967	95	6
968	96	6
969	96	6
970	89	6
971	68	6
972	57	6
973	66	32
974	84	52
975	93	46
976	93	42
977	93	36
978	93	28
979	93	23
980	93	19
981	93	16
982	93	15
983	93	16
984	93	15
985	93	14
986	93	15
987	93	16
988	94	15
989	93	32
990	93	45
991	93	43
992	93	37
993	93	29
994	93	23
995	93	20

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
996	93	18
997	93	16
998	93	17
999	93	16
1 000	93	15
1 001	93	15
1 002	93	15
1 003	93	14
1 004	93	15
1 005	93	15
1 006	93	14
1 007	93	13
1 008	93	14
1 009	93	14
1 010	93	15
1 011	93	16
1 012	93	17
1 013	93	20
1 014	93	22
1 015	93	20
1 016	93	19
1 017	93	20
1 018	93	19
1 019	93	19
1 020	93	20
1 021	93	32
1 022	93	37
1 023	93	28
1 024	93	26
1 025	93	24
1 026	93	22
1 027	93	22
1 028	93	21
1 029	93	20
1 030	93	20
1 031	93	20
1 032	93	20
1 033	93	19
1 034	93	18

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
1 035	93	20
1 036	93	20
1 037	93	20
1 038	93	20
1 039	93	19
1 040	93	18
1 041	93	18
1 042	93	17
1 043	93	16
1 044	93	16
1 045	93	15
1 046	93	16
1 047	93	18
1 048	93	37
1 049	93	48
1 050	93	38
1 051	93	31
1 052	93	26
1 053	93	21
1 054	93	18
1 055	93	16
1 056	93	17
1 057	93	18
1 058	93	19
1 059	93	21
1 060	93	20
1 061	93	18
1 062	93	17
1 063	93	17
1 064	93	18
1 065	93	18
1 066	93	18
1 067	93	19
1 068	93	18
1 069	93	18
1 070	93	20
1 071	93	23
1 072	93	25
1 073	93	25

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
1 074	93	24
1 075	93	24
1 076	93	22
1 077	93	22
1 078	93	22
1 079	93	19
1 080	93	16
1 081	95	17
1 082	95	37
1 083	93	43
1 084	93	32
1 085	93	27
1 086	93	26
1 087	93	24
1 088	93	22
1 089	93	22
1 090	93	22
1 091	93	23
1 092	93	22
1 093	93	22
1 094	93	23
1 095	93	23
1 096	93	23
1 097	93	22
1 098	93	23
1 099	93	23
1 100	93	23
1 101	93	25
1 102	93	27
1 103	93	26
1 104	93	25
1 105	93	27
1 106	93	27
1 107	93	27
1 108	93	24
1 109	93	20
1 110	93	18
1 111	93	17
1 112	93	17

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
1 113	93	18
1 114	93	18
1 115	93	18
1 116	93	19
1 117	93	22
1 118	93	22
1 119	93	19
1 120	93	17
1 121	93	17
1 122	93	18
1 123	93	18
1 124	93	19
1 125	93	19
1 126	93	20
1 127	93	19
1 128	93	20
1 129	93	25
1 130	93	30
1 131	93	31
1 132	93	26
1 133	93	21
1 134	93	18
1 135	93	20
1 136	93	25
1 137	93	24
1 138	93	21
1 139	93	21
1 140	93	22
1 141	93	22
1 142	93	28
1 143	93	29
1 144	93	23
1 145	93	21
1 146	93	18
1 147	93	16
1 148	93	16
1 149	93	16
1 150	93	17
1 151	93	17

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
1 152	93	17
1 153	93	17
1 154	93	23
1 155	93	26
1 156	93	22
1 157	93	18
1 158	93	16
1 159	93	16
1 160	93	17
1 161	93	19
1 162	93	18
1 163	93	16
1 164	93	19
1 165	93	22
1 166	93	25
1 167	93	29
1 168	93	27
1 169	93	22
1 170	93	18
1 171	93	16
1 172	93	19
1 173	93	19
1 174	93	17
1 175	93	17
1 176	93	17
1 177	93	16
1 178	93	16
1 179	93	15
1 180	93	16
1 181	93	15
1 182	93	17
1 183	93	21
1 184	93	30
1 185	93	53
1 186	93	54
1 187	93	38
1 188	93	30
1 189	93	24
1 190	93	20

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
1 191	95	20
1 192	96	18
1 193	96	15
1 194	96	11
1 195	95	9
1 196	95	8
1 197	96	7

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
1 198	94	33
1 199	93	46
1 200	93	37
1 201	16	8
1 202	0	0
1 203	0	0
1 204	0	0

Tempo (s)	Regime normalizzato (%)	Coppia normalizzata (%)
1 205	0	0
1 206	0	0
1 207	0	0
1 208	0	0
1 209	0	0

ALLEGATO 5

METODO PER LA VALUTAZIONE DEI DATI E CALCOLI

1. REQUISITI GENERALI

Il calcolo delle emissioni deve essere eseguito conformemente all'appendice A.1 (calcoli basati sulla massa) o all'appendice A.2 (calcoli basati sulla mole). Non è consentito combinare i due metodi. Non è richiesta l'esecuzione dei calcoli secondo entrambe le appendici A.1 e A.2.

I requisiti specifici per la misurazione del numero di particelle (PN), se del caso, sono stabiliti all'appendice A.6.

1.1. Simboli generali

Appendice A.1	Appendice A.2	Unità	Quantità
	A	m ⁽²⁾	Superficie
	A _t	m ⁽²⁾	Sezione trasversale della gola del tubo di Venturi
b, D ₀	a ₀	t.b.d. ⁽³⁾	intercetta su y della linea di regressione
A/F _{st}		—	Rapporto stechiometrico aria/carburante
	C	—	Coefficiente
C _d	C _d	—	Coefficiente di efflusso
	C _f	—	Coefficiente di flusso
c	x	ppm, % vol	Concentrazione/frazione molare (μmol/mol = ppm)
c _d	⁽¹⁾	ppm, % vol	Concentrazione su secco
c _w	⁽¹⁾	ppm, % vol	Concentrazione su umido
c _b	⁽¹⁾	ppm, % vol	Concentrazione di fondo
D	x _{dil}	—	Fattore di diluizione ⁽²⁾
D ₀		m ⁽³⁾ /rev	Intercetta della taratura della PDP
d	d	m	Diametro
d _V		m	Diametro di gola del tubo di Venturi
e	e	g/kWh	Base specifica al banco frenato
e _{gas}	e _{gas}	g/kWh	Emissione specifica di componenti gassosi
e _{PM}	e _{PM}	g/kWh	Emissione specifica di particelle
E	1 - PF	%	Efficienza di conversione (PF = frazione di penetrazione)
F _s		—	Fattore stechiometrico
	f	Hz	Frequenza
f _c		—	Fattore carbonio
	γ	—	Rapporto dei calori specifici

Appendice A.1	Appendice A.2	Unità	Quantità
H		g/kg	Umidità assoluta
	K	—	Fattore di correzione
K_V		$\left[\left(\sqrt{K} \cdot m^4 \cdot s \right) / kg \right]$	Funzione di taratura del CFV
k_f		$m^{(3)}/kg$ di carburante	Fattore specifico per il carburante
k_h		—	Fattore di correzione del valore di NO_x in funzione dell'umidità, motori diesel
k_{Dr}	k_{Dr}	—	Fattore di aggiustamento verso il basso
k_r	k_r	—	Fattore di rigenerazione moltiplicativo
k_{Ur}	k_{Ur}	—	Fattore di aggiustamento verso l'alto
$k_{w,a}$		—	Fattore di correzione da secco a umido per l'aria di aspirazione
$k_{w,d}$		—	Fattore di correzione da secco a umido per l'aria di diluizione
$k_{w,e}$		—	Fattore di correzione da secco a umido per i gas di scarico diluiti
$k_{w,r}$		—	Fattore di correzione da secco a umido per i gas di scarico grezzi
μ	μ	kg/(m·s)	Viscosità dinamica
M	M	g/mol	Massa molare ⁽³⁾
M_a	⁽¹⁾	g/mol	Massa molare dell'aria di aspirazione
M_e	v	g/mol	Massa molare dei gas di scarico
M_{gas}	M_{gas}	g/mol	Massa molare dei componenti gassosi
m	m	kg	Massa
m	a_1	t.b.d. ⁽³⁾	Coefficiente angolare della linea di regressione
	v	m^2/s	Viscosità cinematica
m_d	v	kg	Massa del campione di aria di diluizione passato attraverso i filtri di campionamento del particolato
m_{ed}	⁽¹⁾	kg	Massa totale dei gas di scarico diluiti nel corso del ciclo
m_{edf}	⁽¹⁾	kg	Massa dei gas di scarico diluiti equivalenti nel corso del ciclo di prova

Appendice A.1	Appendice A.2	Unità	Quantità
m_{ew}	(¹)	kg	Massa totale dei gas di scarico nel corso del ciclo
m_f	(¹)	mg	Massa del campione di particolato raccolto
$m_{f,d}$	(¹)	mg	Massa del campione di particolato raccolto nell'aria di diluizione
m_{gas}	m_{gas}	g	Massa delle emissioni gassose nel corso del ciclo di prova
m_{PM}	m_{PM}	g	Massa delle emissioni di particolato nel corso del ciclo di prova
m_{se}	(¹)	kg	Massa del campione di gas di scarico nel corso del ciclo di prova
m_{sed}	(¹)	kg	Massa dei gas di scarico diluiti che passano attraverso il tunnel di diluizione
m_{sep}	(¹)	kg	Massa dei gas di scarico diluiti che passano attraverso i filtri di raccolta del particolato
m_{ssd}		kg	Massa dell'aria di diluizione secondaria
	N	—	Numero totale nella serie
	n	mol	Quantità di sostanza
	\dot{n}	mol/s	Portata molare
n	f_n	min ⁻¹	Regime di rotazione del motore
n_p		giri/s	Regime della pompa PDP
P	P	kW	Potenza
p	p	kPa	Pressione
p_a		kPa	Pressione atmosferica a secco
p_b		kPa	Pressione atmosferica totale
p_d		kPa	Pressione del vapore di saturazione dell'aria di diluizione
p_p	p_{abs}	kPa	Pressione assoluta
p_r	p_{H_2O}	kPa	Pressione del vapore acqueo
p_s		kPa	Pressione atmosferica a secco
$1 - E$	PF	%	Frazione di penetrazione
q_m	\dot{m}	kg/s	Portata massica

Appendice A.1	Appendice A.2	Unità	Quantità
q_{mad}	$\dot{m}^{(1)}$	kg/s	Portata massica dell'aria di aspirazione su secco
q_{maw}	$^{(1)}$	kg/s	Portata massica dell'aria di aspirazione su umido
q_{mCe}	$^{(1)}$	kg/s	Portata massica del carbonio nei gas di scarico grezzi
q_{mCf}	$^{(1)}$	kg/s	Portata massica del carbonio in ingresso nel motore
q_{mCp}	$^{(1)}$	kg/s	Portata massica del carbonio nel sistema di diluizione a flusso parziale
q_{mdew}	$^{(1)}$	kg/s	Portata massica dei gas di scarico diluiti su umido
q_{mdw}	$^{(1)}$	kg/s	Portata massica dell'aria di diluizione su umido
q_{medf}	$^{(1)}$	kg/s	Portata massica dei gas di scarico diluiti equivalenti su umido
q_{mew}	$^{(1)}$	kg/s	Portata massica dei gas di scarico su umido
q_{mex}	$^{(1)}$	kg/s	Portata massica del campione estratto dal tunnel di diluizione
q_{mf}	$^{(1)}$	kg/s	Portata massica del carburante
q_{mp}	$^{(1)}$	kg/s	Flusso del campione di gas di scarico nel sistema di diluizione a flusso parziale
q_V	\dot{V}	m ³ /s	Portata volumetrica
q_{VCVS}	$^{(1)}$	m ³ /s	Portata volumetrica del CVS
q_{Vs}	$^{(1)}$	dm ³ /min	Portata del sistema dell'analizzatore dei gas di scarico
q_{Vt}	$^{(1)}$	cm ³ /min	Portata del gas tracciante
ρ	ρ	kg/m ³	Densità massica
ρ_e		kg/m ³	Densità dei gas di scarico
	r	—	Rapporto di pressioni
r_d	DR	—	Rapporto di diluizione ⁽²⁾
	R_a	μm	Ruvidità media della superficie
RH		%	Umidità relativa
r_D	β	m/m	Rapporto di diametri (sistemi CVS)
r_p		—	Rapporto tra pressioni dell'SSV
Re	$Re^\#$	—	Numero di Reynolds
	S	K	Costante di Sutherland

Appendice A.1	Appendice A.2	Unità	Quantità
σ	σ	—	Deviazione standard
T	T	°C	Temperatura
	T	Nm	Coppia del motore
T_a		K	Temperatura assoluta
t	t	s	Tempo
Δt	Δt	s	Intervallo di tempo
u		—	Rapporto tra la densità del componente del gas e la densità dei gas di scarico
V	V	m ³	Volume
V_0		m ³ /r	Volume di gas pompato per giro della PDP
W	W	kWh	Lavoro
W_{act}	W_{act}	kWh	Lavoro effettivo nel ciclo di prova
WF	WF	—	Fattore di ponderazione
w	w	g/g	Frazione di massa
	\bar{x}	mol/mol	Concentrazione media ponderata proporzionalmente alla portata
X_0	K_s	s/giro	Funzione di taratura della PDP
	y	—	Variabile generica
\bar{y}	\bar{y}		Media aritmetica
	Z	—	Fattore di comprimibilità

(¹) Cfr. pedici; ad es.: \dot{m}_{air} per la portata massica dell'aria su secco o \dot{m}_{fuel} per la portata massica del carburante ecc.

(²) Rapporto di diluizione r_d nell'appendice A.1 e DR nell'appendice A.2: simboli diversi ma con lo stesso significato e con le stesse equazioni. Fattore di diluizione D nell'appendice A.1 e x_{dil} nell'appendice A.2: simboli diversi ma con lo stesso significato fisico; l'equazione (A.5-129) indica il rapporto tra x_{dil} e DR .

(³) t.b.d. = to be defined (da definire).

1.2. Pedici

Appendice A.1. (¹)	Appendice A.2	Quantità
act	act	Quantità effettiva
i		Misurazione istantanea (ad es.: 1 Hz)
	i	Valore individuale di una serie

(¹) Nell'appendice A.1 il significato del pedice è determinato dalla quantità associata; ad esempio, il pedice "d" può indicare "su secco" come in " c_d = concentrazione su secco", "aria di diluizione" come in " p_d = pressione del vapore di saturazione dell'aria di diluizione" oppure " $k_{w,d}$ = fattore di correzione da secco a umido per l'aria di diluizione" o "rapporto di diluizione" come in " r_d ".

1.3. Simboli e abbreviazioni relativi ai componenti chimici (utilizzati anche come pedici)

Appendice A.1	Appendice A.2	Quantità
Ar	Ar	Argo
C1	C1	Idrocarburo carbonio 1 equivalente

Appendice A.1	Appendice A.2	Quantità
CH ₄	CH ₄	Metano
C ₂ H ₆	C ₂ H ₆	Etano
C ₃ H ₈	C ₃ H ₈	Propano
CO	CO	Monossido di carbonio
CO ₂	CO ₂	Biossido di carbonio
	H	Idrogeno atomico
	H ₂	Idrogeno molecolare
HC	HC	Idrocarburo
H ₂ O	H ₂ O	Acqua
	He	Elio
	N	Azoto atomico
	N ₂	Azoto molecolare
NO _x	NO _x	Ossidi di azoto
NO	NO	Monossido di azoto
NO ₂	NO ₂	Biossido di azoto
	O	Ossigeno atomico
PM	PM	Particolato
S	S	Zolfo

1.4. Simboli e abbreviazioni relativi alla composizione del carburante

Appendice A.1 ⁽¹⁾	Appendice A.2 ⁽²⁾	Quantità
w _C ⁽⁴⁾	w _C ⁽⁴⁾	Tenore di carbonio nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]
w _H	w _H	Tenore di idrogeno nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]
w _N	w _N	Tenore di azoto nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]
w _O	w _O	Tenore di ossigeno nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]
w _S	w _S	Tenore di zolfo nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]
α	α	Rapporto atomico idrogeno/carbonio (H/C)
ε	β	Rapporto atomico ossigeno/carbonio (O/C) ⁽³⁾
γ	γ	Rapporto atomico zolfo/carbonio (S/C)
δ	δ	Rapporto atomico azoto/carbonio (N/C)

⁽¹⁾ Riferito a un carburante con formula chimica CH_aO_eN_δS_γ

⁽²⁾ Riferito a un carburante con formula chimica CH_aO_βS_γN_δ

⁽³⁾ Occorre prestare attenzione ai diversi significati del simbolo β nei due punti relativi al calcolo delle emissioni: nell'appendice A.1 si riferisce a un carburante con formula chimica CH_aS_γN_δO_ε (ovvero la formula C_βH_αS_γN_δO_ε dove $\beta = 1$, presupponendo un atomo di carbonio per molecola), mentre nell'appendice A.2 si riferisce al rapporto ossigeno/carbonio con CH_aO_βS_γN_δ. Pertanto nell'appendice A.2 β corrisponde a ε nell'appendice A.1.

⁽⁴⁾ Frazione di massa w accompagnata dal simbolo del componente chimico come pedice.

APPENDICE A.1

CALCOLO DELLE EMISSIONI BASATO SULLA MASSA

A.1.1. Misurazione delle emissioni gassose nei gas di scarico grezzi

A.1.1.1. Prove NRSC in modalità discreta

La portata delle emissioni gassose $q_{m\text{gas},i}$ [g/h] per ciascuna modalità i della prova stazionaria deve essere calcolata moltiplicando la concentrazione delle emissioni gassose per il rispettivo flusso, nel modo seguente:

$$q_{m\text{gas},i} = k_h \cdot k \cdot u_{\text{gas}} \cdot q_{mew,i} \cdot c_{\text{gas},i} \cdot 3600 \quad (\text{A.5-1})$$

dove:

k = 1 per $c_{\text{gasr},w,i}$ in [ppm] e $k = 10\,000$ per $c_{\text{gasr},w,i}$ [% vol]

k_h = fattore di correzione degli NO_x [-], per il calcolo delle emissioni di NO_x (cfr. punto A.1.1.4)

u_{gas} = fattore specifico del componente o rapporto tra densità del componente del gas e densità dei gas di scarico [-]

$q_{mew,i}$ = portata massica dei gas di scarico in modalità i su umido [kg/s]

$c_{\text{gas},i}$ = concentrazione delle emissioni nei gas di scarico grezzi in modalità i , su umido [ppm] o [% vol]

A.1.1.2. Cicli di prova transitori e modali con rampe di transizione

La massa totale per una prova delle emissioni gassose m_{gas} [g/prova] deve essere calcolata moltiplicando le concentrazioni istantanee allineate in base al tempo e i flussi dei gas di scarico e l'integrazione nel ciclo di prova mediante l'equazione (A.5-2):

$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot u_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^N (q_{mew,i} \cdot c_{\text{gas},i}) \quad (\text{A.5-2})$$

dove:

f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]

k_h = fattore di correzione degli NO_x [-], da applicare solo al calcolo delle emissioni di NO_x

k = 1 per $c_{\text{gasr},w,i}$ in [ppm] e $k = 10\,000$ per $c_{\text{gasr},w,i}$ [% vol]

u_{gas} = fattore specifico del componente [-] (cfr. punto A.1.1.5)

N = numero di misurazioni [-]

$q_{mew,i}$ = portata massica istantanea dei gas di scarico su umido [kg/s]

$c_{\text{gas},i}$ = concentrazione delle emissioni istantanee nei gas di scarico grezzi, su umido [ppm] o [% vol]

A.1.1.3. Conversione della concentrazione da secco a umido

Se le emissioni sono misurate su secco, la concentrazione c_d misurata su secco deve essere convertita nella concentrazione c_w su umido mediante l'equazione (A.5-3):

$$c_w = k_w \cdot c_d \quad (\text{A.5-3})$$

dove:

k_w = fattore di conversione da secco a umido [-]

c_d = concentrazione delle emissioni su secco [ppm] o [% vol]

Per la combustione completa il fattore di conversione da secco a umido per i gas di scarico grezzi è espresso come $k_{w,a}$ [-] e deve essere calcolato mediante l'equazione (A.5-4):

$$k_{w,a} = \frac{\left(1 - \frac{1,2442 \cdot H_a + 111,19 \cdot w_H \cdot \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}}}{773,4 + 1,2442 \cdot H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{mad,i}} \cdot k_f \cdot 1000} \right)}{\left(1 - \frac{p_r}{p_b} \right)} \quad (\text{A.5-4})$$

dove:

H_a = umidità dell'aria di aspirazione [g H₂O/kg di aria secca]

$q_{mf,i}$ = portata istantanea del carburante [kg/s]

$q_{mad,i}$ = portata istantanea dell'aria di aspirazione secca [kg/s]

p_r = pressione dell'acqua dopo il dispositivo di raffreddamento [kPa]

p_b = pressione barometrica totale [kPa]

w_H = tenore di idrogeno nel carburante [% massa]

k_f = volume addizionale di combustione [m³/kg carburante]

con:

$$k_f = 0,055594 \cdot w_H + 0,0080021 \cdot w_N + 0,0070046 \cdot w_O \quad (\text{A.5-5})$$

dove:

w_H = tenore di idrogeno nel carburante [% massa]

w_N = tenore di azoto nel carburante [% massa]

w_O = tenore di ossigeno nel carburante [% massa]

Nell'equazione (A.5-4) si può supporre il rapporto p_r/p_b :

$$\frac{1}{\left(1 - \frac{p_r}{p_b}\right)} = 1,008 \quad (\text{A.5-6})$$

Per la combustione incompleta (miscela aria carburante ricche) e per le prove delle emissioni senza misurazione diretta dei flussi d'aria si preferisce un secondo metodo di calcolo di $k_{w,a}$:

$$k_{w,a} = \frac{1}{1 + \alpha \cdot 0,005 \cdot (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w1} \quad (\text{A.5-7})$$

$$1 - \frac{p_r}{p_b}$$

dove:

c_{CO_2} = concentrazione di CO₂ nel gas di scarico grezzi, su secco [% vol]

c_{CO} = concentrazione di CO nei gas di scarico grezzi, su secco [ppm]

p_r = pressione dell'acqua dopo il dispositivo di raffreddamento [kPa]

p_b = pressione barometrica totale [kPa]

α = rapporto molare carbonio/idrogeno [-]

k_{w1} = umidità dell'aria di aspirazione [-]

$$k_{w1} = \frac{1,608 \cdot H_a}{1000 + 1,608 \cdot H_a} \quad (\text{A.5-8})$$

A.1.1.4. Correzione degli NO_x in funzione dell'umidità e della temperatura

Poiché l'emissione di NO_x dipende dalle condizioni dell'aria ambiente, la concentrazione degli NO_x deve essere corretta per tener conto della temperatura e dell'umidità dell'aria ambiente con i fattori $k_{h,D}$ o $k_{h,G}$ [-] dati dalle equazioni (A.5-9) e (A.5-10). Questi fattori sono validi per un intervallo di umidità tra 0 e 25 g H₂O/kg di aria secca.

a) per i motori ad accensione spontanea

$$k_h = \frac{15,698 \cdot H_a}{1000} + 0,832 \quad (\text{A.5-9})$$

b) per i motori ad accensione comandata

$$k_{h,G} = 0,6272 + 44,030 \times 10^{-3} \times H_a - 0,862 \times 10^{-3} \times H_a^2 \quad (\text{A.5-10})$$

dove:

$$H_a = \text{umidità dell'aria di aspirazione [g H}_2\text{O/kg di aria secca]}$$

A.1.1.5 Fattore specifico del componente u

Ai punti A.1.1.5.1 e A.1.1.5.2 sono descritte due procedure di calcolo. La procedura di cui al punto A.1.1.5.1 è più immediata in quanto utilizza valori u tabulati per il rapporto tra la densità del componente e quella dei gas di scarico. La procedura di cui al punto A.1.1.5.2 è più accurata per i tipi di carburante che si discostano dalle specifiche di cui all'allegato 6, ma richiede l'analisi elementare della composizione del carburante.

A.1.1.5.1 Valori tabulati

I valori di u_{gas} che risultano applicando alcune semplificazioni (ipotesi del valore e delle condizioni dell'aria di aspirazione come indicate nella tabella A.5-1) alle equazioni di cui al punto A.1.1.5.2 sono indicati alla tabella A.5-1.

Tabella A.5-1

Densità dei gas di scarico grezzi u e densità dei componenti (per la concentrazione delle emissioni espressa in ppm)

Carburante	ρ_e	Gas					
		NO _x	CO	HC	CO ₂	O ₂	CH ₄
		ρ_{gas} [kg/m ³]					
		2,053	1,250	(^a)	1,9636	1,4277	0,716
		$u_{\text{gas}}^{(b)}$					
Diesel (gasolio destinato alle macchine non stradali)	1,2943	0,001586	0,000966	0,000482	0,001517	0,001103	0,000553
Etanolo destinato a specifici motori ad accensione spontanea (ED95)	1,2768	0,001609	0,000980	0,000780	0,001539	0,001119	0,000561
Gas naturale / biometano (^c)	1,2661	0,001621	0,000987	0,000528(^d)	0,001551	0,001128	0,000565
Propano	1,2805	0,001603	0,000976	0,000512	0,001533	0,001115	0,000559
Butano	1,2832	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,001113	0,000558
GPL (^e)	1,2811	0,001602	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559
Benzina (E10)	1,2931	0,001587	0,000966	0,000499	0,001518	0,001104	0,000553
Etanolo (E85)	1,2797	0,001604	0,000977	0,000730	0,001534	0,001116	0,000559

(^a) A seconda del carburante

(^b) $A \lambda = 2$, aria secca, 273 K, 101,3 kPa

(^c) u accurato entro lo 0,2 % per una composizione di massa di: C = 66 - 76 %; H = 22 - 25 %; N = 0 - 12 %

(^d) NMHC sulla base di CH_{2,93} (per gli HC totali deve essere usato il coefficiente u_{gas} di CH₄)

(^e) u accurato entro lo 0,2 % per una composizione di massa di: C₃ = 70 - 90 %; C₄ = 10 - 30 %

A.1.1.5.2. Valori calcolati

Il fattore specifico del componente, $u_{\text{gas},i}$, può essere calcolato mediante il rapporto tra la densità del componente e la densità dei gas di scarico oppure mediante il rapporto corrispondente tra le masse molari [equazioni (A.5-11) o (A.5-12)]:

$$u_{\text{gas},i} = M_{\text{gas}} / (M_{e,i} \cdot 1000) \quad (\text{A.5-11})$$

oppure

$$u_{\text{gas},i} = \rho_{\text{gas}} / (\rho_{e,i} \cdot 1000) \quad (\text{A.5-12})$$

dove:

M_{gas} = massa molare del componente del gas [g/mol]

$M_{e,i}$ = massa molare istantanea dei gas di scarico grezzi su umido [g/mol]

ρ_{gas} = densità del componente del gas [kg/m³]

$\rho_{e,i}$ = densità istantanea dei gas di scarico grezzi su umido [kg/m³]

La massa molare dei gas di scarico $M_{e,i}$ deve essere ricavata per una composizione generale del carburante $\text{CH}_\alpha\text{O}_\varepsilon\text{N}_\delta\text{S}_\gamma$, ipotizzando la combustione completa e deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-13):

$$M_{e,i} = \frac{1 + \frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}}}{\frac{q_{mf,i}}{q_{maw,i}} \cdot \frac{\alpha}{4} + \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\delta}{2} + \frac{H_a \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 1,00794 + 15,9994} + \frac{1}{1 + H_a \cdot 10^{-3}}} \quad (\text{A.5-13})$$

dove:

$q_{mf,i}$ = portata massica istantanea del carburante su umido [kg/s]

$q_{maw,i}$ = portata massica istantanea dell'aria di aspirazione su umido [kg/s]

α = rapporto molare idrogeno/carbonio [-]

δ = rapporto molare azoto/carbonio [-]

ε = rapporto molare ossigeno/carbonio [-]

γ = rapporto atomico zolfo/carbonio [-]

H_a = umidità dell'aria di aspirazione [g H₂O/kg di aria secca]

M_a = massa molare dell'aria di aspirazione su secco = 28,965 g/mol

La densità istantanea dei gas di scarico grezzi $r_{e,i}$ [kg/m³] deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-14):

$$\rho_{e,i} = \frac{1000 + H_a + 1000 \cdot (q_{mf,i} / q_{mad,i})}{773,4 + 1,2434 \cdot H_a + k_f \cdot 1000 \cdot (q_{mf,i} / q_{mad,i})} \quad (\text{A.5-14})$$

dove:

$q_{mf,i}$ = portata massica istantanea del carburante [kg/s]

$q_{mad,i}$ = portata massica istantanea dell'aria di aspirazione su secco [kg/s]

H_a = umidità dell'aria di aspirazione [g H₂O/kg di aria secca]

k_f = volume addizionale di combustione [m³/kg carburante] [cfr. equazione (A.5-5)]

A.1.1.6. Portata massica dei gas di scarico

A.1.1.6.1. Metodo di misurazione dell'aria e del carburante

Questo metodo implica la misurazione del flusso di aria e di carburante con flussometri adatti. La portata massica istantanea dei gas di scarico su umido $q_{mew,i}$ [kg/s] deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-15):

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} + q_{mf,i} \quad (\text{A.5-15})$$

dove:

$q_{maw,i}$ = portata massica istantanea dell'aria di aspirazione su umido [kg/s]

$q_{mf,i}$ = portata massica istantanea del carburante [kg/s]

A.1.1.6.2. Metodo di misura del gas tracciante

Questo metodo comprende la misurazione della concentrazione di un gas tracciante nei gas di scarico. La portata istantanea dei gas di scarico $q_{mew,i}$ [kg/s] deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-16):

$$q_{mew,i} = \frac{q_{vt} \cdot \rho_e}{10^{-6} \cdot (c_{mix,i} - c_b)} \quad (\text{A.5-16})$$

dove:

q_{vt} = portata del gas tracciante [m³/s]

$c_{mix,i}$ = concentrazione istantanea del gas tracciante dopo la miscelazione [ppm]

r_e = densità dei gas di scarico grezzi [kg/m³]

c_b = concentrazione di fondo del gas tracciante nell'aria di aspirazione [ppm]

La concentrazione di fondo del gas tracciante c_b può essere determinata calcolando la media delle concentrazioni di fondo misurate immediatamente prima e dopo la prova. La concentrazione di fondo può essere trascurata se è inferiore all'1 % della concentrazione di gas tracciante dopo la miscelazione ($c_{mix,i}$) nel momento di massima portata del gas di scarico.

A.1.1.6.3. Metodo di misura del flusso di aria e del rapporto aria/carburante

Questo metodo comprende il calcolo della massa dei gas di scarico in base al flusso di aria e al rapporto aria/carburante. La portata massica istantanea dei gas di scarico $q_{mew,i}$ [kg/s] deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-17):

$$q_{mew,i} = q_{maw,i} \cdot \left(1 + \frac{1}{A/F_{st} \cdot \lambda_i} \right) \quad (\text{A.5-17})$$

con:

$$A/F_{st} = \frac{138,0 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right)}{12,011 + 1,00794 \cdot \alpha + 15,9994 \cdot \varepsilon + 14,0067 \cdot \delta + 32,065 \cdot \gamma} \quad (\text{A.5-18})$$

$$\lambda_i = \frac{\left(100 - \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{2} - c_{HCw} \cdot 10^{-4} \right) + \left(\frac{\alpha}{4} \cdot \frac{1 - \frac{2 \cdot c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot c_{CO2d}} - \frac{\varepsilon}{2} - \frac{\delta}{2}}{1 + \frac{c_{COd} \cdot 10^{-4}}{3,5 \cdot c_{CO2d}}} \right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4})}{4,764 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\varepsilon}{2} + \gamma \right) \cdot (c_{CO2d} + c_{COd} \cdot 10^{-4} + c_{HCw} \cdot 10^{-4})} \quad (\text{A.5-19})$$

dove:

$q_{maw,i}$ = portata massica dell'aria di aspirazione umida [kg/s]

A/F_{st} = rapporto stechiometrico aria/carburante [-]

λ_i = rapporto istantaneo dell'aria in eccesso [-]

c_{COd} = concentrazione di CO nei gas di scarico grezzi su secco [ppm]

c_{CO2d} = concentrazione di CO₂ nei gas di scarico grezzi su secco [% vol]

c_{HCw} = concentrazione di HC nei gas di scarico grezzi su umido [ppm C1]

α = rapporto molare idrogeno/carbonio [-]

δ = rapporto molare azoto/carbonio [-]

ε = rapporto molare ossigeno/carbonio [-]

γ = rapporto atomico zolfo/carbonio [-]

A.1.1.6.4. Metodo dell'equilibrio del carbonio, procedura monofase

La seguente formula monofase illustrata nell'equazione (A.5-20) può essere usata per calcolare la portata massica dei gas di scarico su umido $q_{\text{mew},i}$ [kg/s]:

$$q_{\text{mew},i} = q_{\text{mf},i} \cdot \left[\frac{1,4 \cdot w_{\text{C}}^2}{(1,0828 \cdot w_{\text{C}} + k_{\text{fd}} \cdot f_{\text{C}}) f_{\text{C}}} \left(1 + \frac{H_{\text{a}}}{1000} \right) + 1 \right] \quad (\text{A.5-20})$$

con il fattore carbonio f_{C} [-] dato da:

$$f_{\text{C}} = 0,5441 \cdot (c_{\text{CO2d}} - c_{\text{CO2d,a}}) + \frac{c_{\text{COd}}}{18522} + \frac{c_{\text{HCw}}}{17355} \quad (\text{A.5-21})$$

dove:

$q_{\text{mf},i}$ = portata massica istantanea del carburante [kg/s]

w_{C} = tenore di carbonio nel carburante [% massa] (cfr. equazione A.5-82 del punto A.2.3.3.1. o tabella A.2.1)

H_{a} = umidità dell'aria di aspirazione [g H₂O/kg di aria secca]

k_{fd} = volume addizionale di combustione su secco [m³/kg carburante]

c_{CO2d} = concentrazione di CO₂ secco nei gas di scarico grezzi [%]

$c_{\text{CO2d,a}}$ = concentrazione di CO₂ secco nell'aria ambiente [%]

c_{COd} = concentrazione di CO secco nei gas di scarico grezzi [ppm]

c_{HCw} = concentrazione di HC umidi nei gas di scarico grezzi [ppm]

e fattore k_{fd} [m^3/kg carburante] che si calcola su secco mediante l'equazione (A.5-22) sottraendo da k_f l'acqua formata per combustione:

$$k_{fd} = k_f - 0,11118 \cdot w_H \quad (\text{A.5-22})$$

dove:

k_f = fattore specifico del carburante dell'equazione (A.5-5) [m^3/kg carburante]

w_H = tenore di idrogeno nel carburante [% massa]

A.1.2. Emissioni gassose diluite

A.1.2.1. Massa delle emissioni gassose

La portata massica dei gas di scarico deve essere misurata con un sistema di campionamento a volume costante (CVS) che può utilizzare una pompa volumetrica (PDP), un tubo di Venturi a flusso critico (CFV) o un tubo di Venturi subsonico (SSV).

Per i sistemi con una portata massica costante (vale a dire con scambiatore di calore), la massa degli inquinanti m_{gas} [g/prova] deve essere determinata mediante l'equazione (A.5-23):

$$m_{gas} = k_h \cdot k \cdot u_{gas} \cdot c_{gas} \cdot m_{ed} \quad (\text{A.5-23})$$

dove:

u_{gas} = rapporto tra la densità del componente dei gas di scarico e la densità dell'aria, come indicato alla tabella A.1.2 o calcolato mediante l'equazione (A.5-34) [-]

c_{gas} = concentrazione di fondo media corretta del componente su umido rispettivamente [ppm] o [% vol]

k_h = fattore di correzione degli NO_x [-], da applicare solo al calcolo delle emissioni di NO_x

k = 1 per $c_{gasr,w,i}$ in [ppm], $k = 10000$ for $c_{gasr,w,i}$ in [% vol]

m_{ed} = massa totale dei gas di scarico diluiti nel corso del ciclo [kg/prova]

Per i sistemi con compensazione del flusso (senza scambiatore di calore) la massa degli inquinanti m_{gas} [g/prova] deve essere determinato mediante il calcolo delle emissioni massiche istantanee, l'integrazione e la correzione in funzione del fondo mediante l'equazione (A.5-24):

$$m_{gas} = k_h \cdot k \cdot \left\{ \sum_{i=1}^N [(m_{ed,i} \cdot c_e \cdot u_{gas})] - \left[\left(m_{ed} \cdot c_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \cdot u_{gas} \right) \right] \right\} \quad (\text{A.5-24})$$

dove:

c_e = concentrazione delle emissioni nei gas di scarico diluiti su umido [ppm] o [% vol]

c_d = concentrazione delle emissioni nell'aria di diluizione su umido [ppm] o [% vol]

- $m_{ed,i}$ = massa dei gas di scarico diluiti durante l'intervallo di tempo i [kg]
 m_{ed} = massa totale dei gas di scarico diluiti nel corso del ciclo [kg]
 u_{gas} = valore tabulato dalla tabella A.1.2 [-]
 D = fattore di diluizione [cfr. equazione (A.5-28) di cui al punto A.1.2.2.2] [-]
 k_h = fattore di correzione degli NO_x [-], da applicare solo al calcolo delle emissioni di NO_x
 k = 1 per c in [ppm], $k = 10000$ per c in [% vol]

Le concentrazioni c_{gas} , c_e e c_d possono essere valori misurati in un lotto campionato (metodo del sacco, il quale tuttavia non è consentito per NO_x e HC) oppure devono essere medie calcolate mediante integrazione da misurazioni continue. Inoltre $m_{ed,i}$ deve essere una media calcolata mediante integrazione nel ciclo di prova.

Le seguenti equazioni mostrano come devono essere calcolate le quantità necessarie (c_e , u_{gas} e m_{ed}).

A.1.2.2. Conversione della concentrazione da secco a umido

Tutte le concentrazioni di cui al punto A.1.2.1 misurate su secco devono essere convertite nel valore su umido mediante l'equazione (A.5-3).

A.1.2.2.1. Gas di scarico diluiti

Le concentrazioni su secco devono essere convertite in concentrazioni su umido mediante una delle seguenti due equazioni [(A.5-25) o (A.5-26)] applicata all'equazione:

$$k_{w,e} = \left[\left(1 - \frac{\alpha \cdot c_{CO2w}}{200} \right) - k_{w2} \right] \cdot 1.008 \quad (A.5-25)$$

oppure

$$k_{w,e} = \left(\frac{(1 - k_{w2})}{1 + \frac{\alpha \cdot c_{CO2d}}{200}} \right) \cdot 1.008 \quad (A.5-26)$$

dove:

- α = rapporto molare idrogeno/carbonio del carburante [-]
 c_{CO2w} = concentrazione di CO_2 nei gas di scarico diluiti su umido [% vol]
 c_{CO2d} = concentrazione di CO_2 nel gas di scarico grezzi su secco [% vol]

Il fattore di correzione da secco a umido k_{w2} tiene conto del tenore di acqua sia nell'aria di aspirazione che in quella di diluizione e deve essere calcolato mediante l'equazione (A.5-27):

$$k_{w2} = \frac{1,608 \cdot \left[H_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D} \right) \right]}{1000 + \left\{ 1,608 \cdot \left[H_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \cdot \left(\frac{1}{D} \right) \right] \right\}} \quad (A.5-27)$$

dove:

H_a = umidità dell'aria di aspirazione [g H₂O/kg di aria secca]

H_d = umidità dell'aria di diluizione [g H₂O/kg di aria secca]

D = fattore di diluizione [cfr. equazione (A.5-28) di cui al punto A.1.2.2.2] [-]

A.1.2.2.2. Fattore di diluizione

Il fattore di diluizione D [-] (che è necessario per la correzione in funzione del fondo e il calcolo di k_{w2}) deve essere calcolato mediante l'equazione (A.5-28):

$$D = \frac{F_S}{c_{CO_2,e} + (c_{HC,e} + c_{CO,e}) \cdot 10^{-4}} \quad (\text{A.5-28})$$

dove:

F_S = fattore stechiometrico [-]

$c_{CO_2,e}$ = concentrazione di CO₂ nei gas di scarico diluiti su umido [% vol]

$c_{HC,e}$ = concentrazione di HC nei gas di scarico diluiti su umido [ppm C1]

$c_{CO,e}$ = concentrazione di CO nei gas di scarico diluiti su umido [ppm]

Il fattore stechiometrico del motore deve essere calcolato mediante l'equazione (A.5-29):

$$F_S = 100 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3,76 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4}\right)} \quad (\text{A.5-29})$$

dove:

α = rapporto molare idrogeno/carbonio nel carburante [-]

In alternativa, se la composizione del carburante non è nota, è possibile usare i seguenti fattori stechiometrici:

$F_S(\text{diesel}) = 13,4$

$F_S(\text{GPL}) = 11,6$

$F_S(\text{GN}) = 9,5$

$F_S(\text{E10}) = 13,3$

$F_S(\text{E85}) = 11,5$

Se il flusso dei gas di scarico è misurato direttamente, il fattore di diluizione D [-] può essere calcolato mediante l'equazione (A.5-30):

$$D = \frac{q_{VCVS}}{q_{Vew}} \quad (\text{A.5-30})$$

dove:

q_{VCVS} = portata volumetrica dei gas di scarico diluiti [m^3/s]

q_{Vew} = portata volumetrica dei gas di scarico grezzi [m^3/s]

A.1.2.2.3. Aria di diluizione

$$k_{w,d} = (1 - k_{w3}) \cdot 1,008 \quad (\text{A.5-31})$$

con

$$k_{w3} = \frac{1,608 \cdot H_d}{1000 + 1,608 \cdot H_d} \quad (\text{A.5-32})$$

dove:

H_d = umidità dell'aria di diluizione [g H_2O /kg di aria secca]

A.1.2.2.4. Determinazione della concentrazione corretta del fondo

La concentrazione media di fondo degli inquinanti gassosi nell'aria di diluizione deve essere sottratta dalle concentrazioni misurate al fine di ottenere le concentrazioni nette degli inquinanti. I valori medi delle concentrazioni di fondo possono essere determinati mediante il metodo del sacco di campionamento oppure mediante misurazione continua con integrazione. Deve essere usata l'equazione (A.5-33):

$$c_{\text{gas}} = c_{\text{gas,e}} - c_d \cdot \left(1 - \frac{1}{D}\right) \quad (\text{A.5-33})$$

dove:

c_{gas} = concentrazione netta dell'inquinante gassoso [ppm] o [% vol]

$c_{\text{gas,e}}$ = concentrazione delle emissioni nei gas di scarico diluiti su umido [ppm] o [% vol]

c_d = concentrazione delle emissioni nell'aria di diluizione su umido [ppm] o [% vol]

D = fattore di diluizione [cfr. equazione (A.5-28) di cui al punto A.1.2.2.2] [-]

A.1.2.3. Fattore specifico del componente u

Il fattore specifico del componente u_{gas} dei gas diluiti può essere calcolato con l'equazione (A.5-34) oppure essere ripreso dalla tabella A.1.2; nella tabella A.1.2 si presume che la densità dei gas di scarico diluiti sia uguale alla densità dell'aria.

$$u = \frac{M_{\text{gas}}}{M_{\text{d,w}} \cdot 1\,000} = \frac{M_{\text{gas}}}{\left[M_{\text{da,w}} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] + M_{\text{r,w}} \cdot \left(\frac{1}{D} \right) \cdot 1\,000} \quad (\text{A.5-34})$$

dove:

M_{gas} = massa molare del componente del gas [g/mol]

$M_{\text{d,w}}$ = massa molare dei gas di scarico diluiti [g/mol]

$M_{\text{da,w}}$ = massa molare dell'aria di diluizione [g/mol] [cfr. equazione (A.5-144) di cui al punto A.2.9.3]

$M_{\text{r,w}}$ = massa molare dei gas di scarico grezzi [g/mol] (cfr. allegato 5, appendice A.5, punto A.5.5)

D = fattore di diluizione [cfr. equazione (A.5-28) di cui al punto A.1.2.2.2] [-]

Tabella A.1.2

Valori di u dei gas di scarico diluiti (per la concentrazione delle emissioni espressa in ppm) e densità dei componenti

Carburante	r_e	Gas					
		NO _x	CO	HC	CO ₂	O ₂	CH ₄
		ρ_{gas} [kg/m ³]					
		2,053	1,250	(^a)	1,9636	1,4277	0,716
		$u_{\text{gas}}^{(b)}$					
Diesel (gasolio destinato alle macchine non stradali)	1,2943	0,001586	0,000966	0,000482	0,001517	0,001103	0,000553
Etanolo destinato a specifici motori ad accensione spontanea (ED95)	1,2768	0,001609	0,000980	0,000780	0,001539	0,001119	0,000561
Gas naturale / biometano (^c)	1,2661	0,001621	0,000987	0,000528(^d)	0,001551	0,001128	0,000565
Propano	1,2805	0,001603	0,000976	0,000512	0,001533	0,001115	0,000559
Butano	1,2832	0,001600	0,000974	0,000505	0,001530	0,001113	0,000558
GPL (^e)	1,2811	0,001602	0,000976	0,000510	0,001533	0,001115	0,000559
Benzina (E10)	1,2931	0,001587	0,000966	0,000499	0,001518	0,001104	0,000553
Etanolo (E85)	1,2797	0,001604	0,000977	0,000730	0,001534	0,001116	0,000559

(^a) A seconda del carburante

(^b) A1 = 2, aria secca, 273 K, 101,3 kPa

(^c) u accurato entro lo 0,2 % per una composizione di massa di: C = 66 - 76 %; H = 22 - 25 %; N = 0 - 12 %

(^d) NMHC sulla base di CH_{2,93} (per gli HC totali deve essere usato il coefficiente u_{gas} di CH₄)

(^e) u accurato entro lo 0,2 % per una composizione di massa di: C3 = 70 - 90 %; C4 = 10 - 30 %

A.1.2.4. Calcolo della portata massica dei gas di scarico

A.1.2.4.1. Sistema PDP-CVS

La massa dei gas di scarico diluiti [kg/prova] nel corso del ciclo deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-35), avendo cura di mantenere la temperatura dei gas di scarico diluiti m_{ed} entro un limite di ± 6 K su tutto il ciclo utilizzando uno scambiatore di calore:

$$m_{ed} = 1,293 \cdot V_0 \cdot n_p \cdot \frac{p_p}{101,325} \cdot \frac{273,15}{T} \quad (\text{A.5-35})$$

dove:

- V_0 = volume di gas pompato per giro nelle condizioni di prova [m³/giro]
 n_p = giri totali della pompa per prova [giri/prova]
 $\frac{p_p}{T}$ = pressione assoluta all'ingresso della pompa [kPa]
 = temperatura media dei gas di scarico diluiti all'ingresso della pompa [K]
 $1,293 \text{ kg/m}^3$ = densità dell'aria a 273,15 K e 101,325 kPa

Se viene usato un sistema con compensazione del flusso (vale a dire senza scambiatore di calore), la massa dei gas di scarico diluiti $m_{ed,i}$ [kg] nell'intervallo di tempo deve essere calcolata con l'equazione (A.5-36):

$$m_{ed,i} = 1,293 \cdot V_0 \cdot n_{p,i} \cdot \frac{p_p}{101,325} \cdot \frac{273,15}{T} \quad (\text{A.5-36})$$

dove:

- V_0 = volume di gas pompato per giro nelle condizioni di prova [m³/giro]
 p_p = pressione assoluta all'ingresso della pompa [kPa]
 $\frac{n_{p,i}}{T}$ = giri totali della pompa per intervallo di tempo i [rev/ Δt]
 = temperatura media dei gas di scarico diluiti all'ingresso della pompa [K]
 $1,293 \text{ kg/m}^3$ = densità dell'aria a 273,15 K e 101,325 kPa

A.1.2.4.2. Sistema CFV-CVS

La portata massica m_{ed} [g/prova] nel corso del ciclo deve essere calcolata con l'equazione (A.5-37), avendo cura di mantenere la temperatura dei gas di scarico entro un limite di ± 11 K su tutto il ciclo utilizzando uno scambiatore di calore:

$$m_{ed} = \frac{1,293 \cdot t \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0,5}} \quad (\text{A.5-37})$$

dove:

- t = durata del ciclo [s]
 K_V = coefficiente di taratura del tubo di Venturi a flusso critico per le condizioni standard [($\sqrt{\text{K}} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}$)/kg]

p_p = pressione assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [kPa]

T = temperatura assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [K]

$1,293 \text{ kg/m}^3$ = densità dell'aria a 273,15 K e 101,325 kPa

Se viene usato un sistema con compensazione del flusso (vale a dire senza scambiatore di calore), la massa dei gas di scarico diluiti $m_{ed,i}$ [kg] nell'intervallo di tempo deve essere calcolata con l'equazione (A.5-38):

$$m_{ed,i} = \frac{1,293 \cdot \Delta t_i \cdot K_V \cdot p_p}{T^{0,5}} \quad (\text{A.5-38})$$

dove:

Δt_i = intervallo di tempo della prova [s]

K_V = coefficiente di taratura del tubo di Venturi a flusso critico per le condizioni standard $\left[\left(\sqrt{\text{K}} \cdot \text{m}^4 \cdot \text{s} \right) / \text{kg} \right]$

p_p = pressione assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [kPa]

T = temperatura assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [K]

$1,293 \text{ kg/m}^3$ = densità dell'aria a 273,15 K e 101,325 kPa

A.1.2.4.3. Sistema SSV-CVS

La massa dei gas di scarico diluiti m_{ed} [kg/prova] nel corso del ciclo deve essere calcolata con l'equazione (A.5-39), avendo cura di mantenere la temperatura dei gas di scarico entro un limite di ± 11 K su tutto il ciclo utilizzando uno scambiatore di calore:

$$m_{ed} = 1,293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t \quad (\text{A.5-39})$$

dove:

$1,293 \text{ kg/m}^3$ = densità dell'aria a 273,15 K e 101,325 kPa

Δt = durata del ciclo [s]

q_{VSSV} = portata d'aria in condizioni normali (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

con

$$q_{VSSV} = \frac{A_0}{60} d_v^2 C_d P_p \sqrt{\left[\frac{1}{T} \left(r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143} \right) \cdot \left(\frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1,4286}} \right) \right]} \quad (\text{A.5-40})$$

dove:

$$A_0 = \text{raccolta di costanti e conversioni di unità} = 0,0056940 \left[\frac{\text{m}^3 \cdot \text{K}^{\frac{1}{2}}}{\text{min} \cdot \text{kPa} \cdot \text{mm}^2} \right]$$

d_V = diametro della gola dell'SSV [mm]

C_d = coefficiente di efflusso dell'SSV [-]

p_p = pressione assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [kPa]

$T_{in,V}$ = temperatura all'ingresso del tubo di Venturi [K]

r_p = rapporto tra la gola dell'SSV e la pressione statica assoluta all'ingresso, $\left(1 - \frac{\Delta p}{p_s}\right)^{-1}$ [-]

r_D = rapporto tra il diametro della gola dell'SSV e il diametro interno del condotto d'ingresso $\frac{d}{D}$ [-]

Se viene usato un sistema con compensazione del flusso (vale a dire senza scambiatore di calore), la massa dei gas di scarico diluiti $m_{ed,i}$ [kg] nell'intervallo di tempo deve essere calcolata con l'equazione (A.5-41):

$$m_{ed,i} = 1,293 \cdot q_{VSSV} \cdot \Delta t_i \quad (\text{A.5-41})$$

dove:

$1,293 \text{ kg/m}^3$ = densità dell'aria a 273,15 K e 101,325 kPa

Δt_i = intervallo di tempo [s]

q_{VSSV} = portata volumetrica dell'SSV [m^3/s]

A.1.3. Calcolo delle emissioni di particolato

A.1.3.1. Cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e modali con rampe di transizione

La massa del particolato deve essere calcolata dopo la correzione in funzione della galleggiabilità della massa del campione di particolato conformemente all'allegato 4, punto 8.1.12.2.5.

A.1.3.1.1. Sistema di diluizione a flusso parziale

A.1.3.1.1.1. Calcolo basato sul rapporto di campionamento

Le emissioni di particolato nel corso del ciclo m_{PM} [g] devono essere calcolate mediante l'equazione (A.5-42):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{r_s \cdot 1000} \quad (\text{A.5-42})$$

dove:

m_f = massa del campione di particolato prelevato nel corso del ciclo [mg]

r_s = rapporto medio di campionamento su tutto il ciclo di prova [-]

con:

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \cdot \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \quad (\text{A.5-43})$$

dove:

m_{se} = massa del campione di gas di scarico grezzi nel corso ciclo [kg]

m_{ew} = massa totale dei gas di scarico grezzi nel ciclo [kg]

m_{sep} = massa dei gas di scarico diluiti che passano attraverso i filtri di raccolta del particolato [kg]

m_{sed} = massa dei gas di scarico diluiti che passano attraverso il tunnel di diluizione [kg]

Nel caso di un sistema di campionamento totale m_{sep} e m_{sed} sono identici.

A.1.3.1.1.2. Calcolo basato sul rapporto di diluizione

Le emissioni di particolato nel corso del ciclo m_{PM} [g] devono essere calcolate mediante l'equazione (A.5-44):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{edf}}{1000} \quad (\text{A.5-44})$$

dove:

m_f = massa del campione di particolato prelevato nel corso del ciclo [mg]

m_{sep} = massa dei gas di scarico diluiti che passano attraverso i filtri di raccolta del particolato [kg]

m_{edf} = massa dei gas di scarico diluiti equivalenti nel corso del ciclo [kg]

La massa totale dei gas di scarico diluiti equivalenti nel corso del ciclo m_{edf} [kg] deve essere determinata mediante l'equazione (A.5-45):

$$m_{edf} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^N q_{medf,i} \quad (\text{A.5-45})$$

con:

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \cdot r_{d,i} \quad (\text{A.5-46})$$

$$r_{d,i} = \frac{q_{mdew,i}}{q_{mdew,i} - q_{mdw,i}} \quad (\text{A.5-47})$$

dove:

$q_{medf,i}$ = portata massica istantanea dei gas di scarico diluiti equivalenti [kg/s]

$q_{mew,i}$ = portata massica istantanea dei gas di scarico su umido [kg/s]

$r_{d,i}$ = rapporto di diluizione istantaneo [-]

$q_{mdew,i}$ = portata massica istantanea dei gas di scarico diluiti su umido [kg/s]

$q_{mdw,i}$ = portata massica istantanea dell'aria di diluizione [kg/s]

f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]

N = numero di misurazioni [-]

A.1.3.1.2. Sistema di diluizione a flusso totale

Le emissioni massiche devono essere calcolate mediante l'equazione (A.5-48):

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \frac{m_{ed}}{1000} \quad (\text{A.5-48})$$

dove:

m_f = massa del campione di particolato prelevato nel corso del ciclo [mg]

m_{sep} = massa dei gas di scarico diluiti che passano attraverso i filtri di raccolta del particolato [kg]

m_{ed} = massa dei gas di scarico diluiti nel corso del ciclo [kg]

con

$$m_{sep} = m_{set} - m_{ssd} \quad (\text{A.5-49})$$

dove:

m_{set} = massa dei gas di scarico sottoposti a doppia diluizione attraverso il filtro antiparticolato [kg]

m_{ssd} = massa dell'aria di diluizione secondaria [kg]

A.1.3.1.2.1. Correzione in funzione del fondo

La massa del particolato $m_{PM,c}$ [g] può essere corretta in funzione del fondo con l'equazione (A.5-50):

$$m_{PM,c} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_b}{m_{sd}} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot \frac{m_{ed}}{1000} \quad (\text{A.5-50})$$

dove:

m_f = massa del campione di particolato prelevato nel corso del ciclo [mg]

m_{sep} = massa dei gas di scarico diluiti che passano attraverso i filtri di raccolta del particolato [kg]

m_{sd} = massa dell'aria di diluizione campionata mediante il campionatore del particolato di fondo [kg]

m_b = massa delle particelle di fondo raccolte nell'aria di diluizione [mg]

m_{ed} = massa dei gas di scarico diluiti nel corso del ciclo [kg]

D = fattore di diluizione [cfr. equazione (A.5-28) di cui al punto A.1.2.2.2] [-]

A.1.3.2. Calcolo per i cicli stazionari in modalità discreta

A.1.3.2.1. Sistema di diluizione

Tutti i calcoli devono essere basati sui valori medi delle singole modalità i durante il periodo di campionamento.

a) Per la diluizione a flusso parziale, la portata massica equivalente dei gas di scarico diluiti deve essere determinata mediante l'equazione (A.5-51) e il sistema con misurazione del flusso illustrato nell'allegato 4, figura A.4-6:

$$q_{medf} = q_{mew} \cdot r_d \quad (A.5-51)$$

$$r_d = \frac{q_{mdew}}{q_{mdew} - q_{mdw}} \quad (A.5-52)$$

dove:

q_{medf} = portata massica dei gas di scarico diluiti equivalenti [kg/s]

q_{mew} = portata massica dei gas di scarico su umido [kg/s]

r_d = rapporto di diluizione [-]

q_{mdew} = portata massica dei gas di scarico diluiti su umido [kg/s]

q_{mdw} = portata massica dell'aria di diluizione [kg/s]

b) Per i sistemi di diluizione a flusso totale q_{mdew} è usato come q_{medf} .

A.1.3.2.2. Calcolo della portata massica del particolato

La portata delle emissioni di particolato nel corso del ciclo q_{mPM} [g/h] deve essere calcolata mediante le equazioni (A.5-53), (A.5-56), (A.5-57) o (A.5-58):

a) per il metodo a filtro unico

$$q_{mPM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \cdot \overline{q_{medf}} \cdot \frac{3600}{1000} \quad (\text{A.5-53})$$

$$\overline{q_{medf}} = \sum_{i=1}^N q_{medfi} \cdot WF_i \quad (\text{A.5-54})$$

$$m_{sep} = \sum_{i=1}^N m_{sepi} \quad (\text{A.5-55})$$

dove:

q_{mPM} = portata massica del particolato [g/h]

m_f = massa del campione di particolato prelevato nel corso del ciclo [mg]

$\overline{q_{medf}}$ = portata massica media dei gas di scarico diluiti equivalenti su umido [kg/s]

q_{medfi} = portata massica dei gas di scarico diluiti equivalenti su umido in modalità i [kg/s]

WF_i = fattore di ponderazione per la modalità i [-]

m_{sep} = massa dei gas di scarico diluiti che passano attraverso i filtri di raccolta del particolato [kg]

m_{sepi} = massa del campione di gas di scarico diluito passato attraverso il filtro di campionamento del particolato in modalità i [kg]

N = numero di misurazioni [-]

b) per il metodo a filtri multipli

$$q_{mPMi} = \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} \cdot q_{medfi} \cdot \frac{3600}{1000} \quad (\text{A.5-56})$$

dove:

q_{mPMi} = portata massica del particolato in modalità i [g/h]

m_{fi} = massa del campione di particolato raccolto nella modalità i [mg]

q_{medfi} = portata massica dei gas di scarico diluiti equivalenti su umido in modalità i [kg/s]

m_{sepi} = massa del campione di gas di scarico diluito passato attraverso il filtro di campionamento del particolato in modalità i [kg]

La massa del particolato è determinata in tutto il ciclo di prova sommando i valori medi delle singole modalità i durante il periodo di campionamento.

La portata massica del particolato q_{mPM} [g/h] o q_{mPMi} [g/h] può essere corretta in funzione del fondo nel modo seguente:

c) per il metodo a filtro unico

$$q_{mPM} = \left\{ \frac{m_f}{m_{sep}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \sum_{i=1}^N \left(1 - \frac{1}{D_i} \right) \cdot WF_i \right] \right\} \cdot q_{medf} \cdot \frac{3600}{1000} \quad (\text{A.5-57})$$

dove:

q_{mPM} = portata massica del particolato [g/h]

m_f = massa del campione di particolato raccolto [mg]

m_{sep} = massa del campione di gas di scarico diluito passato attraverso il filtro di campionamento del particolato [kg]

$m_{f,d}$ = massa del campione di particolato raccolto nell'aria di diluizione [mg]

m_d = massa del campione di aria di diluizione passato attraverso i filtri di campionamento del particolato [kg]

D_i = fattore di diluizione in modalità i [cfr. equazione (A.5-28) di cui al punto A.1.2.2.2] [-]

WF_i = fattore di ponderazione per la modalità i [-]

q_{medf} = portata massica media dei gas di scarico diluiti equivalenti su umido [kg/s]

d) per il metodo a filtri multipli

$$q_{mPMi} = \left\{ \frac{m_{fi}}{m_{sepi}} - \left[\frac{m_{f,d}}{m_d} \cdot \left(1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \cdot q_{medfi} \cdot \frac{3600}{1000} \quad (\text{A.5-58})$$

dove:

q_{mPMi} = portata massica del particolato in modalità i [g/h]

m_{fi} = massa del campione di particolato raccolto nella modalità i [mg]

m_{sepi} = massa del campione di gas di scarico diluito passato attraverso il filtro di campionamento del particolato in modalità i [kg]

$m_{f,d}$ = massa del campione di particolato raccolto nell'aria di diluizione [mg]

m_d = massa del campione di aria di diluizione passato attraverso i filtri di campionamento del particolato [kg]

D = fattore di diluizione [cfr. equazione (A.5-28) di cui al punto A.1.2.2.2] [-]

q_{medfi} = portata massica dei gas di scarico diluiti equivalenti su umido in modalità i [kg/s]

Se si effettua più di una misurazione, $m_{f,d}/m_d$ deve essere sostituito con $\overline{m_{f,d}/m_d}$.

A.1.4. Lavoro nel ciclo ed emissioni specifiche

A.1.4.1. Emissioni gassose

A.1.4.1.1. Cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e modali con rampe di transizione (RMC)

Si fa riferimento ai punti A.1.1 e A.1.2 rispettivamente per i gas di scarico grezzi e diluiti. I valori risultanti per la potenza P [kW] devono essere integrati in un intervallo di prova. Il lavoro totale W_{act} [kWh] è calcolato mediante l'equazione (A.5-59):

$$W_{act} = \sum_{i=1}^N P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{1}{10^3} \frac{2 \cdot \pi}{60} \sum_{i=1}^N (n_i \cdot T_i) \quad (\text{A.5-59})$$

dove:

- P_i = potenza istantanea del motore [kW]
- Δt_i = intervallo di misurazione [s]
- n_i = regime istantaneo del motore [giri/min]
- T_i = coppia istantanea del motore [Nm]
- W_{act} = lavoro effettivo nel ciclo [kWh]
- f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]
- N = numero di misurazioni [-]

Se tali dispositivi ausiliari sono stati installati conformemente all'allegato 4, appendice A.2, non deve essere effettuato alcun aggiustamento della coppia istantanea del motore nell'equazione (A.5-59). Se, conformemente all'allegato 4, punti 6.3.2 o 6.3.3, del presente regolamento non sono stati installati dispositivi ausiliari che avrebbero dovuto essere montati per la prova oppure sono rimasti installati dispositivi ausiliari che avrebbero dovuto essere rimossi per la prova, il valore di T_i usato nell'equazione (A.5-59) deve essere corretto mediante l'equazione (A.5-60):

$$T_i = T_{i,meas} + T_{i,AUX} \quad (\text{A.5-60})$$

dove:

- $T_{i,meas}$ = valore misurato della coppia istantanea del motore
- $T_{i,AUX}$ = valore corrispondente della coppia richiesto per far funzionare i dispositivi ausiliari determinato conformemente all'allegato 4, equazione (A.4-18), del presente regolamento.

Le emissioni specifiche e_{gas} [g/kWh] devono essere calcolate nei modi seguenti, secondo il tipo di ciclo di prova.

$$e_{gas} = \frac{m_{gas}}{W_{act}} \quad (\text{A.5-61})$$

dove:

- m_{gas} = massa totale delle emissioni [g/prova]
- W_{act} = lavoro nel ciclo [kWh]

Nel caso del ciclo NRTC, per le emissioni gassose diverse dal CO₂, il risultato finale della prova e_{gas} [g/kWh] deve essere una media ponderata tra la prova con avviamento a freddo e la prova con avviamento a caldo mediante l'equazione (A.5-62):

$$e_{\text{gas}} = \frac{(0,1 \cdot m_{\text{cold}}) + (0,9 \cdot m_{\text{hot}})}{(0,1 \cdot W_{\text{act,cold}}) + (0,9 \cdot W_{\text{act,hot}})} \quad (\text{A.5-62})$$

dove:

m_{cold} = emissioni massiche del ciclo di prova NRTC con avviamento a freddo [g]

$W_{\text{act,cold}}$ = ciclo di lavoro effettivo del ciclo di prova NRTC con avviamento a freddo [kWh]

m_{hot} = emissioni massiche del ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo [g]

$W_{\text{act,hot}}$ = ciclo di lavoro effettivo del ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo [kWh]

Nel caso del ciclo di prova NRTC, per il CO₂, il risultato finale della prova e_{CO_2} [g/kWh] deve essere calcolato in base alla prova con avviamento a caldo mediante l'equazione (A.5-63):

$$e_{\text{CO}_2,\text{hot}} = \frac{m_{\text{CO}_2,\text{hot}}}{W_{\text{act,hot}}} \quad (\text{A.5-63})$$

dove:

$m_{\text{CO}_2,\text{hot}}$ = emissioni massiche di CO₂ del ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo [g]

$W_{\text{act,hot}}$ = ciclo di lavoro effettivo del ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo [kWh]

A.1.4.1.2. NRSC in modalità discreta

Le emissioni specifiche e_{gas} [g/kWh] si calcolano mediante l'equazione (A.5-64):

$$e_{\text{gas}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{mode}}} (q_{\text{mgas},i} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{\text{mode}}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (\text{A.5-64})$$

dove:

$q_{\text{mgas},i}$ = portata massica media delle emissioni in modalità i [g/h]

P_i = potenza del motore in modalità i [kW] calcolata sommando alla potenza misurata P_{meas} [kW] la potenza necessaria per far funzionare i dispositivi ausiliari P_{AUX} [kW], determinata conformemente all'equazione (A.4-8) dell'allegato 4. ($P_i = P_{\text{meas}} + P_{\text{AUX}}$)

WF_i = fattore di ponderazione per la modalità i [-]

N_{mode} = numero di modalità nella prova NRSC in modalità discreta applicabile

A.1.4.2. Emissioni di particolato

A.1.4.2.1. Cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e modali con rampe di transizione (RMC)

Le emissioni specifiche di particolato devono essere calcolate mediante l'equazione (A.5-61), dove e_{gas} [g/kWh] e m_{gas} [g/prova] sono sostituiti rispettivamente da e_{PM} [g/kWh] e m_{PM} [g/test]:

$$e_{\text{PM}} = \frac{m_{\text{PM}}}{W_{\text{act}}} \quad (\text{A.5-65})$$

dove:

m_{PM} = massa totale delle emissioni di particelle, calcolata conformemente al punto A.1.3.1.1 o A.1.3.1.2 [g/prova]

W_{act} = lavoro nel ciclo [kWh]

Le emissioni nel ciclo composito transitorio (vale a dire con fase fredda e fase calda) devono essere calcolate secondo il punto A.1.4.1.1.

A.1.4.2.2. NRSC in modalità discreta

Le emissioni specifiche di particolato e_{PM} [g/kWh] devono essere calcolate mediante l'equazione (A.5-66) o (A.5-67):

a) per il metodo a filtro unico

$$e_{\text{PM}} = \frac{q_{\text{mPM}}}{\sum_{i=1}^{N_{\text{mode}}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (\text{A.5-66})$$

dove:

P_i = potenza del motore in modalità i [kW] calcolata sommando alla potenza misurata P_{meas} [kW] la potenza necessaria per far funzionare i dispositivi ausiliari P_{AUX} [kW] determinata conformemente all'equazione (A.4-8) dell'allegato 4. ($P_i = P_{\text{meas}} + P_{\text{AUX}}$)

WF_i = fattore di ponderazione per la modalità i [-]

q_{mPM} = portata massica del particolato [g/h]

N_{mode} = numero di modalità nella prova NRSC in modalità discreta applicabile

b) per il metodo a filtri multipli

$$e_{\text{PM}} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{\text{mode}}} (q_{\text{mPM}i} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{\text{mode}}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (\text{A.5-67})$$

dove:

P_i = potenza del motore in modalità i [kW] calcolata sommando alla potenza misurata P_{meas} [kW] la potenza necessaria per far funzionare i dispositivi ausiliari P_{AUX} [kW], determinata conformemente all'equazione (A.4-8) dell'allegato 4. ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = fattore di ponderazione per la modalità i [-]

q_{mPMi} = portata massica del particolato in modalità i [g/h]

N_{mode} = numero di modalità nella prova NRSC in modalità discreta applicabile

Per il metodo a filtro unico il fattore di ponderazione effettivo, WF_{ei} , deve essere calcolato per ciascuna modalità mediante l'equazione (A.5-68):

$$WF_{ei} = \frac{m_{sepi} \cdot q_{medf}}{m_{sep} \cdot q_{medfi}} \quad (A.5-68)$$

dove:

m_{sepi} = massa del campione di gas di scarico diluiti passato attraverso il filtro di campionamento del particolato in modalità i [kg]

q_{medf} = portata massica equivalente media dei gas di scarico diluiti [kg/s]

q_{medfi} = portata massica equivalente dei gas di scarico diluiti in modalità i [kg/s]

m_{sep} = massa del campione di gas di scarico diluito passato attraverso i filtri di campionamento del particolato [kg]

I valori dei fattori di ponderazione effettivi devono corrispondere, con un'approssimazione di $\pm 0,005$ (valore assoluto), ai fattori di ponderazione elencati nell'allegato 4, appendice A.6.

A.1.4.3. Aggiustamento per i sistemi di controllo delle emissioni che si rigenerano a intervalli (periodici) non frequenti

In caso di motori dotati di sistemi di post-trattamento dei gas di scarico che si rigenerano a intervalli (periodici) non frequenti (cfr. allegato 4, punto 6.6.2), le emissioni specifiche di inquinanti gassosi e di particolato inquinante calcolate conformemente ai punti A.1.4.1 e A.1.4.2 devono essere corrette con il fattore di aggiustamento moltiplicativo o additivo applicabile. Nel caso la rigenerazione non frequente non si sia verificata durante la prova, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso l'alto ($k_{ru,m}$ o $k_{ru,a}$). Nel caso la rigenerazione non frequente si sia verificata durante la prova, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso il basso ($k_{rd,m}$ o $k_{rd,a}$). Nel caso dei cicli in modalità discreta, se sono stati determinati fattori di aggiustamento per ciascuna modalità, essi devono essere applicati a ciascuna modalità nel calcolo del risultato di emissione ponderato.

A.1.4.4. Aggiustamento per il fattore di deterioramento

Le emissioni specifiche di inquinanti gassosi e di particolato inquinante calcolate conformemente ai punti A.1.4.1 e A.1.4.2, se del caso applicando il fattore di aggiustamento della rigenerazione periodica non frequente a norma del punto A.1.4.3, devono essere inoltre corrette con il fattore di deterioramento moltiplicativo o additivo applicabile stabilito conformemente ai requisiti dell'allegato 8.

A.1.5. Taratura del gas di scarico diluito (CVS) e relativi calcoli

Il sistema CVS deve essere tarato utilizzando un flussometro accurato e un dispositivo di limitazione del flusso. Il flusso che attraversa il sistema deve essere misurato con diverse impostazioni di limitazione e i parametri di controllo del sistema devono essere misurati e messi in relazione al flusso.

Possono essere usati vari tipi di flussometro, ad esempio un tubo di Venturi tarato, un flussometro laminare tarato o un flussometro a turbina tarato.

A.1.5.1. Pompa volumetrica (PDP)

Tutti i parametri relativi alla pompa devono essere misurati contemporaneamente ai parametri relativi a un tubo di Venturi di taratura collegato in serie con la pompa. La portata calcolata (in m³/s all'ingresso della pompa, con pressione e temperatura assolute) deve essere confrontata su un grafico con la funzione di correlazione, che è il valore di una combinazione specifica di parametri della pompa. Si deve quindi determinare l'equazione lineare che mette in relazione la mandata della pompa e la funzione di correlazione. Se un CVS è dotato di azionamento a velocità multiple, la taratura deve essere eseguita per ogni intervallo usato.

Durante la taratura la temperatura deve essere mantenuta stabile.

Le perdite in tutti i raccordi e condotti tra il tubo di Venturi di taratura e la pompa del CVS non devono superare lo 0,3 % del punto di flusso più basso (regolazione massima del limitatore e velocità più bassa della PDP).

La portata dell'aria (q_{VCVS}) in corrispondenza di ciascuna impostazione di limitazione (minimo 6 punti) deve essere calcolata in m³/s standard in base ai dati del flussometro usando il metodo prescritto dal costruttore. In seguito la portata dell'aria deve essere convertita in flusso della pompa (V_0) in m³/giro alla temperatura e alla pressione assolute all'ingresso della pompa con l'equazione (A.5-69):

$$V_0 = \frac{q_{VCVS}}{n} \cdot \frac{T}{273,15} \cdot \frac{101,325}{p_p} \quad (\text{A.5-69})$$

dove:

q_{VCVS} = portata dell'aria in condizioni standard (101,325 kPa, 273,15 K) [m³/s]

T = temperatura all'ingresso della pompa [K]

p_p = pressione assoluta all'ingresso della pompa [kPa]

n = velocità della pompa [giri/s]

Per tenere conto dell'interazione tra le variazioni di pressione alla pompa e il grado di scorrimento della pompa, la funzione di correlazione (X_0) [s/giro] tra la velocità della pompa, il differenziale di pressione tra l'ingresso e l'uscita della pompa e la pressione assoluta all'uscita della pompa deve essere calcolato mediante l'equazione (A.5-70):

$$X_0 = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_p}} \quad (\text{A.5-70})$$

dove:

Δp_p = pressione di mandata assoluta all'uscita della pompa [kPa]

p_p = pressione di mandata assoluta all'uscita della pompa [kPa]

n = velocità della pompa [giri/s]

I valori di taratura devono essere ricavati con il metodo dei minimi quadrati lineari mediante l'equazione (A.5-71):

$$V_0 = D_0 - m \cdot X_0 \quad (\text{A.5-71})$$

con D_0 [m^3/rev] e m [m^3/s], rispettivamente intercetta e coefficiente angolare, che descrivono la linea di regressione.

Per un sistema CVS con velocità multiple, le curve di taratura generate per i vari intervalli di mandata della pompa devono essere approssimativamente parallele e i valori dell'intercetta (D_0) devono crescere al ridursi dell'intervallo di mandata della pompa.

I valori calcolati in base all'equazione devono rientrare in un intervallo di $\pm 0,5\%$ del valore misurato di V_0 . I valori di m varieranno da pompa a pompa. L'ingresso di particolato provoca nel tempo una riduzione dello scorrimento della pompa che si riflette in valori di m più bassi. Pertanto, dopo interventi di manutenzione importanti, la taratura deve essere effettuata all'avviamento della pompa e se la verifica complessiva del sistema indica una variazione del grado di scorrimento.

A.1.5.2. Tubo di Venturi a flusso critico (CFV)

La taratura del CFV è basata sull'equazione di flusso per un tubo di Venturi a flusso critico. Il flusso del gas è una funzione della pressione e della temperatura di ingresso del tubo di Venturi.

Per determinare l'intervallo del flusso critico, K_V deve essere tracciato come funzione della pressione all'ingresso del tubo di Venturi. In presenza di un flusso critico (strozzato), K_V avrà un valore relativamente costante. Al diminuire della pressione (aumento del vuoto), cessa lo strozzamento del tubo di Venturi e K_V diminuisce, il che indica che il CFV funziona al di fuori dell'intervallo ammesso.

La portata dell'aria ($q_{V\text{CVS}}$) in corrispondenza di ciascuna impostazione di limitazione (minimo 8 punti) deve essere calcolata in m^3/s standard in base ai dati del flussometro usando il metodo prescritto dal costruttore. Il coefficiente di taratura K_V [$(\sqrt{\text{K} \cdot \text{m}^3/\text{s}})_{\text{kg}}$] deve essere calcolato in base ai dati di taratura per ciascuna impostazione mediante l'equazione (A.5-72):

$$K_V = \frac{q_{V\text{CVS}} \cdot \sqrt{T}}{p_p} \quad (\text{A.5-72})$$

dove:

$q_{V\text{SSV}}$ = portata d'aria in condizioni normali (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

T = temperatura all'ingresso del tubo di Venturi [K]

p_p = pressione assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [kPa]

Devono essere calcolati il K_V medio e la deviazione standard. La deviazione standard non deve superare $\pm 0,3\%$ del K_V medio.

A.1.5.3. Tubo di Venturi subsonico (SSV)

La taratura dell'SSV è basata sull'equazione di flusso per un tubo di Venturi subsonico. Il flusso del gas è una funzione della pressione e della temperatura di ingresso nonché della caduta di pressione tra l'ingresso e la gola dell'SSV, come indicato nell'equazione (A.5-40).

La portata dell'aria (q_{VSSV}) in corrispondenza di ciascuna impostazione di limitazione (minimo 16 punti) deve essere calcolata in m^3/s standard in base ai dati del flussometro usando il metodo prescritto dal costruttore. Il coefficiente di efflusso deve essere calcolato in base ai dati di taratura per ciascuna impostazione mediante l'equazione (A.5-73):

$$C_d = \frac{q_{VSSV}}{\frac{A_0}{60} d_V^2 p_p \sqrt{\frac{1}{T_{m,V}} \left(r_p^{1,4286} - r_p^{1,7143} \right) \left(\frac{1}{1 - r_D^4 r_p^{1,4286}} \right)}} \quad (\text{A.5-73})$$

dove:

$$A_0 = \text{raccolta di costanti e conversioni di unità} = 0,0056940 \frac{m^3 \cdot K^{\frac{1}{2}} \cdot l}{min \cdot kPa \cdot mm^2}$$

q_{VSSV} = portata d'aria in condizioni normali (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

$T_{in,V}$ = temperatura all'ingresso del tubo di Venturi [K]

d_V = diametro della gola dell'SSV [mm]

r_p = rapporto tra la gola dell'SSV e la pressione statica assoluta all'ingresso = $1 - \Delta p / p_p$ [-]

r_D = rapporto tra il diametro della gola dell'SSV, d_V , e il diametro interno del condotto d'ingresso D [-]

Per determinare l'intervallo di portata subsonica la curva C_d deve essere tracciata in funzione del numero di Reynolds Re in corrispondenza della gola dell'SSV. Il Re in corrispondenza della gola dell'SSV deve essere calcolato mediante l'equazione (A.5-74):

$$Re = A_1 \cdot 60 \cdot \frac{q_{VSSV}}{d_V \cdot \mu} \quad (\text{A.5-74})$$

con

$$\mu = \frac{b \times T^{1,5}}{S + T} \quad (\text{A.5-75})$$

dove:

$$A_1 = \text{raccolta di costanti e conversioni di unità} = 27,43831 \left[\frac{kg \cdot min \cdot mm}{m^3 \cdot s \cdot m} \right]$$

q_{VSSV} = portata dell'aria in condizioni standard (101,325 kPa, 273,15 K) [m^3/s]

d_V = diametro della gola dell'SSV [mm]

μ = viscosità assoluta o dinamica del gas [$kg/(m \cdot s)$]

b = $1,458 \times 10^6$ (costante empirica) [$kg/(m \cdot s \cdot K^{0,5})$]

S = 110,4 (costante empirica) [K]

Dal momento che q_{VSSV} fa parte della formula per il calcolo di Re , i calcoli devono essere iniziati con una stima di q_{VSSV} o C_d del tubo Venturi di taratura e ripetuti finché q_{VSSV} non converge. Il metodo di convergenza deve avere un'accuratezza dello 0,1 % o migliore.

Per almeno sedici punti nella regione di portata subsonica, i valori di C_d calcolati in base all'equazione di interpolazione della curva di taratura risultante non devono eccedere $\pm 0,5$ % del C_d misurato per ciascun punto di taratura.

A.1.6. Correzione in funzione della deriva

A.1.6.1. Procedura generale

I calcoli del presente punto devono essere eseguiti per determinare se la deriva dell'analizzatore dei gas invalida i risultati di un intervallo di prova. Se la deriva non invalida i risultati di un intervallo di prova, i valori misurati dall'analizzatore di gas per l'intervallo di prova devono essere corretti in funzione della deriva conformemente al punto A.1.6.4. I valori misurati dall'analizzatore di gas corretti in funzione della deriva devono essere usati in tutti i successivi calcoli delle emissioni. La soglia accettabile di deriva dell'analizzatore di gas in un intervallo di prova è specificata nell'allegato 4, punto 8.2.2.2.

A.1.6.2. Principi di correzione

I calcoli della presente appendice usano i valori misurati dall'analizzatore di gas alle concentrazioni di riferimento dei gas di zero e di span usati per l'analisi, determinati prima e dopo un intervallo di prova. I calcoli correggono i valori misurati dall'analizzatore di gas che sono stati registrati durante un intervallo di prova. La correzione è basata sui valori medi misurati dall'analizzatore per i gas di zero e di span di riferimento e sulle concentrazioni di riferimento dei gas di zero e di span. La convalida e la correzione in funzione della deriva devono essere eseguite nel modo indicato di seguito.

A.1.6.3. Convalida della deriva

Dopo aver applicato tutte le altre correzioni (ad eccezione della correzione in funzione della deriva) a tutti i segnali dell'analizzatore di gas, le emissioni specifiche al banco frenato devono essere calcolate conformemente al punto A.1.4. In seguito tutti i segnali dell'analizzatore di gas devono essere corretti in funzione della deriva secondo la presente appendice. Le emissioni specifiche al banco frenato devono essere calcolate nuovamente usando tutti i segnali dell'analizzatore di gas corretti in funzione della deriva. I risultati delle emissioni specifiche al banco frenato devono essere convalidati e dichiarati prima e dopo la correzione in funzione della deriva secondo le disposizioni dell'allegato 4, punto 8.2.2.2.

A.1.6.4. Correzione in funzione della deriva

Tutti i segnali dell'analizzatore di gas devono essere corretti nel modo seguente:

a) ciascuna concentrazione registrata, c_i , deve essere corretta per il campionamento continuo o per lotti, \bar{c} ;

b) La correzione in funzione della deriva deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-76):

$$c_{\text{adittcor}} = c_{\text{refzero}} + (c_{\text{refspan}} - c_{\text{refzero}}) \frac{2c_i - (c_{\text{prezero}} + c_{\text{postzero}})}{(c_{\text{prespan}} + c_{\text{postspan}}) - (c_{\text{prezero}} + c_{\text{postzero}})} \quad (\text{A.5-76})$$

dove:

$c_{\text{idriftcor}}$ = concentrazione corretta in funzione della deriva [ppm]

c_{refzero} = concentrazione di riferimento del gas di zero, che è generalmente zero se non sono noti altri valori [ppm]

c_{refspan} = concentrazione di riferimento del gas di span [ppm]

c_{prespan} = risposta dell'analizzatore di gas nell'intervallo pre-prova alla concentrazione del gas di span [ppm]

c_{postspan} = concentrazione del gas di span misurata dall'analizzatore di gas nell'intervallo post-prova [ppm]

$c_{\text{or } \bar{c}}$ = concentrazione registrata, ossia misurata durante la prova prima della correzione in funzione della deriva [ppm]

c_{prezero} = risposta dell'analizzatore di gas nell'intervallo pre-prova alla concentrazione del gas di zero [ppm]

c_{postzero} = concentrazione del gas di zero misurata dall'analizzatore di gas nell'intervallo post-prova [ppm]

- c) per le eventuali concentrazioni precedenti alla prova si usano le concentrazioni determinate più di recente nell'intervallo pre-prova. Per alcuni intervalli di prova il più recente valore precedente alla taratura dello zero o dello span potrebbe essere stato misurato prima di uno o più intervalli di prova precedenti;
- d) per le eventuali concentrazioni dell'intervallo successivo alla prova si usano le concentrazioni determinate più di recente dopo l'intervallo di prova. Per alcuni intervalli di prova il più recente valore successivo alla taratura dello zero o dello span potrebbe essere stato misurato dopo uno o più intervalli di prova successivi;
- e) se non viene registrata la risposta pre-prova dell'analizzatore alla concentrazione di gas di span, c_{prespan} , quest'ultima deve essere considerata equivalente alla concentrazione di riferimento del gas di span: $c_{\text{prespan}} = c_{\text{refspan}}$;
- f) se non viene registrata la risposta pre-prova dell'analizzatore alla concentrazione di gas di zero, c_{prezero} , quest'ultima deve essere considerata equivalente alla concentrazione di riferimento del gas di zero: $c_{\text{prezero}} = c_{\text{refzero}}$;
- g) generalmente la concentrazione di riferimento del gas di zero, c_{refzero} , è zero: $c_{\text{refzero}} = 0 \mu\text{mol/mol}$. Tuttavia, in alcuni casi c_{refzero} può avere una concentrazione diversa da zero. Se viene azzerato usando un c_{refzero} diverso da zero, l'analizzatore deve essere regolato in modo da produrre l'effettiva concentrazione c_{refzero} .

APPENDICE A.2

CALCOLO DELLE EMISSIONI IN BASE ALLA MOLE

A.2.1. Pedici

	Quantità
abs	Quantità assoluta
act	Quantità effettiva
aria	Aria, secca
atmos	Atmosferico
bkgnd	Fondo
C	Carbonio
cal	Quantità di taratura
CFV	Tubo di Venturi a flusso critico
cor	Quantità corretta
dil	Aria di diluizione
dexh	Gas di scarico diluiti
dry	Quantità su secco
exh	Gas di scarico grezzi
exp	Quantità attesa
eq	Quantità equivalente
fuel	Carburante
	Misurazione istantanea (ad es.: 1 Hz)
i	Valore individuale di una serie
idle	Stato al minimo
in	Quantità in
init	Quantità iniziale, tipicamente prima di una prova delle emissioni
max	Valore massimo (picco)
meas	Quantità misurata
min	Valore minimo
mix	Massa molare d'aria
out	Quantità in uscita
part	Quantità parziale
PDP	Pompa volumetrica
raw	Gas di scarico grezzi
ref	Quantità di riferimento
rev	Giro
sat	Condizione di saturazione
slip	Scorrimento (slip) della PDP
smpl	Campionamento
span	Quantità di span
SSV	Tubo di Venturi subsonico

	Quantità
std	Quantità standard
test	Quantità di prova
total	Quantità totale
uncor	Quantità non corretta
vac	Quantità sotto vuoto
weight	Peso di taratura
wet	Quantità su umido
zero	Quantità zero

A.2.2. Simboli per l'equilibrio chimico

$x_{dil/exh}$	=	quantità di gas di diluizione o di aria in eccesso per mole di gas di scarico
$x_{H_2O/exh}$	=	quantità di acqua nei gas di scarico per mole di gas di scarico
$x_{C_{comb}dry}$	=	quantità di carbonio dal carburante nel gas di scarico per mole di gas di scarico secco
$x_{H_2O/exhdry}$	=	quantità di acqua nei gas di scarico per mole secca di gas di scarico su secco
$x_{prod/intdry}$	=	quantità di prodotti stechiometrici su secco per mole di aria di aspirazione su secco
$x_{dil/exhdry}$	=	quantità di gas di diluizione o di aria in eccesso per mole di gas di scarico su secco
$x_{int/exhdry}$	=	quantità di aria di aspirazione necessaria per produrre gli effettivi prodotti di combustione per mole di gas di scarico (grezzi o diluiti) su secco
$x_{raw/exhdry}$	=	quantità dei gas di scarico non diluiti, senza aria in eccesso, per mole di gas di scarico (grezzi o diluiti) su secco
$x_{O_2intdry}$	=	quantità di aria di aspirazione O_2 per mole di aria di aspirazione su secco
$x_{CO_2intdry}$	=	quantità di aria di aspirazione CO_2 per mole di aria di aspirazione su secco
$x_{H_2Ointdry}$	=	quantità di aria di aspirazione H_2O per mole di aria di aspirazione su secco
x_{CO_2int}	=	quantità di aria di aspirazione CO_2 per mole di aria di aspirazione su secco
x_{CO_2dil}	=	quantità di gas di diluizione CO_2 per mole di gas di diluizione
$x_{CO_2dildry}$	=	quantità di gas di diluizione CO_2 per mole di gas di diluizione su secco
$x_{H_2Odildry}$	=	quantità di gas di diluizione H_2O per mole di gas di diluizione su secco
x_{H_2Odil}	=	quantità di gas di diluizione H_2O per mole di gas di diluizione
$x_{[emission]meas}$	=	quantità di emissioni misurate nel campione al rispettivo analizzatore di gas
$x_{[emission]dry}$	=	quantità di emissioni per mole secca di campione secco
$x_{H_2O[emission]meas}$	=	quantità di acqua nel campione nel punto di rilevamento delle emissioni
x_{H_2Oint}	=	quantità di acqua nell'aria di aspirazione, in base a una misurazione dell'umidità dell'aria di aspirazione

A.2.3. Parametri e relazioni di base

A.2.3.1. Aria secca e specie chimiche

Nel presente punto sono usati i seguenti valori per la composizione dell'aria secca:

$$x_{\text{O}_2\text{airdry}} = 0,209445 \text{ mol / mol}$$

$$x_{\text{Arairdry}} = 0,00934 \text{ mol / mol}$$

$$x_{\text{N}_2\text{airdry}} = 0,78084 \text{ mol / mol}$$

$$x_{\text{CO}_2\text{airdry}} = 375 \mu\text{mol / mol}$$

Nel presente punto sono usate le seguenti masse molari o masse molari effettive delle specie chimiche:

$$M_{\text{air}} = 28,96559 \text{ g/mol (aria secca)}$$

$$M_{\text{Ar}} = 39,948 \text{ g/mol (argo)}$$

$$M_{\text{C}} = 12,0107 \text{ g/mol (carbonio)}$$

$$M_{\text{CO}} = 28,0101 \text{ g/mol (monossido di carbonio)}$$

$$M_{\text{CO}_2} = 44,0095 \text{ g/mol (biossido di carbonio)}$$

$$M_{\text{H}} = 1,00794 \text{ g/mol (idrogeno atomico)}$$

$$M_{\text{H}_2} = 2,01588 \text{ g/mol (idrogeno molecolare)}$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = 18,01528 \text{ g/mol (acqua)}$$

$$M_{\text{He}} = 4,002602 \text{ g/mol (elio)}$$

$$M_{\text{N}} = 14,0067 \text{ g/mol (azoto atomico)}$$

$$M_{\text{N}_2} = 28,0134 \text{ g/mol (azoto molecolare)}$$

$$M_{\text{NO}_x} = 46,0055 \text{ g/mol (ossidi di azoto ^(a))}$$

$$M_{\text{O}} = 15,9994 \text{ g/mol (ossigeno atomico)}$$

$$M_{\text{O}_2} = 31,9988 \text{ g/mol (ossigeno molecolare)}$$

$$M_{\text{C}_3\text{H}_8} = 44,09562 \text{ g/mol (propano)}$$

$$M_{\text{S}} = 32,065 \text{ g/mol (zolfo)}$$

$$M_{\text{HC}} = 13,875389 \text{ g/mol (idrocarburi totali ^(b))}$$

Nel presente punto è usata la seguente costante molare del gas R per i gas ideali:

$$R = 8,31442 \text{ J / (mol} \cdot \text{K)}$$

Nel presente allegato sono usati i seguenti rapporti di calori specifici $\gamma_{[j/(kg \cdot K)]/[j/(kg \cdot K)]}$ per l'aria di diluizione e per i gas di scarico diluiti:

$$\gamma_{\text{air}} = 1,399 \text{ (rapporto di calori specifici per l'aria di aspirazione o l'aria di diluizione)}$$

$$\gamma_{\text{dil}} = 1,399 \text{ (rapporto di calori specifici per i gas di scarico diluiti)}$$

$$\gamma_{\text{exh}} = 1,385 \text{ (rapporto di calori specifici per i gas di scarico grezzi)}$$

^(a) La massa molare effettiva degli NO_x è definita dalla massa molare del biossido di azoto, NO₂.

^(b) La massa molare effettiva di HC è definita da un rapporto atomico di idrogeno/carbonio, α , di 1,85.

A.2.3.2. Aria umida

Il presente punto descrive come determinare la quantità di acqua in un gas ideale.

A.2.3.2.1. Pressione del vapore acqueo

La pressione del vapore acqueo p_{H_2O} [kPa] per una data condizione di temperatura di saturazione, T_{sat} [K], deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-1) o (A.5-2):

- a) per le misurazioni dell'umidità effettuate a temperature ambiente da 273,15 a 373,15 K (da 0 a 100 °C) oppure per le misurazioni dell'umidità effettuate su acqua molto raffreddata a temperature ambiente da 223,15 a 273,15 K (da -50 a 0 °C):

$$\log_{10}(p_{H_2O}) = 10,79574 \cdot \left(1 - \frac{273,16}{T_{sat}}\right) - 5,02800 \cdot \log_{10}\left(\frac{T_{sat}}{273,16}\right) + 1,50475 \cdot 10^{-4} \cdot \left(1 - 10^{-\frac{8,2969 \cdot T_{sat}}{273,16} - 1}\right) + 0,42873 \cdot 10^{-3} \cdot \left(10^{4,76955 \cdot \left(1 - \frac{273,16}{T_{sat}}\right) - 1}\right) - 0,2138602 \quad (\text{A.5-77})$$

dove:

p_{H_2O} = pressione del vapore acqueo alla condizione di temperatura di saturazione [kPa]

T_{sat} = temperatura di saturazione dell'acqua alla condizione misurata [K]

- b) per le misurazioni dell'umidità effettuate su il ghiaccio a temperature ambiente da -100 a 0 °C:

$$\log_{10}(p_{H_2O}) = -9,096853 \cdot \left(\frac{273,16}{T_{sat}} - 1\right) - 3,566506 \cdot \log_{10}\left(\frac{273,16}{T_{sat}}\right) + 0,876812 \cdot \left(1 - \frac{T_{sat}}{273,16}\right) - 0,2138602 \quad (\text{A.5-78})$$

dove:

p_{H_2O} = pressione del vapore acqueo alla condizione di temperatura di saturazione [kPa]

T_{sat} = temperatura di saturazione dell'acqua alla condizione misurata [K]

A.2.3.2.2. Punto di rugiada

Se l'umidità viene misurata come punto di rugiada, la quantità di acqua in un gas ideale x_{H_2O} [mol/mol] deve essere determinata mediante l'equazione (A.5-79):

$$x_{H_2O} = \frac{p_{H_2O}}{p_{abs}} \quad (\text{A.5-79})$$

dove:

x_{H_2O} = quantità di acqua in un gas ideale [mol/mol]

p_{H_2O} = pressione del vapore acqueo al punto di rugiada misurato, $T_{sat}=T_{dew}$ [kPa]

p_{abs} = pressione statica assoluta su umido al punto di rilevazione del punto di rugiada [kPa]

A.2.3.2.3. Umidità relativa

Se l'umidità viene misurata come umidità relativa $RH\%$, la quantità di acqua in un gas ideale x_{H_2O} [mol/mol] deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-80):

$$x_{H_2O} = \frac{RH\%}{100} \cdot \frac{p_{H_2O}}{p_{abs}} \quad (A.5-80)$$

dove:

$RH\%$ = umidità relativa [%]

p_{H_2O} = pressione del vapore acqueo a un umidità relativa del 100 % al punto di rilevazione dell'umidità relativa, $T_{sat}=T_{amb}$ [kPa]

p_{abs} = pressione statica assoluta su umido al punto di rilevazione dell'umidità relativa [kPa]

A.2.3.2.4. Determinazione del punto di rugiada in base all'umidità relativa e alla temperatura a bulbo secco

Se l'umidità è misurata come umidità relativa, $RH\%$, il punto di rugiada, T_{dew} , deve essere determinato in base a $RH\%$ e alla temperatura a bulbo secco con l'equazione (A.5-81):

$$T_{dew} = \frac{2,0798233 \cdot 10^2 - 2,0156028 \cdot 10^1 \cdot \ln(p_{H_2O}) + 4,6778925 \cdot 10^{-1} \cdot \ln(p_{H_2O})^2 - 9,2288067 \cdot 10^{-6} \cdot \ln(p_{H_2O})^3}{1 - 1,3319669 \cdot 10^{-1} \cdot \ln(p_{H_2O}) + 5,6577518 \cdot 10^{-3} \cdot \ln(p_{H_2O})^2 - 7,517286510 \cdot 10^{-5} \cdot \ln(p_{H_2O})^3} \quad (A.5-81)$$

dove:

p_{H_2O} = pressione del vapore acqueo riportata all'umidità relativa del punto di rilevazione dell'umidità relativa, $T_{sat}=T_{amb}$

T_{dew} = punto di rugiada determinato in base alle misurazioni dell'umidità relativa e della temperatura a bulbo secco

A.2.3.3. Proprietà del carburante

La formula chimica generale del carburante è $CH_aO_\beta S_\gamma N_\delta$ dove α è il rapporto atomico idrogeno/carbonio (H/C), β è il rapporto atomico ossigeno/carbonio (O/C), γ è il rapporto atomico zolfo/carbonio (S/C) e δ è il rapporto atomico azoto/carbonio (N/C). In base a questa formula è possibile calcolare la frazione di massa del carbonio del carburante w_C . Nel caso del carburante diesel è possibile usare la formula semplice CH_aO_β . Nella tabella A.2.1 sono riportati i valori predefiniti della composizione del carburante:

Tabella A.2.1

Valori predefiniti del rapporto atomico idrogeno/carbonio, α , del rapporto atomico ossigeno /carbonio, β , del rapporto atomico zolfo/carbonio, γ , del rapporto atomico azoto/carbonio, δ , e della frazione di massa del carbonio del carburante, w_C , per i carburanti di riferimento

Carburante	Rapporto atomico idrogeno, ossigeno, zolfo, azoto / carbonio $CH_aO_\beta S_\gamma N_\delta$	Concentrazione di massa del carbonio, w_C [g/g]
Diesel (gasolio destinato alle macchine non stradali)	$CH_{1,80}O_0S_0N_0$	0,869
Etanolo destinato a specifici motori ad accensione spontanea (ED95)	$CH_{2,92}O_{0,46}S_0N_0$	0,538
Benzina (E10)	$CH_{1,92}O_{0,03}S_0N_0$	0,833
Benzina (E0)	$CH_{1,85}O_0S_0N_0$	0,866
Etanolo (E85)	$CH_{2,73}O_{0,36}S_0N_0$	0,576
GPL	$CH_{2,64}O_0S_0N_0$	0,819
Gas naturale/biometano	$CH_{3,78}O_{0,016}S_0N_0$	0,747

A.2.3.3.1 Concentrazione di massa del carbonio w_C

In alternativa ai valori predefiniti nella tabella A.2.1, o nel caso in cui non siano forniti valori standard per il carburante di riferimento utilizzato, è possibile calcolare la concentrazione di massa del carbonio, w_C in base a proprietà misurate del carburante con l'equazione (A.5-82). I valori di α e β devono essere determinati per il carburante e inseriti nell'equazione in tutti i casi, mentre i valori γ e δ possono eventualmente essere impostati come zero se sono uguali a zero nella riga corrispondente della tabella A.2.1:

$$w_C = \frac{1 \cdot M_C}{1 \cdot M_C + \alpha \cdot M_H + \beta \cdot M_O + \gamma \cdot M_S + \delta \cdot M_N} \quad (\text{A.5-82})$$

dove:

M_C = massa molare del carbonio

α = rapporto atomico idrogeno/carbonio della miscela di carburanti in combustione, ponderato in base al consumo molare

M_H = massa molare dell'idrogeno

β = rapporto atomico ossigeno/carbonio della miscela di carburanti in combustione, ponderato in base al consumo molare

M_O = massa molare dell'ossigeno

γ = rapporto atomico zolfo/carbonio della miscela di carburanti in combustione, ponderato in base al consumo molare

M_S = massa molare dello zolfo

δ = rapporto atomico azoto/carbonio della miscela di carburanti in combustione, ponderato in base al consumo molare

M_N = massa molare dell'azoto

A.2.3.4. Correzione della contaminazione iniziale nella concentrazione totale di HC (THC)

Per misurare gli HC, il valore di $x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]}$ deve essere calcolato usando la concentrazione della contaminazione iniziale dei THC $x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{init}}$ in base all'allegato 4, punto 7.3.1.2, mediante l'equazione (A.5-83):

$$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}} = x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{uncorr}} - x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{init}} \quad (\text{A.5-83})$$

dove:

$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{cor}}$ = concentrazione dei THC corretta in funzione della contaminazione [mol/mol]

$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{uncorr}}$ = concentrazione THC non corretta [mol/mol]

$x_{\text{THC}[\text{THC-FID}]\text{init}}$ = concentrazione della contaminazione iniziale dei THC [mol/mol]

A.2.3.5. Concentrazione media ponderata proporzionalmente alla portata

In alcune parti del presente punto può essere necessario calcolare una concentrazione media ponderata proporzionalmente alla portata per determinare l'applicabilità di determinate disposizioni. Una media ponderata proporzionalmente alla portata è la media di una quantità dopo che è stata ponderata proporzionalmente alla portata corrispondente. Ad esempio, se una concentrazione di gas è misurata in modo continuo dal gas di scarico grezzo di un motore, la sua concentrazione media ponderata proporzionalmente alla portata è la somma dei prodotti di ciascuna concentrazione registrata moltiplicata per la rispettiva portata molare del gas di scarico, divisa per la somma dei valori di portata registrati. In un altro esempio la concentrazione del sacco derivante da un sistema CVS è uguale alla concentrazione media ponderata proporzionalmente alla portata perché il sistema CVS stesso pondera la concentrazione nel sacco proporzionalmente al flusso. Una determinata concentrazione media ponderata proporzionalmente alla portata di un valore limite delle emissioni potrebbe già essere prevista in base a prove precedenti con motori simili o a prove con apparecchiature e strumenti simili.

A.2.4. Equilibri chimici del carburante, dell'aria di aspirazione e dei gas di scarico

A.2.4.1. Aspetti generali

Gli equilibri chimici di carburante, aria di aspirazione e gas di scarico possono essere usati per calcolare i flussi, la quantità di acqua nei flussi e la concentrazione umida dei componenti nei flussi. Avendo una portata del carburante, dell'aria di aspirazione o dei gas di scarico è possibile usare l'equilibrio chimico per determinare i flussi degli altri due. Ad esempio, è possibile usare gli equilibri chimici insieme all'aria di aspirazione o al flusso del carburante per determinare la portata dei gas di scarico grezzi.

A.2.4.2. Procedure che richiedono equilibri chimici

Gli equilibri chimici sono necessari per determinare quanto segue:

- la quantità di acqua in un flusso di gas di scarico grezzi o diluiti, $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$, quando non viene misurata la quantità di acqua da correggere per la quantità di acqua rimossa da un sistema di campionamento;
- la frazione media ponderata proporzionalmente al flusso dell'aria di diluizione nei gas di scarico diluiti, $x_{\text{dil/exh}}$, quando non viene misurato il flusso dell'aria di diluizione da correggere per le emissioni di fondo. È da notare che se vengono usati gli equilibri chimici, si suppone che i gas di scarico siano stechiometrici anche se in realtà non lo sono.

A.2.4.3. Procedura dell'equilibrio chimico

I calcoli dell'equilibrio chimico comprendono un sistema di equazioni che richiede iterazione. I valori iniziali fino a tre quantità devono essere ipotizzati: la quantità di acqua nel flusso misurato, $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$, la frazione di aria di diluizione nei gas di scarico diluiti (o l'aria in eccesso nei gas di scarico grezzi), $x_{\text{dil/exh}}$, e la quantità di prodotti su base C1 per mole secca di flusso secco misurato, x_{Ccombdry} . Possono essere usati i valori medi ponderati in base al tempo dell'umidità dell'aria di combustione e dell'umidità dell'aria di diluizione nell'equilibrio chimico, a condizione che l'umidità dell'aria di combustione e dell'aria di diluizione restino entro una tolleranza pari a $\pm 0,0025$ mol/mol del rispettivo valore medio nell'intervallo di prova. Per ogni concentrazione dell'emissione x e quantità di acqua, $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$, devono essere determinate le rispettive concentrazioni completamente secche x_{dry} e $x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}$. Devono essere usati anche il rapporto atomico idrogeno/carbonio del carburante, α , il rapporto ossigeno/carbonio, β , e la frazione di massa di carbonio del carburante, w_C . Per la prova del carburante possono essere usati i valori α e β oppure i valori predefiniti di cui alla tabella A.2.1.

Le seguenti fasi permettono di raggiungere un equilibrio chimico:

- le concentrazioni misurate, quali $x_{\text{CO}_2\text{meas}}$, x_{NOmeas} , e $x_{\text{H}_2\text{Oint}}$, devono essere convertite in concentrazioni secche dividendole per uno meno la quantità d'acqua presente durante le misurazioni rispettive; ad esempio: $x_{\text{H}_2\text{OxCO}_2\text{meas}}$, $x_{\text{H}_2\text{OxNOmeas}}$, e $x_{\text{H}_2\text{Oint}}$. Se la quantità di acqua presente durante una misurazione su umido equivale alla quantità non nota di acqua nel flusso dei gas di scarico, $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$, tale valore deve essere determinato in modo iterativo nel sistema di equazioni. Se si misurano solo gli NO_x totali e non vengono misurati separatamente gli NO e NO_2 , devono essere utilizzati i criteri di buona pratica ingegneristica per stimare la ripartizione della concentrazione degli NO_x totali in NO e NO_2 per gli equilibri chimici. Si può ipotizzare che la concentrazione molare di NO_x , x_{NOx} , sia 75 % NO e 25 % NO_2 . Per i sistemi di post-trattamento con stoccaggio di NO_2 si può ipotizzare che il valore di x_{NOx} sia 25 % NO e 75 % NO_2 . Per calcolare la massa delle emissioni NO_x si usa la massa molare di NO_2 per l'effettiva massa molare di tutte le specie di NO_x , indipendentemente dell'effettiva frazione NO_2 di NO_x ;
- le equazioni da (A.5-6) a (A.5-23) di cui alla lettera d) del presente punto devono essere inserite in un programma informatico per risolvere in modo iterativo i valori di $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$, x_{Ccombdry} e $x_{\text{dil/exh}}$. Per ipotizzare i valori iniziali di $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$, x_{Ccombdry} e $x_{\text{dil/exh}}$ devono essere utilizzati criteri di buona pratica ingegneristica. Si raccomanda di ipotizzare una quantità di acqua iniziale che sia circa due volte la quantità di acqua nell'aria di aspirazione o di diluizione. Si raccomanda di ipotizzare il valore iniziale di x_{Ccombdry} come la somma dei valori misurati di CO_2 , CO, e THC. Si raccomanda inoltre di ipotizzare che il valore iniziale di x_{dil} sia compreso tra 0,75 e 0,95 (ad esempio 0,8). I valori nel sistema di equazioni devono essere iterati finché le ipotesi più aggiornate non sono tutte entro ± 1 % dei rispettivi valori calcolati più recenti;
- nel sistema di equazioni della seguente lettera d) del presente punto, dove l'unità x è mol/mol, sono usati i seguenti simboli e pedici:

Simbolo	Descrizione
$x_{\text{dil/exh}}$	Quantità di gas di diluizione o di aria in eccesso per mole di gas di scarico
$x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$	Quantità di H_2O nei gas di scarico per mole di gas di scarico

Simbolo	Descrizione
x_{Ccombdry}	è la quantità di carbonio trasferita dal carburante nei gas di scarico per mole di gas di scarico su secco
$x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}$	Quantità di acqua nei gas di scarico per mole secca di gas di scarico su secco
$x_{\text{prod/intdry}}$	Quantità di prodotti stechiometrici su secco per mole di aria di aspirazione su secco
$x_{\text{dil/exhdry}}$	Quantità di gas di diluizione e/o di aria in eccesso per mole di gas di scarico su secco
$x_{\text{int/exhdry}}$	Quantità di aria di aspirazione necessaria per generare i prodotti di combustione effettivi per mole di gas di scarico (grezzi o diluiti) su secco
$x_{\text{raw/exhdry}}$	Quantità di gas di scarico non diluiti, senza aria in eccesso, per mole di gas di scarico (grezzi o diluiti) su secco
$x_{\text{O}_2\text{intdry}}$	Quantità di O_2 dell'aria di aspirazione per mole di aria di aspirazione su secco; si può ipotizzare $x_{\text{O}_2\text{intdry}} = 0,209445 \text{ mol/mol}$
$x_{\text{CO}_2\text{intdry}}$	Quantità di CO_2 dell'aria di aspirazione per mole di aria di aspirazione su secco. È possibile usare $x_{\text{CO}_2\text{intdry}} = 375 \mu$, ma si raccomanda di misurare la concentrazione effettiva nell'aria di aspirazione
$x_{\text{H}_2\text{Ointdry}}$	Quantità di H_2O dell'aria di aspirazione per mole di aria di aspirazione su secco
$x_{\text{CO}_2\text{int}}$	Quantità di CO_2 dell'aria di aspirazione per mole di aria di aspirazione
$x_{\text{CO}_2\text{dil}}$	Quantità di CO_2 del gas di diluizione per mole di gas di diluizione
$x_{\text{CO}_2\text{dildry}}$	Quantità di CO_2 del gas di diluizione per mole di gas di diluizione su secco. Se come diluente si usa l'aria, è possibile usare $x_{\text{CO}_2\text{dildry}} = 375 \mu$, ma si raccomanda di misurare la concentrazione effettiva nell'aria di aspirazione
$x_{\text{H}_2\text{Odildry}}$	Quantità di H_2O del gas di diluizione per mole di gas di diluizione su secco
$x_{\text{H}_2\text{Odil}}$	Quantità di H_2O del gas di diluizione per mole di gas di diluizione
$x_{\text{[emission]meas}}$	Quantità di emissioni misurate nel campione al rispettivo analizzatore di gas
$x_{\text{[emission]dry}}$	Quantità di emissioni per mole secca di campione secco
$x_{\text{H}_2\text{O[emission]meas}}$	Quantità di acqua nel campione nel punto di rilevamento delle emissioni. Tali valori devono essere misurati o stimati conformemente al punto 9.3.2.3.1 dell'allegato 4
$x_{\text{H}_2\text{Oint}}$	Quantità di acqua nell'aria di aspirazione, in base a una misurazione dell'umidità dell'aria di aspirazione
$K_{\text{H}_2\text{Ogas}}$	Coefficiente di equilibrio per la reazione acqua/gas. Si può usare 3,5 oppure calcolarlo secondo i criteri di buona pratica ingegneristica.
α	Rapporto atomico idrogeno/carbonio della miscela di carburanti ($\text{CH}_\alpha\text{O}_\beta$) in combustione, ponderato in base al consumo molare
β	Rapporto atomico ossigeno/carbonio della miscela di carburanti ($\text{CH}_\alpha\text{O}_\beta$) in combustione, ponderato in base al consumo molare

d) Le seguenti equazioni [da (A.5-84) a (A.5-101)] devono essere usate per risolvere in modo iterativo $x_{\text{dil/exh}}$, $x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$ e x_{Ccombdry} :

$$x_{\text{dil/exh}} = 1 - \frac{x_{\text{raw/exhdry}}}{1 + x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}} \quad (\text{A.5-84})$$

$$x_{\text{H}_2\text{Oexh}} = \frac{x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}}{1 + x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}} \quad (\text{A.5-85})$$

$$x_{\text{Ccombdry}} = x_{\text{CO2dry}} + x_{\text{COdry}} + x_{\text{THCdry}} - x_{\text{CO2dil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} - x_{\text{CO2int}} \cdot x_{\text{int/exhdry}} \quad (\text{A.5-86})$$

$$x_{\text{H2dry}} = \frac{x_{\text{COdry}} \cdot (x_{\text{H2Oexhdry}} - x_{\text{H2Odil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}})}{K_{\text{H2Ogas}} \cdot (x_{\text{CO2dry}} - x_{\text{CO2dil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}})} \quad (\text{A.5-87})$$

$$x_{\text{H2Oexhdry}} = \frac{\alpha}{2} (x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}}) + x_{\text{H2Odil}} \cdot x_{\text{dil/exhdry}} + x_{\text{H2Oint}} \cdot x_{\text{int/exhdry}} - x_{\text{H2dry}} \quad (\text{A.5-88})$$

$$x_{\text{dil/exhdry}} = \frac{x_{\text{dil/exh}}}{1 - x_{\text{H2Oexh}}} \quad (\text{A.5-89})$$

$$x_{\text{int/exhdry}} = \frac{1}{2 \cdot x_{\text{O2int}}} \left[\left(\frac{\alpha}{2} - \beta + 2 + 2\gamma \right) (x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}}) - (x_{\text{COdry}} - x_{\text{NOdry}} - 2x_{\text{NO2dry}} + x_{\text{H2dry}}) \right] \quad (\text{A.5-90})$$

$$x_{\text{raw/exhdry}} = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\alpha}{2} + \beta + \delta \right) (x_{\text{Ccombdry}} - x_{\text{THCdry}}) + (2x_{\text{THCdry}} + x_{\text{COdry}} - x_{\text{NO2dry}} + x_{\text{H2dry}}) \right] + x_{\text{int/exhdry}} \quad (\text{A.5-91})$$

$$x_{\text{O2int}} = \frac{0,209820 - x_{\text{CO2intdry}}}{1 + x_{\text{H2Ointdry}}} \quad (\text{A.5-92})$$

$$x_{\text{CO2int}} = \frac{x_{\text{CO2intdry}}}{1 + x_{\text{H2Ointdry}}} \quad (\text{A.5-93})$$

$$x_{\text{H2Ointdry}} = \frac{x_{\text{H2Oint}}}{1 - x_{\text{H2Oint}}} \quad (\text{A.5-94})$$

$$x_{\text{CO2dil}} = \frac{x_{\text{CO2dildry}}}{1 + x_{\text{H2Odildry}}} \quad (\text{A.5-95})$$

$$x_{\text{H2Odildry}} = \frac{x_{\text{H2Odil}}}{1 - x_{\text{H2Odil}}} \quad (\text{A.5-96})$$

$$x_{\text{COdry}} = \frac{x_{\text{COmeas}}}{1 - x_{\text{H2OCOmeas}}} \quad (\text{A.5-97})$$

$$x_{\text{CO2dry}} = \frac{x_{\text{CO2meas}}}{1 - x_{\text{H2OCO2meas}}} \quad (\text{A.5-98})$$

$$x_{\text{NOdry}} = \frac{x_{\text{NOmeas}}}{1 - x_{\text{H2ONOmeas}}} \quad (\text{A.5-99})$$

$$x_{\text{NO2dry}} = \frac{x_{\text{NO2meas}}}{1 - x_{\text{H2ONO2meas}}} \quad (\text{A.5-100})$$

$$x_{\text{THCdry}} = \frac{x_{\text{THCmeas}}}{1 - x_{\text{H2OTHCmeas}}} \quad (\text{A.5-101})$$

Alla fine dell'equilibrio chimico, la portata molare è calcolata come specificato nei punti A.2.5.3. e A.2.6.3.

A.2.4.4. Correzione degli NO_x in funzione dell'umidità

Tutte le concentrazioni di NO_x, incluse le concentrazioni di fondo dell'aria di diluizione, devono essere corrette in funzione dell'umidità dell'aria di aspirazione mediante l'equazione (A.5-102) o (A.5-103):

a) per i motori ad accensione spontanea

$$x_{\text{NOXcor}} = x_{\text{NOXuncor}} \cdot (9,953 \cdot x_{\text{H2O}} + 0,832) \quad (\text{A.5-102})$$

b) per i motori ad accensione comandata

$$x_{\text{NOXcor}} = x_{\text{NOXuncor}} \cdot (18,840 \cdot x_{\text{H2O}} + 0,68094) \quad (\text{A.5-103})$$

dove:

x_{NOXuncor} = concentrazione molare non corretta degli NO_x nei gas di scarico [μmol/mol]

x_{H2O} = quantità di acqua nell'aria di aspirazione [mol/mol]

A.2.5. Misurazione delle emissioni gassose nei gas di scarico grezzi

A.2.5.1. Massa delle emissioni gassose

Per calcolare la massa totale delle emissioni gassose per ciascuna prova m_{gas} [g/prova], la concentrazione molare deve essere moltiplicata per il rispettivo flusso molare e per la massa molare del gas di scarico; quindi deve essere eseguita l'integrazione nel ciclo di prova mediante l'equazione (A.5-104):

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \int \dot{n}_{exh} \cdot x_{gas} \cdot dt \quad (A.5-104)$$

dove:

- M_{gas} = massa molare delle emissioni gassose generiche [g/mol]
 \dot{n}_{exh} = portata molare istantanea dei gas di scarico su umido [mol/s]
 x_{gas} = concentrazione molare istantanea generica del gas su umido [mol/mol]
 t = tempo [s]

Poiché l'equazione (A.5-104) deve essere risolta mediante integrazione numerica, essa è trasformata nell'equazione (A.5-105):

$$m_{gas} = M_{gas} \cdot \int \dot{n}_{exh} \cdot x_{gas} \cdot dt \Rightarrow m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{n}_{exhi} \cdot x_{gasi} \quad (A.5-105)$$

dove:

- M_{gas} = massa molare delle emissioni generiche [g/mol]
 \dot{n}_{exhi} = portata molare istantanea dei gas di scarico su umido [mol/s]
 x_{gasi} = concentrazione molare istantanea generica del gas su umido [mol/mol]
 f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]
 N = numero di misurazioni [-]

L'equazione generale può essere modificata in base al tipo di sistema di misura, al tipo di campionamento (continuo o per lotti) e alla portata campionata (variabile o costante).

- a) Per il campionamento costante, nel caso generico di una portata variabile, la massa delle emissioni gassose m_{gas} [g/prova] deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-106):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot M_{gas} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{n}_{exhi} \cdot x_{gasi} \quad (A.5-106)$$

dove:

- M_{gas} = massa molare delle emissioni generiche [g/mol]
 \dot{n}_{exhi} = portata molare istantanea dei gas di scarico su umido [mol/s]
 x_{gasi} = frazione molare istantanea delle emissioni gassose su umido [mol/mol]
 f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]
 N = numero di misurazioni [-]

- b) Per il campionamento costante, nel caso particolare di una portata costante, la massa delle emissioni gassose m_{gas} [g/prova] deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-107):

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \dot{n}_{\text{exh}} \cdot \bar{x}_{\text{gas}} \cdot \Delta t \quad (\text{A.5-107})$$

dove:

- M_{gas} = massa molare delle emissioni generiche [g/mol]
 \dot{n}_{exh} = portata molare dei gas di scarico su umido [mol/s]
 \bar{x}_{gas} = frazione molare media delle emissioni gassose su umido [mol/mol]
 Δt = durata dell'intervallo di prova

- c) Per il campionamento per lotti, indipendentemente dal tipo di portata (variabile o costante) l'equazione (A.5-104) può essere semplificata mediante l'equazione (A.5-108):

$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \bar{x}_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{n}_{\text{exhi}} \quad (\text{A.5-108})$$

dove:

- M_{gas} = massa molare delle emissioni generiche [g/mol]
 \dot{n}_{exhi} = portata molare istantanea dei gas di scarico su umido [mol/s]
 \bar{x}_{gas} = frazione molare media delle emissioni gassose su umido [mol/mol]
 f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]
 N = numero di misurazioni [-]

A.2.5.2. Conversione della concentrazione da secco a umido

I parametri del presente punto sono ottenuti dai risultati dell'equilibrio chimico calcolato al punto A.2.4.3. La seguente è la relazione esistente tra le concentrazioni molari di gas nel flusso misurato x_{gasdry} e x_{gas} [mol/mol] espresso rispettivamente su secco e su umido mediante le seguenti equazioni (A.5-109) e (A.5-110):

$$x_{\text{gasdry}} = \frac{x_{\text{gas}}}{1 - x_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (\text{A.5-109})$$

$$x_{\text{gas}} = \frac{x_{\text{gasdry}}}{1 + x_{\text{H}_2\text{Odry}}} \quad (\text{A.5-110})$$

dove:

- $x_{\text{H}_2\text{O}}$ = frazione molare dell'acqua nel flusso misurato su umido [mol/mol]
 $x_{\text{H}_2\text{Odry}}$ = frazione molare dell'acqua nel flusso misurato su secco [mol/mol]

Per le emissioni gassose deve essere eseguita una correzione dell'acqua rimossa per la concentrazione generica x [mol/mol] usando l'equazione (A.5-111):

$$x = x_{[emission]meas} \left[\frac{(1 - x_{H_2Oexh})}{1 - x_{H_2O[emission]meas}} \right] \quad (\text{A.5-111})$$

dove:

$x_{[emission]meas}$ = frazione molare dell'emissione nel flusso misurato al punto di misurazione [mol/mol]

$x_{H_2O[emission]meas}$ = quantità di acqua nel flusso misurato alla misurazione della concentrazione [mol/mol]

x_{H_2Oexh} = quantità di acqua al flussometro [mol/mol]

A.2.5.3. Portata molare dei gas di scarico

La portata dei gas di scarico grezzi può essere misurata direttamente o calcolata in base all'equilibrio chimico di cui al punto A.2.4.3. Il calcolo della portata molare dei gas di scarico grezzi si esegue in base alla portata molare misurata dell'aria di aspirazione oppure alla portata massica del carburante. La portata molare dei gas di scarico grezzi può essere calcolata in base alle emissioni campionate, \dot{m}_{exh} , alla portata molare dell'aria di aspirazione misurata, \dot{n}_{int} , o alla portata massica misurata del carburante, \dot{m}_{fuel} , e ai valori calcolati usando l'equilibrio chimico di cui al punto A.2.4.3. Il calcolo dell'equilibrio chimico di cui al punto A.2.4.3 deve essere effettuato alla stessa frequenza in cui vengono aggiornati e registrati $x_{O_2airdry} = 0,209445$ mol/mol o \dot{m}_{fuel} .

a) Portata delle emissioni dal basamento. Il flusso dei gas di scarico grezzi può essere calcolato in base a \dot{n}_{int} o \dot{m}_{fuel} solo se almeno una delle seguenti condizioni in relazione alla portata delle emissioni del basamento è soddisfatta:

- il motore di prova ha un sistema di controllo delle emissioni con un basamento chiuso che invia il flusso del basamento indietro verso l'aria di aspirazione, a valle del flussometro dell'aria di aspirazione;
- durante la prova delle emissioni il flusso del basamento aperto deve essere inviato allo scarico conformemente all'allegato 4, punto 6.10;
- le emissioni e il flusso del basamento aperto sono misurati e poi aggiunti ai calcoli delle emissioni specifiche al banco frenato;
- usando i dati sulle emissioni o un'analisi ingegneristica è possibile dimostrare che il fatto di trascurare la portata delle emissioni del basamento aperto non influenza negativamente la conformità agli standard applicabili.

b) Calcolo della portata molare in base all'aria di aspirazione

In base a \dot{n}_{int} , la portata molare dei gas di scarico \dot{n}_{exh} [mol/s] deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-112):

$$\dot{n}_{exh} = \left[\frac{\dot{n}_{int}}{1 + \frac{(x_{int/exhdry} - x_{raw/exhdry})}{(1 + x_{H_2Oexhdry})}} \right] \quad (\text{A.5-112})$$

dove:

\dot{n}_{exh} = portata molare dei gas di scarico grezzi da cui vengono misurate le emissioni [mol/s]

\dot{n}_{int} = portata molare dell'aria di aspirazione, inclusa l'umidità nell'aria di aspirazione [mol/s]

$x_{int/exhdry}$ = quantità di aria di aspirazione necessaria per produrre i reali prodotti di combustione per mole di gas di scarico (grezzo o diluito) secco [mol/mol]

$x_{raw/exhdry}$ = quantità di gas di scarico non diluito, senza aria in eccesso, per mole di gas di scarico (grezzo o diluito) secco [mol/mol]

$x_{H_2Oexhdry}$ = quantità di acqua nei gas di scarico per mole di gas di scarico secco [mol/mol]

c) Calcolo della portata molare in base alla portata massica del carburante

In base a, \dot{m}_{fuel} , \dot{n}_{exh} [mol/s] deve essere calcolata come segue:

durante le prove di laboratorio questo calcolo può essere usato solo per cicli a modalità discreta e modali con rampe di transizione a regime stazionario mediante l'equazione (A.5-113):

$$\dot{n}_{\text{exh}} = \frac{\dot{m}_{\text{fuel}} \cdot w_{\text{C}} \cdot (1 + x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}})}{M_{\text{C}} \cdot x_{\text{Ccombdry}}} \quad (\text{A.5-113})$$

dove:

\dot{n}_{exh} = portata molare dei gas di scarico grezzi da cui vengono misurate le emissioni

\dot{m}_{fuel} = portata del carburante, inclusa l'umidità nell'aria di aspirazione [g/s]

w_{C} = frazione di massa del carbonio per il carburante in questione [g/g]

$x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}$ = quantità di H₂O per mole secca di flusso misurato [mol/mol]

M_{C} = massa molare di carbonio 12,011 g/mol

x_{Ccombdry} = quantità di carbonio dal carburante nei gas di scarico per mole di gas di scarico secco [mol/mol]

d) Calcolo della portata molare dei gas di scarico in base alla portata molare misurata dell'aria di aspirazione, alla portata molare dei gas di scarico diluiti e all'equilibrio chimico dei gas di scarico diluiti.

La portata molare dei gas di scarico \dot{n}_{exh} [mol/s] può essere calcolata in base alla portata molare misurata dell'aria di aspirazione, \dot{n}_{int} , alla portata molare misurata dei gas di scarico diluiti, \dot{n}_{dexh} , e ai valori calcolati usando l'equilibrio chimico di cui al punto A.2.4.3. Da notare che l'equilibrio chimico deve essere basato sulle concentrazioni dei gas di scarico diluiti. Per i calcoli del flusso continuo l'equilibrio chimico di cui al punto A.2.4.3 deve essere calcolato alla stessa frequenza in cui vengono aggiornati e registrati \dot{n}_{int} e \dot{n}_{dexh} . Questo \dot{n}_{dexh} calcolato può essere utilizzato per la verifica del rapporto di diluizione del PM, per il calcolo della portata molare dell'aria di diluizione nella correzione in funzione del fondo di cui al punto A.2.6.1 e per il calcolo della massa delle emissioni di cui al punto A.2.5.1 per le specie misurate nei gas di scarico grezzi.

In base alla portata molare dei gas di scarico diluiti e dell'aria di aspirazione, \dot{n}_{exh} [mol/s] deve essere calcolata come segue:

$$\dot{n}_{\text{exh}} = (x_{\text{raw/exhdry}} - x_{\text{int/exhdry}}) \cdot (1 - x_{\text{H}_2\text{Oexh}}) \cdot \dot{n}_{\text{dexh}} + \dot{n}_{\text{int}} \quad (\text{A.5-114})$$

dove:

\dot{n}_{exh} = portata molare dei gas di scarico grezzi da cui vengono misurate le emissioni [mol/s]

$x_{\text{int/exhdry}}$ = quantità di aria di aspirazione necessaria per produrre i reali prodotti di combustione per mole di gas di scarico (grezzo o diluito) secco [mol/mol]

$x_{\text{raw/exhdry}}$ = quantità di gas di scarico non diluito, senza aria in eccesso, per mole di gas di scarico (grezzo o diluito) secco [mol/mol]

$x_{\text{H}_2\text{Oexh}}$ = quantità di acqua nei gas di scarico per mole di gas di scarico [mol/mol]

\dot{n}_{dexh} = portata molare dei gas di scarico diluiti da cui vengono misurate le emissioni [mol/s]

\dot{n}_{int} = portata molare dell'aria di aspirazione, inclusa l'umidità nell'aria di aspirazione [mol/s]

A.2.6. Emissioni gassose diluite

A.2.6.1. Calcolo della massa delle emissioni e correzione in funzione del fondo

La massa delle emissioni gassose m_{gas} [g/prova] in funzione delle portate molari delle emissioni deve essere calcolata nel modo seguente:

- a) per il campionamento continuo, portata variabile, mediante l'equazione (A.5-106) di cui al punto A.2.5.1, lettera a):

$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{n}_{\text{exhi}} \cdot x_{\text{gasi}} \quad (\text{A.5-106})$$

dove:

- M_{gas} = massa molare delle emissioni generiche [g/mol]
 \dot{n}_{exhi} = portata molare istantanea dei gas di scarico su umido [mol/s]
 x_{gasi} = concentrazione molare istantanea generica del gas su umido [mol/mol]
 f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]
 N = numero di misurazioni [-]

- b) per il campionamento continuo, portata costante, mediante l'equazione (A.5-107) di cui al punto A.2.5.1, lettera b):

$$m_{\text{gas}} = M_{\text{gas}} \cdot \dot{n}_{\text{exh}} \cdot \bar{x}_{\text{gas}} \cdot \Delta t \quad (\text{A.5-107})$$

dove:

- M_{gas} = massa molare delle emissioni generiche [g/mol]
 \dot{n}_{exh} = portata molare dei gas di scarico su umido [mol/s]
 \bar{x}_{gas} = frazione molare media delle emissioni gassose su umido [mol/mol]
 Δt = durata dell'intervallo di prova

- c) per il campionamento per lotti, indipendentemente dal tipo di portata (variabile o costante), mediante l'equazione (A.5-108) di cui al punto A.2.5.1, lettera c):

$$m_{\text{gas}} = \frac{1}{f} \cdot M_{\text{gas}} \cdot \bar{x}_{\text{gas}} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{n}_{\text{exhi}} \quad (\text{A.5-108})$$

dove:

- M_{gas} = massa molare delle emissioni generiche [g/mol]
 \dot{n}_{exhi} = portata molare istantanea dei gas di scarico su umido [mol/s]
 \bar{x}_{gas} = frazione molare media delle emissioni gassose su umido [mol/mol]
 f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]
 N = numero di misurazioni [-]

- d) Nel caso di gas di scarico diluiti i valori calcolati della massa degli inquinanti devono essere corretti sottraendo la massa delle emissioni di fondo dovuta all'aria di diluizione:
- i) determinare innanzitutto la portata molare dell'aria di diluizione \dot{n}_{airdil} [mol/s] nell'intervallo di prova. Essa può essere una quantità misurata o calcolata dal flusso del gas di scarico diluito e dalla frazione media ponderata proporzionalmente al flusso dell'aria di diluizione nel gas di scarico diluito, $\bar{x}_{dil/exh}$;
 - ii) moltiplicare il flusso totale dell'aria di diluizione n_{airdil} [mol] per la concentrazione media delle emissioni di fondo. Può trattarsi di un valore medio ponderato in base al tempo o in base al flusso (ad es. un fondo sottoposto a campionamento proporzionale). Il prodotto di n_{airdil} e della concentrazione media di un'emissione di fondo corrisponde alla quantità totale di un'emissione di fondo;
 - iii) se il risultato è una quantità molare, esso deve essere convertito in massa dell'emissione di fondo m_{bkgnd} [g] moltiplicandolo per la massa molare dell'emissione, M_{gas} [g/mol];
 - iv) sottrarre la massa totale di fondo dalla massa totale per correggere le emissioni di fondo;
 - v) il flusso totale dell'aria di diluizione può essere determinato con una misurazione diretta del flusso. In questo caso la massa totale di fondo deve essere calcolata usando il flusso dell'aria di diluizione, n_{airdil} . Sottrarre la massa di fondo dalla massa totale. Il risultato deve essere usato nei calcoli delle emissioni specifiche al banco frenato;
 - vi) il flusso totale dell'aria di diluizione può essere determinato dal flusso totale del gas di scarico diluito e da un equilibrio chimico del carburante, dell'aria di aspirazione e dei gas di scarico conformemente al punto A.2.4. In questo caso la massa totale di fondo deve essere calcolata usando il flusso totale del gas di scarico diluito, n_{dexh} . Quindi questo risultato deve essere moltiplicato per la frazione media ponderata proporzionalmente al flusso dell'aria di diluizione nei gas di scarico diluiti, $\bar{x}_{dil/exh}$.

Per i due casi v) e vi) devono essere usate le equazioni (A.5-115) e (A.5-116): o

$$m_{bkgnd} = M_{gas} \cdot x_{gasdil} \cdot n_{airdil} \quad (\text{A.5-115})$$

$$m_{bkgnd} = M_{gas} \cdot \bar{x}_{dil/exh} \cdot \bar{x}_{bkgnd} \cdot n_{dexh}$$

$$m_{gascor} = m_{gas} - m_{bkgnd} \quad (\text{A.5-116})$$

dove:

m_{gas} = massa totale delle emissioni gassose [g]

m_{bkgnd} = masse totali di fondo [g]

m_{gascor} = massa del gas corretta in funzione delle emissioni di fondo [g]

M_{gas} = massa molare delle emissioni gassose generiche [g/mol]

x_{gasdil} = concentrazione delle emissioni gassose nell'aria di diluizione [mol/mol]

n_{airdil} = flusso molare dell'aria di diluizione [mol]

$\bar{x}_{dil/exh}$ = frazione media ponderata proporzionalmente al flusso dell'aria di diluizione nei gas di scarico diluiti [mol/mol]

\bar{x}_{bkgnd} = frazione del gas di fondo [mol/mol]

n_{dexh} = flusso totale dei gas di scarico diluiti [mol]

A.2.6.2. Conversione della concentrazione da secco a umido

Gli stessi rapporti dei gas grezzi (punto A.2.5.2.) devono essere usati per la conversione da secco a umido su campioni diluiti. Per l'aria di diluizione deve essere eseguita una misurazione dell'umidità allo scopo di calcolare la frazione del vapore acqueo $x_{\text{H}_2\text{Odil}}^{\text{dry}}$ [mol/mol] con l'equazione (A.5-96) di cui al punto A.2.4.3, lettera d):

$$x_{\text{H}_2\text{Odil}}^{\text{dry}} = \frac{x_{\text{H}_2\text{Odil}}}{1 - x_{\text{H}_2\text{Odil}}} \quad (\text{A.5-96})$$

dove:

$x_{\text{H}_2\text{Odil}}$ = frazione molare dell'acqua nel flusso dell'aria di diluizione [mol/mol]

A.2.6.3 Portata molare dei gas di scarico

a) Calcolo mediante l'equilibrio chimico

La portata molare \dot{n}_{exh} [mol/s] può essere calcolata in base alla portata massica del carburante \dot{m}_{fuel} mediante l'equazione (A.5-113) di cui al punto A.2.5.3, lettera c):

$$\dot{n}_{\text{exh}} = \frac{\dot{m}_{\text{fuel}} \cdot w_{\text{C}} \cdot (1 + x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}})}{M_{\text{C}} \cdot x_{\text{Ccombdry}}} \quad (\text{A.5-113})$$

dove:

\dot{n}_{exh} = portata molare dei gas di scarico grezzi da cui vengono misurate le emissioni [mol/s]

\dot{m}_{fuel} = portata del carburante, inclusa l'umidità nell'aria di aspirazione [g/s]

w_{C} = frazione di massa del carbonio per il carburante in questione [g/g]

$x_{\text{H}_2\text{Oexhdry}}$ = quantità di H₂O per mole secca di flusso misurato [mol/mol]

M_{C} = massa molare di carbonio 12,0107 g/mol

x_{Ccombdry} = quantità di carbonio dal carburante nei gas di scarico per mole di gas di scarico secco [mol/mol]

b) Misurazione

La portata molare dei gas di scarico può essere misurata mediante tre sistemi:

- i) portata molare PDP. In base al regime di funzionamento della pompa volumetrica (PDP) per un intervallo di prova, si usano il coefficiente angolare a_1 e l'intercetta a_0 [-] corrispondenti, calcolati con la procedura di taratura di cui all'allegato 4, punto 8.1.8.4.2, per calcolare la portata molare \dot{n} [mol/s] mediante l'equazione (A.5-117):

$$\dot{n} = f_{n,\text{PDP}} \cdot \frac{p_{\text{in}} \cdot V_{\text{rev}}}{R \cdot T_{\text{in}}} \quad (\text{A.5-117})$$

con:

$$V_{\text{rev}} = \frac{a_1}{f_{n,\text{PDP}}} \cdot \sqrt{\frac{p_{\text{out}} - p_{\text{in}}}{p_{\text{in}}}} + a_0 \quad (\text{A.5-118})$$

dove:

- a_1 = coefficiente di taratura [m³/s]
 a_0 = coefficiente di taratura [m³/giro]
 p_{in}, p_{out} = pressione di ingresso/uscita [Pa]
 R = costante molare del gas [J/(mol K)]
 T_{in} = temperatura di ingresso [K]
 V_{rev} = volume della pompa PDP [m³/giro]
 $f_{n.,PDP}$ = regime della PDP [giro/s]

- ii) Portata molare SSV. In base all'equazione C_d rispetto a $R_e^{\#}$ determinata come descritto all'allegato 4, punto 8.1.8.4.4, la portata molare del tubo di Venturi subsonico (SSV) durante una prova delle emissioni \dot{n} [mol/s] deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-119):

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (\text{A.5-119})$$

dove:

- p_{in} = pressione di ingresso [Pa]
 A_t = sezione trasversale della gola del tubo di Venturi [m²]
 R = costante molare del gas [J/(mol K)]
 T_{in} = temperatura di ingresso [K]
 Z = fattore di comprimibilità
 M_{mix} = massa molare dei gas di scarico diluiti [kg/mol]
 C_d = coefficiente di efflusso dell'SSV [-]
 C_f = coefficiente di flusso dell'SSV [-]

- iii) Portata molare CFV. Per calcolare la portata molare attraverso un tubo di Venturi o una combinazione di tubi di Venturi deve essere usato il rispettivo valore medio C_d e altre costanti, determinati come descritto all'allegato 4, punto 8.1.8.4.3. La portata molare \dot{n} [mol/s] durante la prova delle emissioni deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-120):

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (\text{A.5-120})$$

dove:

- p_{in} = pressione di ingresso [Pa]
 A_t = sezione trasversale della gola del tubo di Venturi [m²]
 R = costante molare del gas [J/(mol K)]
 T_{in} = temperatura di ingresso [K]
 Z = fattore di comprimibilità

M_{mix} = massa molare dei gas di scarico diluiti [kg/mol]

C_d = coefficiente di efflusso CFV [-]

C_f = coefficiente di flusso CFV [-]

A.2.7. Determinazione delle particelle

A.2.7.1 Campionamento

a) Campionamento da una portata variabile

Se si raccoglie il campione per lotti da una portata variabile di gas di scarico, occorre estrarre un campione proporzionale alla variazione della portata dei gas di scarico. La portata deve essere integrata in un intervallo di prova per determinare il flusso totale. La concentrazione media del PM \bar{M}_{PM} (che è già espressa in unità di massa per mole di campione) deve essere moltiplicata per il flusso totale per ottenere la massa totale del PM m_{PM} [g] mediante l'equazione (A.5-121):

$$m_{PM} = \bar{M}_{PM} \cdot \sum_{i=1}^N (\dot{n}_i \cdot \Delta t_i) \quad (\text{A.5-121})$$

dove:

\dot{n}_i = portata molare istantanea dei gas di scarico [mol/s]

\bar{M}_{PM} = concentrazione media del PM [g/mol]

Δt_i = intervallo di campionamento [s]

b) Campionamento da una portata costante

Se si raccoglie il campione per lotti da una portata costante di gas di scarico, deve essere determinata la portata molare media da cui è estratto il campione. La concentrazione media del PM deve essere moltiplicata per il flusso totale in modo da ottenere la massa totale del PM m_{PM} [g] mediante l'equazione (A.5-122):

$$m_{PM} = \bar{M}_{PM} \cdot \dot{n} \cdot \Delta t \quad (\text{A.5-122})$$

dove:

\dot{n} = portata molare dei gas di scarico [mol/s]

\bar{M}_{PM} = concentrazione media del PM [g/mol]

Δt = durata dell'intervallo di prova [s]

Per il campionamento con un rapporto di diluizione (DR) costante, m_{PM} [g] deve essere calcolato mediante l'equazione (A.5-123):

$$m_{PM} = m_{PMdil} \cdot DR \quad (\text{A.5-123})$$

dove:

m_{PMdil} = massa del PM nell'aria di diluizione [g]

DR = rapporto di diluizione [-] definito come il rapporto tra la massa dell'emissione, m , e la massa dei gas di scarico diluiti, $m_{dil/exh}$ ($DR = m / m_{dil/exh}$).

Il rapporto di diluizione DR può essere espresso come una funzione di $x_{dil/exh}$ [equazione (A.5-124)]:

$$DR = \frac{1}{1 - x_{dil/exh}} \quad (A.5-124)$$

A.2.7.2. Correzione in funzione del fondo

Lo stesso approccio descritto al punto A.2.6.1 deve essere applicato per correggere la massa del PM in relazione al fondo. Moltiplicando \bar{M}_{PMbknd} per il flusso totale dell'aria di diluizione, si ottiene la massa totale di fondo del PM, (m_{PMbknd} [g]). Sottraendo la massa totale di fondo dalla massa totale si ottiene la massa di fondo corretta delle particelle, m_{PMcor} [g] [equazione (A.5-125)]:

$$m_{PMcor} = m_{PMuncor} - \bar{M}_{PMbknd} \cdot n_{airdil} \quad (A.5-125)$$

dove:

$m_{PMuncor}$ = massa del PM non corretta [g]

\bar{M}_{PMbknd} = concentrazione media del PM nell'aria di diluizione [g/mol]

n_{airdil} = flusso molare dell'aria di diluizione [mol]

A.2.8. Lavoro nel ciclo ed emissioni specifiche

A.2.8.1. Emissioni gassose

A.2.8.1.1. Cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e modali con rampe di transizione (RMC)

Si fa riferimento ai punti A.2.5.1 e A.2.6.1 rispettivamente per i gas di scarico grezzi e diluiti. I valori risultanti per la potenza P_i [kW] devono essere integrati in un intervallo di prova. Il lavoro totale W_{act} [kWh] deve essere calcolato mediante l'equazione (A.5-126):

$$W_{act} = \sum_{i=1}^N P_i \cdot \Delta t_i = \frac{1}{f} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{1}{10^3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot \sum_{i=1}^N (n_i \cdot T_i) \quad (A.5-126)$$

dove:

P_i = potenza istantanea del motore [kW]

n_i = regime istantaneo del motore [giri/min]

T_i = coppia istantanea del motore [Nm]

W_{act} = lavoro effettivo nel ciclo [kWh]

f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]

N = numero di misurazioni [-]

Δt_i = intervallo di misurazione [s]

Se tali dispositivi ausiliari sono stati installati conformemente all'allegato 4, appendice A.2, non deve essere effettuato alcun aggiustamento della coppia istantanea del motore nell'equazione (A.5-126). Se, conformemente all'allegato 4, punti 6.3.2 o 6.3.3, del presente regolamento non sono stati installati dispositivi ausiliari che avrebbero dovuto essere montati per la prova oppure sono rimasti installati dispositivi ausiliari che avrebbero dovuto essere rimossi per la prova, il valore di T_i usato nell'equazione (A.5-126) deve essere corretto mediante l'equazione (A.5-127):

$$T_i = T_{i,meas} + T_{i,AUX} \quad (A.5-127)$$

dove:

$T_{i,meas}$ = valore misurato della coppia istantanea del motore

$T_{i,AUX}$ = valore corrispondente della coppia richiesto per far funzionare i dispositivi ausiliari e determinato conformemente all'allegato 4, punto 7.7.2.3, lettera b), del presente regolamento.

Le emissioni specifiche e_{gas} [g/kWh] devono essere calcolate nei modi seguenti, secondo il tipo di ciclo di prova.

$$e_{gas} = \frac{m_{gas}}{W_{act}} \quad (A.5-128)$$

dove:

m_{gas} = massa totale delle emissioni [g/prova]

W_{act} = lavoro nel ciclo [kWh]

Nel caso del ciclo NRTC, per le emissioni gassose diverse dal CO_2 , il risultato finale della prova e_{gas} [g/kWh] deve essere una media ponderata tra la prova con avviamento a freddo e la prova con avviamento a caldo calcolata mediante l'equazione (A.5-129):

$$e_{gas} = \frac{(0,1 \cdot m_{cold}) + (0,9 \cdot m_{hot})}{(0,1 \cdot W_{actcold}) + (0,9 \cdot W_{acthot})} \quad (A.5-129)$$

dove:

m_{cold} sono le emissioni massiche nella prova con avviamento a freddo NRTC [g]

$W_{act,cold}$ è il lavoro effettivo nel ciclo NRTC con avviamento a freddo [kWh]

m_{hot} sono le emissioni massiche nella prova con avviamento a caldo NRTC [g]

$W_{act,hot}$ è il ciclo di lavoro effettivo della prova con avviamento a caldo NRTC [kWh]

Nel caso del ciclo di prova NRTC, per il CO_2 , il risultato finale della prova e_{CO_2} [g/kWh] deve essere calcolato in base alla prova con avviamento a caldo mediante l'equazione (A.5-130):

$$e_{CO_2, hot} = \frac{m_{CO_2, hot}}{W_{act, hot}} \quad (A.5-130)$$

dove:

$m_{CO_2, hot}$ sono le emissioni massiche di CO₂ nella prova con avviamento a caldo NRTC [g]

$W_{act, hot}$ è il ciclo di lavoro effettivo della prova con avviamento a caldo NRTC [kWh]

A.2.8.1.2. NRSC in modalità discreta

Le emissioni specifiche e_{gas} [g/kWh] devono essere calcolate mediante l'equazione (A.5-131):

$$e_{gas} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (\dot{m}_{gasi} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (A.5-131)$$

\dot{m}_{gasi} = portata massica media delle emissioni per la modalità i [g/h]

P_i = potenza del motore in modalità i [kW] calcolata sommando alla potenza misurata P_{meas} [kW] la potenza necessaria per far funzionare i dispositivi ausiliari P_{AUX} [kW], determinata conformemente all'equazione (A.4-8) dell'allegato 4. ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = fattore di ponderazione per la modalità i [-]

N_{mode} = numero di modalità nella prova NRSC in modalità discreta applicabile

A.2.8.2. Emissioni di particolato

A.2.8.2.1. Cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e modali con rampe di transizione (RMC)

Le emissioni specifiche di particolato devono essere calcolate trasformando l'equazione (A.5-128) nell'equazione (A.5-132), dove e_{gas} [g/kWh] e m_{gas} [g/prova] sono sostituiti rispettivamente da e_{PM} [g/kWh] e m_{PM} [g/test]:

$$e_{PM} = \frac{m_{PM}}{W_{act}} \quad (A.5-132)$$

dove:

m_{PM} = massa totale delle emissioni di particelle, calcolata conformemente al punto A.2.7.1. [g/prova]

W_{act} = lavoro nel ciclo [kWh]

Le emissioni nel ciclo composito transitorio (vale a dire con fase fredda e fase calda) devono essere calcolate come illustrato al punto A.2.8.1.1.

A.2.8.2.2. NRSC in modalità discreta

L'emissione specifica di particolato e_{PM} [g/kWh] deve essere calcolata nel modo descritto di seguito.

A.2.8.2.2.1. Per il metodo a filtro unico mediante l'equazione (A.5-133):

$$e_{PM} = \frac{\dot{m}_{PM}}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (A.5-133)$$

dove:

P_i = potenza del motore in modalità i [kW] calcolata sommando alla potenza misurata P_{meas} [kW] la potenza necessaria per far funzionare i dispositivi ausiliari P_{AUX} [kW], determinata conformemente all'equazione (A.4-8) dell'allegato 4. ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = fattore di ponderazione per la modalità i [-]

\dot{m}_{PM_i} = portata massica del particolato [g/h]

N_{mode} = numero di modalità nella prova NRSC in modalità discreta applicabile

A.2.8.2.2.2. Per il metodo a filtro multiplo mediante l'equazione (A.5-134):

$$e_{PM} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (\dot{m}_{PM_i} \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (\text{A.5-134})$$

dove:

P_i = potenza del motore in modalità i [kW] calcolata sommando alla potenza misurata P_{meas} [kW] la potenza necessaria per far funzionare i dispositivi ausiliari P_{AUX} [kW], determinata conformemente all'equazione (A.4-8) dell'allegato 4. ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = fattore di ponderazione per la modalità i [-]

\dot{m}_{PM_i} = portata massica del particolato in modalità i [g/h]

N_{mode} = numero di modalità nella prova NRSC in modalità discreta applicabile

Per il metodo a filtro unico il fattore di ponderazione effettivo, WF_{eff} , deve essere calcolato per ciascuna modalità mediante l'equazione (A.5-135):

$$WF_{eff} = \frac{m_{smpldexhi} \cdot \overline{\dot{m}_{eqdexhwet}}}{m_{smpldex} \cdot \dot{m}_{eqdexhweti}} \quad (\text{A.5-135})$$

dove:

$m_{smpldexhi}$ = massa del campione di gas di scarico diluiti passato attraverso il filtro di campionamento del particolato in modalità i [kg]

$m_{smpldex}$ = massa del campione di gas di scarico diluito passato attraverso i filtri di campionamento del particolato [kg]

$\overline{\dot{m}_{eqdexhwet}}$ = portata massica equivalente dei gas di scarico diluiti in modalità i [kg/s]

$\dot{m}_{eqdexhwet}$ = portata massica equivalente media dei gas di scarico diluiti [kg/s]

I valori dei fattori di ponderazione effettivi devono corrispondere, con un'approssimazione di $\pm 0,005$ (valore assoluto), ai fattori di ponderazione elencati nell'allegato 4, appendice A.6.

A.2.8.3. Aggiustamento per i sistemi di controllo delle emissioni che si rigenerano a intervalli (periodici) non frequenti

In caso di motori dotati di sistemi di post-trattamento dei gas di scarico che si rigenerano a intervalli (periodici) non frequenti (cfr. allegato 4, punto 6.6.2), le emissioni specifiche di inquinanti gassosi e di particolato inquinante calcolate conformemente ai punti A.2.8.1 e A.2.8.2 devono essere corrette con il fattore di aggiustamento moltiplicativo o additivo applicabile. Nel caso la rigenerazione non frequente non si sia verificata durante la prova, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso l'alto ($k_{ru,m}$ o $k_{ru,a}$). Nel caso la rigenerazione non frequente si sia verificata durante la prova, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso il basso ($k_{rd,m}$ o $k_{rd,a}$). Nel caso dei cicli in modalità discreta, se sono stati determinati fattori di aggiustamento per ciascuna modalità, essi devono essere applicati a ciascuna modalità nel calcolo del risultato di emissione ponderato.

A.2.8.4. Aggiustamento per il fattore di deterioramento

Le emissioni specifiche di inquinanti gassosi e di particolato inquinante calcolate conformemente ai punti A.2.8.1 e A.2.8.2, se del caso applicando il fattore di aggiustamento della rigenerazione periodica non frequente a norma del punto A.2.8.3, devono essere inoltre corrette con il fattore di deterioramento moltiplicativo o additivo applicabile stabilito conformemente ai requisiti dell'allegato 8.

A.2.9. Taratura del flusso dei gas di scarico diluiti (CVS) e calcoli correlati

Questo punto descrive i calcoli per la taratura dei vari flussometri. Il punto A.2.9.1 descrive innanzitutto come convertire i risultati del flussometro di riferimento da usare nelle equazioni di taratura che sono presentate su base molare. Gli altri punti descrivono i calcoli di taratura specifici per determinati tipi di flussometro.

A.2.9.1. Conversioni dello strumento di misurazione di riferimento

Le equazioni di taratura del presente punto usano la portata molare, \dot{n}_{ref} , come quantità di riferimento. Se lo strumento di misurazione di riferimento adottato fornisce la portata in una quantità diversa (ad es. portata volumetrica standard, \dot{V}_{stdref} , portata volumetrica effettiva, \dot{V}_{actref} , o portata massica, \dot{m}_{ref}), l'output dello strumento di misurazione di riferimento deve essere convertito in portata molare mediante le equazioni (A.5-136), (A.5-137) e (A.5-138), tenendo presente che mentre i valori per la portata volumetrica, la portata massica, la pressione, la temperatura e la massa molare possono variare durante una prova delle emissioni, essi devono essere mantenuti il più possibile costanti per ogni singolo valore preimpostato (set point) durante la taratura del flussometro:

$$\dot{n}_{ref} = \frac{\dot{V}_{stdref} \cdot p_{std}}{T_{std} \cdot R} = \frac{\dot{V}_{actref} \cdot p_{act}}{T_{act} \cdot R} = \frac{\dot{m}_{ref}}{M_{mix}} \quad (\text{A.5-136})$$

dove:

\dot{n}_{ref} = portata molare di riferimento [mol/s]

\dot{V}_{stdref} = portata volumetrica di riferimento, corretta a una pressione e a una temperatura standard [m³/s]

\dot{V}_{actref} = portata volumetrica di riferimento, alla pressione e alla temperatura effettive [m³/s]

\dot{m}_{ref} = portata massica di riferimento [g/s]

p_{std} = pressione standard [Pa]

p_{act} = pressione effettiva del gas [Pa]

T_{std} = temperatura standard [K]

T_{act} = temperatura effettiva del gas [K]

R = costante del gas molare [J/(mol·K)]

M_{mix} = massa molare del gas [g/mol]

A.2.9.2. Calcoli di taratura per la PDP

Per ogni posizione del limitatore i seguenti valori devono essere calcolati in base ai valori medi determinati all'allegato 4, punto 8.1.8.4, nel modo seguente:

a) volume per giro della PDP, V_{rev} (m³/giro):

$$V_{rev} = \frac{\bar{\dot{n}}_{ref} \cdot R \cdot \bar{T}_{in}}{\bar{p}_{in} \cdot \bar{f}_{n\text{PDP}}} \quad (\text{A.5-137})$$

dove:

 \bar{n}_{ref} = valore medio della portata molare di riferimento [mol/s] R = costante del gas molare [J/(mol·K)] \bar{T}_{in} = temperatura media all'ingresso [K] \bar{p}_{in} = pressione media all'ingresso [Pa] \bar{f}_{nPDP} = velocità di rotazione media [giro/s]b) fattore di correzione dello scorrimento della PDP, K_s [s/giro]:

$$K_s = \frac{1}{\bar{f}_{\text{nPDP}}} \cdot \sqrt{\frac{\bar{p}_{\text{out}} - \bar{p}_{\text{in}}}{\bar{p}_{\text{out}}}} \quad (\text{A.5-138})$$

dove:

 \bar{n}_{ref} = portata molare media di riferimento [mol/s] \bar{T}_{in} = temperatura media all'ingresso [K] \bar{p}_{in} = pressione media all'ingresso [Pa] \bar{p}_{out} = pressione media all'uscita [Pa] \bar{f}_{nPDP} = velocità di rotazione media della PDP [giro/s] R = costante del gas molare [J/(mol·K)]

- c) regressione con il metodo dei minimi quadrati del volume della PDP per giro, V_{rev} , rispetto al fattore di correzione dello scorrimento della PDP, K_s , eseguita calcolando il coefficiente angolare, a_1 , e l'intercetta, a_0 , conformemente alle disposizioni dell'appendice A.6;
- d) la procedura di cui alle lettere da a) a c) del presente punto deve essere ripetuta per ogni regime di funzionamento della PDP;
- e) la tabella A.5-2. riporta questi calcoli per i diversi valori di \bar{f}_{nPDP}

Tabella A.5-2

Esempio di dati di taratura della PDP

\bar{f}_{nPDP} [giri/min]	\bar{f}_{nPDP} [giri/s]	a_1 [m ³ /min]	a_1 [m ³ /s]	a_0 [m ³ /giro]
755,0	12,58	50,43	0,8405	0,056
987,6	16,46	49,86	0,831	-0,013
1 254,5	20,9	48,54	0,809	0,028
1 401,3	23,355	47,30	0,7883	-0,061

- f) per ogni velocità di funzionamento della PDP devono essere usati il coefficiente angolare, a_1 , e l'intercetta, a_0 , corrispondenti per calcolare la portata durante la prova delle emissioni conformemente al punto A.2.6.3, lettera b).

A.2.9.3. Equazioni che regolano il tubo di Venturi e ipotesi consentite

Il presente punto descrive le equazioni che regolano il tubo di Venturi e le ipotesi consentite per la taratura dello stesso e per il calcolo del flusso usando un tubo di Venturi. Poiché il tubo di Venturi subsonico (SSV) e il tubo di Venturi a flusso critico (CFV) operano in modo simile, le equazioni che li regolano sono pressoché identiche, ad eccezione dell'equazione che descrive il rapporto di pressione, r (vale a dire r_{SSV} rispetto a r_{CFV}). Queste equazioni ipotizzano un flusso comprimibile, non viscoso, isoentropico di un gas ideale. Al punto A.2.9.3., lettera d), sono descritte le altre ipotesi possibili. Se l'ipotesi di un gas ideale per il flusso misurato non è consentita, le equazioni di regolazione includono una correzione del primo ordine per il comportamento di un gas reale, vale a dire il fattore di comprimibilità Z . Se i criteri di buona pratica ingegneristica impongono l'uso di un valore diverso da $Z = 1$, è possibile usare un'equazione di stato appropriata per determinare i valori di Z in funzione delle pressioni e delle temperature misurate, oppure si possono elaborare equazioni di taratura specifiche sulla base dei criteri di buona pratica ingegneristica. Si noti che l'equazione per il coefficiente di flusso, C_f , è basata sull'ipotesi del gas ideale secondo cui l'esponente isoentropico, γ , è uguale al rapporto dei calori specifici, c_p/c_v . Se i criteri di buona pratica ingegneristica impongono l'uso di un esponente isoentropico di un gas reale, si può usare un'equazione di stato appropriata per determinare i valori di γ come una funzione delle pressioni e delle temperature misurate, oppure si possono elaborare equazioni di taratura specifiche. La portata molare \dot{n} [mol/s] deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-139):

$$\dot{n} = C_d \cdot C_f \cdot \frac{A_t \cdot p_{in}}{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}} \quad (\text{A.5-139})$$

dove:

C_d = coefficiente di efflusso, come determinato al punto A.2.9.3., lettera a), [-]

C_f = coefficiente di flusso, come determinato al punto A.2.9.3., lettera b), [-]

A_t = sezione trasversale della gola del tubo di Venturi [m²]

p_{in} = pressione statica assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [Pa]

Z = fattore di comprimibilità [-]

M_{mix} = massa molare della miscela di gas [kg/mol]

R = costante del gas molare [J/(mol·K)]

T_{in} = temperatura assoluta all'ingresso del tubo di Venturi [K]

a) Usando i dati raccolti all'allegato 4, punto 8.1.8.4, si calcola C_d mediante l'equazione (A.5-140):

$$C_d = \dot{n}_{ref} \cdot \frac{\sqrt{Z \cdot M_{mix} \cdot R \cdot T_{in}}}{C_f \cdot A_t \cdot p_{in}} \quad (\text{A.5-140})$$

dove:

\dot{n}_{ref} = portata molare di riferimento [mol/s]

Altri simboli nell'equazione (A.5-139).

b) C_f deve essere determinato usando uno dei seguenti metodi:

- i) solo per i flussimetri CFV, C_{fCFV} si ricava dalla tabella A.5-3 in base ai valori per β (rapporto dei diametri della gola del tubo Venturi/dell'ingresso) e γ (rapporto dei calori specifici della miscela di gas), usando l'interpolazione lineare per trovare i valori intermedi:

Tabella A.5-3

C_{fCFV} rispetto a β e γ per i flussometri CFV

C_{fCFV}		
β	$\gamma_{exh} = 1,385$	$\gamma_{dexh} = \gamma_{air} = 1,399$
0,000	0,6822	0,6846
0,400	0,6857	0,6881
0,500	0,6910	0,6934
0,550	0,6953	0,6977
0,600	0,7011	0,7036
0,625	0,7047	0,7072
0,650	0,7089	0,7114
0,675	0,7137	0,7163
0,700	0,7193	0,7219
0,720	0,7245	0,7271
0,740	0,7303	0,7329
0,760	0,7368	0,7395
0,770	0,7404	0,7431
0,780	0,7442	0,7470
0,790	0,7483	0,7511
0,800	0,7527	0,7555
0,810	0,7573	0,7602
0,820	0,7624	0,7652
0,830	0,7677	0,7707
0,840	0,7735	0,7765
0,850	0,7798	0,7828

- ii) Per qualsiasi flussometro CFV o SSV si può usare l'equazione (A.5-141) per calcolare C_f :

$$C_f = \left[\frac{2 \cdot \gamma \cdot \left(r^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right)}{(\gamma - 1) \cdot \left(\beta^4 - r^{\frac{-2}{\gamma}} \right)} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{A.5-141})$$

dove:

γ = esponente isoentropico [-]. Per un gas ideale, questo è il rapporto dei calori specifici della miscela di gas, c_p/c_V

r = rapporto di pressione, come determinato alla lettera c) del presente punto

β = rapporto dei diametri della gola del tubo Venturi/dell'ingresso

c) il rapporto di pressione r deve essere calcolato nel modo seguente:

i) solo per i sistemi SSV, r_{SSV} deve essere calcolato mediante l'equazione (A.5-142):

$$r_{SSV} = 1 - \frac{\Delta p_{SSV}}{P_{in}} \quad (\text{A.5-142})$$

dove:

Δp_{SSV} = pressione statica differenziale; ingresso del tubo Venturi meno gola del tubo Venturi [Pa]

ii) solo per i sistemi CFV, r_{CFV} deve essere calcolato mediante l'equazione (A.5-143):

$$r_{CFV}^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} + \left(\frac{\gamma-1}{2} \right) \cdot \beta^4 \cdot r_{CFV}^{\frac{2}{\gamma}} = \frac{\gamma+1}{2} \quad (\text{A.5-143})$$

d) è possibile applicare una qualsiasi delle seguenti ipotesi di semplificazione delle equazioni che regolano il tubo di Venturi, oppure possono essere utilizzati criteri di buona pratica ingegneristica per elaborare valori più appropriati per le prove:

- i) per le prove delle emissioni sugli intervalli completi dei gas di scarico grezzi, dei gas di scarico diluiti e dell'aria di diluizione, si può ipotizzare che la miscela di gas si comporti come un gas ideale: $Z = 1$;
- ii) per l'intervallo completo dei gas di scarico grezzi è possibile ipotizzare un rapporto costante dei calori specifici di $\gamma = 1,385$;
- iii) per l'intervallo completo dei gas di scarico diluiti e aria (ad es. aria di taratura o aria di diluizione) è possibile ipotizzare $\gamma = 1,399$;
- iv) per gli intervalli completi dei gas di scarico diluiti e aria, la massa molare della miscela, M_{mix} [g/mol], può essere considerata una funzione solo della quantità di acqua nell'aria di diluizione o nell'aria di taratura, x_{H_2O} , determinata conformemente al punto A.2.3.2, e deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-144):

$$M_{mix} = M_{air} \cdot (1 - x_{H_2O}) + M_{H_2O} \cdot (x_{H_2O}) \quad (\text{A.5-144})$$

dove:

M_{air} = 28,96559 g/mol

M_{H_2O} = 18,01528 g/mol

x_{H_2O} = quantità di acqua nell'aria di diluizione o di taratura [mol/mol]

- v) per l'intervallo completo di gas di scarico diluiti e aria, si può ipotizzare una massa molare costante della miscela, M_{mix} , per tutte le tarature e le prove, purché la massa molare ipotizzata non si scosti di oltre $\pm 1\%$ dalle masse molari minima e massima stimate durante la taratura e la prova. Tale ipotesi può essere formulata se si garantisce un controllo sufficiente dell'acqua nell'aria di taratura e nell'aria di diluizione oppure se una quantità di acqua sufficiente è rimossa dall'aria di taratura e dall'aria di diluizione. La tabella A.5-4 riporta esempi di intervalli consentiti del punto di rugiada dell'aria di diluizione rispetto al punto di rugiada dell'aria di taratura.

Tabella A.5-4

Esempi di punti di rugiada dell'aria di diluizione e dell'aria di taratura ai quali è consentito ipotizzare una costante M_{mix}

Se il T_o di taratura (C) è...	si ipotizza la seguente costante M_{mix} (g/mol)	per i seguenti intervalli di T_{dew} (°C) durante le prove delle emissioni ⁽⁴⁾
secco	28,96559	secco fino a 18
0	28,89263	secco fino a 21
5	28,86148	secco fino a 22
10	28,81911	secco fino a 24
15	28,76224	secco fino a 26
20	28,68685	da -8 a 28
25	28,58806	da 12 a 31
30	28,46005	da 23 a 34

⁽⁴⁾ Intervallo valido per tutte le tarature e le prove delle emissioni nell'intervallo di pressione atmosferica (da 80 000 a 103 325) kPa.

A.2.9.4. Taratura dell'SSV

Approccio molare. Per tarare un flussometro SSV deve essere eseguita la seguente procedura:

- i) calcolare il numero di Reynolds, $Re^{\#}$, per ogni portata molare di riferimento usando il diametro della gola del tubo di Venturi, d_t , nell'equazione (A.5-145). Poiché per calcolare $Re^{\#}$ è necessaria la viscosità dinamica μ è possibile usare un modello di viscosità specifico per determinare μ per il gas di taratura (in genere aria) utilizzando criteri di buona pratica ingegneristica con l'equazione (A.5-146). In alternativa, per stimare μ è possibile applicare il modello di viscosità di Sutherland a tre coefficienti (cfr. tabella A.5-5):

$$Re^{\#} = \frac{4 \cdot M_{\text{mix}} \cdot \dot{n}_{\text{ref}}}{\pi \cdot d_t \cdot \mu} \quad (\text{A.5-145})$$

dove:

d_t = diametro della gola dell'SSV [m]

M_{mix} = massa molare della miscela [kg/mol]

\dot{n}_{ref} = portata molare di riferimento [mol/s]

e, usando il modello di viscosità di Sutherland a tre coefficienti:

$$\mu = \mu_0 \left(\frac{T_{\text{in}}}{T_0} \right)^{\frac{3}{2}} \cdot \left(\frac{T_0 + S}{T_{\text{in}} + S} \right) \quad (\text{A.5-146})$$

dove:

μ = viscosità dinamica del gas di taratura [kg/(m·s)]

μ_0 = viscosità di riferimento di Sutherland [kg/(m·s)]

S = costante di Sutherland [K]

T_0 = temperatura di riferimento di Sutherland [K]

T_{in} = temperatura assoluta all'ingresso del tubo Venturi [K]

Tabella A.5-5

Parametri del modello di viscosità di Sutherland a tre coefficienti

Gas ⁽⁴⁾	μ_0	T_0	S	Intervallo di temperatura con una tolleranza di $\pm 2\%$	Limite di pressione
	kg/(m·s)	K	K	K	kPa
Air	$1,716 \times 10^{-5}$	273	111	da 170 a 1 900	$\leq 1\,800$
CO ₂	$1,370 \times 10^{-5}$	273	222	da 190 a 1 700	$\leq 3\,600$
H ₂ O	$1,12 \times 10^{-5}$	350	1 064	da 360 a 1 500	$\leq 10\,000$
O ₂	$1,919 \times 10^{-5}$	273	139	da 190 a 2 000	$\leq 2\,500$
N ₂	$1,663 \times 10^{-5}$	273	107	da 100 a 1 500	$\leq 1\,600$

⁽⁴⁾ Devono essere usati i parametri tabulati solo per i gas puri, secondo l'elenco.

I parametri per calcolare le viscosità delle miscele di gas non devono essere combinati.

- ii) creare un'equazione per C_d rispetto a $Re^\#$ usando i valori accoppiati di ($Re^\#$, C_d). C_d è calcolato in base all'equazione (A.5-140), con C_f ottenuto dall'equazione (A.5-141); oppure è possibile usare qualsiasi formula matematica, incluse le serie polinomiali o di potenze. L'equazione (A.5-147) è un esempio di una formula matematica comunemente usata per mettere in relazione C_d e $Re^\#$;

$$C_d = a_0 - a_1 \sqrt{\frac{10^6}{Re^\#}} \quad (\text{A.5-147})$$

- iii) eseguire un'analisi di regressione con il metodo dei minimi quadrati per determinare i coefficienti più appropriati per l'equazione e calcolare le statistiche di regressione dell'equazione, l'errore standard della stima SEE e il coefficiente di determinazione r^2 secondo le disposizioni dell'appendice A.5;
- iv) se l'equazione soddisfa i criteri $SEE < 0,5\% n_{ref\,max}$ (o $\dot{m}_{ref\,max}$) e $r^2 \geq 0,995$, essa può essere usata per determinare C_d per le prove delle emissioni, conformemente al punto A.2.6.3, lettera b);
- v) se i criteri di SEE e r^2 non sono soddisfatti, possono essere utilizzati criteri di buona pratica ingegneristica per omettere punti dati di taratura e quindi soddisfare le statistiche di regressione. Per soddisfare i criteri devono essere usati almeno sette punti dati di taratura;
- vi) se l'omissione dei punti non risolve il problema dei valori anomali, devono essere adottate misure correttive. Ad esempio, scegliere un'altra espressione matematica per l'equazione C_d rispetto a $Re^\#$, verificare le perdite oppure ripetere il processo di taratura. Se il processo viene ripetuto, devono essere applicate tolleranze più rigide alle misurazioni e deve essere accordato più tempo per la stabilizzazione dei flussi;
- vii) una volta che soddisfa i criteri di regressione, l'equazione può essere usata solo per determinare le portate che rientrano nell'intervallo delle portate di riferimento usate per soddisfare i criteri di regressione dell'equazione di C_d rispetto a $Re^\#$.

A.2.9.5. Taratura del CFV

Alcuni flussometri CFV sono costituiti da un unico tubo di Venturi; altri da molteplici tubi di Venturi che sono usati in combinazioni diverse per misurare portate diverse. Per i flussometri CVF che sono costituiti da più tubi di Venturi, è possibile effettuare la taratura di ogni singolo tubo in modo indipendente, al fine di determinare un coefficiente di efflusso separato, C_d , per ciascun tubo di Venturi, oppure è possibile effettuare la taratura di ciascuna combinazione di tubi di Venturi. Se viene tarata una combinazione di tubi di Venturi, la somma dell'area della gola dei tubi di Venturi attivi è espressa con A_t , la radice quadrata della somma dei quadrati dei diametri delle gole dei tubi di Venturi attivi è espressa con d_t e il rapporto dei diametri della gola del tubo Venturi/dell'ingresso è espresso come il rapporto della radice quadrata della somma dei diametri delle gole dei tubi di Venturi attivi (d_t) rispetto al diametro dell'ingresso comune a tutti i tubi di Venturi (D). Per determinare C_d per un singolo tubo di Venturi o una combinazione di tubi di Venturi deve essere eseguita la seguente procedura:

- a) con i dati raccolti a ogni valore preimpostato (set point) di taratura calcolare un C_d individuale per ciascun punto con l'equazione (A.5-140);
- b) calcolare la deviazione media e la deviazione standard di tutti i valori C_d con le equazioni (A.5-155) e (A.5-156);
- c) Se la deviazione standard di tutti i valori C_d è pari o inferiore allo 0,3 % del C_d medio, allora il C_d medio deve essere usato nell'equazione (A.5-120) e il CFV deve essere usato solo fino al valore r più basso misurato durante la taratura;

$$r = 1 - (\Delta p / p_{in}) \quad (\text{A.5-148})$$

- d) se la deviazione standard di tutti i valori C_d è superiore allo 0,3 % del C_d medio, si omettono i valori C_d corrispondenti ai punti dei dati raccolti al valore r più basso misurato durante la taratura;
- e) se il numero rimanente di punti dati è inferiore a sette, intraprendere un'azione correttiva e verificare i dati di taratura o ripetere il processo di taratura. Se il processo di taratura viene ripetuto, si raccomanda di controllare se ci sono perdite, applicare tolleranze più rigide per le misurazioni e accordare più tempo per la stabilizzazione dei flussi;
- f) se il numero dei rimanenti valori C_d è pari almeno a sette, ricalcolare la deviazione media e la deviazione standard dei valori C_d rimanenti;
- g) se la deviazione standard dei valori C_d rimanenti è pari o inferiore a 0,3 % della media dei C_d rimanenti, tale C_d medio deve essere usato nell'equazione (A.5-120) e si usano i valori CFV solo fino al valore r più basso associato al C_d rimanente;
- h) se la deviazione standard dei C_d rimanenti è ancora superiore a 0,3 % della media dei valori C_d rimanenti, si devono ripetere le operazioni di cui alle lettere da d) a g) del presente punto.

A.2.10 Correzione in funzione della deriva

A.2.10.1 Campo di applicazione e frequenza

I calcoli della presente appendice devono essere effettuati per determinare se la deriva dell'analizzatore dei gas invalida i risultati di un intervallo di prova. Se la deriva non invalida i risultati di un intervallo di prova, i valori misurati dall'analizzatore di gas per l'intervallo di prova devono essere corretti in funzione della deriva secondo le disposizioni della presente appendice. I valori misurati dall'analizzatore di gas corretti in funzione della deriva devono essere usati in tutti i successivi calcoli delle emissioni. La soglia accettabile di deriva dell'analizzatore di gas in un intervallo di prova è specificata nell'allegato 4, punto 8.2.2.2.

A.2.10.2 Principi di correzione

I calcoli della presente appendice usano i valori misurati dall'analizzatore di gas alle concentrazioni di riferimento dei gas di zero e di span usati per l'analisi, determinati prima e dopo un intervallo di prova. I calcoli correggono i valori misurati dall'analizzatore di gas che sono stati registrati durante un intervallo di prova. La correzione è basata sui valori medi misurati dall'analizzatore per i gas di zero e di span di riferimento e sulle concentrazioni di riferimento dei gas di zero e di span. La convalida e la correzione in funzione della deriva devono essere eseguite nel modo indicato di seguito.

A.2.10.3. Convalida della deriva

Dopo aver applicato tutte le altre correzioni (ad eccezione della correzione in funzione della deriva) a tutti i segnali dell'analizzatore di gas, le emissioni specifiche al banco frenato devono essere calcolate conformemente al punto A.2.8 del presente allegato. In seguito tutti i segnali dell'analizzatore di gas devono essere corretti in funzione della deriva secondo la presente appendice. Le emissioni specifiche al banco frenato devono essere calcolate nuovamente usando tutti i segnali dell'analizzatore di gas corretti in funzione della deriva. I risultati delle emissioni specifiche al banco frenato devono essere convalidati e dichiarati prima e dopo la correzione in funzione della deriva secondo le disposizioni dell'allegato 4, punto 8.2.2.2.

A.2.10.4. Correzione in funzione della deriva

Tutti i segnali dell'analizzatore di gas devono essere corretti nel modo seguente:

- ciascuna concentrazione registrata, x_i , deve essere corretta per il campionamento continuo o per lotti, \bar{x} ;
- La correzione in funzione della deriva si calcola con l'equazione (A.5-149):

$$x_{i\text{driftcor}} = x_{\text{refzero}} + (x_{\text{refspan}} - x_{\text{refzero}}) \frac{2x_i - (x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}})}{(x_{\text{prespan}} + x_{\text{postspan}}) - (x_{\text{prezero}} + x_{\text{postzero}})} \quad (\text{A.5-149})$$

dove:

- $x_{i\text{driftcor}}$ = concentrazione corretta per la deriva [$\mu\text{mol/mol}$]
- x_{refzero} = concentrazione di riferimento del gas di zero, che è generalmente zero se non sono noti altri valori [$\mu\text{mol/mol}$]
- x_{refspan} = concentrazione di riferimento del gas di span [$\mu\text{mol/mol}$]
- x_{prespan} = risposta dell'analizzatore di gas alla concentrazione del gas di span nell'intervallo pre-prova [$\mu\text{mol/mol}$]
- x_{postspan} = risposta dell'analizzatore di gas alla concentrazione del gas di span nell'intervallo post-prova [$\mu\text{mol/mol}$]
- x_i o \bar{x} = concentrazione registrata, ossia misurata durante la prova prima della correzione in funzione della deriva [$\mu\text{mol/mol}$]
- x_{prezero} = risposta dell'analizzatore di gas alla concentrazione del gas di zero nell'intervallo pre-prova [$\mu\text{mol/mol}$]
- x_{postzero} = risposta dell'analizzatore di gas alla concentrazione del gas di zero nell'intervallo post-prova [$\mu\text{mol/mol}$]

- per le eventuali concentrazioni precedenti alla prova si usano le concentrazioni determinate più di recente nell'intervallo pre-prova. Per alcuni intervalli di prova il più recente valore precedente alla taratura dello zero o dello span potrebbe essere stato misurato prima di uno o più intervalli di prova precedenti;
- per le eventuali concentrazioni dell'intervallo successivo alla prova si usano le concentrazioni determinate più di recente dopo l'intervallo di prova. Per alcuni intervalli di prova il più recente valore successivo alla taratura dello zero o dello span potrebbe essere stato misurato dopo uno o più intervalli di prova successivi;
- se non viene registrata la risposta pre-prova dell'analizzatore alla concentrazione di gas di span, x_{prespan} , quest'ultima deve essere considerata equivalente alla concentrazione di riferimento del gas di span: $x_{\text{prespan}} = x_{\text{refspan}}$.

- f) se non viene registrata la risposta pre-prova dell'analizzatore alla concentrazione di gas di zero, x_{prezero} , quest'ultima deve essere considerata equivalente alla concentrazione di riferimento del gas di zero: $x_{\text{prezero}} = x_{\text{refzero}}$;
- g) generalmente la concentrazione di riferimento del gas di zero, x_{refzero} , è zero: $x_{\text{refzero}} = 0 \text{ } \mu\text{mol/mol}$. Tuttavia in alcuni casi x_{refzero} può avere una concentrazione diversa da zero. Ad esempio, se un analizzatore di CO_2 è azzerato usando l'aria ambiente, si può usare la concentrazione predefinita di CO_2 dell'aria ambiente, pari a $375 \text{ } \mu\text{mol/mol}$. In questo caso $x_{\text{refzero}} = 375 \text{ } \mu\text{mol/mol}$. Se un analizzatore è azzerato usando un x_{refzero} diverso da zero, l'analizzatore deve essere impostato in modo da fornire in uscita l'effettiva concentrazione x_{refzero} . Ad esempio, se $x_{\text{refzero}} = 375 \text{ } \mu\text{mol/mol}$, l'analizzatore deve essere impostato in modo da fornire in uscita un valore di $375 \text{ } \mu\text{mol/mol}$ quando il gas di zero affluisce all'analizzatore.
-

Appendice A.3

Statistiche

A.3.1. Media aritmetica

La media aritmetica, \bar{y} , deve essere calcolata nel modo che segue:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \quad (\text{A.5-150})$$

A.3.2. Deviazione standard

La deviazione standard per un campione non viziato (*ad es.* $N-1$), σ , deve essere calcolata come segue:

$$\sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{(N-1)}} \quad (\text{A.5-151})$$

A.3.3. Media quadratica

La media quadratica, rms_y , deve essere calcolata come segue:

$$rms_y = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i^2} \quad (\text{A.5-152})$$

A.3.4. Prova t

Si deve determinare se i dati superano la prova t usando le seguenti equazioni e tabelle:

- a) per una prova t non accoppiata, la statistica t e il suo numero di gradi di libertà, ν , devono essere calcolati come segue:

$$t = \frac{|\bar{y}_{\text{ref}} - \bar{y}|}{\sqrt{\frac{\sigma_{\text{ref}}^2}{N_{\text{ref}}} + \frac{\sigma_y^2}{N}}} \quad (\text{A.5-153})$$

$$\nu = \frac{\left(\frac{\sigma_{\text{ref}}^2}{N_{\text{ref}}} + \frac{\sigma_y^2}{N}\right)^2}{\frac{(\sigma_{\text{ref}}^2/N_{\text{ref}})^2}{N_{\text{ref}} - 1} + \frac{(\sigma_y^2/N)^2}{N - 1}} \quad (\text{A.5-154})$$

- b) per una prova t accoppiata, la statistica t e il suo numero di gradi di libertà, v , devono essere calcolati come segue, notando che ε_i sono gli errori (*ad es.* le differenze) tra ogni coppia di $y_{\text{ref}i}$ e y_i :

$$t = \frac{|\bar{\varepsilon}| \cdot \sqrt{N}}{\sigma_{\varepsilon}} \quad v = N - 1 \quad (\text{A.5-155})$$

- c) la tabella A.5.6 del presente punto è usata per confrontare t ai valori t_{crit} della tabella rispetto al numero di gradi di libertà. Se t è inferiore a t_{crit} , t supera la prova t .

Tabella A.5.6

Valori t critici rispetto al numero di gradi di libertà, v

v	Affidabilità	
	90 %	95 %
1	6,314	12,706
2	2,920	4,303
3	2,353	3,182
4	2,132	2,776
5	2,015	2,571
6	1,943	2,447
7	1,895	2,365
8	1,860	2,306
9	1,833	2,262
10	1,812	2,228
11	1,796	2,201
12	1,782	2,179
13	1,771	2,160
14	1,761	2,145
15	1,753	2,131
16	1,746	2,120
18	1,734	2,101
20	1,725	2,086
22	1,717	2,074
24	1,711	2,064
26	1,706	2,056
28	1,701	2,048
30	1,697	2,042
35	1,690	2,030
40	1,684	2,021
50	1,676	2,009
70	1,667	1,994
100	1,660	1,984
1000+	1,645	1,960

Per stabilire i valori non indicati nella tabella deve essere usata l'interpolazione lineare.

A.3.5. Prova F

La statistica F deve essere calcolata come segue:

$$F_y = \frac{\sigma_y^2}{\sigma_{\text{ref}}^2} \quad (\text{A.5-156})$$

- a) per la prova F di affidabilità del 90 % si usa la tabella A.5.7 del presente punto per confrontare i valori F ai valori $F_{\text{crit}90}$ della tabella rispetto a $(N-1)$ e $(N_{\text{ref}}-1)$. Se F è inferiore a $F_{\text{crit}90}$, allora F supera la prova F con un'affidabilità del 90 per cento;
- b) per la prova F di affidabilità del 95 % si usa la tabella A.5.8 del presente punto per confrontare i valori F ai valori $F_{\text{crit}95}$ della tabella rispetto a $(N-1)$ e $(N_{\text{ref}}-1)$. Se F è inferiore a $F_{\text{crit}95}$, allora F supera la prova F con un'affidabilità del 95 %.

Tabella A.5.7

Valori $F_{critici}$, F_{crit90} , rispetto a $N-1$ e $N_{ref}-1$ con un'affidabilità del 90 %

N-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1000+
$N_{ref}-1$																			
1	39,86	49,50	53,59	55,83	57,24	58,20	58,90	59,43	59,85	60,19	60,70	61,22	61,74	62,00	62,26	62,52	62,79	63,06	63,32
2	8,526	9,000	9,162	9,243	9,293	9,326	9,349	9,367	9,381	9,392	9,408	9,425	9,441	9,450	9,458	9,466	9,475	9,483	9,491
3	5,538	5,462	5,391	5,343	5,309	5,285	5,266	5,252	5,240	5,230	5,216	5,200	5,184	5,176	5,168	5,160	5,151	5,143	5,134
4	4,545	4,325	4,191	4,107	4,051	4,010	3,979	3,955	3,936	3,920	3,896	3,870	3,844	3,831	3,817	3,804	3,790	3,775	3,761
5	4,060	3,780	3,619	3,520	3,453	3,405	3,368	3,339	3,316	3,297	3,268	3,238	3,207	3,191	3,174	3,157	3,140	3,123	3,105
6	3,776	3,463	3,289	3,181	3,108	3,055	3,014	2,983	2,958	2,937	2,905	2,871	2,836	2,818	2,800	2,781	2,762	2,742	2,722
7	3,589	3,257	3,074	2,961	2,883	2,827	2,785	2,752	2,725	2,703	2,668	2,632	2,595	2,575	2,555	2,535	2,514	2,493	2,471
8	3,458	3,113	2,924	2,806	2,726	2,668	2,624	2,589	2,561	2,538	2,502	2,464	2,425	2,404	2,383	2,361	2,339	2,316	2,293
9	3,360	3,006	2,813	2,693	2,611	2,551	2,505	2,469	2,440	2,416	2,379	2,340	2,298	2,277	2,255	2,232	2,208	2,184	2,159
10	3,285	2,924	2,728	2,605	2,522	2,461	2,414	2,377	2,347	2,323	2,284	2,244	2,201	2,178	2,155	2,132	2,107	2,082	2,055
11	3,225	2,860	2,660	2,536	2,451	2,389	2,342	2,304	2,274	2,248	2,209	2,167	2,123	2,100	2,076	2,052	2,026	2,000	1,972
12	3,177	2,807	2,606	2,480	2,394	2,331	2,283	2,245	2,214	2,188	2,147	2,105	2,060	2,036	2,011	1,986	1,960	1,932	1,904
13	3,136	2,763	2,560	2,434	2,347	2,283	2,234	2,195	2,164	2,138	2,097	2,053	2,007	1,983	1,958	1,931	1,904	1,876	1,846
14	3,102	2,726	2,522	2,395	2,307	2,243	2,193	2,154	2,122	2,095	2,054	2,010	1,962	1,938	1,912	1,885	1,857	1,828	1,797
15	3,073	2,695	2,490	2,361	2,273	2,208	2,158	2,119	2,086	2,059	2,017	1,972	1,924	1,899	1,873	1,845	1,817	1,787	1,755
16	3,048	2,668	2,462	2,333	2,244	2,178	2,128	2,088	2,055	2,028	1,985	1,940	1,891	1,866	1,839	1,811	1,782	1,751	1,718
17	3,026	2,645	2,437	2,308	2,218	2,152	2,102	2,061	2,028	2,001	1,958	1,912	1,862	1,836	1,809	1,781	1,751	1,719	1,686
18	3,007	2,624	2,416	2,286	2,196	2,130	2,079	2,038	2,005	1,977	1,933	1,887	1,837	1,810	1,783	1,754	1,723	1,691	1,657
19	2,990	2,606	2,397	2,266	2,176	2,109	2,058	2,017	1,984	1,956	1,912	1,865	1,814	1,787	1,759	1,730	1,699	1,666	1,631
20	2,975	2,589	2,380	2,249	2,158	2,091	2,040	1,999	1,965	1,937	1,892	1,845	1,794	1,767	1,738	1,708	1,677	1,643	1,607
21	2,961	2,575	2,365	2,233	2,142	2,075	2,023	1,982	1,948	1,920	1,875	1,827	1,776	1,748	1,719	1,689	1,657	1,623	1,586
22	2,949	2,561	2,351	2,219	2,128	2,061	2,008	1,967	1,933	1,904	1,859	1,811	1,759	1,731	1,702	1,671	1,639	1,604	1,567
23	2,937	2,549	2,339	2,207	2,115	2,047	1,995	1,953	1,919	1,890	1,845	1,796	1,744	1,716	1,686	1,655	1,622	1,587	1,549

N-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1000+
24	2,927	2,538	2,327	2,195	2,103	2,035	1,983	1,941	1,906	1,877	1,832	1,783	1,730	1,702	1,672	1,641	1,607	1,571	1,533
25	2,918	2,528	2,317	2,184	2,092	2,024	1,971	1,929	1,895	1,866	1,820	1,771	1,718	1,689	1,659	1,627	1,593	1,557	1,518
26	2,909	2,519	2,307	2,174	2,082	2,014	1,961	1,919	1,884	1,855	1,809	1,760	1,706	1,677	1,647	1,615	1,581	1,544	1,504
27	2,901	2,511	2,299	2,165	2,073	2,005	1,952	1,909	1,874	1,845	1,799	1,749	1,695	1,666	1,636	1,603	1,569	1,531	1,491
28	2,894	2,503	2,291	2,157	2,064	1,996	1,943	1,900	1,865	1,836	1,790	1,740	1,685	1,656	1,625	1,593	1,558	1,520	1,478
29	2,887	2,495	2,283	2,149	2,057	1,988	1,935	1,892	1,857	1,827	1,781	1,731	1,676	1,647	1,616	1,583	1,547	1,509	1,467
30	2,881	2,489	2,276	2,142	2,049	1,980	1,927	1,884	1,849	1,819	1,773	1,722	1,667	1,638	1,606	1,573	1,538	1,499	1,456
40	2,835	2,440	2,226	2,091	1,997	1,927	1,873	1,829	1,793	1,763	1,715	1,662	1,605	1,574	1,541	1,506	1,467	1,425	1,377
60	2,791	2,393	2,177	2,041	1,946	1,875	1,819	1,775	1,738	1,707	1,657	1,603	1,543	1,511	1,476	1,437	1,395	1,348	1,291
120	2,748	2,347	2,130	1,992	1,896	1,824	1,767	1,722	1,684	1,652	1,601	1,545	1,482	1,447	1,409	1,368	1,320	1,265	1,193
1000+	2,706	2,303	2,084	1,945	1,847	1,774	1,717	1,670	1,632	1,599	1,546	1,487	1,421	1,383	1,342	1,295	1,240	1,169	1,000

Tabella A.5.8

Valori F_{crit95} , rispetto a $N-1$ e $N_{ref}-1$ con un'affidabilità del 95 %

N-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1000+
$N_{ref}-1$																			
1	161,4	199,5	215,7	224,5	230,1	233,9	236,7	238,8	240,5	241,8	243,9	245,9	248,0	249,0	250,1	251,1	252,2	253,2	254,3
2	18,51	19,00	19,16	19,24	19,29	19,33	19,35	19,37	19,38	19,39	19,41	19,42	19,44	19,45	19,46	19,47	19,47	19,48	19,49
3	10,12	9,552	9,277	9,117	9,014	8,941	8,887	8,845	8,812	8,786	8,745	8,703	8,660	8,639	8,617	8,594	8,572	8,549	8,526
4	7,709	6,944	6,591	6,388	6,256	6,163	6,094	6,041	5,999	5,964	5,912	5,858	5,803	5,774	5,746	5,717	5,688	5,658	5,628
5	6,608	5,786	5,410	5,192	5,050	4,950	4,876	4,818	4,773	4,735	4,678	4,619	4,558	4,527	4,496	4,464	4,431	4,399	4,365
6	5,987	5,143	4,757	4,534	4,387	4,284	4,207	4,147	4,099	4,060	4,000	3,938	3,874	3,842	3,808	3,774	3,740	3,705	3,669
7	5,591	4,737	4,347	4,120	3,972	3,866	3,787	3,726	3,677	3,637	3,575	3,511	3,445	3,411	3,376	3,340	3,304	3,267	3,230
8	5,318	4,459	4,066	3,838	3,688	3,581	3,501	3,438	3,388	3,347	3,284	3,218	3,150	3,115	3,079	3,043	3,005	2,967	2,928
9	5,117	4,257	3,863	3,633	3,482	3,374	3,293	3,230	3,179	3,137	3,073	3,006	2,937	2,901	2,864	2,826	2,787	2,748	2,707
10	4,965	4,103	3,708	3,478	3,326	3,217	3,136	3,072	3,020	2,978	2,913	2,845	2,774	2,737	2,700	2,661	2,621	2,580	2,538

N-1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	1000+
11	4,844	3,982	3,587	3,357	3,204	3,095	3,012	2,948	2,896	2,854	2,788	2,719	2,646	2,609	2,571	2,531	2,490	2,448	2,405
12	4,747	3,885	3,490	3,259	3,106	2,996	2,913	2,849	2,796	2,753	2,687	2,617	2,544	2,506	2,466	2,426	2,384	2,341	2,296
13	4,667	3,806	3,411	3,179	3,025	2,915	2,832	2,767	2,714	2,671	2,604	2,533	2,459	2,420	2,380	2,339	2,297	2,252	2,206
14	4,600	3,739	3,344	3,112	2,958	2,848	2,764	2,699	2,646	2,602	2,534	2,463	2,388	2,349	2,308	2,266	2,223	2,178	2,131
15	4,543	3,682	3,287	3,056	2,901	2,791	2,707	2,641	2,588	2,544	2,475	2,403	2,328	2,288	2,247	2,204	2,160	2,114	2,066
16	4,494	3,634	3,239	3,007	2,852	2,741	2,657	2,591	2,538	2,494	2,425	2,352	2,276	2,235	2,194	2,151	2,106	2,059	2,010
17	4,451	3,592	3,197	2,965	2,810	2,699	2,614	2,548	2,494	2,450	2,381	2,308	2,230	2,190	2,148	2,104	2,058	2,011	1,960
18	4,414	3,555	3,160	2,928	2,773	2,661	2,577	2,510	2,456	2,412	2,342	2,269	2,191	2,150	2,107	2,063	2,017	1,968	1,917
19	4,381	3,522	3,127	2,895	2,740	2,628	2,544	2,477	2,423	2,378	2,308	2,234	2,156	2,114	2,071	2,026	1,980	1,930	1,878
20	4,351	3,493	3,098	2,866	2,711	2,599	2,514	2,447	2,393	2,348	2,278	2,203	2,124	2,083	2,039	1,994	1,946	1,896	1,843
21	4,325	3,467	3,073	2,840	2,685	2,573	2,488	2,421	2,366	2,321	2,250	2,176	2,096	2,054	2,010	1,965	1,917	1,866	1,812
22	4,301	3,443	3,049	2,817	2,661	2,549	2,464	2,397	2,342	2,297	2,226	2,151	2,071	2,028	1,984	1,938	1,889	1,838	1,783
23	4,279	3,422	3,028	2,796	2,640	2,528	2,442	2,375	2,320	2,275	2,204	2,128	2,048	2,005	1,961	1,914	1,865	1,813	1,757
24	4,260	3,403	3,009	2,776	2,621	2,508	2,423	2,355	2,300	2,255	2,183	2,108	2,027	1,984	1,939	1,892	1,842	1,790	1,733
25	4,242	3,385	2,991	2,759	2,603	2,490	2,405	2,337	2,282	2,237	2,165	2,089	2,008	1,964	1,919	1,872	1,822	1,768	1,711
26	4,225	3,369	2,975	2,743	2,587	2,474	2,388	2,321	2,266	2,220	2,148	2,072	1,990	1,946	1,901	1,853	1,803	1,749	1,691
27	4,210	3,354	2,960	2,728	2,572	2,459	2,373	2,305	2,250	2,204	2,132	2,056	1,974	1,930	1,884	1,836	1,785	1,731	1,672
28	4,196	3,340	2,947	2,714	2,558	2,445	2,359	2,291	2,236	2,190	2,118	2,041	1,959	1,915	1,869	1,820	1,769	1,714	1,654
29	4,183	3,328	2,934	2,701	2,545	2,432	2,346	2,278	2,223	2,177	2,105	2,028	1,945	1,901	1,854	1,806	1,754	1,698	1,638
30	4,171	3,316	2,922	2,690	2,534	2,421	2,334	2,266	2,211	2,165	2,092	2,015	1,932	1,887	1,841	1,792	1,740	1,684	1,622
40	4,085	3,232	2,839	2,606	2,450	2,336	2,249	2,180	2,124	2,077	2,004	1,925	1,839	1,793	1,744	1,693	1,637	1,577	1,509
60	4,001	3,150	2,758	2,525	2,368	2,254	2,167	2,097	2,040	1,993	1,917	1,836	1,748	1,700	1,649	1,594	1,534	1,467	1,389
120	3,920	3,072	2,680	2,447	2,290	2,175	2,087	2,016	1,959	1,911	1,834	1,751	1,659	1,608	1,554	1,495	1,429	1,352	1,254
1000+	3,842	2,996	2,605	2,372	2,214	2,099	2,010	1,938	1,880	1,831	1,752	1,666	1,571	1,517	1,459	1,394	1,318	1,221	1,000

A.3.6. Coefficiente angolare

Il coefficiente angolare di regressione con il metodo dei minimi quadrati, a_{1y} , deve essere calcolato nel modo che segue:

$$a_{1y} = \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}) \cdot (y_{\text{ref}i} - \bar{y}_{\text{ref}})}{\sum_{i=1}^N (y_{\text{ref}i} - \bar{y}_{\text{ref}})^2} \quad (\text{A.5-157})$$

A.3.7. Intercetta

L'intercetta di regressione con il metodo dei minimi quadrati, a_{0y} , deve essere calcolata nel modo che segue:

$$a_{0y} = \bar{y} - (a_{1y} \cdot \bar{y}_{\text{ref}}) \quad (\text{A.5-158})$$

A.3.8. Errore standard della stima

L'errore standard della stima (standard error of estimate, SEE) deve essere calcolato nel modo che segue:

$$SEE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N [y_i - a_{0y} - (a_{1y} \cdot y_{\text{ref}i})]^2}{N - 2}} \quad (\text{A.5-159})$$

A.3.9. Coefficiente di determinazione

Il coefficiente di determinazione, r^2 , deve essere calcolato nel modo che segue:

$$r_y^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N [y_i - a_{0y} - (a_{1y} \cdot y_{\text{ref}i})]^2}{\sum_{i=1}^N [y_i - \bar{y}]^2} \quad (\text{A.5-160})$$

APPENDICE A.4

FORMULA DELLA GRAVITÀ INTERNAZIONALE DEL 1980

L'accelerazione della gravità della terra, a_g , varia a seconda della posizione ed è calcolata per una latitudine rispettiva come segue:

$$a_g = 9,7803267715 \left[1 + 5,2790414 \times 10^{-3} \sin^2 \theta + 2,32718 \times 10^{-5} \sin^4 \theta + 1,262 \times 10^{-7} \sin^6 \theta + 7 \times 10^{-10} \sin^8 \theta \right] \quad (\text{A.5-161})$$

dove:

θ = gradi di latitudine a nord o a sud

APPENDICE A.5

VERIFICA DEL FLUSSO DI CARBONIO

A.5.1. Introduzione

Solo una piccolissima parte del carbonio presente nei gas di scarico proviene dal carburante e, di questa, solo una minima parte è presente nei gas di scarico sotto forma di CO₂. Su questo presupposto si fonda una verifica del sistema basata su misurazioni di CO₂.

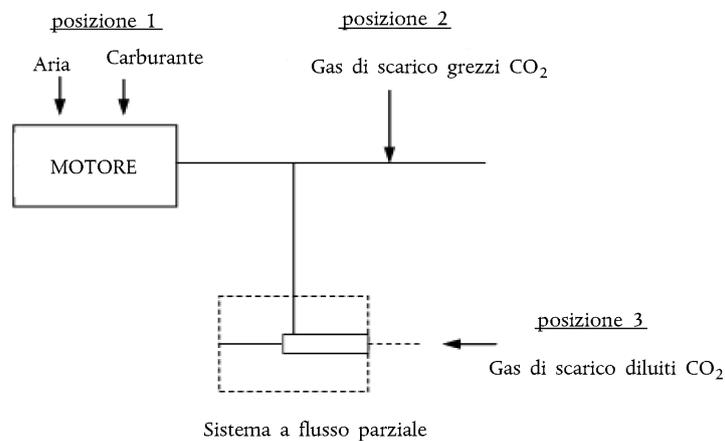
Il flusso del carbonio nei sistemi di misurazione dei gas di scarico è determinato dalla portata del carburante. Il flusso di carbonio a vari punti di campionatura nei sistemi di campionatura delle emissioni e del particolato è determinato dalle concentrazioni di CO₂ e dalle portate di gas in tali punti.

In questo senso, il motore costituisce una fonte nota di flusso del carbonio e, osservando tale flusso nel tubo di scarico e all'uscita del sistema di campionamento a flusso parziale del PM, si può verificare l'assenza di perdite e l'accuratezza della sua misurazione. Tale verifica presenta il vantaggio che i componenti funzionano in condizioni di prova reali del motore per quanto riguarda temperatura e flusso.

La figura A.5-1 indica i punti di campionamento in cui deve essere controllato il flusso del carbonio. Le formule specifiche per determinare i flussi di carbonio in ognuno dei punti di campionamento sono riportate di seguito.

Figura A.5-1

Punti di misurazione per la verifica del flusso del carbonio



A.5.2. Portata del carbonio in ingresso nel motore (posizione 1)

La portata massica del carbonio in ingresso nel motore q_{mCf} [kg/s] per un carburante CH_αO_ε è data da:

$$q_{mCf} = \frac{12,011}{12,011 + \alpha + 15,9994 \cdot \varepsilon} \cdot q_{mf} \quad (\text{A.5-162})$$

dove:

$$q_{mf} = \text{portata massica del carburante [kg/s]}$$

A.5.3. Portata di carbonio nei gas di scarico grezzi (posizione 2)

La portata massica di carbonio nel tubo di scarico del motore q_{mCe} [kg/s] deve essere determinata dalla concentrazione di CO₂ grezzo e dalla portata massica dei gas di scarico:

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO_2,r} - c_{CO_2,a}}{100} \right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12,011}{M_e} \quad (\text{A.5-163})$$

dove:

$c_{CO_2,r}$ = concentrazione di CO₂ su umido nel gas di scarico grezzo [percentuale]

$c_{CO_2,a}$ = concentrazione di CO₂ su umido nell'aria ambiente [percentuale]

q_{mew} = portata massica dei gas di scarico su umido [kg/s]

M_e = massa molare dei gas di scarico [g/mol]

Se il CO₂ è misurato su secco, le misurazioni devono essere convertite nel valore su umido in conformità al punto A.7.3.2. o A.8.2.2.

A.5.4. Portata del carbonio nel sistema di diluizione (posizione 3)

Nei sistemi di diluizione a flusso parziale, occorre tenere conto anche del rapporto di divisione. La portata del carbonio in un sistema di diluizione equivalente q_{mCp} [kg/s] (equivalente significa equivalente a un sistema a flusso pieno dove il flusso totale è diluito) deve essere determinata dalla concentrazione di CO₂ diluito, dalla portata massica dei gas di scarico e dalla portata del campione; la nuova equazione è identica all'equazione (A.5-2), essendo integrata solo dal fattore di diluizione q_{mdew}/q_{mp} .

$$q_{mCp} = \left(\frac{c_{CO_2,d} - c_{CO_2,a}}{100} \right) \cdot q_{mew} \cdot \frac{12,011}{M_e} \cdot \frac{q_{mdew}}{q_{mp}} \quad (\text{A.5-164})$$

dove:

$c_{CO_2,d}$ = concentrazione di CO₂ su umido nel gas di scarico diluito all'uscita del tunnel di diluizione [percentuale]

$c_{CO_2,a}$ = concentrazione di CO₂ su umido nell'aria ambiente [percentuale]

q_{mdew} = flusso del campione diluito in ingresso nel sistema di diluizione a flusso parziale [in kg/s]

q_{mew} = portata massica dei gas di scarico su umido [kg/s]

q_{mp} = flusso del campione di gas di scarico in ingresso nel sistema di diluizione a flusso parziale [kg/s]

M_e = massa molare dei gas di scarico [g/mol]

Se il CO₂ è misurato su secco, le misurazioni devono essere convertite nel valore su umido in conformità al punto A.7.3.2. o A.8.2.2.

A.5.5. Calcolo della massa molare dei gas di scarico

La massa molare del gas di scarico deve essere calcolata mediante l'equazione (A.8-15) (cfr. punto A.8.2.4.2).

In alternativa, si possono utilizzare le masse molari seguenti:

$$M_e (\text{diesel}) = 28,9 \text{ g/mol}$$

APPENDICE A.6

CALCOLO DEL NUMERO DI PARTICELLE

A.6.1. Determinazione del numero di particelle

A.6.1.1. Allineamento temporale

Nei sistemi di diluizione a flusso parziale si deve tener conto del tempo di permanenza nel sistema di campionamento e misurazione del numero di particelle mediante l'allineamento temporale del segnale del numero di particelle con il ciclo di prova e la portata massica dei gas di scarico, secondo la procedura definita all'allegato 4, punto 8.2.1.2. Il tempo di trasformazione del sistema di campionamento e di misurazione del numero di particelle deve essere determinato conformemente alle disposizioni dell'allegato 4, appendice 1, punto A.1.1.3.7.

A.6.1.2. Determinazione del numero di particelle per i cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e modali con rampe di transizione (RMC) con un sistema di diluizione a flusso parziale

Se si effettua il campionamento del numero di particelle con un sistema di diluizione a flusso parziale con le specifiche di cui all'allegato 4, punto 9.2.3, il numero di particelle emesso durante il ciclo di prova deve essere calcolato mediante l'equazione (A.5-165):

$$N = \frac{m_{edf}}{1,293} \cdot k \cdot \bar{c}_s \cdot \bar{f}_r \cdot 10^6 \quad (\text{A.5-165})$$

dove:

N è il numero di particelle emesse durante il ciclo di prova [# / prova]

m_{edf} è la massa dei gas di scarico diluiti equivalenti nel corso del ciclo, determinata con l'equazione (A.5-45) (punto A.1.3.1.1.2.) [kg/prova],

k è il fattore di taratura per correggere le misurazioni del contatore del numero di particelle rispetto al livello dello strumento di riferimento, se tale fattore non è applicato automaticamente nel contatore del numero di particelle. Se il fattore di taratura è applicato automaticamente all'interno del contatore del numero di particelle, nell'equazione (A.5-165) a k deve essere attribuito il valore 1;

\bar{c}_s è la concentrazione media di particelle nei gas di scarico diluiti, corretta rispetto a condizioni standard (273,15 K e 101,33 kPa) [particelle per cm^3];

\bar{f}_r è il fattore di riduzione della concentrazione media di particelle nel separatore di particelle volatili, specifico per le regolazioni di diluizione usate per la prova;

con

$$\bar{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad (\text{A.5-166})$$

dove:

$c_{s,i}$ è una misurazione discreta della concentrazione di particelle nei gas di scarico diluiti usciti dal contatore di particelle, corretta rispetto alla coincidenza e a condizioni standard (273,15 K e 101,33 kPa) [particelle per cm^3];

n è il numero di misurazioni effettuate della concentrazione di particelle nel corso della prova.

- A.6.1.3. Determinazione del numero di particelle per i cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e modali con rampe di transizione (RMC) con un sistema di diluizione a flusso totale

Se si effettua il campionamento del numero di particelle con un sistema di diluizione a flusso totale con le specifiche di cui all'allegato 4, punto 9.2.2, il numero di particelle emesso durante il ciclo di prova deve essere calcolato mediante l'equazione (A.5-167):

$$N = \frac{m_{edf}}{1,293} \cdot k \cdot \bar{c}_s \cdot \bar{f}_r \cdot 10^6 \quad (\text{A.5-167})$$

dove:

N è il numero di particelle emesse durante il ciclo di prova [#/prova]

m_{ed} è la portata totale dei gas di scarico diluiti nel corso del ciclo, calcolata in conformità a uno qualsiasi dei metodi descritti all'allegato 5, punti da A.1.2.4.1. a A.1.2.4.3 [kg/prova],

k è il fattore di taratura per correggere le misurazioni del contatore del numero di particelle rispetto al livello dello strumento di riferimento, se tale fattore non è applicato automaticamente nel contatore del numero di particelle. Se il fattore di taratura è applicato automaticamente all'interno del contatore del numero di particelle, nell'equazione (A.5-167) a k deve essere attribuito il valore 1;

\bar{c}_s è la concentrazione media di particelle nei gas di scarico diluiti, corretta rispetto a condizioni standard (273,15 K e 101,33 kPa) [particelle per cm³];

\bar{f}_r è il fattore di riduzione della concentrazione media di particelle nel separatore di particelle volatili, specifico per i parametri di diluizione usati per la prova;

con

$$\bar{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad (\text{A.5-168})$$

dove:

$c_{s,i}$ è una misurazione discreta della concentrazione di particelle nei gas di scarico diluiti usciti dal contatore di particelle, corretta rispetto alla coincidenza e a condizioni standard (273,15 K e 101,33 kPa) [particelle per cm³];

n è il numero di misurazioni della concentrazione di particelle effettuate nel corso della prova.

- A.6.1.4. Determinazione del numero di particelle per i cicli NRSC in modalità discreta con un sistema di diluizione a flusso parziale

Se si effettua il campionamento del numero di particelle con un sistema di diluizione a flusso parziale con le specifiche di cui all'allegato 4, punto 9.2.3, la portata delle emissioni di particelle di ciascuna modalità discreta deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-169) usando i valori medi per la rispettiva modalità:

$$\dot{N} = \frac{q_{medf}}{1,293} \times k \times \bar{c}_s \times \bar{f}_r \times 10^6 \times 3600 \quad (\text{A.5-169})$$

dove:

- \dot{N} è la portata delle emissioni di particelle in un singolo ciclo in modalità discreta [# /h],
- q_{medf} è la portata massica equivalente dei gas di scarico diluiti su umido in un singolo ciclo in modalità discreta, determinata conformemente all'equazione (A.5-51) di cui al punto A.1.3.2.1 [kg/s],
- k è il fattore di taratura per correggere le misurazioni del contatore del numero di particelle rispetto al livello dello strumento di riferimento, se tale fattore non è applicato automaticamente nel contatore del numero di particelle. Se il fattore di taratura è applicato automaticamente all'interno contatore del numero di particelle, nell'equazione (A.5-169) a k deve essere attribuito il valore 1;
- \bar{c}_s è la concentrazione media di particelle nei gas di scarico diluiti, nel singolo ciclo in modalità discreta, corretta rispetto a condizioni standard (273,15 K e 101,33 kPa) [particelle per cm³];
- \bar{f}_r è il fattore di riduzione della concentrazione media di particelle nel separatore di particelle volatili, specifico per le regolazioni di diluizione usate per la prova;

con

$$\bar{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad (\text{A.5-170})$$

dove:

- $c_{s,i}$ è una misurazione discreta della concentrazione di particelle nei gas di scarico diluiti usciti dal contatore di particelle, corretta rispetto alla coincidenza e a condizioni standard (273,15 K e 101,33 kPa) [particelle per cm³];
- n è il numero di misurazioni della concentrazione di particelle effettuate nel corso del singolo periodo di campionamento in modalità discreta.

A.6.1.5. Determinazione del numero di particelle per i cicli in modalità discreta con un sistema di diluizione a flusso totale

Se si effettua il campionamento del numero di particelle con un sistema di diluizione a flusso totale con le specifiche di cui all'allegato 4, punto 9.2.2, la portata delle emissioni di particelle di ogni singola modalità discreta deve essere calcolata mediante l'equazione (A.5-171) usando i valori medi per la rispettiva modalità:

$$\dot{N} = \frac{q_{medf}}{1,293} \times k \times \bar{c}_s \times \bar{f}_r \times 10^6 \times 3600 \quad (\text{A.5-171})$$

dove:

- \dot{N} è la portata delle emissioni di particelle in un singolo ciclo in modalità discreta [# /h],
- q_{mdew} è la portata massica istantanea dei gas di scarico diluiti su umido nel singolo ciclo in modalità discreta [kg/s]
- k è il fattore di taratura per correggere le misurazioni del contatore del numero di particelle rispetto al livello dello strumento di riferimento, se tale fattore non è applicato automaticamente nel contatore del numero di particelle. Se il fattore di taratura è applicato automaticamente all'interno del contatore del numero di particelle, nell'equazione (A.5-171) a k deve essere attribuito il valore 1;
- \bar{c}_s è la concentrazione media di particelle nei gas di scarico diluiti, nel singolo ciclo in modalità discreta, corretta rispetto a condizioni standard (273,15 K e 101,33 kPa) [particelle per cm³];
- \bar{f}_r è il fattore di riduzione della concentrazione media di particelle nel separatore di particelle volatili, specifico per le regolazioni di diluizione usate per la prova;

con

$$\bar{c}_s = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} c_{s,i}}{n} \quad (\text{A.5-172})$$

dove:

$c_{s,i}$ è una misurazione discreta della concentrazione di particelle nei gas di scarico diluiti usciti dal contatore di particelle, corretta rispetto alla coincidenza e a condizioni standard (273,15 K e 101,33 kPa) [particelle per cm³];

n è il numero di misurazioni della concentrazione di particelle effettuate nel corso del singolo periodo di campionamento in modalità discreta

A.6.2. Risultato della prova

A.6.2.1. Calcolo delle emissioni specifiche per i cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e modali con rampe di transizione (RMC)

Per ogni singolo ciclo RMC NRSC, NRTC a caldo e NRSC a freddo, le emissioni specifiche espresse in numero di particelle/kWh devono essere calcolate mediante l'equazione (A.5-173):

$$e = \frac{N}{W_{act}} \quad (\text{A.5-173})$$

dove:

N è il numero di particelle emesso durante il ciclo RMC, NRTC a caldo o NRTC a freddo;

W_{act} è il lavoro effettivo nel ciclo in conformità all'allegato 4, punto 7.8.3.4 [kWh].

Per un ciclo RMC, in caso di motori dotati di sistemi di post trattamento dei gas di scarico a rigenerazione (periodica) non frequente (cfr. allegato 4, punto 6.6.2), le emissioni specifiche devono essere corrette con il fattore di aggiustamento moltiplicativo o con il fattore additivo applicabile. Nel caso la rigenerazione non frequente non si sia verificata durante la prova, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso l'alto ($k_{ru,m}$ o $k_{ru,a}$). Nel caso la rigenerazione non frequente si sia verificata durante la prova, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso il basso ($k_{rd,m}$ o $k_{rd,a}$).

Per un ciclo RMC il risultato finale deve inoltre essere corretto con il fattore di deterioramento moltiplicativo o additivo applicabile stabilito conformemente ai requisiti dell'allegato 8.

A.6.2.1.1. Risultato medio ponderato della prova NRTC

Per il ciclo NRTC, il risultato finale della prova deve essere una media ponderata tra cicli con avviamento a freddo e a caldo (compresa la rigenerazione periodica, se pertinente), calcolata mediante l'equazione (A.5-174) o (A.5-175):

a) in caso di fattore di aggiustamento della rigenerazione moltiplicativo o di motori privi di sistemi post-trattamento a rigenerazione (periodica) non frequente

$$e = k_r \left(\frac{(0,1 \times N_{cold}) + (0,9 \times N_{hot})}{(0,1 \times W_{act,cold}) + (0,9 \times W_{act,hot})} \right) \quad (\text{A.5-174})$$

b) in caso di fattore di aggiustamento della rigenerazione additivo

$$e = k_r + \left(\frac{(0,1 \times N_{cold}) + (0,9 \times N_{hot})}{(0,1 \times W_{act,cold}) + (0,9 \times W_{act,hot})} \right) \quad (\text{A.5-175})$$

dove:

N_{cold} è il numero totale di particelle emesse durante il ciclo di prova NRTC con avviamento a freddo

N_{hot} è il numero totale di particelle emesse durante il ciclo di prova NRTC a caldo

$W_{act,cold}$ è il lavoro effettivo nel ciclo NRTC con avviamento a freddo in conformità all'allegato 4, punto 7.8.3.4 [kWh]

$W_{act,hot}$ è il lavoro effettivo nel ciclo di prova NRTC a caldo in conformità all'allegato 4, punto 7.8.3.4 [kWh]

k_r è il fattore di aggiustamento della rigenerazione, in conformità all'allegato 4, punto 6.6.2, o in caso di motori privi di sistemi post-trattamento a rigenerazione (periodica) non frequente $k_r = 1$

Nel caso la rigenerazione non frequente non si sia verificata durante la prova, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso l'alto ($k_{ru,m}$ o $k_{ru,a}$). Nel caso la rigenerazione non frequente si sia verificata durante la prova, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso il basso ($k_{rd,m}$ o $k_{rd,a}$).

Il risultato, se del caso comprensivo del fattore di aggiustamento della rigenerazione non frequente, deve inoltre essere corretto con il fattore di deterioramento moltiplicativo o additivo applicabile stabilito conformemente ai requisiti dell'allegato 8.

A.6.2.2. Calcolo delle emissioni specifiche per le prove NRSC in modalità discreta

Le emissioni specifiche e [# / kWh] devono essere calcolate mediante l'equazione (A.5-176):

$$e = \frac{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (\dot{N}_i \cdot WF_i)}{\sum_{i=1}^{N_{mode}} (P_i \cdot WF_i)} \quad (\text{A.5-176})$$

dove:

P_i = potenza del motore in modalità i [kW] calcolata sommando alla potenza misurata P_{meas} [kW] la potenza necessaria per far funzionare i dispositivi ausiliari P_{AUX} [kW], determinata conformemente all'equazione (A.4-8) dell'allegato 4. ($P_i = P_{meas} + P_{AUX}$)

WF_i = è il fattore di ponderazione per la modalità i [-]

\dot{N}_i = è la portata massica media delle emissioni per la modalità i [# / h] in base all'equazione (A.5-169) o (A.5-171), a seconda del metodo di diluizione.

In caso di motori dotati di sistemi di post trattamento dei gas di scarico a rigenerazione (periodica) non frequente (cfr. allegato 4, punto 6.6.2), le emissioni specifiche devono essere corrette con il fattore di aggiustamento moltiplicativo o con il fattore additivo applicabile. Nel caso la rigenerazione non frequente non si sia verificata durante la prova, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso l'alto ($k_{ru,m}$ o $k_{ru,a}$). Nel caso la rigenerazione non frequente si sia verificata durante la prova, deve essere applicato il fattore di aggiustamento verso il basso ($k_{rd,m}$ o $k_{rd,a}$). Se sono stati determinati fattori di aggiustamento per ciascuna modalità, essi devono essere applicati a ciascuna modalità nel calcolo del risultato di emissione ponderato mediante l'equazione (A.5-176).

Il risultato, se del caso comprensivo del fattore di aggiustamento della rigenerazione non frequente, deve inoltre essere corretto con il fattore di deterioramento moltiplicativo o additivo applicabile stabilito conformemente ai requisiti dell'allegato 8.

A.6.2.3. Arrotondamento dei risultati definitivi

I risultati di prova definitivi del ciclo NRTC e del ciclo NRTC medio ponderato devono essere arrotondati, in una sola operazione, a tre cifre significative conformemente alla norma ASTM E 29-06B. Non è ammesso alcun arrotondamento dei valori intermedi da cui si ricava il risultato finale delle emissioni specifiche al banco frenato.

A.6.2.4. Determinazione del numero di particelle di fondo

A.6.2.4.1. Su richiesta del costruttore del motore, prima o dopo la prova è possibile estrarre un campione delle concentrazioni di fondo del numero di particelle nel tunnel di diluizione a partire da un punto, a valle dei filtri di particelle e idrocarburi, nel sistema di misurazione del numero di particelle al fine di stabilire le concentrazioni del numero di particelle di fondo nel tunnel.

A.6.2.4.2. Non deve essere consentito sottrarre le concentrazioni del numero di particelle di fondo nel tunnel di diluizione ai fini di omologazione, ma su richiesta del costruttore e previa approvazione dell'autorità di omologazione l'operazione è consentita per provare la conformità della produzione se si dimostra che il contributo delle concentrazioni di fondo del tunnel è significativo; in tal caso esso può essere sottratto dai valori misurati nei gas di scarico diluiti.

APPENDICE A.7

CALCOLO DELLE EMISSIONI DI AMMONIACA

A.7.1. Calcolo della concentrazione media per i cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e modali con rampe di transizione (RMC)

La concentrazione media di NH₃ nei gas di scarico durante il ciclo di prova c_{NH_3} [ppm] deve essere determinata integrando i valori istantanei nel ciclo. Deve essere applicata l'equazione (A.5-177):

$$c_{NH_3} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{i=n} c_{NH_{3,i}} \quad (\text{A.5-177})$$

dove:

$c_{NH_{3,i}}$ è la concentrazione istantanea di NH₃ nei gas di scarico [ppm]

n è il numero delle misurazioni

Per i sistemi NRTC, il risultato finale della prova deve essere calcolato mediante l'equazione (A.5-178):

$$c_{NH_3} = (0,1 \times c_{NH_{3,cold}}) + (0,9 \times c_{NH_{3,hot}}) \quad (\text{A.5-178})$$

dove:

$c_{NH_{3,cold}}$ è la concentrazione media di NH₃ nel ciclo NRTC con avviamento a freddo [ppm]

$c_{NH_{3,hot}}$ è la concentrazione media di NH₃ nella prova con avviamento a caldo [ppm]

A.7.2. Calcolo della concentrazione media per il ciclo NRSC in modalità discreta

La concentrazione media di NH₃ nei gas di scarico durante il ciclo di prova c_{NH_3} [ppm] deve essere determinata misurando la concentrazione media per ciascuna modalità e effettuando una ponderazione del risultato conformemente ai fattori di ponderazione applicabili al ciclo di prova. Deve essere applicata l'equazione (A.5-179):

$$c_{NH_3} = \sum_{i=1}^{N_{mode}} \bar{c}_{NH_{3,i}} \cdot WF_i \quad (\text{A.5-179})$$

dove:

$\bar{c}_{NH_{3,i}}$ è la concentrazione media di NH₃ nei gas di scarico per la modalità i [ppm]

N_{mode} è il numero di modalità nel ciclo di prova

WF_i è il fattore di ponderazione per la modalità i [-]

ALLEGATO 6

CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CARBURANTE DI RIFERIMENTO PRESCRITTO PER LE PROVE DI OMOLOGAZIONE E PER LA VERIFICA DELLA CONFORMITÀ DELLA PRODUZIONE

1. Dati tecnici dei carburanti usati nelle prove dei motori ad accensione spontanea

1.1. Tipo: Diesel (gasolio destinato alle macchine non stradali)

Parametro	Unità	Limiti ⁽¹⁾		Metodo di prova
		Minimo	Massimo	
Numero di cetano ⁽²⁾		45	56,0	EN-ISO 5165
Densità a 15 °C	kg/m ³	833	865	EN-ISO 3675
Distillazione:				
punto 50 %	°C	245	-	EN-ISO 3405
punto 95 %	°C	345	350	EN-ISO 3405
punto di ebollizione finale	°C	-	370	EN-ISO 3405
Punto di infiammabilità	°C	55	-	EN 22719
Punto di intasamento a freddo dei filtri (CFPP)	°C	-	-5	EN 116
Viscosità a 40 °C	mm ² /s	2,3	3,3	EN-ISO 3104
Idrocarburi policiclici aromatici	% m/m	2,0	6,0	IP 391
Tenore di zolfo ⁽³⁾	mg/kg	—	10	ASTM D 5453
Corrosione del rame		—	classe 1	EN-ISO 2160
Residuo carbonioso Conradson (10 % DR)	% m/m	—	0,2	EN-ISO 10370
Tenore di ceneri	% m/m	—	0,01	EN-ISO 6245
Contaminazione totale	mg/kg	—	24	EN 12662

Parametro	Unità	Limiti ⁽¹⁾		Metodo di prova
		Minimo	Massimo	
Tenore di acqua	% m/m	—	0,02	EN-ISO 12937
Indice di neutralizzazione (acido forte)	mg KOH/g	—	0,10	ASTM D 974
Stabilità all'ossidazione ⁽³⁾	mg/ml	—	0,025	EN-ISO 12205
Potere lubrificante (indice di usura HFRR a 60 °C)	µm	—	400	CEC F-06-A-96
Stabilità all'ossidazione a 110 °C ⁽²⁾	H	20,0	—	EN 15751
FAME	% v/v	—	7,0	EN 14078

⁽¹⁾ I valori indicati nelle specifiche sono "valori effettivi". Per stabilire i loro valori limite è stata applicata la norma ISO 4259, "Prodotti petroliferi — Determinazione e applicazione dei dati di precisione in relazione ai metodi di prova" e, nel fissare un valore minimo, si è tenuto conto di una differenza minima di 2R sopra lo zero; nel fissare un valore massimo e uno minimo la differenza minima è 4R (R = riproducibilità)

Nonostante questa misura, necessaria per ragioni tecniche, il produttore del carburante deve cercare di ottenere un valore zero quando il valore massimo stabilito è 2R o un valore medio se sono indicati i limiti massimo e minimo. Quando fosse necessario verificare la conformità di un carburante alle specifiche, dovrebbero essere applicati i termini della norma ISO 4259.

⁽²⁾ Il campo di variazione del numero di cetano non è conforme al requisito di un campo di variazione minimo di 4R. In caso di controversia tra il fornitore e l'utilizzatore del carburante, può essere tuttavia applicata la norma ISO 4259, a condizione di effettuare ripetute misurazioni, in numero sufficiente ad ottenere la precisione necessaria, anziché ricorrere a una misurazione unica.

⁽³⁾ Anche se la stabilità all'ossidazione è controllata, è probabile che la durata di conservazione sia limitata. È opportuno consultare il fornitore circa le condizioni e la durata dello stoccaggio.

1.2. Tipo: Etanolo destinato a specifici motori ad accensione spontanea (ED95)⁽¹⁾

Parametro	Unità	Limiti ⁽²⁾		Metodo di prova ⁽³⁾
		Minimo	Massimo	
Alcoli totali (etanolo, compreso il contenuto di alcoli ad alta saturazione)	% m/m	92,4		EN 15721
Altri monoalcoli ad alta saturazione (C ₃ -C ₅)	% m/m		2,0	EN 15721
Metanolo	% m/m		0,3	EN 15721
Densità a 15 °C	kg/m ³	793,0	815,0	EN ISO 12185

Parametro	Unità	Limiti ⁽²⁾		Metodo di prova ⁽³⁾
		Minimo	Massimo	
Acidità, calcolata come acido acetico	% m/m		0,0025	EN 15491
Aspetto		trasparente e chiaro		
Punto di infiammabilità	°C	10		EN 3679
Residuo secco	mg/kg		15	EN 15691
Tenore di acqua	% m/m		6,5	EN 15489 ⁽⁴⁾ EN-ISO 12937 EN 15692
Aldeidi calcolate come acetaldeidi	% m/m		0,0050	ISO 1388-4
Esteri, calcolati come etilacetato	% m/m		0,1	ASTM D1617
Tenore di zolfo	mg/kg		10,0	EN 15485 EN 15486
Solfati	mg/kg		4,0	EN 15492
Contaminazione da particolato	mg/kg		24	EN 12662
Fosforo	mg/l		0,20	EN 15487
Cloruri inorganici	mg/kg		1,0	EN 15484 o EN 15492
Rame	mg/kg		0,100	EN 15488
Conduttività elettrica	µS/cm		2,50	DIN 51627-4 o prEN 15938

⁽¹⁾ Al carburante a base di etanolo si possono aggiungere additivi per migliorare il numero di cetano, nei limiti specificati dal costruttore del motore e se non esistono controindicazioni. Se queste condizioni sono soddisfatte, la quantità massima è 10 % m/m.

⁽²⁾ I valori indicati nelle specifiche sono "valori effettivi". Per stabilire i loro valori limite è stata applicata la norma ISO 4259, "Prodotti petroliferi — Determinazione e applicazione dei dati di precisione in relazione ai metodi di prova" e, nel fissare un valore minimo, si è tenuto conto di una differenza minima di 2R sopra lo zero; nel fissare un valore massimo e un minimo la differenza minima è 4R (R = riproducibilità). Nonostante questa misura, necessaria per ragioni tecniche, il costruttore del carburante deve cercare di ottenere un valore zero quando il valore massimo stabilito è 2R o un valore medio se sono indicati i limiti massimo e minimo. In caso di dubbi sulla conformità di un carburante alle specifiche, devono essere applicate le disposizioni della norma ISO 4259.

⁽³⁾ Verranno adottati metodi EN/ISO equivalenti quando saranno pubblicati e applicabili alle proprietà sopra elencate.

⁽⁴⁾ In caso di dubbi sulla conformità di un carburante alle specifiche, devono essere applicate le disposizioni della norma EN ISO 15489.

2. Dati tecnici dei carburanti usati nelle prove dei motori ad accensione comandata

2.1. Tipo: Benzina (E10)

Parametro	Unità	Limiti ⁽¹⁾		Metodo di prova ⁽²⁾
		Minimo	Massimo	
Numero di ottano ricerca (RON)		91,0	98,0	EN ISO 5164:2005 ⁽³⁾
Numero di ottano motore (MON)		83,0	89,0	EN ISO 5163:2005 ⁽³⁾
Densità a 15 °C	kg/m ³	743	756	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Pressione di vapore	kPa	45,0	60,0	EN ISO 13016-1 (DVPE)
Tenore di acqua			Max 0,05 % v/v Aspetto a -7 °C: trasparente e chiaro	EN 12937
Distillazione:				
— evaporato a 70 °C	% v/v	18,0	46,0	EN-ISO 3405
— evaporato a 100 °C	% v/v	46,0	62,0	EN-ISO 3405
— evaporato a 150 °C	% v/v	75,0	94,0	EN-ISO 3405
— punto di ebollizione finale	°C	170	210	EN-ISO 3405
Residuo	% v/v	—	2,0	EN-ISO 3405
Analisi degli idrocarburi:				
— olefinici	% v/v	3,0	18,0	EN 14517 EN 15553
— aromatici	% v/v	19,5	35,0	EN 14517 EN 15553
— benzenici	% v/v	—	1,0	EN 12177 EN 238, EN 14517
— saturi	% v/v	Valore registrato		EN 14517 EN 15553
Rapporto carbonio/idrogeno		Valore registrato		
Rapporto carbonio/ossigeno		Valore registrato		
Periodo di induzione ⁽⁴⁾	minuti	480		EN-ISO 7536
Tenore di ossigeno ⁽⁵⁾	% m/m	3,3 ⁽⁸⁾	3,7	EN 1601 EN 13132 EN 14517
Gomma esistente	mg/ml	—	0,04	EN-ISO 6246

Parametro	Unità	Limiti ⁽¹⁾		Metodo di prova ⁽²⁾
		Minimo	Massimo	
Tenore di zolfo ⁽⁶⁾	mg/kg	—	10	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Corrosione del rame (3 ore a 50°C)	Classificazione	—	Classe 1	EN-ISO 2160
Tenore di piombo	mg/l	—	5	EN 237
Tenore di fosforo ⁽⁷⁾	mg/l	—	1,3	ASTM D 3231
Etanolo ⁽⁴⁾	% v/v	9,0 ⁽⁸⁾	10,2 ⁽⁸⁾	EN 22854

(1) I valori indicati nelle specifiche sono "valori effettivi". Per stabilire i loro valori limite è stata applicata la norma ISO 4259, "Prodotti petroliferi — Determinazione e applicazione dei dati di precisione in relazione ai metodi di prova" e, nel fissare un valore minimo, si è tenuto conto di una differenza minima di 2R sopra lo zero; nel fissare un valore massimo e uno minimo la differenza minima è 4R (R = riproducibilità). Nonostante questa misura, necessaria per ragioni tecniche, il costruttore del carburante deve cercare di ottenere un valore zero quando il valore massimo stabilito è 2R o un valore medio se sono indicati i limiti massimo e minimo. In caso di dubbi sulla conformità di un carburante alle specifiche, devono essere applicate le disposizioni della norma ISO 4259.

(2) Verranno adottati metodi EN/ISO equivalenti quando saranno pubblicati e applicabili alle proprietà sopra elencate.

(3) Ai fini del calcolo del risultato definitivo un fattore di correzione di 0,2 deve essere sottratto per MON e RON in conformità alla norma EN 228:2008.

(4) Il carburante può contenere inibitori antiossidanti e deattivatori dei metalli generalmente utilizzati per stabilizzare le benzine di raffineria, ma non deve contenere additivi detergenti o disperdenti né oli solventi.

(5) L'etanolo conforme alle specifiche della norma EN 15376 è l'unico ossigenato che deve essere aggiunto intenzionalmente al carburante di riferimento.

(6) Deve essere indicato l'effettivo tenore di zolfo del carburante usato per la prova di tipo 1.

(7) Non è ammessa l'aggiunta intenzionale a questo carburante di riferimento di composti contenenti fosforo, ferro, manganese o piombo.

(8) A discrezione del produttore, il tenore di etanolo e il corrispondente tenore di ossigeno possono essere pari a zero per i motori della categoria SMB. In tal caso tutte le prove della famiglia di motori, o in assenza di una famiglia di un tipo di motori, devono essere eseguite utilizzando benzina con un contenuto di etanolo pari a zero.

2.2. Tipo: Etanolo (E85)

Parametro	Unità	Limiti ⁽¹⁾		Metodo di prova
		Minimo	Massimo	
Numero di ottano ricerca (RON)		95,0	—	EN ISO 5164
Numero di ottano motore (MON)		85,0	—	EN ISO 5163
Densità a 15 °C	kg/m ³	Valore registrato		ISO 3675
Pressione di vapore	kPa	40,0	60,0	EN ISO 13016-1 (DVPE)
Tenore di zolfo ⁽²⁾	mg/kg	—	10	EN 15485 o EN 15486
Stabilità all'ossidazione	Minuti	360		EN ISO 7536

Parametro	Unità	Limiti ⁽¹⁾		Metodo di prova
		Minimo	Massimo	
Tenore di gomme (lavaggio con solvente)	mg/100 ml	—	5	EN-ISO 6246
Aspetto Deve essere determinato a temperatura ambiente o, se più alto, a 15 °C.		Trasparente e chiaro, senza contaminanti sospesi o precipitati visibili		Ispezione visiva
Etanolo e alcoli superiori ⁽²⁾	% v/v	83	85	EN 1601 EN 13132 EN 14517 E DIN 51627-3
Alcoli superiori (C ₃ -C ₈)	% v/v	—	2,0	E DIN 51627-3
Metanolo	% v/v		1,00	E DIN 51627-3
Benzina ⁽⁴⁾	% v/v	Resto		EN 228
Fosforo	mg/l	0,20 ⁽⁵⁾		EN 15487
Tenore di acqua	% v/v		0,300	EN 15489 or EN 15692
Cloruri inorganici	mg/l		1	EN 15492
pHe		6,5	9,0	EN 15490
Corrosione su lamina di rame (3h a 50 °C)	Classificazione	Classe 1		EN ISO 2160
Acidità (calcolata come acido acetico CH ₃ COOH)	% m/m (mg/l)	—	0,0050 (40)	EN 15491
Conduttività elettrica	µS/cm	1,5		DIN 51627-4 o prEN 15938
Rapporto carbonio/idrogeno		Valore registrato		
Rapporto carbonio/ossigeno		Valore registrato		

⁽¹⁾ I valori indicati nelle specifiche sono "valori effettivi". Per stabilire i loro valori limite è stata applicata la norma ISO 4259, "Prodotti petroliferi — Determinazione e applicazione dei dati di precisione in relazione ai metodi di prova" e, nel fissare un valore minimo, si è tenuto conto di una differenza minima di 2R sopra lo zero; nel fissare un valore massimo e uno minimo la differenza minima è 4R (R = riproducibilità). Nonostante questa misura, necessaria per ragioni tecniche, il costruttore del carburante deve cercare di ottenere un valore zero quando il valore massimo stabilito è 2R o un valore medio se sono indicati i limiti massimo e minimo. In caso di dubbi sulla conformità di un carburante alle specifiche, devono essere applicate le disposizioni della norma ISO 4259.

⁽²⁾ Indicare l'effettivo tenore di zolfo del carburante usato per le prove delle emissioni.

⁽³⁾ L'etanolo conforme alle specifiche della norma EN 15376 è l'unico ossigenato che può essere aggiunto intenzionalmente a questo carburante di riferimento.

⁽⁴⁾ Il contenuto di benzina senza piombo può essere determinato sottraendo a 100 la somma del contenuto percentuale di acqua, alcoli, MTBE ed ETBE.

⁽⁵⁾ Non è ammessa l'aggiunta intenzionale a questo carburante di riferimento di composti contenenti fosforo, ferro, manganese o piombo.

3. Dati tecnici dei carburanti gassosi per i motori monocarburante e dual-fuel

3.1. Tipo: GPL

Parametro	Unità	Carburante A	Carburante B	Metodo di prova
Composizione:				EN 27941
Tenore di C ₃	% v/v	30 ± 2	85 ± 2	
Tenore di C ₄	% v/v	Resto ⁽¹⁾	Resto ⁽¹⁾	
< C ₃ , > C ₄	% v/v	Massimo 2	Massimo 2	
Olefine	% v/v	Massimo 12	Massimo 15	
Residuo dell'evaporazione	mg/kg	Massimo 50	Massimo 50	EN 15470
Acqua a 0 °C		Privo	Privo	EN 15469
Tenore totale di zolfo, odorante compreso	mg/kg	Massimo 10	Massimo 10	EN 24260, ASTM D 3246, ASTM 6667
Acido solfidrico		Assente	Assente	EN ISO 8819
Corrosione su lamina di rame (1h a 40 °C)	Classificazione	Classe 1	Classe 1	ISO 6251 ⁽²⁾

Parametro	Unità	Carburante A	Carburante B	Metodo di prova
Odore		Caratteristico	Caratteristico	
Numero di ottano motore ⁽³⁾		Minimo 89,0	Minimo 89,0	EN 589 Allegato B

⁽¹⁾ Resto deve essere inteso nel modo che segue: resto = 100 - C₃ - <C₃ - >C₄.

⁽²⁾ Nel determinare la presenza di materiali corrosivi, questo metodo può dar luogo a risultati imprecisi se il campione contiene inibitori della corrosione o altre sostanze chimiche che diminuiscono la corrosività del campione sulla lamina di rame. È pertanto vietata l'aggiunta di tali composti al solo scopo di falsare il metodo di prova.

⁽³⁾ Su richiesta del costruttore del motore, si può usare un MON più elevato per effettuare le prove di omologazione.

3.2. Tipo: Gas naturale/biometano

3.2.1. Specifiche relative ai carburanti di riferimento forniti con caratteristiche fisse (ad es. da contenitore sigillato)

In alternativa ai carburanti di riferimento definiti nel presente punto è possibile utilizzare i carburanti alternativi di cui al punto 3.2.2. del presente allegato.

Caratteristiche	Unità	Base	Limiti		Metodo di prova
			Minimo	Massimo	
Carburante di riferimento G _R					
Composizione:					
Metano		87	84	89	
Etano		13	11	15	
Resto ⁽¹⁾	% mol	—	—	1	ISO 6974
Tenore di zolfo	mg/m ³ ⁽²⁾	—		10	ISO 6326-5

⁽¹⁾ Inerti + C₂₊

⁽²⁾ Valore da determinare alle condizioni standard 293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa.

Carburante di riferimento G₂₃

Composizione:					
Metano		92,5	91,5	93,5	
Resto ⁽¹⁾	% mol	—	—	1	ISO 6974
N ₂	% mol	7,5	6,5	8,5	
Tenore di zolfo	mg/m ³ ⁽²⁾	—	—	10	ISO 6326-5

⁽¹⁾ Inerti (diversi da N₂) + C₂ + C₂₊

⁽²⁾ Valore da determinare a 293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa.

Caratteristiche	Unità	Base	Limiti		Metodo di prova
			Minimo	Massimo	
Carburante di riferimento G ₂₅					
Composizione:					
Metano	% mol	86	84	88	
Resto ⁽¹⁾	% mol	—	—	1	ISO 6974
N ₂	% mol	14	12	16	
Tenore di zolfo	mg/m ³ ⁽²⁾	—	—	10	ISO 6326-5

⁽¹⁾ Inerti (diversi da N₂) + C₂ + C₂₊.

⁽²⁾ Valore da determinare a 293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa.

Carburante di riferimento G₂₀

Composizione:					
Metano	% mol	100	99	100	ISO 6974
Resto ⁽¹⁾	% mol	—	—	1	ISO 6974
N ₂	% mol				ISO 6974
Tenore di zolfo	mg/m ³ ⁽²⁾	—	—	10	ISO 6326-5
Indice di Wobbe (netto)	MJ/m ³ ⁽³⁾	48,2	47,2	49,2	

⁽¹⁾ Inerti (diversi da N₂) + C₂ + C₂₊.

⁽²⁾ Valore da determinare a 293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa.

⁽³⁾ Valore da determinare a 273,2 K (0 °C) e 101,3 kPa.

- 3.2.2. Specifiche del carburante di riferimento fornito da un gasdotto con miscela di altri gas aventi proprietà determinate tramite misurazioni in situ.

In alternativa ai carburanti di riferimento definiti nel presente punto è possibile utilizzare i carburanti alternativi di cui al punto 3.2.1. del presente allegato.

- 3.2.2.1. La base di ogni carburante di riferimento da gasdotto (GR, G20, ...) deve essere un gas proveniente dalla rete di distribuzione del gas, miscelato, se necessario per soddisfare le specifiche di spostamento λ (S_N) corrispondenti di cui alla tabella A.6-1, con una miscela di uno o più dei seguenti gas disponibili in commercio (l'uso del gas di taratura non è necessario per questo scopo):
- biossido di carbonio;
 - etano;
 - metano;
 - azoto;
 - propano.

- 3.2.2.2. Il valore di S_λ della miscela risultante di gas da gasdotto e miscela di gas deve essere compreso nell'intervallo specificato nella tabella A.6-1 per il carburante di riferimento specificato.

Tabella A.6-1

Intervallo di S_λ richiesto per ciascun carburante di riferimento

Carburante di riferimento	Minimo S_λ	Massimo S_λ
G_R ⁽¹⁾	0,87	0,95
G_{20}	0,97	1,03
G_{23}	1,05	1,10
G_{25}	1,12	1,20

⁽¹⁾ Non è necessario sottoporre a prova il motore con una miscela di gas avente un numero di metano (MN) inferiore a 70. Qualora l'intervallo di S_λ richiesto per GR risulti in un MN inferiore a 70, il valore di S_λ per GR può essere corretto secondo necessità fino a raggiungere un valore di MN inferiore a 70.

- 3.2.2.3. Il verbale di prova del motore per ciascun ciclo di prova deve includere quanto segue:
- a) la miscela di gas selezionati dall'elenco di cui al punto 3.2.2.1 del presente allegato;
 - b) il valore di S_λ per la miscela di carburanti risultante;
 - c) il numero di metano (MN) per la miscela di carburanti risultante.
- 3.2.2.4. Devono essere rispettati i requisiti di cui alle appendici A.1 e A.2 per quanto riguarda la determinazione delle proprietà dei gas da gasdotto e della miscela, la determinazione di S_λ e MN per la miscela di gas risultante e la verifica del mantenimento della miscela durante la prova.
- 3.2.2.5. Nel caso in cui uno o più flussi di gas (gas da gasdotto o miscela di gas) contengano CO_2 in proporzione maggiore alla minima, il calcolo delle emissioni di CO_2 specifiche di cui all'allegato 5 deve essere corretto conformemente alle disposizioni dell'appendice A.3.

APPENDICE A.1

REQUISITI AGGIUNTIVI PER L'ESECUZIONE DI PROVE DELLE EMISSIONI USANDO CARBURANTI GASSOSI DI RIFERIMENTO, COMPRESI I GAS DA GASDOTTO CON MISCELE DI ALTRI GAS

- A.1.1. Metodo di analisi dei gas e di misurazione del flusso di gas
- A.1.1.1. Ai fini della presente appendice e laddove necessario, la composizione del gas deve essere determinata per mezzo di un'analisi cromatografica conforme alla norma EN ISO 6974 o di una tecnica alternativa che assicuri un livello almeno simile di accuratezza e ripetibilità.
- A.1.1.2. Ai fini della presente appendice e laddove necessario, la misurazione del flusso di gas deve essere effettuata usando un flussometro massico.
- A.1.2. Analisi e portata del gas proveniente dalla rete di distribuzione
- A.1.2.1. La composizione del gas proveniente dalla rete di distribuzione deve essere analizzata prima che questo sia immesso nel sistema di miscelazione.
- A.1.2.2. La portata del gas proveniente dalla rete di distribuzione immesso nel sistema di miscelazione deve essere misurata.
- A.1.3. Analisi e portata della miscela
- A.1.3.1. Se per una miscela è disponibile un certificato di analisi applicabile (ad es. emesso dal fornitore del gas), esso può essere usato come fonte per la composizione di tale miscela. In questo caso l'analisi in situ della composizione di tale miscela deve essere consentita ma non prescritta.
- A.1.3.2. Se per una miscela non è disponibile alcun certificato di analisi applicabile, la composizione della miscela deve essere analizzata.
- A.1.3.3. La portata di ciascuna miscela immessa nel sistema di miscelazione deve essere misurata.
- A.1.4. Analisi del gas miscelato
- A.1.4.1. L'analisi della composizione del gas fornito al motore dopo aver lasciato il sistema di miscelazione deve essere consentita unitamente o alternativamente all'analisi disposta dai punti A.1.2.1 e A.1.3.1, ma non è prescritta.
- A.1.5. Calcolo di S_{λ} e MN del gas miscelato
- A.1.5.1. I risultati delle analisi del gas a norma dei punti A.1.2.1., A.1.3.1. o A.1.3.2. e, se applicabile, A.1.4.1, combinati con la portata massica del gas misurata a norma dei punti A.1.2.2 e A.1.3.3, devono essere usati per calcolare il MN conformemente alle disposizioni della norma EN 16726:2015. Lo stesso gruppo di dati deve essere usato per calcolare S_{λ} secondo la procedura di cui all'appendice A.2 del presente allegato.

- A.1.6. Controllo e verifica della miscela di gas durante la prova
- A.1.6.1. Il controllo e la verifica della miscela di gas durante la prova devono essere effettuati per mezzo di un sistema di controllo a circolo aperto (open loop) o a circolo chiuso (closed loop).
- A.1.6.2. Sistema di controllo della miscela a circolo aperto
- A.1.6.2.1. In questo caso prima di effettuare la prova delle emissioni devono essere effettuati l'analisi del gas, le misurazioni del flusso e i calcoli di cui ai punti A.1.1, A.1.2, A.1.3 e A.1.4.
- A.1.6.2.2. La proporzione di gas proveniente dalla rete di distribuzione e delle miscele deve essere tale da garantire che S_{λ} sia compreso nell'intervallo ammesso per il pertinente carburante di riferimento di cui alla tabella A.6-1.
- A.1.6.2.3. Una volta stabilite, le proporzioni devono essere mantenute durante tutta la prova delle emissioni. Gli aggiustamenti di singole portate devono essere consentiti per mantenere le relative proporzioni.
- A.1.6.2.4. Una volta che la prova delle emissioni è stata completata, l'analisi della composizione del gas, le misurazioni del flusso e i calcoli di cui ai punti A.1.2, A.1.3, A.1.4 e A.1.5 devono essere ripetuti. Affinché la prova sia considerata valida, il valore di S_{λ} deve rimanere entro l'intervallo specificato per il rispettivo carburante di riferimento di cui alla tabella A.6-1.
- A.1.6.3. Sistema di controllo della miscela a circolo chiuso
- A.1.6.3.1. In questo caso prima di eseguire la prova delle emissioni devono essere effettuati l'analisi della composizione del gas, le misurazioni del flusso e i calcoli di cui ai punti A.1.2, A.1.3, A.1.4 e A.1.5. Gli intervalli devono essere selezionati tenendo in considerazione la capacità di frequenza del cromatografo e i sistemi di calcolo corrispondenti.
- A.1.6.3.2. I risultati delle misurazioni periodiche e dei calcoli periodici devono essere usati per correggere le proporzioni relative del gas proveniente dalla rete di distribuzione e della miscela al fine di mantenere il valore di S_{λ} entro l'intervallo specificato alla tabella A.6-1 per il rispettivo carburante di riferimento. La frequenza della correzione non deve eccedere la frequenza della misurazione.
- A.1.6.3.3. Affinché la prova sia considerata valida, il valore di S_{λ} deve rimanere entro l'intervallo specificato per il rispettivo carburante di riferimento di cui alla tabella A.6-1 almeno per il 90 % dei punti di misurazione.
-

APPENDICE A.2

CALCOLO DEL FATTORE DI SPOSTAMENTO λ (S_λ)

A.2.1. Calcolo

Il fattore di spostamento λ (S_λ) ⁽¹⁾ deve essere calcolato mediante l'equazione (A.6-1):

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} \quad (\text{A.6-1})$$

dove:

S_λ = fattore spostamento λ

$\text{inert}\%$ = % in volume di gas inerti nel carburante (cioè N_2 , CO_2 , He, ecc.);

O_2^* = % in volume dell'ossigeno originale nel carburante;

n ed m = si riferiscono al valore C_nH_m medio rappresentativo degli idrocarburi del carburante, cioè:

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100}\right] + 3 \times \left[\frac{C_3\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_4\%}{100}\right] + 5 \times \left[\frac{C_5\%}{100}\right] + \dots}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} \quad (\text{A.6-2})$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{C_2H_4\%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{C_2H_6\%}{100}\right] + \dots + 8 \times \left[\frac{C_3H_8\%}{100}\right] + \dots}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} \quad (\text{A.6-3})$$

dove:

$CH_4\%$ = percentuale in volume di metano nel carburante;

$C_2\%$ = percentuale in volume di tutti gli idrocarburi C_2 (ad es. C_2H_6 , C_2H_4 , etc.) nel carburante;

$C_3\%$ = percentuale in volume di tutti gli idrocarburi C_3 (ad es. C_3H_8 , C_3H_6 , etc.) nel carburante;

$C_4\%$ = percentuale in volume di tutti gli idrocarburi C_4 (ad es. C_4H_{10} , C_4H_8 , etc.) nel carburante;

$C_5\%$ = percentuale in volume di tutti gli idrocarburi C_5 (ad es. C_5H_{12} , C_5H_{10} , etc.) nel carburante;

$\text{diluent}\%$ = percentuale in volume dei gas di diluizione nel carburante (ad es.: O_2^* , N_2 , CO_2 , He, etc.).

⁽¹⁾ Stoichiometric Air/Fuel ratios of automotive fuels, SAE J1829, Giugno 1987. John B. Heywood, Internal combustion engine fundamentals, McGraw-Hill, 1988, Capitolo 3.4 "Combustion stoichiometry" (pagg. da 68 a 72).

A.2.2. Esempi di calcolo del fattore di spostamento λ (S_λ):Esempio 1: G_{25} : $CH_4 = 86\%$, $N_2 = 14\%$ (in volume)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100} \right] + \dots}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} = \frac{1 \times 0,86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0,86}{0,86} = 1$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 4 \times \left[\frac{C_2 H_4\%}{100} \right] + \dots}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} = \frac{4 \times 0,86}{0,86} = 4$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100}\right) \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)} = 1,16$$

Esempio 2: G_R : $CH_4 = 87\%$, $C_2H_6 = 13\%$ (in volume)

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 2 \times \left[\frac{C_2\%}{100} \right] + \dots}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} = \frac{1 \times 0,87 + 2 \times 0,13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1,13}{1} = 1,13$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{CH_4\%}{100} \right] + 4 \times \left[\frac{C_2 H_4\%}{100} \right] + \dots}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} = \frac{4 \times 0,87 + 6 \times 0,13}{1} = 4,26$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{O_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100}\right) \times \left(1,13 + \frac{4,26}{4}\right)} = 0,911$$

Esempio 3: $\text{CH}_4 = 89\%$, $\text{C}_2\text{H}_6 = 4,5\%$, $\text{C}_3\text{H}_8 = 2,3\%$, $\text{C}_6\text{H}_{14} = 0,2\%$, $\text{O}_2 = 0,6\%$, $\text{N}_2 = 4\%$

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{\text{CH}_4\%}{100} \right] + 2 \times \left[\frac{\text{C}_2\%}{100} \right] + \dots}{\frac{1 - \text{diluent}\%}{100}} = \frac{1 \times 0,89 + 2 \times 0,045 + 3 \times 0,023 + 4 \times 0,002}{1 - \frac{0,64 + 4}{100}} = 1,11$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{\text{CH}_4\%}{100} \right] + 4 \times \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_4\%}{100} \right] + 6 \times \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_6\%}{100} \right] + \dots + 8 \times \left[\frac{\text{C}_3\text{H}_8\%}{100} \right]}{1 - \text{diluent}\%}$$

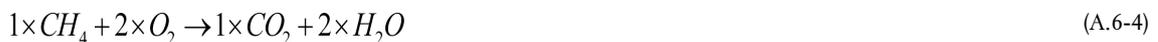
$$= \frac{4 \times 0,89 + 4 \times 0,045 + 8 \times 0,023 + 14 \times 0,002}{1 - \frac{0,6 + 4}{100}}$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{\text{O}_2\%}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) \times \left(1,11 + \frac{4,24}{4}\right) - \frac{0,6}{100}} = 0,96$$

In alternativa all'equazione di cui sopra, S_λ può essere calcolato a partire dal rapporto della domanda stechiometrica di aria del metano puro rispetto alla domanda stechiometrica di aria della miscela di carburante fornita al motore, come specificato più in basso.

Il fattore di spostamento λ (S_λ) esprime la domanda di ossigeno di qualsiasi miscela di carburante rispetto alla domanda di ossigeno del metano puro. Per domanda di ossigeno si intende la quantità di ossigeno necessaria a ossidare il metano in una composizione stechiometrica di reagenti per ottenere prodotti della combustione completa (vale a dire biossido di carbonio e acqua).

La reazione per la combustione del metano puro è illustrata nell'equazione (A.6-4):



In questo caso il rapporto di molecole nella composizione stechiometrica dei reagenti è esattamente pari a 2:

$$\frac{n_{\text{O}_2}}{n_{\text{CH}_4}} = 2$$

dove:

n_{O_2} = numero di molecole di ossigeno

n_{CH_4} = numero di molecole di metano

La domanda di ossigeno del metano puro corrisponde pertanto a:

$$n_{O_2} = 2 \cdot n_{CH_4} \text{ con un valore di riferimento pari a } [n_{CH_4}] = 1 \text{ kmol}$$

Il valore di S_λ può essere determinato in base al rapporto della composizione stechiometrica di ossigeno e metano rispetto al rapporto della composizione stechiometrica di ossigeno rispetto alla miscela di carburante fornita al motore, come illustrato nell'equazione (A.6-5):

$$S_\lambda = \frac{\left(\frac{n_{O_2}}{n_{CH_4}} \right)}{\left(\frac{n_{O_2}}{n_{blend}} \right)} = \frac{2}{(n_{O_2})_{blend}} \quad (\text{A.6-5})$$

dove:

- n_{blend} = numero di molecole della miscela di carburante
 $(n_{O_2})_{blend}$ = rapporto delle molecole nella composizione stechiometrica di ossigeno e miscela di carburante fornita al motore

Poiché l'aria è composta per il 21 % da ossigeno, la domanda stechiometrica di aria L_{st} di qualsiasi carburante deve essere calcolata mediante l'equazione (A.6-6):

$$L_{st, fuel} = \frac{n_{O_2, fuel}}{0.21} \quad (\text{A.6-6})$$

dove:

- $L_{st, fuel}$ = domanda stechiometrica di aria del carburante
 $n_{O_2, fuel}$ = domanda stechiometrica di ossigeno del carburante

Di conseguenza il valore di S_λ può essere determinato anche in base al rapporto della composizione stechiometrica di aria e metano rispetto al rapporto della composizione stechiometrica di aria rispetto alla miscela di carburante fornita al motore, ovvero il rapporto della domanda stechiometrica di aria del metano rispetto a quella del carburante fornito al motore, come illustrato nell'equazione (A.6-7):

$$S_\lambda = \frac{\left(\frac{n_{O_2}}{n_{CH_4}} \right) / 0,21}{\left(\frac{n_{O_2}}{n_{blend}} \right) / 0,21} = \frac{\left(\frac{n_{O_2}}{0,21} \right)_{CH_4}}{\left(\frac{n_{O_2}}{0,21} \right)_{blend}} = \frac{L_{st, CH_4}}{L_{st, blend}} \quad (\text{A.6-7})$$

Qualsiasi calcolo che specifica la domanda stechiometrica di aria può pertanto essere usata per esprimere il fattore di spostamento λ .

APPENDICE A.3

CORREZIONE DEL CO₂ NEI GAS DI SCARICO DERIVANTI DAL CO₂ PRESENTE NEL CARBURANTE GASSOSO

A.3.1. Portata massica istantanea del CO₂ nel flusso di carburante gassoso

A.3.1.1. La composizione del gas e il flusso del gas devono essere determinati conformemente ai requisiti dei punti da A.1.1 a A.1.4 dell'appendice 1 del presente allegato.

A.3.1.2. La portata massica istantanea della CO₂ in un flusso di gas fornito al motore deve essere calcolata mediante l'equazione (A.6-8):

$$\dot{m}_{CO_2i} = \frac{M_{CO_2}}{M_{stream}} \cdot x_{CO_2i} \cdot \dot{m}_{streami} \quad (A.6-8)$$

dove:

\dot{m}_{CO_2i} = portata massica istantanea del CO₂ proveniente dal flusso di gas [g/s]

$\dot{m}_{streami}$ = è la portata massica istantanea del flusso di gas [g/s]

x_{CO_2i} = frazione molare del CO₂ nel flusso di gas [-]

M_{CO_2} = massa molare del CO₂ [g/mol]

M_{stream} = massa molare del flusso di gas [g/mol]

M_{stream} deve essere calcolato in base a tutti i costituenti misurati (1, 2, ..., n) mediante l'equazione (A.6-9).

$$M_{stream} = x_1 \cdot M_1 + x_2 \cdot M_2 + \dots + x_n \cdot M_n \quad (A.6-9)$$

dove:

$x_{1, 2, \dots, n}$ = frazione molare di ciascun costituente misurato nel flusso di gas (CH₄, CO₂, ...) [-]

$M_{1, 2, \dots, n}$ = massa molare di ciascun costituente misurato nel flusso di gas [g/mol]

A.3.1.3. Al fine di determinare la portata massica totale del CO₂ nel carburante gassoso immesso nel motore deve essere effettuato il calcolo dell'equazione (A.6-8) per ogni singolo flusso di gas contenente CO₂ immesso nel sistema di miscelazione e i risultati di ogni singolo flusso devono essere sommati, oppure deve essere effettuato il calcolo dell'equazione (A.6-10) per il gas miscelato che esce dal sistema di miscelazione ed entra nel motore:

$$\dot{m}_{CO_2i, fuel} = \dot{m}_{CO_2i, a} + \dot{m}_{CO_2i, b} + \dots + \dot{m}_{CO_2i, n} \quad (A.6-10)$$

dove:

$\dot{m}_{CO_2i, fuel}$ = portata massica istantanea combinata della CO₂ derivante dalla CO₂ presente nel carburante gassoso che entra nel motore [g/s]

$\dot{m}_{CO_2i, a, b, \dots, n}$ = portata massica istantanea combinata della CO₂ derivante dalla CO₂ presente in ogni singolo flusso di gas a, b, ..., n [g/s]

A.3.2. Calcolo di emissioni di CO₂ specifiche per cicli transitori e modali con rampe di transizione

- A.3.2.1. La massa totale per ciascuna prova delle emissioni di CO₂ derivante dalla CO₂ presente nel carburante $m_{CO_2, fuel}$ [g/prova] deve essere calcolata sommando la portata massica istantanea di CO₂ nel carburante gassoso immesso nel motore $\dot{m}_{CO_2i, fuel}$ [g/s] nell'arco del ciclo di prova mediante l'equazione (A.6-11):

$$m_{CO_2, fuel} = \frac{1}{f} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{m}_{CO_2i, fuel} \quad (A.6-11)$$

dove:

f = frequenza di campionamento dei dati [Hz]

N = numero di misurazioni [-]

- A.3.2.2. La massa totale delle emissioni di CO₂ m_{CO_2} [g/prova] usata nelle equazioni (A.5-61), (A.5-63), (A.5-128) o (A.5-130) dell'allegato 5 per calcolare il risultato delle emissioni specifiche e_{CO_2} [g/kWh] deve essere sostituito in tali equazioni dal valore corretto $m_{CO_2, corr}$ [g/prova] calcolato con l'equazione (A.6-12).

$$m_{CO_2, corr} = m_{CO_2} - m_{CO_2, fuel} \quad (A.6-12)$$

A.3.3. Calcolo delle emissioni specifiche di CO₂ per i cicli in modalità discreta

- A.3.3.1. La portata massica media delle emissioni di CO₂ nel carburante per ora $CO_2, q_{mCO_2, fuel}$ o $\dot{m}_{CO_2i, fuel}$ [g/h] deve essere calcolata per ogni singola modalità di prova in base alle misurazioni della portata massica istantanea di CO₂ $\dot{m}_{CO_2i, fuel}$ [g/s] date dall'equazione (A.6-10) ed effettuate durante il periodo di campionamento della rispettiva modalità di prova con l'equazione (A.6-13):

$$q_{mCO_2, fuel} = \dot{m}_{CO_2, fuel} = \frac{1}{3600 \cdot N} \cdot \sum_{i=1}^N \dot{m}_{CO_2i, fuel} \quad (A.6-13)$$

dove:

N = numero di misurazioni effettuate durante la modalità di prova [-]

- A.3.3.2. La portata massica media delle emissioni di CO₂ q_{mCO_2} o [g/h] per ogni singola modalità di prova usata nell'equazione (A.5-64) o (A.5-131) dell'allegato 5 per calcolare il risultato delle emissioni specifiche e_{CO_2} [g/kWh] deve essere sostituito in tali equazioni dal valore corretto $q_{mCO_2, corr}$ o $\dot{m}_{CO_2, corr}$ [g/h] per ogni singola modalità di prova calcolato mediante l'equazione (A.6-14) o (A.6-15).

$$q_{mCO_2, corr} = q_{mCO_2, fuel} \quad (A.6-14)$$

$$\dot{m}_{CO_2, corr} = \dot{m}_{CO_2} - \dot{m}_{CO_2, fuel} \quad (A.6-15)$$

ALLEGATO 7

REQUISITI TECNICI PER I MOTORI DUAL-FUEL (A DOPPIA ALIMENTAZIONE)

1. AMBITO DI APPLICAZIONE

Il presente allegato si applica ai motori dual-fuel definiti al punto 2 del presente regolamento quando funzionano simultaneamente con un carburante liquido e un carburante gassoso (modalità dual-fuel).

Il presente allegato non si applica ai motori di prova, compresi i motori dual-fuel, quando funzionano esclusivamente con un carburante, sia esso liquido o gassoso (ovvero quando il GER è pari a 1 o 0, a seconda del tipo di carburante). In tal caso i requisiti sono gli stessi previsti per qualsiasi motore monocarburante.

2. DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI

Ai fini del presente allegato si applicano le seguenti definizioni e per ulteriori chiarimenti si veda inoltre l'appendice A.3 del presente allegato:

2.1. "GER (gas energy ratio — rapporto energetico a gas)": ha il significato di cui al punto 2 del presente regolamento basato sul valore calorifico inferiore;

2.2. " GER_{cycle} ": il GER medio durante il funzionamento del motore con il ciclo di prova applicabile;

2.3. "motore dual-fuel di tipo 1A" ha uno dei seguenti significati:

- a) un motore dual-fuel della sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo con un rapporto energetico medio a gas non inferiore al 90 % ($GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$), che non funziona a regime minimo usando esclusivamente carburante liquido e che non dispone di una modalità a carburante liquido; oppure
- b) un motore dual-fuel di qualsiasi (sotto)categoria diversa dalla sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo NRSC con un rapporto energetico medio a gas non inferiore al 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0,9$), che non funziona a regime minimo usando esclusivamente carburante liquido e che non dispone di una modalità a carburante liquido;

2.4. "motore dual-fuel di tipo 1B" ha uno dei seguenti significati:

- a) un motore dual-fuel della sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo con un rapporto energetico medio a gas non inferiore al 90 % ($GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$), che non funziona a regime minimo usando esclusivamente carburante liquido in modalità dual-fuel e che dispone di una modalità a carburante liquido; oppure
- b) un motore dual-fuel di qualsiasi (sotto)categoria diversa dalla sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo NRSC con un rapporto energetico a gas medio non inferiore al 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0,9$), che non funziona a regime minimo usando esclusivamente carburante liquido in modalità dual-fuel e che dispone di una modalità a carburante liquido;

2.5. "motore dual-fuel di tipo 2A" ha uno dei seguenti significati:

- a) un motore dual-fuel della sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo con un rapporto energetico medio a gas compreso tra il 10 % e il 90 % ($0,1 < GER_{NRTC, hot} < 0,9$) e che non dispone di una modalità a carburante liquido oppure che funziona durante il ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo con un rapporto energetico a gas medio non inferiore al 90 % ($GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$) ma che funziona a regime minimo usando esclusivamente carburante liquido e non dispone di una modalità a carburante liquido; oppure

- b) un motore dual-fuel di qualsiasi (sotto)categoria diversa dalla sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo NRSC con un rapporto energetico a gas medio compreso tra il 10 % e il 90 % ($0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$), e che non dispone di una modalità a carburante liquido oppure che funziona durante il ciclo NRSC con un rapporto energetico medio a gas non inferiore al 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0,9$) ma che funziona a regime minimo usando esclusivamente carburante liquido e non dispone di una modalità a carburante liquido.

2.6. "motore dual-fuel di tipo 2B" ha uno dei seguenti significati:

- a) un motore dual-fuel della sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo con un rapporto energetico medio a gas compreso tra il 10 % e il 90 % ($0,1 < GER_{NRTC, hot} < 0,9$) e che non dispone di una modalità a carburante liquido oppure che funziona durante il ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo con un rapporto energetico a gas medio non inferiore al 90 % ($GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$) e che dispone di una modalità a carburante liquido ma che può funzionare a regime minimo usando esclusivamente carburante liquido in modalità dual-fuel; oppure
- b) un motore dual-fuel di qualsiasi (sotto)categoria diversa dalla sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo NRSC con un rapporto energetico a gas medio compreso tra il 10 % e il 90 % ($0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$), e che non dispone di una modalità a carburante liquido oppure che funziona durante il ciclo NRSC con un rapporto energetico a gas medio non inferiore al 90 % ($GER_{NRSC} \geq 0,9$) e che dispone di una modalità a carburante liquido ma che può funzionare a regime minimo usando esclusivamente carburante liquido in modalità dual-fuel;

2.7. "motore dual-fuel di tipo 3B" ha uno dei seguenti significati:

- a) un motore dual-fuel della sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo di prova NRTC con avviamento a caldo con un rapporto energetico a gas medio non superiore al 10 % ($GER_{NRTC, hot} \leq 0,1$) e che dispone di una modalità a carburante liquido; oppure
- b) un motore dual-fuel di qualsiasi (sotto)categoria diversa dalla sottocategoria NRE $19 \leq kW \leq 560$ che funziona durante il ciclo NRSC con un rapporto energetico a gas medio non superiore al 10 % ($GER_{NRSC} \leq 0,1$) e che dispone di una modalità a carburante liquido;

3. REQUISITI AGGIUNTIVI SPECIFICI PER L'OMOLOGAZIONE DI MOTORI DUAL-FUEL

3.1. Motori con regolazione manuale del GER_{cycle} .

Se in un certo tipo di motore il valore di GER_{cycle} può essere ridotto manualmente dall'operatore, non deve essere previsto un limite minimo di tale valore, ma il motore deve essere invece in grado di rispettare i valori dei limiti di emissione con qualsiasi valore GER_{cycle} ammesso dal costruttore.

4. Requisiti generali

4.1. Modalità di funzionamento dei motori dual-fuel

4.1.1. Condizioni di funzionamento di un motore dual-fuel in modalità a carburante liquido

Un motore dual-fuel può funzionare in modalità a carburante liquido soltanto se il funzionamento in tale modalità è stato certificato in conformità a tutti i requisiti del presente regolamento concernenti esclusivamente il funzionamento con il carburante liquido specificato.

Se un motore dual-fuel è sviluppato a partire da un motore a carburante liquido già certificato, è necessario un nuovo certificato di omologazione UE nella modalità a carburante liquido.

4.1.2. Condizioni per il funzionamento al minimo di un motore dual-fuel utilizzando esclusivamente carburante liquido

4.1.2.1. I motori dual-fuel di tipo 1A non devono funzionare al minimo utilizzando esclusivamente carburante liquido, fatte salve le condizioni per il riscaldamento e l'avviamento del motore specificate al punto 4.1.3 del presente allegato.

4.1.2.2. I motori dual-fuel di tipo 1B non devono funzionare al minimo utilizzando esclusivamente carburante liquido in modalità dual-fuel.

4.1.2.3. I motori dual-fuel di tipo 2A, 2B e 3B possono funzionare al minimo utilizzando esclusivamente carburante liquido.

4.1.3. Condizioni per il riscaldamento o l'avviamento di un motore dual-fuel utilizzando esclusivamente carburante liquido

4.1.3.1. È possibile effettuare il riscaldamento o l'avviamento di un motore dual-fuel di tipo 1B, 2B o 3B utilizzando esclusivamente carburante liquido. Qualora la strategia per il controllo delle emissioni durante il riscaldamento o l'avviamento in modalità dual-fuel sia la stessa utilizzata nella modalità a carburante liquido, durante il riscaldamento o l'avviamento il motore può funzionare in modalità dual-fuel. In caso contrario il riscaldamento o l'avviamento del motore utilizzando carburante liquido deve essere possibile solo quando il motore funziona in modalità a carburante liquido.

4.1.3.2. È possibile effettuare il riscaldamento o l'avviamento di un motore dual-fuel di tipo 1A o 2A utilizzando esclusivamente carburante liquido. In tal caso, tuttavia, la strategia deve essere dichiarata strategia AECS e devono essere soddisfatti i seguenti requisiti aggiuntivi:

4.1.3.2.1. la strategia deve disattivarsi quando il refrigerante ha raggiunto la temperatura di 343 K (70 °C) o entro 15 minuti dalla sua attivazione, a seconda di quale condizione si verifica prima; e

4.1.3.2.2. la modalità di servizio deve essere attivata mentre la strategia è ancora attiva.

4.2. Modalità di servizio

4.2.1. Condizioni di funzionamento di un motore dual-fuel in modalità di servizio

Quando funziona in modalità di servizio il motore è soggetto a una limitazione dell'operabilità ed è temporaneamente esentato dall'obbligo di soddisfare i requisiti relativi alle emissioni di gas di scarico e al controllo degli NO_x di cui al presente regolamento.

4.2.2. Limitazione dell'operabilità in modalità di servizio

4.2.2.1. Requisito

La limitazione dell'operabilità applicabile a una macchina mobile non stradale dotata di un motore dual-fuel che funziona in modalità di servizio è la stessa attivata dal "sistema di persuasione con segnale di livello grave" di cui all'allegato 9, punto A.1.5.4.

Per ragioni di sicurezza e per consentire diagnosi autoriparatrici, è ammesso l'uso di una funzione di superamento del sistema di persuasione per ottenere la piena potenza del motore conformemente all'allegato 9, punto A.1.5.5.

La limitazione dell'operabilità non deve essere altrimenti disattivata né dall'attivazione né dalla disattivazione dei sistemi di allerta e di persuasione del conducente descritti al punto 5 del presente regolamento.

L'attivazione e la disattivazione della modalità di servizio non devono attivare né disattivare i sistemi di allerta e di persuasione del conducente descritti nell'allegato 9.

4.2.2.2. Riservato

4.2.2.3. Attivazione della limitazione dell'operabilità

La limitazione dell'operabilità deve essere attivata automaticamente quando è attivata la modalità di servizio.

Se la modalità di servizio è attivata in conformità al punto 4.2.3 del presente allegato a causa di un malfunzionamento del sistema di rifornimento del gas, la limitazione dell'operabilità deve essere attivata entro 30 minuti di funzionamento dall'attivazione della modalità di servizio.

Se la modalità di servizio è attivata perché il serbatoio del gas è vuoto, la limitazione dell'operatività deve essere attivata contestualmente all'attivazione della modalità di servizio.

4.2.2.4. Disattivazione della limitazione dell'operabilità

Il sistema di limitazione dell'operabilità deve essere disattivato quando il veicolo cessa di funzionare in modalità di servizio.

4.2.3. Carburante gassoso non disponibile in modalità dual-fuel

Per permettere alla macchina mobile non stradale di spostarsi in un luogo sicuro quando il serbatoio di carburante risulta vuoto o viene rilevato un malfunzionamento del sistema di rifornimento del gas:

- a) i motori dual-fuel di tipo 1A e 2A devono attivare la modalità di servizio;
- b) i motori dual-fuel di tipo 1B, 2B e 3B devono funzionare in modalità a carburante liquido.

4.2.3.1. Carburante gassoso non disponibile: esaurimento del gas nel serbatoio

Se il serbatoio del carburante gassoso è vuoto, non appena il motore rileva questa condizione deve essere attivata la modalità di servizio o, a seconda di quanto specificato al precedente punto 4.2.3, la modalità a carburante liquido.

Quando la disponibilità di gas nel serbatoio raggiunge nuovamente il livello che ha portato all'attivazione del sistema di allerta di serbatoio vuoto descritta al successivo punto 4.3.2, la modalità di servizio può essere disattivata o, se del caso, può essere riattivata la modalità dual-fuel.

4.2.3.2. Carburante gassoso non disponibile: malfunzionamento del sistema di rifornimento del gas

In caso di malfunzionamento del sistema di rifornimento del gas che rende non disponibile il carburante gassoso, deve essere attivata la modalità di servizio o, a seconda di quanto specificato al precedente punto 4.2.3, la modalità a carburante liquido.

Non appena viene ripristinato il rifornimento di carburante gassoso la modalità di servizio può essere disattivata o, se del caso, può essere riattivata la modalità dual-fuel.

4.3. Indicatori del sistema dual-fuel

4.3.1. Indicatore della modalità di funzionamento dual-fuel

La macchina mobile non stradale deve fornire all'operatore una segnalazione visiva della modalità di funzionamento del motore (modalità dual-fuel, modalità a carburante liquido o modalità di servizio).

Le caratteristiche e la posizione di tale segnalatore visivo sono a discrezione dell'OEM e possono far parte di un sistema di segnalazione visiva preesistente.

Tale segnalatore può essere integrato da un dispositivo per la visualizzazione dei messaggi. Il sistema usato per la visualizzazione dei messaggi di cui al presente punto può coincidere con quello usato per il sistema diagnostico di controllo degli NO_x o con quello di un altro sistema di manutenzione.

L'elemento visivo dell'indicatore della modalità di funzionamento dual-fuel non deve coincidere con quello usato per il sistema diagnostico di controllo degli NO_x o per altri scopi di manutenzione del motore.

Gli allarmi di sicurezza hanno sempre la priorità di visualizzazione rispetto alle segnalazioni delle modalità di funzionamento.

- 4.3.1.1. L'indicatore della modalità di funzionamento dual-fuel deve essere impostato sulla modalità di servizio non appena si attiva tale modalità (ossia prima che essa sia effettivamente attiva) e la segnalazione deve rimanere visibile fintantoché la modalità di servizio è attiva.
- 4.3.1.2. L'indicatore della modalità di funzionamento dual-fuel deve essere impostato per almeno un minuto in modalità a doppia alimentazione o in modalità a carburante liquido non appena la modalità cambia da dual-fuel a carburante liquido o viceversa. È inoltre necessario che la segnalazione sia visualizzata con la chiave in posizione di contatto ("on") o, su richiesta del costruttore, all'accensione del motore. La segnalazione può essere visualizzata anche su richiesta dell'operatore.
- 4.3.2. Sistema di allerta di serbatoio del gas vuoto (sistema di allerta della modalità dual-fuel)

Le macchine mobili non stradali con un motore dual-fuel devono essere dotate di un sistema di allerta della modalità dual-fuel che avvisa il conducente quando il serbatoio del carburante gassoso è quasi vuoto.

Il sistema di allerta della modalità dual-fuel deve rimanere attivo fino a che il serbatoio non sia riempito a un livello superiore rispetto a quello previsto per l'attivazione del sistema di allerta.

Il sistema di allerta della modalità dual-fuel può essere temporaneamente interrotto da altri segnali di allerta che trasmettono messaggi importanti per la sicurezza.

Non deve essere possibile disattivare il sistema di allerta della modalità dual-fuel con uno scanner se la causa dell'attivazione del segnale non è stata corretta.

- 4.3.2.1. Caratteristiche del sistema di allerta della modalità dual-fuel

Il sistema di allerta della modalità dual-fuel deve consistere di un sistema di allerta visivo (immagini, pittogrammi, ecc.) a discrezione del costruttore.

Tale sistema può comprendere, sempre a discrezione del costruttore, una componente acustica. In tal caso, all'operatore è consentito sopprimere i segnali acustici.

L'elemento visivo dell'indicatore del sistema di allerta della modalità dual-fuel non può coincidere con quello usato per il sistema diagnostico di controllo degli NO_x o per altri scopi di manutenzione del motore.

Inoltre, il sistema di allerta della modalità dual-fuel può visualizzare messaggi brevi, tra cui messaggi che indicano chiaramente la distanza o il tempo residui prima che sia attivata la limitazione dell'operabilità.

Il sistema usato per visualizzare i messaggi di allerta o informazione di cui al presente punto può coincidere con quello usato per visualizzare i messaggi di allerta o informazione del sistema diagnostico di controllo degli NO_x o di altri scopi di manutenzione.

Le macchine mobili non stradali destinate ai servizi di soccorso o progettate e fabbricate per l'uso da parte delle forze armate, della protezione civile, dei servizi antincendio e dei servizi responsabili del mantenimento dell'ordine pubblico possono essere dotate di dispositivi che permettano all'operatore di attenuare gli allarmi visivi del sistema di allerta.

- 4.4. Coppia comunicata

- 4.4.1. Coppia comunicata di un motore dual-fuel che funziona in modalità dual-fuel

Quando un motore dual-fuel funziona in modalità dual-fuel:

- a) la curva della coppia di riferimento deve essere quella ottenuta quando il motore è sottoposto a prova su un banco di prova in modalità dual-fuel;
- b) le coppie effettive registrate (coppia indicata e coppia di attrito) devono corrispondere al risultato della combustione di entrambi i carburanti e non devono coincidere con la coppia ottenuta quando il motore funziona esclusivamente a carburante liquido.

4.4.2. Coppia comunicata di un motore dual-fuel che funziona in modalità a carburante liquido

Se un motore dual-fuel funziona in modalità a carburante liquido, la curva della coppia di riferimento deve essere quella ottenuta quando il motore è sottoposto a prova su un banco di prova in modalità a carburante liquido.

4.5. Requisiti aggiuntivi

4.5.1. Se usate per un motore dual-fuel, le strategie di adeguamento devono soddisfare oltre ai requisiti dell'allegato 9, anche i seguenti requisiti:

- a) il motore deve sempre corrispondere al tipo di motore dual-fuel (ossia tipo 1A, tipo 2B, ecc.) che è stato dichiarato per l'omologazione; e
- b) nel caso di un motore di tipo 2, la differenza risultante tra il massimo GER_{cycle} superiore e inferiore all'interno della famiglia non deve mai superare l'intervallo di cui all'allegato 10, punto 2.4.15 del presente regolamento, eccetto nel caso del motore con regolazione manuale del GER_{cycle} come consentito al punto 3.1 del presente allegato.

4.6. Conformemente all'appendice 6, del presente regolamento, l'omologazione deve essere subordinata alla fornitura all'OEM e agli utilizzatori finali di istruzioni di installazione e funzionamento del motore dual-fuel, compresa la modalità di servizio di cui al punto 4.2 e il sistema di indicatori del sistema dual-fuel di cui al punto 4.3.

5. REQUISITI DI PRESTAZIONE

5.1. I requisiti di prestazione, compresi i valori limite delle emissioni e i requisiti per l'omologazione UE applicabili ai motori dual-fuel, coincidono con quelli di qualsiasi altro motore della rispettiva categoria di motori conformemente al presente regolamento, fatte salve le eccezioni previste al presente punto 5.

5.2. Il limite degli idrocarburi (HC) per il funzionamento in modalità dual-fuel deve essere determinato utilizzando il rapporto energetico a gas (GER) medio nell'arco del ciclo di prova specificato di cui all'allegato 4, appendice A.6.

5.3. I requisiti tecnici relativi alle strategie di controllo delle emissioni, compresa la documentazione necessaria a dimostrare tali strategie, le disposizioni tecniche antimissione e il divieto di utilizzare impianti di manipolazione coincidono con quelli della rispettiva categoria di motori di cui all'allegato 9.

5.4. I requisiti tecnici dettagliati relativi alla superficie associata al pertinente ciclo NRSC, nell'ambito del quale viene controllata la quantità ammessa di emissioni eccedente i limiti di emissione stabiliti nell'appendice 2 del presente regolamento coincidono con quelli di qualsiasi altro motore della rispettiva categoria di motori di cui all'allegato 7.

6. REQUISITI DI DIMOSTRAZIONE

6.1. I requisiti di dimostrazione applicabili ai motori dual-fuel, coincidono con quelli di qualsiasi altro motore della rispettiva categoria di motori di cui al presente regolamento, fatte salve le eccezioni previste al punto 6 del presente allegato.

6.2. La conformità ai valori limite applicabili deve essere dimostrata nella modalità dual-fuel.

6.3. Per i tipi di motore dual-fuel che prevedono una modalità a carburante liquido (ossia i tipi 1B, 2B e 3B) deve essere dimostrata anche la conformità con i valori limite applicabili anche per la modalità a carburante liquido.

6.4. Requisiti di dimostrazione aggiuntivi per i motori di tipo 2

6.4.1. Il costruttore deve presentare all'autorità di omologazione prove attestanti che la differenza tra i valori GER_{cycle} riferita a tutti i membri della famiglia di motori dual-fuel rimane nell'intervallo specificato nell'allegato 10, punto 2.4.15, del presente regolamento o, nel caso di motori con regolazione manuale del GER_{cycle} , che soddisfa i requisiti di cui al punto 6.5 (ad esempio, mediante algoritmi, analisi funzionali, calcoli, simulazioni, risultati di prove precedenti, ecc.)

- 6.5. Requisiti di dimostrazione aggiuntivi per i motori con regolazione manuale del GER_{cycle}
- 6.5.1. La conformità ai valori limite applicabili deve essere dimostrata al valore minimo e al valore massimo del GER_{cycle} consentito dal costruttore.
- 6.6. Requisiti di dimostrazione della durabilità di un motore dual-fuel
- 6.6.1. Si applicano le disposizioni dell'allegato 8.
- 6.7. Dimostrazione degli indicatori della modalità dual-fuel, del sistema di allerta e della limitazione dell'operabilità
- 6.7.1. Nella domanda di omologazione a norma del presente regolamento, il costruttore deve dimostrare il funzionamento degli indicatori della modalità dual-fuel, del sistema di allerta e della limitazione dell'operabilità conformemente alle disposizioni dell'appendice A.1.
- 6.8. Documentazione della dimostrazione
- Una relazione di dimostrazione deve documentare le dimostrazioni condotte ai fini della conformità al punto 6 del presente allegato. La relazione deve:
- descrivere la dimostrazione eseguita, compreso il ciclo di prova applicabile;
 - essere inclusa nella documentazione informativa come stabilito all'allegato 1 del presente regolamento
7. REQUISITI VOLTI A GARANTIRE IL CORRETTO FUNZIONAMENTO DELLE MISURE DI CONTROLLO DEGLI NO_x
- 7.1. L'allegato 9 (requisiti tecnici per le misure di controllo degli NO_x) si applica a tutti i motori dual-fuel, funzionanti sia in modalità dual-fuel, sia in modalità a carburante liquido.
- 7.2. Ulteriori requisiti per il controllo degli NO_x per i motori dual-fuel di tipo 1B, 2B e 3B
- 7.2.1. La coppia considerata per l'applicazione del sistema di persuasione con segnale di livello "grave" di cui all'allegato 9, punto A.1.5.4, deve coincidere con la coppia più bassa ottenuta nella modalità a carburante liquido e dual-fuel.
- 7.2.2. Un possibile influsso della modalità di funzionamento sul rilevamento di malfunzionamenti non deve essere usato per estendere il tempo fino all'attivazione del sistema di persuasione.
- 7.2.3. In caso di malfunzionamenti il cui rilevamento non dipende dalla modalità di funzionamento del motore, i meccanismi specificati nell'allegato 9 associati allo stato del DTC non devono dipendere dalla modalità di funzionamento del motore (per esempio, se un DTC ha raggiunto lo stato di "potenziale" in modalità dual-fuel, quando lo stesso guasto si ripresenterà il DTC otterrà lo stato di "confermato e attivo", anche se la modalità di funzionamento è quella del carburante liquido).
- 7.2.4. Nel caso di malfunzionamenti il cui rilevamento dipende dalla modalità di funzionamento del motore, i DTC non devono ottenere uno stato precedentemente attivo in una modalità di funzionamento diversa da quella in cui hanno ottenuto lo stato di "confermato e attivo".
- 7.2.5. Una variazione della modalità di funzionamento (dalla modalità dual-fuel alla modalità a carburante liquido o viceversa) non deve arrestare né comportare la reimpostazione dei meccanismi attuati ai fini della conformità ai requisiti dell'allegato 9 (contatori, ecc.). Tuttavia, nel caso in cui uno di questi meccanismi (per esempio, un sistema diagnostico) dipenda dalla modalità di funzionamento effettiva, il contatore associato a tale meccanismo può, su richiesta del costruttore e previa approvazione dell'autorità di omologazione:
- fermarsi e, se del caso, mantenere il proprio valore attuale quando cambia la modalità di funzionamento;
 - ripartire e, se del caso, continuare il conteggio dal momento in cui si è arrestato quando la modalità di funzionamento passa nuovamente alla modalità di funzionamento precedente.

APPENDICE A.1

INDICATORI DELLA MODALITÀ DUAL-FUEL, SISTEMA DI ALLERTA E LIMITAZIONE DELL'OPERABILITÀ DEI MOTORI DUAL-FUEL — REQUISITI DI DIMOSTRAZIONE

A.1.1. Indicatori del sistema dual-fuel

A.1.1.1. Indicatore della modalità di funzionamento dual-fuel

La capacità del motore di comandare l'attivazione dell'indicatore della modalità dual-fuel quando funziona in tale modalità deve essere dimostrata in sede di omologazione.

A.1.1.2. Indicatore della modalità a carburante liquido

Nel caso dei motori dual-fuel di tipo 1B, 2B o 3B la capacità del motore di comandare l'attivazione dell'indicatore della modalità a carburante liquido quando funziona in tale modalità deve essere dimostrata in sede di omologazione.

A.1.1.3. Indicatore della modalità di servizio

La capacità del motore di comandare l'attivazione dell'indicatore della modalità di servizio quando funziona in tale modalità deve essere dimostrata in sede di omologazione.

A.1.1.3.1. Per eseguire la dimostrazione relativa all'indicatore della modalità di servizio è sufficiente attivare l'apposito interruttore e fornire all'autorità di omologazione prove che confermino che questa operazione si verifica quando il motore stesso richiede la modalità di servizio (per esempio, algoritmi, simulazioni, risultati di prove interne, ecc.).

A.1.2. Sistema di allerta

La capacità del motore di comandare l'attivazione del sistema di allerta quando la quantità di carburante gassoso presente nel serbatoio scende al di sotto del livello di allerta deve essere dimostrata in sede di omologazione. A tal fine l'effettiva quantità di carburante gassoso può essere simulata.

A.1.3. Limitazione dell'operabilità

Nel caso dei motori dual-fuel di tipo 1A o 2A la capacità del motore di comandare l'attivazione della limitazione dell'operabilità quando rileva che il serbatoio del carburante gassoso è vuoto o il sistema di rifornimento del gas riporta un malfunzionamento deve essere dimostrata in sede di omologazione UE. A tal fine il livello di carburante gassoso nel serbatoio e il malfunzionamento del sistema di rifornimento di gas possono essere simulati.

A.1.3.1. È sufficiente eseguire la dimostrazione mediante un esempio di utilizzo tipico scelto d'accordo con l'autorità di omologazione e fornire a tale autorità prove che confermino che la limitazione dell'operabilità si verifica negli altri casi di uso possibili (per esempio, mediante algoritmi, simulazioni, risultati di prove interne, ecc.).

APPENDICE A.2

REQUISITI PER LA PROCEDURA DI PROVA DELLE EMISSIONI PER I MOTORI DUAL-FUEL

A.2.1. Aspetti generali

La presente appendice definisce i requisiti aggiuntivi e le eccezioni al presente allegato per rendere possibile lo svolgimento di prove delle emissioni sui motori dual-fuel, indipendentemente dal fatto che le emissioni siano esclusivamente emissioni di gas di scarico o siano emissioni di gas di scarico associate a emissioni del basamento, a norma dell'allegato 4, punto 6.10. Nel caso in cui non sia elencato alcun requisito aggiuntivo o alcuna eccezione, i requisiti del presente regolamento si applicano ai motori dual-fuel allo stesso modo rispetto a qualsiasi altro tipo di motore omologato o famiglia di motori omologata.

Lo svolgimento delle prove delle emissioni di un motore dual-fuel è complicato dal fatto che il carburante usato dal motore può variare da un carburante liquido puro a una combinazione di carburante prevalentemente gassoso con un quantitativo soltanto minimo di carburante liquido come fonte di accensione. Il rapporto tra i carburanti usati da un motore dual-fuel può anche cambiare in modo dinamico, in base alla condizione di funzionamento del motore. Di conseguenza, sono necessarie precauzioni e limitazioni speciali per consentire lo svolgimento delle prove delle emissioni su questi motori.

A.2.2. Condizioni di prova

Si applicano le disposizioni dell'allegato 4, punto 6.

A.2.3. Procedure di prova

Si applicano le disposizioni dell'allegato 4, punto 7.

A.2.4. Procedure di misurazione

Si applicano le disposizioni dell'allegato 4, punto 8, fatte salve le eccezioni previste dalla presente appendice.

Una procedura di misurazione con diluizione a flusso totale per i motori dual-fuel è illustrata nell'allegato 4, figura A.4-5 (sistema CVS).

Tale procedura di misurazione garantisce che la variazione della composizione del carburante durante la prova influenzerà soprattutto i risultati di misurazione degli idrocarburi. Tale influenza deve essere compensata mediante uno dei metodi descritti al punto A.2.7 della presente appendice.

Le misurazioni dei gas di scarico grezzi/flusso parziale illustrate nell'allegato 4, figura A.4-6 possono essere usate con alcune precauzioni per quanto riguarda i metodi di determinazione e calcolo della portata massica dei gas di scarico.

A.2.5. Apparecchiature di misurazione

Si applicano le disposizioni dell'allegato 4, punto 9.

A.2.6. Misurazione del numero di particelle nelle emissioni

Si applicano le disposizioni dell'allegato 4, appendice A.1.

A.2.7. Calcolo delle emissioni

Il calcolo delle emissioni deve essere eseguito in conformità all'allegato 5, fatte salve le eccezioni previste nel presente punto. I requisiti aggiuntivi di cui al punto A.2.7.1 si applicano per i calcoli basati sulla massa mentre i requisiti aggiuntivi di cui al punto A.2.7.2 si applicano per i calcoli basati sulla mole.

Per il calcolo delle emissioni è necessario che sia nota la composizione dei carburanti utilizzati. Quando un carburante gassoso è fornito corredato di un certificato che ne confermi le proprietà (ad es. gas in bombole) è ammesso l'utilizzo della composizione specificata dal fornitore. Se la composizione del carburante non è nota (ad es. gas da gasdotto), essa deve essere analizzata almeno prima e dopo l'esecuzione della prova delle emissioni. Devono essere consentite analisi più frequenti e i risultati devono essere usati per il calcolo.

Se si usa il rapporto energetico a gas (GER), esso deve essere coerente con la definizione di cui al punto 2 del presente regolamento e con le disposizioni specifiche sui limiti totali degli idrocarburi (HC) per motori alimentati interamente o parzialmente a gas di cui all'appendice 2 del presente regolamento. Il valore medio di GER nel corso del ciclo deve essere calcolato mediante uno dei metodi descritti di seguito:

per i cicli transitori con avviamento a caldo e RMC NRSC, dividendo la somma del GER in corrispondenza di ciascun punto di misurazione per il numero di punti di misurazione;

per i cicli NRSC in modalità discreta, moltiplicando il GER medio per ciascuna modalità di prova per il fattore di ponderazione pertinente per la modalità e calcolando la somma di tutte le modalità. I fattori di ponderazione devono essere desunti dall'allegato 4, appendice A.6, per il ciclo applicabile.

A.2.7.1. Calcolo delle emissioni massiche

Si applicano le disposizioni dell'allegato 5, appendice A.1, fatte salve le eccezioni previste dal presente punto.

A.2.7.1.1. Correzione secco/umido

A.2.7.1.1.1. Gas di scarico grezzo

All'allegato 5, appendice A.1, le equazioni (A.5-3) e (A.5-4) devono essere usate per calcolare la correzione secco/umido.

I parametri specifici per il rispettivo carburante devono essere determinati conformemente al punto A.2.7.1.5.

A.2.7.1.1.2. Gas di scarico diluiti

Per calcolare la correzione secco/umido deve essere usata l'equazione (A.5-3) insieme all'equazione (A.5-25) o (A.5-26) dell'allegato 5.

Per la correzione secco/umido deve essere usato il rapporto molare dell'idrogeno α della combinazione dei due carburanti. Tale rapporto molare dell'idrogeno deve essere calcolato in base ai valori misurati del consumo di carburante di entrambi i carburanti, conformemente al punto A.2.7.1.5.

A.2.7.1.2. Correzione degli NO_x in funzione dell'umidità

Deve essere usata la correzione degli NO_x in funzione dell'umidità per i motori ad accensione spontanea specificata nell'equazione (A.5-9) dell'allegato 5.

A.2.7.1.3. Diluizione a flusso parziale (PFS) e misurazione del gas grezzo

A.2.7.1.3.1. Determinazione della portata massica dei gas di scarico

La portata massica dei gas di scarico deve essere determinata usando un flussometro dei gas di scarico grezzi come descritto nell'allegato 5, punto 9.4.5.3.

In alternativa è possibile utilizzare il metodo della misurazione del flusso dell'aria e del rapporto aria/carburante conformemente alle equazioni da (A.5-17) a (A.5-19) dell'allegato 5 se i valori di α , γ , δ e ε sono determinati conformemente al punto A.2.7.1.5.3. Non è consentito l'uso di un sensore del tipo a ossido di zirconio per determinare il rapporto aria/carburante.

Nel caso di motori di prova sottoposti a cicli di prova stazionari solo la portata massica dei gas di scarico può essere determinata con il metodo della misurazione del rapporto aria/carburante conformemente all'equazione (A.5-15) dell'allegato 5.

A.2.7.1.3.2. Determinazione dei componenti gassosi

Devono essere applicate le disposizioni dell'allegato 5, appendice A.1, punto A.1.1, fatte salve le eccezioni previste dal presente punto.

La possibile variazione nella composizione del carburante influenzerà tutti i fattori u_{gas} e rapporti dei componenti molari usati nei calcoli delle emissioni. Per determinare i fattori u_{gas} e rapporti dei componenti molari deve essere usato, a discrezione del costruttore, uno dei seguenti approcci:

- a) le equazioni esatte di cui all'allegato 5, appendice A.1, punti A.1.1.5.2 o A.1.2.3 devono essere usati per calcolare i valori istantanei di u_{gas} ricorrendo alle proporzioni istantanee del carburante liquido e gassoso (determinate in base alla misurazione o al calcolo del consumo istantaneo di carburante) e ai rapporti dei componenti molari determinati conformemente al punto 7.1.5; oppure
- b) se il calcolo basato sulla massa di cui all'allegato 5, appendice A.1, è usato per il caso specifico dei motori dual-fuel che funzionano con carburante gassoso e diesel, è possibile usare i valori tabulati dei rapporti dei componenti molari e di u_{gas} . I valori tabulati devono essere applicati nel modo seguente:
 - i) per i motori che durante il ciclo di prova sono fatti funzionare con un rapporto energetico a gas medio pari o superiore al 90 % ($GER \geq 0,9$), i valori necessari devono essere quelli dei carburanti gassosi di cui alla tabella A.5-1 o A.5-2 dell'allegato 5;
 - ii) per i motori che durante il ciclo di prova sono fatti funzionare con un rapporto energetico a gas medio compreso tra il 10 % e il 90 % ($0,1 < GER < 0,9$), si deve ipotizzare che i valori necessari devono essere rappresentati da quelli di una miscela composta al 50 % da carburanti gassosi e al 50 % da carburanti diesel di cui alle tabelle A.7-1 e A.7-2;
 - iii) per i motori che durante il ciclo di prova sono fatti funzionare con un rapporto energetico a gas medio pari o inferiore al 10 % ($GER \leq 0,1$), i valori necessari devono essere quelli dei carburanti diesel di cui alle tabelle A.5-1 e A.5-2 dell'allegato 5;
 - iv) per il calcolo delle emissioni di HC si deve usare il valore di u_{gas} del carburante gassoso in tutti i casi, a prescindere dal rapporto energetico a gas (GER) medio.

Tabella A.7-1

Rapporti dei componenti molari per una miscela composta al 50 % di carburante gassoso e al 50 % di carburante diesel [% massa]

Carburante gassoso	α	γ	δ	ε
CH ₄	2,8681	0	0	0,0040
G _R	2,7676	0	0	0,0040
G ₂₃	2,7986	0	0,0703	0,0043
G ₂₅	2,7377	0	0,1319	0,0045
Propano	2,2633	0	0	0,0039
Butano	2,1837	0	0	0,0038
GPL	2,1957	0	0	0,0038
Carburante GPL A	2,1740	0	0	0,0038
Carburante GPL B	2,2402	0	0	0,0039

A.2.7.1.3.2.1. Massa per prova di un'emissione gassosa

Qualora si applichino le equazioni esatte per il calcolo dei valori istantanei di u_{gas} conformemente al punto A.2.7.1.3.2, lettera a), nel calcolare la massa per prova di un'emissione gassosa per i cicli di prova transitori (NRTC e LSI-NRTC) e RMC, u_{gas} deve essere incluso nella somma dell'equazione (A.5-2) di cui all'allegato 5, appendice A.1, punto A.1.1.2, mediante l'equazione (A.7-1):

$$m_{gas} = \frac{1}{f} \cdot k_h \cdot k \cdot \sum_{i=1}^N (u_{gas,i} \cdot q_{mew,i} \cdot c_{gas,i}) \quad (A.7-1)$$

dove:

$u_{gas,i}$ è il valore istantaneo di u_{gas}

I restanti termini dell'equazione sono quelli stabiliti all'allegato 5, appendice A.1, punto A.1.1.2.

Tabella A.7-2

Valori u_{gas} e densità dei componenti dei gas di scarico grezzi per una miscela composta al 50 % di carburante gassoso e al 50 % di carburante diesel [% massa]

Carburante gassoso	Gas							
	ρ_e	NO _x	CO	HC	CO ₂	O ₂	CH ₄	
				ρ_{gas} [kg/m ³]				
		2,053	1,250	(^e)	1,9636	1,4277	0,716	
			u_{gas} (^e)					
GNC/GNL (^e)	1,2786	0,001606	0,000978	0,000528 (^d)	0,001536	0,001117	0,000560	
Propano	1,2869	0,001596	0,000972	0,000510	0,001527	0,001110	0,000556	
Butano	1,2883	0,001594	0,000971	0,000503	0,001525	0,001109	0,000556	
GPL (^e)	1,2881	0,001594	0,000971	0,000506	0,001525	0,001109	0,000556	

(^a) A seconda del carburante

(^b) A $\lambda = 2$, aria secca, 273 K, 101,3 kPa

(^c) u accurato entro lo 0,2 % per una composizione di massa di: C = 58 - 76 %; H = 19 - 25 %; N = 0 - 14 % (CH₄, G₂₀, G₂₃ e G₂₅)

(^d) NMHC sulla base di CH_{2,93} (per gli HC totali deve essere usato il coefficiente u_{gas} di CH₄)

(^e) u accurato entro lo 0,2 % per una composizione di massa di: C₃ = 27 - 90 %; C₄ = 10 - 73 % (carburanti GPL A and B)

A.2.7.1.3.3. Determinazione del particolato

Il calcolo per la determinazione delle emissioni di particolato con il metodo della misurazione della diluizione parziale deve essere effettuato mediante le equazioni di cui all'allegato 5, appendice A.1, punto A.1.3.

Per il controllo del rapporto di diluizione devono essere applicati i requisiti di cui all'allegato 5, punto 8.2.1.2. In particolare, se il tempo di trasformazione combinato della misurazione del flusso dei gas di scarico e del sistema a flusso parziale è superiore a 0,3 s, deve essere usato il controllo look-ahead in base a un ciclo di prova preregistrato. In questo caso il tempo di salita combinato deve essere ≤ 1 s e il tempo di ritardo combinato ≤ 10 s. Tranne quando misurata direttamente, la portata massica dei gas di scarico deve essere determinata usando i valori α , γ , δ e ϵ determinati conformemente al punto A.2.7.1.5.3.

Per ogni misurazione devono essere effettuati i controlli di qualità conformemente all'allegato 4, punto 8.2.1.2.

A.2.7.1.3.4. Requisiti aggiuntivi per il flussometro usato per misurare la portata massica dei gas di scarico

Il flussometro di cui all'allegato 4, punti 9.4.1.5.3 e 9.4.1.5.4, non deve essere sensibile alle variazioni nella composizione e nella densità dei gas di scarico. I piccoli errori di misurazione, per esempio dovuti al tubo di Pitot o al tipo di orifizio (equivalenti alla radice quadrata della densità dei gas di scarico), sono trascurabili.

A.2.7.1.4. Misurazione con diluizione a flusso totale (CVS)

Devono essere applicate le disposizioni dell'allegato 5, appendice A.1, punto A.1.2, fatte salve le eccezioni previste dal presente punto.

La possibile variazione nella composizione del carburante influisce principalmente sul valore tabulato u_{gas} relativo agli idrocarburi. Per il calcolo delle emissioni di idrocarburi si applicano le equazioni esatte, ricorrendo ai rapporti dei componenti molari ottenuti dalle misurazioni del consumo di entrambi i carburanti conformemente al punto A.2.7.1.5.

A.2.7.1.4.1. Determinazione delle concentrazioni corrette in funzione del fondo

Per determinare il fattore stechiometrico, il rapporto molare dell'idrogeno α del carburante deve essere calcolato come rapporto molare dell'idrogeno medio della miscela di carburanti durante la prova, conformemente al punto A.2.7.1.5.3.

In alternativa, nell'equazione (A.5-28) dell'allegato 5 è possibile usare il valore F_s del carburante gassoso.

A.2.7.1.5. Determinazione dei rapporti dei componenti molari

A.2.7.1.5.1. Aspetti generali

La presente parte deve essere usata per determinare i rapporti dei componenti molari quando la miscela di carburante è nota (metodo esatto).

A.2.7.1.5.2. Calcolo dei componenti della miscela di carburanti

Le equazioni da (A.7-2) a (A.7-7) devono essere usate per calcolare la composizione degli elementi della miscela di carburanti:

$$Q_{mf} = Q_{mf1} + Q_{mf2} \quad (\text{A.7-2})$$

$$W_H = \frac{W_{H1} \times q_{mf1} + W_{H2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (\text{A.7-3})$$

$$W_C = \frac{W_{C1} \times q_{mf1} + W_{C2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (\text{A.7-4})$$

$$W_S = \frac{W_{S1} \times q_{mf1} + W_{S2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (\text{A.7-5})$$

$$W_N = \frac{W_{N1} \times q_{mf1} + W_{N2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (\text{A.7-6})$$

$$W_O = \frac{W_{O1} \times q_{mf1} + W_{O2} \times q_{mf2}}{q_{mf1} + q_{mf2}} \quad (\text{A.7-7})$$

dove:

q_{mf1} è la portata massica del carburante 1, kg/s

q_{mf2} è la portata massica del carburante 2, kg/s

w_H è il tenore di idrogeno nel carburante, % massa

w_C è il tenore di carbonio nel carburante, % massa

w_S è il tenore di zolfo nel carburante, % massa

w_N è il tenore di azoto nel carburante, % massa

w_O è il tenore di ossigeno nel carburante, % massa

A.2.7.1.5.3. Calcolo dei rapporti molari di H, C, S, N e O in relazione a C nella miscela di carburanti

Il calcolo dei rapporti atomici (in special modo il rapporto H/C α) è indicato nell'allegato 5 e si calcola mediante le equazioni da (A.7-8) a (A.7-11):

$$\alpha = 11,9164 \cdot \frac{w_H}{w_C} \quad (\text{A.7-8})$$

$$\gamma = 0,37464 \cdot \frac{w_S}{w_C} \quad (\text{A.7-9})$$

$$\delta = 0,85752 \cdot \frac{w_N}{w_C} \quad (\text{A.7-10})$$

$$\varepsilon = 0,75072 \cdot \frac{w_O}{w_C} \quad (\text{A.7-11})$$

dove:

w_H è il tenore di idrogeno nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]

w_C è il tenore di carbonio nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]

w_S è il tenore di zolfo nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]

w_N è il tenore di azoto nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]

w_O è il tenore di ossigeno nel carburante, frazione di massa [g/g] o [% massa]

α è il rapporto molare dell'idrogeno (H/C)

γ è il rapporto molare dello zolfo (S/C)

δ è il rapporto molare dell'azoto (N/C)

ε è il rapporto molare dell'ossigeno (O/C)

riferito a un carburante con formula chimica $\text{CH}_\alpha\text{O}_\varepsilon\text{N}_\delta\text{S}_\gamma$

A.2.7.2. Calcolo delle emissioni molari

Devono essere applicate le disposizioni dell'allegato 5, appendice A.2, fatte salve le eccezioni previste dal presente punto.

A.2.7.2.1. Correzione degli NO_x in funzione dell'umidità

Deve essere usata l'equazione (A.5-102) dell'allegato 5, appendice A.2 (correzione per i motori ad accensione spontanea).

A.2.7.2.2. Determinazione della portata massica dei gas di scarico senza l'uso di un flussometro dei gas di scarico grezzi

Deve essere usata l'equazione (A.5-112) dell'allegato 5, appendice A.2 (calcolo della portata molare in base all'aria di aspirazione). In alternativa è possibile usare l'equazione (A.5-113) dell'allegato 5, appendice A.2 (calcolo della portata molare in base alla portata massica del carburante) per le prove con ciclo NRSC.

A.2.7.2.3. Rapporti dei componenti molari per la determinazione dei componenti gassosi

Per determinare i rapporti dei componenti molari deve essere usato l'approccio esatto utilizzando le proporzioni istantanee del carburante liquido e gassoso determinate in base alla misurazione o al calcolo del consumo istantaneo di carburante. I rapporti dei componenti molari istantanei devono essere inseriti nelle equazioni (A.5-88), (A.5-90) e (A.5-91) dell'allegato 5, appendice A.2 per il calcolo dell'equilibrio chimico continuo.

La determinazione dei rapporti dei componenti molari deve essere eseguita conformemente al punto A.2.7.2.3.1 o A.2.7.1.5.3.

I carburanti gassosi, siano essi miscelati o estratti da un gasdotto, possono contenere una parte significativa di costituenti inerti come CO_2 e N_2 . Il costruttore deve includere questi costituenti nei calcoli del rapporto atomico descritti al punto A.2.7.2.3.1 o al punto A.2.7.1.5.3, a seconda dei casi, oppure può, in alternativa, escludere i costituenti inerti dai rapporti atomici e distribuirli nella maniera appropriata tra i parametri dell'equilibrio chimico dell'aria di aspirazione $x_{\text{O}_2\text{int}}$, $x_{\text{CO}_2\text{int}}$ e $x_{\text{H}_2\text{Oint}}$ di cui all'allegato 5, appendice A.2, punto A.2.4.3.

A.2.7.2.3.1. Determinazione dei rapporti dei componenti molari

I rapporti dei componenti molari istantanei del numero atomico di idrogeno, ossigeno, zolfo e azoto rispetto agli atomi di carbonio nella miscela di carburanti per motori dual-fuel si calcola con le equazioni da (A.7-12) a (A.7-15):

$$\alpha(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{H,liquid}}{M_H} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{H,gas}}{M_H}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_C \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{H,liquid} \right) \right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{H,gas} \right)}{M_H \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid} \right) \right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas} \right)} \quad (A.7-12)$$

$$\beta(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{O,liquid}}{M_O} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{O,gas}}{M_O}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_C \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{O,liquid} \right) \right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{O,gas} \right)}{M_O \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid} \right) \right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas} \right)} \quad (A.7-13)$$

$$\gamma(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{S,liquid}}{M_S} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{S,gas}}{M_S}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_C \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{S,liquid} \right) \right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{S,gas} \right)}{M_S \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid} \right) \right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas} \right)} \quad (A.7-14)$$

$$\delta(t) = \frac{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{N,liquid}}{M_N} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{N,gas}}{M_N}}{\frac{\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid}}{M_C} + \frac{\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas}}{M_C}} = \frac{M_C \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{N,liquid} \right) \right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{N,gas} \right)}{M_N \times \left[\left(\dot{m}_{liquid}(t) \times w_{C,liquid} \right) \right] + \left(\dot{m}_{gas}(t) \times w_{C,gas} \right)} \quad (A.7-15)$$

dove:

$w_{i,fuel}$ = frazione di massa dell'elemento in questione C, H, O, S o N, del carburante liquido o gassoso

$\dot{m}_{liquid}(t)$ = portata massica istantanea del carburante liquido al tempo t, [kg/ora]

$\dot{m}_{gas}(t)$ = portata massica istantanea del carburante gassoso al tempo t, [kg/ora]

Nei casi in cui la portata massica dei gas di scarico è calcolata in base alla portata della miscela di carburanti, allora w_C nell'equazione (A.5-113) dell'allegato 5, appendice A.2, deve essere calcolata mediante l'equazione (A.7-16):

$$w_C = \frac{\dot{m}_{liquid} \times w_{C,liquid} + \dot{m}_{gas} \times w_{C,gas}}{\dot{m}_{liquid} + \dot{m}_{gas}} \quad (A.7-16)$$

dove:

w_C = frazione di massa del carbonio nel carburante diesel o gassoso

\dot{m}_{liquid} = portata massica del carburante liquido [kg/ora]

\dot{m}_{gas} = portata massica del carburante gassoso [kg/ora]

A.2.7.3. Determinazione del CO₂

Devono essere applicate le disposizioni dell'allegato 5 tranne nel caso in cui il motore è sottoposto a prova con i cicli di prova transitori o modali con rampe di transizione (RMC) con campionamento del gas grezzo.

A.2.7.3.1. Determinazione del CO₂ nel caso di cicli di prova transitori o modali con rampe di transizione (RMC) con campionamento del gas grezzo.

Il calcolo delle emissioni di CO₂ in base alla misurazione della CO₂ presente nei gas di scarico di cui all'allegato 5 non deve essere applicato. Devono essere applicate invece le disposizioni descritte di seguito.

Il consumo medio di carburante misurato durante le prove deve essere determinata in base alla somma dei valori istantanei nel corso del ciclo e deve essere usata come base per il calcolo delle emissioni di CO₂ medie nelle prove.

La massa di ciascun carburante consumato deve essere usata per determinare, conformemente al punto A.2.7.1.5, il rapporto molare dell'idrogeno nel carburante e le frazioni massiche della miscela di carburanti durante la prova.

La massa totale corretta di entrambi i carburanti $m_{\text{fuel,corr}}$ [g/prova] e le emissioni massiche di CO₂ calcolate in base al valore $m_{\text{CO}_2,\text{fuel}}$ [g/prova] del carburante devono essere determinate mediante le equazioni (A.7-17) e (A.7-18).

$$m_{\text{fuel,corr}} = m_{\text{fuel}} - \left(m_{\text{THC}} + \frac{A_{\text{C}} + a * A_{\text{H}}}{M_{\text{CO}}} \times m_{\text{CO}} + \frac{W_{\text{GAM}} + W_{\text{DEL}} + W_{\text{EPS}}}{100} \times m_{\text{fuel}} \right) \quad (\text{A.7-17})$$

$$m_{\text{CO}_2,\text{fuel}} = \frac{M_{\text{CO}_2}}{A_{\text{C}} + a * A_{\text{H}}} \times m_{\text{fuel,corr}} \quad (\text{A.7-18})$$

dove:

m_{fuel} = massa totale di entrambi i carburanti [g/prova]

m_{THC} = massa delle emissioni di idrocarburi totali nei gas di scarico [g/prova]

m_{CO} = massa delle emissioni di monossido di carbonio nei gas di scarico [g/prova]

w_{GAM} = tenore di zolfo nei carburanti [% in massa]

w_{DEL} = tenore di azoto nei carburanti [% in massa]

w_{EPS} = tenore di ossigeno nei carburanti [% in massa]

a = rapporto molare dell'idrogeno dei carburanti (H/C) [-]

A_{C} = massa atomica del carbonio: 12,011 [g/mol]

A_{H} = massa atomica dell'idrogeno: 1,0079 [g/mol]

M_{CO} = massa molecolare del monossido di carbonio: 28,011 [g/mol]

M_{CO_2} = massa molecolare del biossido di carbonio: 44,01 [g/mol]

Le emissioni di CO₂ derivate dall'urea $m_{\text{CO}_2,\text{urea}}$ [g/prova] devono essere calcolate mediante l'equazione (A.7-19):

$$m_{\text{CO}_2,\text{urea}} = \frac{c_{\text{urea}}}{100} \times \frac{M_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}(\text{NH}_2)_2}} \times m_{\text{urea}} \quad (\text{A.7-19})$$

dove:

c_{urea} = concentrazione di urea [%]

m_{urea} = consumo totale di massa dell'urea [g/prova]

$M_{CO(NH_2)_2}$ = massa molecolare dell'urea: 60,056 [g/mol]

Le emissioni totali di CO_2 m_{CO_2} [g/prova] devono quindi essere calcolate mediante l'equazione (A.7-20):

$$m_{CO_2} = m_{CO_2, fuel} + m_{CO_2, urea} \quad (A.7-20)$$

Le emissioni totali di CO_2 calcolate mediante l'equazione (A.7-20) devono essere utilizzate nel calcolo delle emissioni di CO_2 specifiche al banco frenato, e_{CO_2} [g/kWh], di cui all'allegato 5, appendice A.1, punto A.1.4.1.1, o appendice A.2, punto A.2.8.1.1. Ove applicabile, la correzione dei CO_2 nei gas di scarico derivanti dal CO_2 presente nel carburante gassoso deve essere eseguita conformemente all'allegato 6, appendice A.3.

APPENDICE A.3

TIPI DI MOTORE DUAL-FUEL CHE FUNZIONANO CON GAS NATURALE/BIOMETANO O GPL E UN CARBURANTE LIQUIDO – RIEPILOGO DELLE DEFINIZIONI E DEI PRINCIPALI REQUISITI

Tipo di motore dual-fuel	GER_{cycle}	Regime minimo a carburante liquido	Riscaldamento a carburante liquido	Funzionamento con solo carburante liquido	Funzionamento in mancanza di gas	Osservazioni
1A	$GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ oppure $GER_{NRSC} \geq 0,9$	NON consentito	Consentito solo in modalità di servizio	Consentito solo in modalità di servizio	Modalità di servizio	
1B	$GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ oppure $GER_{NRSC} \geq 0,9$	Consentito solo in modalità a carburante liquido	Consentito solo in modalità a carburante liquido	Consentito solo in modalità a carburante liquido e di servizio	Modalità a carburante liquido	
2A	$0,1 < GER_{NRTC, hot} < 0,9$ oppure $0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$	Consentito	Consentito solo in modalità di servizio	Consentito solo in modalità di servizio	Modalità di servizio	$GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ oppure $GER_{NRSC} \geq 0,9$ Consentito
2B	$0,1 < GER_{NRTC, hot} < 0,9$ oppure $0,1 < GER_{NRSC} < 0,9$	Consentito	Consentito	Consentito	Modalità a carburante liquido	$GER_{NRTC, hot} \geq 0,9$ oppure $GER_{NRSC} \geq 0,9$ Consentito
3A	Non definito né consentito					
3B	$GER_{NRTC, hot} \leq 0,1$ oppure $GER_{NRSC} \leq 0,1$	Consentito	Consentito	Consentito	Modalità a carburante liquido	

ALLEGATO 8

METODOLOGIA DI ADEGUAMENTO DEI RISULTATI DELLE PROVE DELLE EMISSIONI ESEGUITE IN LABORATORIO AL FINE DI INCLUDERE I FATTORI DI DETERIORAMENTO

1. DEFINIZIONI

Ai fini del presente allegato si applicano le seguenti definizioni:

- 1.1. *"ciclo di invecchiamento"*: condizioni di funzionamento della macchina mobile non stradale o del motore (regime, carico, potenza) da riprodurre durante il periodo di accumulo di esercizio;
- 1.2. *"componenti fondamentali legati alle emissioni"*: il sistema di post-trattamento del gas di scarico, la centralina elettronica del motore con relativi sensori e attuatori e il sistema di ricircolo dei gas di scarico (EGR), compresi tutti i relativi filtri, dispositivi di raffreddamento, valvole di controllo e tubi;
- 1.3. *"manutenzione fondamentale legata alle emissioni"*: manutenzione da eseguire sui componenti fondamentali legati alle emissioni;
- 1.4. *"manutenzione legata alle emissioni"*: manutenzione che influisce in modo significativo sulle emissioni o che può incidere sui livelli delle emissioni della macchina mobile non stradale o del motore durante il funzionamento nelle normali condizioni d'uso;
- 1.5. *"famiglia di motori-sistemi di post-trattamento"*: un raggruppamento di motori, deciso dal costruttore, che soddisfa la definizione di famiglia di motori; i motori sono poi ulteriormente raggruppati in una famiglia di famiglie di motori che utilizzano lo stesso sistema di post-trattamento del gas di scarico;
- 1.6. *"manutenzione non legata alle emissioni"*: manutenzione che non influisce in modo sostanziale sulle emissioni e che non ha un effetto duraturo sui livelli delle emissioni della macchina mobile non stradale o del motore durante il funzionamento nelle normali condizioni d'uso;
- 1.7. *"programma di accumulo di esercizio"*: ciclo di invecchiamento e il periodo di accumulo di ore di funzionamento che serve a determinare i fattori di deterioramento per la famiglia di motori riguardo al sistema di post-trattamento.

2. ASPETTI GENERALI

- 2.1. Il presente allegato illustra le procedure di scelta dei motori da sottoporre a prova con un programma di accumulo di esercizio al fine di determinare fattori di deterioramento per l'omologazione dei motori e la valutazione della conformità della produzione. I fattori di deterioramento devono essere applicati alle emissioni misurate conformemente all'allegato 4 e calcolate conformemente all'allegato 5 in conformità alle procedure definite, rispettivamente, ai punti 3.2.7 e 4.3 del presente allegato.
- 2.2. Alle prove di accumulo di esercizio e a quelle delle emissioni volte a determinare il deterioramento dei livelli delle emissioni non è necessario che assista l'autorità di omologazione.
- 2.3. Il presente allegato descrive inoltre le operazioni di manutenzione legate e non legate alle emissioni che possono o devono essere eseguite sui motori sottoposti a un programma di accumulo di esercizio. Tali operazioni di manutenzione devono essere conformi a quelle effettuate su motori in servizio e devono essere comunicate agli utilizzatori finali di motori nuovi.

3. Categorie di motori NRE, NRG, SMB, ATS e sottocategorie NRS-v-2b e NRS-v-3
- 3.1. Scelta dei motori per stabilire i fattori di deterioramento del periodo di durabilità delle emissioni
 - 3.1.1. I motori utilizzati per stabilire i fattori di deterioramento del periodo di durabilità delle emissioni devono essere scelti in seno a una famiglia di motori definita all'allegato 10, punto 2.
 - 3.1.2. I motori appartenenti a famiglie di motori diverse possono essere raggruppati in altre famiglie in base al tipo di sistema di post-trattamento del gas di scarico utilizzato oppure, se non è utilizzato alcun sistema di post-trattamento, in base alla somiglianza delle caratteristiche tecniche del sistema di controllo delle emissioni. I motori che presentano differenze di alesaggio, corsa, configurazione, sistema di gestione dell'aria o di alimentazione del carburante possono essere considerati equivalenti sotto il profilo delle caratteristiche di deterioramento delle emissioni, se il costruttore fornisce all'autorità di omologazione dati attestanti che tale decisione è suffragata da valide argomentazioni tecniche. Per inserire nella stessa famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori famiglie di motori aventi specifiche tecniche e modalità di installazione dei sistemi di post-trattamento analoghe, il costruttore deve fornire all'autorità di omologazione dati che dimostrino come tali motori abbiano prestazioni simili a livello di riduzione delle emissioni.
 - 3.1.3. Il motore di prova deve essere rappresentativo delle caratteristiche di deterioramento delle emissioni delle famiglie di motori cui saranno applicati, ai fini dell'omologazione, i risultanti fattori di deterioramento. Il costruttore del motore deve scegliere un motore che rappresenti la famiglia di motori, il gruppo di famiglie di motori o la famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori, determinati in conformità al punto 3.1.2 del presente allegato, per la prova sul programma di accumulo di esercizio di cui al punto 3.2.2 del presente allegato; la sua decisione deve essere comunicata all'autorità di omologazione prima dell'inizio di qualsiasi prova.
 - 3.1.4. Se l'autorità di omologazione decide che il peggior caso di emissioni della famiglia di motori, del gruppo di famiglie di motori o della famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori è rappresentato meglio da un altro motore di prova, il motore di prova da usare deve essere scelto di comune accordo tra l'autorità di omologazione e il costruttore.
- 3.2. Determinazione dei fattori di deterioramento del periodo di durabilità delle emissioni
 - 3.2.1. Aspetti generali

I fattori di deterioramento applicabili a una famiglia di motori, a un gruppo di famiglie di motori o a una famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori devono essere ricavati in base ai motori scelti secondo un programma di accumulo di esercizio che prevede prove periodiche delle emissioni gassose e di particolato per ciascun ciclo di prova applicabile alla categoria di motori, come indicato nell'appendice 3 del presente regolamento. Nel caso del ciclo NRTC deve essere utilizzato solo il ciclo con avviamento a caldo.
 - 3.2.1.1. Su richiesta del costruttore, l'autorità di omologazione può consentire l'uso di fattori di deterioramento determinati con procedure diverse da quelle di cui ai punti da 3.2.2 a 3.2.5 del presente allegato. In tal caso il costruttore deve dimostrare, in un modo che l'autorità di omologazione ritenga soddisfacente, che le procedure alternative utilizzate non sono meno rigorose di quelle di cui ai punti da 3.2.2 a 3.2.5 del presente allegato.
 - 3.2.2. Programma di accumulo di esercizio

I programmi di accumulo di esercizio possono essere eseguiti, a discrezione del costruttore, facendo funzionare con un programma di accumulo di esercizio "in servizio" una macchina mobile non stradale dotata del motore scelto oppure facendo funzionare con un programma di accumulo di esercizio "su dinamometro" il motore scelto. Il costruttore non è tenuto a usare carburante di riferimento per l'accumulo di esercizio tra i punti di prova di misurazione delle emissioni.
 - 3.2.2.1. Accumulo di esercizio "in servizio" e "su dinamometro"
 - 3.2.2.1.1. Il costruttore deve stabilire la forma e la durata dell'accumulo di esercizio e del ciclo di invecchiamento dei motori in modo coerente con i criteri di buona pratica ingegneristica.

- 3.2.2.1.2. Il costruttore deve stabilire i punti di prova in cui saranno misurate le emissioni gassose e di particolato durante i cicli applicabili, nel modo seguente:
- 3.2.2.1.2.1. se si esegue un programma di accumulo di esercizio più breve del periodo di durabilità delle emissioni conformemente al punto 3.2.2.1.7 del presente allegato, il numero minimo di punti di prova da fissare è pari a tre: uno all'inizio, uno circa a metà e uno alla fine del programma di accumulo di esercizio;
- 3.2.2.1.2.2. se si esegue un programma di accumulo di esercizio che dura fino al termine del periodo di durabilità delle emissioni, il numero minimo di punti di prova da fissare deve essere pari a due: uno all'inizio e uno alla fine del programma di accumulo di esercizio;
- 3.2.2.1.2.3. il costruttore può inoltre eseguire la prova su punti intermedi equamente distribuiti.
- 3.2.2.1.3. I valori delle emissioni al punto iniziale e al termine del periodo di durabilità delle emissioni calcolati conformemente alle disposizioni del punto 3.2.5.1 del presente allegato oppure misurati conformemente alle disposizioni del punto 3.2.2.1.2.2 del presente allegato devono rientrare nei limiti applicabili per la famiglia di motori. I singoli risultati delle emissioni ai punti di prova intermedi possono tuttavia superare tali valori limite.
- 3.2.2.1.4. Per le categorie o sottocategorie di motori alle quali si applica un ciclo di prova transitorio, il costruttore può richiedere l'approvazione dell'autorità di omologazione per eseguire un solo ciclo di prova (NRTC o LSI-NRTC a caldo, a seconda dei casi, oppure NRSC) in ciascun punto di prova e per eseguire l'altro ciclo di prova solo all'inizio e alla fine del programma di accumulo di esercizio.
- 3.2.2.1.5. In caso di categorie o sottocategorie di motori per i quali non esiste un ciclo transitorio non stradale applicabile di cui all'allegato 4, appendice A.6, deve essere effettuato solo il ciclo NRSC in ciascun punto di prova.
- 3.2.2.1.6. I programmi di accumulo di esercizio possono variare secondo la famiglia di sistemi di post-trattamento.
- 3.2.2.1.7. I programmi di accumulo di esercizio possono essere più brevi del periodo di durabilità delle emissioni, ma non devono essere inferiori all'equivalente di almeno un quarto del periodo di durabilità delle emissioni pertinente (cfr. appendice 3 del presente regolamento).
- 3.2.2.1.8. È consentito accelerare l'invecchiamento, modificando il programma di accumulo di esercizio in base al consumo di carburante. Tale aggiustamento deve essere basato sul rapporto tra consumo di carburante tipico della prova "in servizio" e il consumo tipico del ciclo di invecchiamento, badando che il secondo non superi il primo di oltre il 30%.
- 3.2.2.1.9. Su richiesta del costruttore, e d'accordo con l'autorità di omologazione, è consentito ricorrere a metodi alternativi di accelerazione dell'invecchiamento.
- 3.2.2.1.10. Il programma di accumulo di esercizio deve essere descritto dettagliatamente nella domanda di omologazione e comunicato all'autorità di omologazione prima che le prove abbiano inizio.
- 3.2.2.2. L'autorità di omologazione deve informare il costruttore se decide che sono necessarie ulteriori misurazioni tra i punti scelti da quest'ultimo. Il programma di accumulo di esercizio rivisto deve essere predisposto dal costruttore e concordato con l'autorità di omologazione.
- 3.2.3. Prove del motore
- 3.2.3.1. Stabilizzazione del motore

- 3.2.3.1.1. Per ogni famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori il costruttore deve determinare il numero di ore di funzionamento della macchina mobile non stradale o del motore necessarie a stabilizzare il sistema di post-trattamento. Su richiesta dell'autorità di omologazione, il costruttore deve fornire i dati e le analisi usati per effettuare tale calcolo. In alternativa, per stabilizzare il sistema di post-trattamento del motore, il costruttore può far funzionare la macchina mobile non stradale per un periodo compreso tra 60 e 125 ore o effettuare un ciclo di invecchiamento per una durata equivalente.
- 3.2.3.1.2. Il punto finale del periodo di stabilizzazione di cui al punto 3.2.3.1.1 del presente allegato si considera punto iniziale del programma di accumulo di esercizio.
- 3.2.3.2. Prove di accumulo di esercizio
- 3.2.3.2.1. Dopo la stabilizzazione, il motore deve seguire il programma di accumulo di esercizio scelto dal costruttore come descritto al punto 3.2.2 del presente allegato. A intervalli periodici durante il programma di accumulo di esercizio stabilito dal costruttore e, se del caso, deciso dall'autorità di omologazione conformemente al punto 3.2.2.2 del presente allegato, il motore deve essere sottoposto alla prova delle emissioni gassose e del particolato con i cicli NRSC e NRTC a caldo o con i cicli LSI-NRTC e NRSC applicabili alla categoria di motore, di cui all'appendice 3 del presente regolamento.

Il costruttore può scegliere di misurare le emissioni di inquinanti prima di un sistema di post-trattamento dei gas di scarico separatamente dalle emissioni di inquinanti dopo un sistema di post-trattamento dei gas di scarico.

Conformemente al punto 3.2.2.1.4 del presente allegato, se si decide di eseguire a ogni punto di prova un solo ciclo di prova (NRTC, LSI-NRTC o NRSC a caldo), allora l'altro ciclo di prova (NRTC, LSI-NRTC o NRSC a caldo) deve essere eseguito all'inizio e alla fine del programma di accumulo di esercizio.

Conformemente al punto 3.2.2.1.5 del presente allegato in caso di categorie o sottocategorie di motori per i quali non esiste un ciclo transitorio non stradale applicabile di cui all'allegato 4, appendice A.6, deve essere effettuato solo il ciclo NRSC in ciascun punto di prova.

- 3.2.3.2.2. Durante il programma di accumulo di esercizio, sul motore deve essere effettuata la manutenzione di cui al punto 3.4 del presente allegato.
- 3.2.3.2.3. Durante il programma di accumulo di esercizio, sul motore o sulla macchina mobile non stradale può essere effettuata una manutenzione non programmata, per esempio se il normale sistema diagnostico del costruttore rileva un problema che indichi all'operatore della macchina mobile non stradale la presenza di un guasto.
- 3.2.4. Relazioni
- 3.2.4.1. I risultati di tutte le prove delle emissioni (NRTC, LSI-NRTC e NRSC a caldo) eseguite durante il programma di accumulo di esercizio devono essere messi a disposizione dell'autorità di omologazione. Se viene invalidata una prova delle emissioni, il costruttore deve fornire una spiegazione dei motivi che hanno portato all'invalidamento. In tal caso, deve essere effettuata un'altra serie di prove delle emissioni con un ulteriore accumulo di 100 ore di funzionamento.
- 3.2.4.2. Il costruttore deve conservare le registrazioni di tutte le informazioni relative a tutte le prove delle emissioni e alla manutenzione effettuata sul motore durante il programma di accumulo di esercizio. Tali informazioni devono essere trasmesse all'autorità di omologazione insieme ai risultati delle prove delle emissioni effettuate durante il programma di accumulo di esercizio.
- 3.2.5. Determinazione dei fattori di deterioramento
- 3.2.5.1. Se si esegue un programma di accumulo di esercizio conformemente al punto 3.2.2.1.2.1 o al punto 3.2.2.1.2.3 del presente allegato, per ciascun inquinante misurato durante i cicli NRTC, LSI-NRTC e NRSC a caldo a ogni punto di prova durante il programma di accumulo di esercizio deve essere effettuata un'analisi di regressione lineare "best fit" in base a tutti i risultati di prova. I risultati di ciascuna prova per ogni inquinante devono essere espressi con lo stesso numero di cifre decimali del valore limite per tale inquinante, come previsto per la famiglia di motori, più una cifra decimale aggiuntiva.

Se, in conformità al punto 3.2.2.1.4 o al punto 3.2.2.1.5 del presente allegato è stato eseguito per ogni punto di prova un solo ciclo di prova (NRTC, LSI-NRTC o NRSC a caldo), l'analisi di regressione deve essere eseguita solo in base ai risultati del ciclo di prova eseguito a ogni punto di prova.

Il costruttore può richiedere anticipatamente all'autorità di omologazione di approvare la regressione non lineare.

3.2.5.2. I valori di emissione di ogni sostanza inquinante all'inizio del programma di accumulo di esercizio e alla fine del periodo di durabilità delle emissioni applicabile al motore sottoposto a prova devono essere:

- determinati per estrapolazione dell'equazione di regressione di cui al punto 3.2.5.1 del presente allegato, se si esegue un programma di accumulo di esercizio conformemente al punto 3.2.2.1.2.1 o al punto 3.2.2.1.2.3 del presente allegato; oppure
- misurati direttamente, se si esegue un programma di accumulo di esercizio conformemente al punto 3.2.2.1.2.2 del presente allegato.

Se si usano valori di emissione per famiglie di motori nella stessa famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori o gruppo di famiglie di motori che però hanno periodi di durabilità delle emissioni diversi, allora i valori delle emissioni al punto finale del periodo di durabilità delle emissioni devono essere ricalcolati per ogni periodo di durabilità delle emissioni, estrapolando o interpolando l'equazione di regressione illustrata al punto 3.2.5.1.

3.2.5.3. Per ogni sostanza inquinante, si dice fattore di deterioramento (DF) il rapporto tra i valori di emissione applicati alla fine del periodo di durabilità delle emissioni e quelli applicati all'inizio del programma di accumulo di esercizio (fattore di deterioramento moltiplicativo).

Il costruttore può richiedere anticipatamente all'autorità di omologazione di approvare l'applicazione di un DF aggiuntivo per ciascun inquinante. Il DF aggiuntivo si definisce come differenza tra i valori di emissione calcolati alla fine del periodo di durabilità delle emissioni e quelli calcolati all'inizio del programma di accumulo di esercizio.

Un esempio per determinare i DF utilizzando la regressione lineare è illustrato nella figura A.8-1 per le emissioni di NO_x.

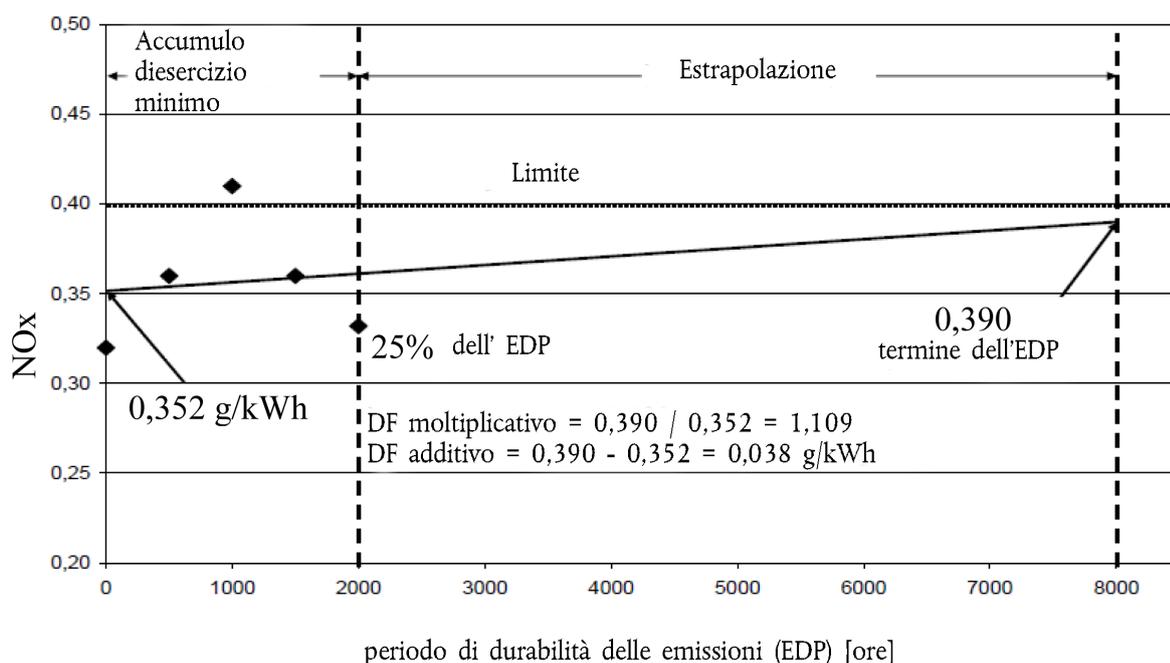
In una serie di inquinanti non è consentito mescolare DF moltiplicativi e aggiuntivi.

Se il risultato del calcolo è inferiore a 1,00 per un DF moltiplicativo o a 0,00 per un DF aggiuntivo, il valore del DF deve essere rispettivamente pari a 1,00 e a 0,00.

A norma del punto 3.2.2.1.4 del presente allegato, se si decide di eseguire un solo ciclo di prova (NRTC, LSI-NRTC o NRSC a caldo) in ciascun punto di prova e di eseguire l'altro ciclo (NRTC, LSI-NRTC or NRSC a caldo) solo all'inizio e alla fine del programma di accumulo di esercizio, il DF calcolato per il ciclo di prova eseguito in ciascun punto deve essere applicabile anche all'altro ciclo di prova.

Figura A.8-1.

Esempio di determinazione del DF



3.2.6. Fattori di deterioramento assegnati

- 3.2.6.1. Anziché usare un programma di accumulo di esercizio per determinare i DF, i costruttori dei motori possono scegliere di usare i DF moltiplicativi predefiniti di cui alla tabella A.8-1.

Tabella A.8-1

Fattori di deterioramento assegnati

Ciclo di prova	CO	HC	NO _x	PM	PN
NRTC e LSI-NRTC	1,3	1,3	1,15	1,05	1,0
NRSC	1,3	1,3	1,15	1,05	1,0

Non devono essere indicati i DF aggiuntivi assegnati. I DF moltiplicativi predefiniti non devono essere trasformati in DF aggiuntivi.

- 3.2.6.1.1. Nonostante il punto 3.2.6.1 del presente allegato per il PN è ammesso l'uso sia di un DF aggiuntivo pari a 0,0 o di un DF moltiplicativo pari a 1,0 combinato ai risultati delle precedenti prove con DF che non hanno portato alla determinazione di un valore per il PN se sono soddisfatte entrambe le seguenti condizioni:

- (a) la precedente prova con DF è stata eseguita su un motore dotato di una tecnologia che avrebbe potuto essere inclusa nella stessa famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori, di cui al punto 3.1.2 del presente allegato, rispetto alla famiglia di motori cui si intende applicare i DF; e
- b) i risultati delle prove sono stati usati in una precedente omologazione rilasciata prima della data ufficiale di entrata in vigore della serie di modifiche 05.

- 3.2.6.2. Se si usano DF assegnati, il costruttore deve presentare all'autorità di omologazione prove incontrovertibili del fatto che dalle componenti di controllo delle emissioni si può ragionevolmente attendere la durabilità delle emissioni associata a tali fattori assegnati. Le prove possono basarsi su analisi del progetto, su prove o su una combinazione di entrambi.

3.2.7. Applicazione dei fattori di deterioramento

- 3.2.7.1. I motori devono rispettare i rispettivi limiti di emissione per ciascun inquinante validi per la famiglia di motori, previa applicazione dei fattori di deterioramento al risultato della prova misurato in conformità all'allegato 4 (emissioni specifiche per particolato e ogni singolo gas, ponderate per ciclo). A seconda del tipo di DF, si applicano le seguenti disposizioni:

- a) modalità moltiplicativa: (emissione specifica ponderata per ciclo) * DF ≤ limite di emissione;
- b) modalità additiva: (emissione specifica ponderata per ciclo) + DF ≤ limite di emissione.

L'emissione specifica ponderata per ciclo può comprendere l'aggiustamento per rigenerazione non frequente, se del caso.

- 3.2.7.2. Per un DF moltiplicativo NO_x + HC occorre determinare separatamente il DF per gli HC e per gli NO_x; tali valori vanno applicati separatamente nel calcolo dei livelli di deterioramento delle emissioni sulla base del risultato di una prova delle emissioni prima di combinare i valori di deterioramento risultanti per gli NO_x e per gli HC al fine di stabilire la conformità al limite di emissione.

- 3.2.7.3. Il costruttore può trasferire i DF calcolati per una determinata famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori a un motore che non rientri nella stessa famiglia di sistemi di post-trattamento. In tali casi, il costruttore deve dimostrare all'autorità di omologazione che il motore per il quale era stata in origine sottoposta a prova la famiglia di sistemi di post-trattamento dei motori e il motore al quale vengono trasferiti i DF hanno specifiche tecniche e requisiti di installazione sulla macchina mobile non stradale simili e che sono simili anche le emissioni di tale motore.

Se i DF sono trasferiti a un motore con un periodo di durabilità delle emissioni diverso, essi devono essere ricalcolati per il periodo di durabilità delle emissioni applicabile mediante estrapolazione o interpolazione dell'equazione di regressione, di cui al punto 3.2.5.1 del presente allegato.

3.2.7.4. Il DF per ciascun inquinante e per ciascun ciclo di prova deve essere registrato nel verbale di prova di cui all'allegato 2, appendice A.1.

3.3. Verifica della conformità della produzione

3.3.1. La verifica della conformità della produzione per quanto riguarda le emissioni è effettuata sulla base dell'appendice 7 del presente regolamento.

3.3.2. Il costruttore può scegliere di misurare le emissioni inquinanti a monte di un sistema di post-trattamento dei gas di scarico nello stesso momento in cui viene eseguita la prova di omologazione. A tale scopo il costruttore può determinare DF informali distinti per il motore (senza sistema di post-trattamento) e per il sistema di post-trattamento che può essere impiegato come ausilio agli audit della fine della linea di produzione.

3.3.3. Ai fini dell'omologazione, devono essere registrati nel verbale di prova di cui all'allegato 2, appendice A.1, del presente regolamento solo i DF calcolati conformemente ai punti 3.2.5. o 3.2.6 del presente allegato.

3.4. Manutenzione

Ai fini del programma di accumulo di esercizio, si effettua la manutenzione prevista nel manuale di uso e manutenzione del costruttore.

3.4.1. Interventi di manutenzione programmata legata alle emissioni

3.4.1.1. Gli interventi di manutenzione programmata legata alle emissioni a motore acceso, intrapresi al fine di eseguire un programma di accumulo di esercizio, devono essere effettuati a intervalli equivalenti a quelli specificati nelle istruzioni di manutenzione del costruttore per l'utilizzatore finale della macchina mobile non stradale o del motore. Il programma di manutenzione può essere eventualmente aggiornato durante il programma di accumulo di esercizio, purché nessun intervento di manutenzione sia cancellato dal programma di manutenzione dopo la sua esecuzione sul motore di prova.

3.4.1.2. Qualsiasi intervento di regolazione, smontaggio, pulizia o sostituzione di componenti fondamentali legati alle emissioni, eseguito regolarmente nell'arco del periodo di durabilità delle emissioni allo scopo di evitare un malfunzionamento del motore deve essere effettuato solo nella misura tecnicamente necessaria per assicurare un corretto funzionamento del sistema di controllo delle emissioni. Si deve evitare la necessità di una sostituzione programmata durante il programma di accumulo di esercizio e dopo un determinato periodo di funzionamento del motore di componenti fondamentali legati alle emissioni diversi da quelli qualificati come materiale di consumo che va sostituito regolarmente. In tale contesto, il materiale di consumo che va sostituito regolarmente oppure i componenti che richiedono un intervento di pulizia dopo un determinato periodo di funzionamento del motore devono essere qualificati come materiale di consumo che va sostituito regolarmente.

3.4.1.3. I requisiti per gli interventi di manutenzione programmata devono essere soggetti all'approvazione dell'autorità di omologazione prima che sia rilasciata l'omologazione e devono essere inclusi nel manuale per l'utente. L'autorità di omologazione non deve rifiutare l'approvazione di requisiti per gli interventi di manutenzione ragionevoli e necessari dal punto di vista tecnico, tra cui quelli identificati al punto 3.4.1.4 del presente allegato.

3.4.1.4. Per il programma di accumulo di esercizio il costruttore del motore deve specificare regolazione, pulizia, eventuale manutenzione e sostituzione programmata delle parti che seguono:

- a) filtri e dispositivi di raffreddamento nel sistema di ricircolo dei gas di scarico;
- b) eventuale valvola di ventilazione positiva del basamento;
- c) estremità degli iniettori del carburante (è consentita solo la pulizia);
- d) iniettori di carburante;
- e) turbocompressore;

- f) centralina elettronica di controllo del motore con relativi sensori e attuatori;
 - g) sistema di post-trattamento del particolato (e relativi componenti);
 - h) sistema di post-trattamento degli NO_x (e relativi componenti);
 - i) sistema di ricircolo dei gas di scarico, inclusi tutti i tubi e le relative valvole di controllo;
 - j) qualsiasi altro sistema di post-trattamento dei gas di scarico.
- 3.4.1.5. La manutenzione programmata fondamentale legata alle emissioni deve essere effettuata solo se è richiesto che sia effettuata in servizio e se tale requisito è comunicato all'utilizzatore finale del motore o della macchina mobile non stradale.
- 3.4.2. Modifiche della manutenzione programmata
- Il costruttore deve inoltrare all'autorità di omologazione una domanda di approvazione di qualsiasi nuovo intervento di manutenzione programmata che desidera effettuare durante il programma di accumulo di esercizio e successivamente raccomandare agli utilizzatori finali dei motori o delle macchine mobili non stradali. La domanda deve essere corredata da dati che dimostrino la necessità dei nuovi interventi di manutenzione programmata e dell'intervallo di manutenzione raccomandato.
- 3.4.3. Manutenzione programmata non legata alle emissioni
- La manutenzione programmata non legata alle emissioni, che sia ragionevole e necessaria dal punto di vista tecnico (cambio dell'olio, sostituzione del filtro dell'olio, del filtro del carburante, del filtro dell'aria, manutenzione del sistema di raffreddamento, regolazione del minimo, regolatore, coppia di serraggio del motore, gioco delle valvole e degli iniettori, regolazione della tensione delle cinghie, ecc.), possono essere eseguiti sui motori o sulle macchine mobili non stradali scelti per il programma di accumulo di esercizio, agli intervalli massimi raccomandati dal costruttore all'utilizzatore finale (ad es. non agli intervalli raccomandati per l'uso intenso).
- 3.5. Riparazioni
- 3.5.1. Le riparazioni dei componenti di un motore scelto per un programma di accumulo di esercizio devono essere effettuate solo in seguito a un guasto del componente o a un malfunzionamento del motore. Non sono ammesse riparazioni del motore stesso, del sistema di controllo delle emissioni o del sistema di alimentazione del carburante, tranne nei casi di cui al punto 3.5.2 del presente allegato.
- 3.5.2. Se durante il programma di accumulo di esercizio il motore il sistema di controllo delle emissioni o quello di alimentazione si guastano, l'accumulo di esercizio deve essere annullato e riavviato con un nuovo motore.
- Il punto precedente non si applica se i componenti guasti sono sostituiti con componenti equivalenti che hanno accumulato un numero analogo di ore di funzionamento.
4. CATEGORIE DI MOTORI E SOTTOCATEGORIE NRSH E NRS, ESCLUSE NRS-V-2B E NRS-V-3
- 4.1. La categoria del periodo di durabilità delle emissioni (EDP) e il rispettivo fattore di deterioramento (DF) devono essere determinati conformemente al presente punto 4.
- 4.2. La famiglia di motori deve essere considerata conforme ai limiti delle emissioni per tale classe di motori se, sottoponendoli a prova conformemente alle procedure del presente regolamento, tutti i motori di prova che rappresentano una famiglia di motori producono emissioni che, a seguito di un aggiustamento per moltiplicazione con il DF di cui al presente allegato, sono inferiori o uguali a ciascun valore limite di emissione per una data sottocategoria di motori. La famiglia di motori deve essere considerata non conforme ai limiti delle emissioni per tale sottocategoria di motori se qualsiasi motore di prova che rappresenta una famiglia di motori produce emissioni che, a seguito di un aggiustamento per moltiplicazione con il DF di cui al presente punto, sono superiori a qualsiasi valore limite di emissione per tale sottocategoria di motori.
- 4.3. I DF devono essere determinati nel modo seguente.
- 4.3.1. Su almeno un motore di prova che rappresenta la configurazione scelta come quella che più probabilmente supera i limiti delle emissioni di HC + NO_x e che è costruito in modo da essere rappresentativo dei motori in produzione, la prova delle emissioni deve essere eseguita seguendo la procedura (intera) come descritto nell'allegato 5, dopo il numero di ore che corrisponde alla stabilizzazione delle emissioni.

- 4.3.2. Se la prova è effettuata su più di un motore, i risultati devono essere calcolati sulla media dei risultati di tutti i motori sottoposti a prova, arrotondati allo stesso numero di cifre decimali del limite applicabile, più una ulteriore cifra significativa.
- 4.3.3. Tali prove delle emissioni devono quindi essere eseguite nuovamente in seguito all'invecchiamento del motore. La procedura di invecchiamento dovrebbe essere progettata in modo da consentire al costruttore di prevedere adeguatamente il deterioramento delle emissioni in servizio nel corso dell'EDP del motore, tenendo conto del tipo di usura e di altri meccanismi di deterioramento previsti per durante l'utilizzo tipico da parte degli utenti, che potrebbero ripercuotersi sulle prestazioni a livello di emissioni. Se la prova è effettuata su più di un motore, i risultati devono essere calcolati sulla media dei risultati di tutti i motori sottoposti a prova, arrotondati allo stesso numero di cifre decimali del limite applicabile, più una ulteriore cifra significativa.
- 4.3.4. Al termine dell'EDP le emissioni (valore medio, se del caso) per ciascun inquinante regolamentato devono essere divise per le emissioni stabilizzate (valore medio, se del caso) e arrotondate a due cifre significative. Il numero risultante, se non inferiore a 1,00, è il valore del DF. Altrimenti al DF deve essere assegnato un valore pari a 1,00.
- 4.3.5. Il costruttore può prevedere punti aggiuntivi per la prova delle emissioni tra il punto stabilizzato della prova delle emissioni e il termine del periodo di durabilità delle emissioni. Se sono previste prove intermedie, i punti di prova devono essere distribuiti uniformemente sull'EDP (± 2 ore) e uno di essi deve situarsi a metà dell'EDP (± 2 ore).
- 4.3.6. Per ciascun inquinante HC + NO_x e CO deve essere tracciata una retta tra i punti di rilevamento, considerando che la prova iniziale sia avvenuta all'ora zero e utilizzando il metodo dei minimi quadrati. Il DF è l'emissione calcolata al termine dell'EDP divisa per l'emissione calcolata all'ora zero.
- Il DF per ciascun inquinante e per ciascun ciclo di prova deve essere registrato nel verbale di prova di cui all'allegato 2, appendice A.1.
- 4.3.7. I fattori di deterioramento calcolati possono riguardare anche altre famiglie oltre a quelle utilizzate come riferimento per il loro calcolo, a condizione che prima di ottenere l'omologazione il costruttore dimostri all'autorità di omologazione che si può ragionevolmente prevedere che le famiglie di motori interessate presentino caratteristiche analoghe di deterioramento delle emissioni alla luce della loro progettazione e della tecnologia utilizzata.

Segue un elenco non limitativo delle classificazioni di progettazioni e tecnologie:

- motori convenzionali a due tempi senza sistema di post-trattamento,
 - motori convenzionali a due tempi dotati di catalizzatore dello stesso materiale attivo e carico e con lo stesso numero di celle per cm²,
 - motori a due tempi con lavaggio stratificato,
 - motori a due tempi con lavaggio stratificato dotati di catalizzatore dello stesso materiale attivo e carico e con lo stesso numero di celle per cm²,
 - motori a quattro tempi dotati di catalizzatore con la stessa tecnologia valvolare e sistema di lubrificazione identico,
 - motori a quattro tempi non dotati di catalizzatore con la stessa tecnologia valvolare e sistema di lubrificazione identico.
- 4.4. Categorie di EDP
- 4.4.1. Per le categorie di motori di cui al presente regolamento, appendice 3, tabella 21 o 22, che hanno valori alternativi per l'EDP, i costruttori devono dichiarare la categoria di EDP applicabile a ciascuna famiglia di motori al momento dell'omologazione. Tale categoria deve essere la categoria indicata nella tabella A.8-2 che più si avvicina alla vita utile prevista dell'apparecchiatura su cui si prevede di installare i motori, secondo quanto indicato dal costruttore degli stessi. I costruttori devono conservare dati opportuni a sostegno della scelta della categoria di EDP per ciascuna famiglia di motori. Tali dati devono essere forniti autorità di omologazione su richiesta.

Tabella A.8-2

Categorie di EDP

Categoria di EDP	Applicazione del motore
Cat. 1	Prodotti per l'uso privato
Cat. 2	Prodotti per l'uso semiprofessionale
Cat. 3	Prodotti per l'uso professionale

- 4.4.2. Il costruttore deve dimostrare, in un modo che l'autorità di omologazione ritenga soddisfacente, che la categoria di EDP dichiarata è appropriata. I dati che giustificano la scelta della categoria di EDP operata dal costruttore per una data famiglia di motori possono comprendere (elenco non limitativo):
- a) studi relativi alla durata di vita delle apparecchiature su cui sono installati i motori,
 - b) valutazioni ingegneristiche di motori invecchiati in seguito a normale usura per accertare il momento in cui le prestazioni del motore si deteriorano al punto da comprometterne l'utilità e/o affidabilità tanto da rendere necessaria la riparazione o la sostituzione,
 - c) dichiarazioni di garanzia e periodi di garanzia,
 - d) documentazione di marketing riguardante la vita del motore,
 - e) verbali di guasti presentati dagli utilizzatori, e
 - f) valutazioni ingegneristiche della durabilità, espressa in ore, di specifiche tecnologie, specifici materiali e specifici progetti di motori.
-

ALLEGATO 9

REQUISITI RELATIVI ALLE STRATEGIE DI CONTROLLO DELLE EMISSIONI E ALLE MISURE DI CONTROLLO DEGLI NO_x E DEL PARTICOLATO

1. DEFINIZIONI, ABBREVIAZIONI E REQUISITI GENERALI

1.1. Ai fini del presente allegato si applicano le seguenti definizioni e abbreviazioni:

- a) "codice diagnostico di guasto (DTC)": un codice numerico o alfanumerico che identifica o designa un NCM e/o un PCM;
- b) "DTC confermato e attivo": un DTC che viene memorizzato quando il sistema NCD e/o PCD stabilisce che è presente un malfunzionamento;
- c) "famiglia di motori NCD": un raggruppamento di motori, stabilito dal costruttore, avente metodi comuni di monitoraggio/diagnosi degli NCM;
- d) "sistema diagnostico di controllo degli NO_x (NCD)": un sistema di bordo del motore in grado di:
 - i) rilevare un malfunzionamento nel controllo degli NO_x;
 - ii) individuare la probabile causa dei malfunzionamenti nel controllo degli NO_x mediante informazioni memorizzate nel computer e/o comunicare tali informazioni all'esterno;
- e) "malfunzionamento nel controllo degli NO_x (NCM)": un tentativo di manipolazione del sistema di controllo degli NO_x di un motore o il malfunzionamento di tale sistema che potrebbe essere dovuto a manipolazioni e che una volta rilevato richiede, secondo il presente regolamento, l'attivazione di un segnale di allerta o di un sistema di persuasione;
- f) "sistema diagnostico di controllo del particolato (PCD)": sistema di bordo del motore in grado di:
 - i) rito del controllo del particolato;
 - ii) individuare la probabile causevare un malfunzionamena di malfunzionamenti del controllo del particolato mediante informazioni memorizzate nel computer e/o comunicare tali informazioni all'esterno;
- g) "malfunzionamento del controllo del particolato (PCM)": un tentativo di manipolazione del sistema di post-trattamento del particolato di un motore o il malfunzionamento di tale sistema che potrebbe essere dovuto a manipolazioni e che una volta rilevato richiede, a norma del presente regolamento, l'attivazione di un segnale di allerta o di un sistema di persuasione;
- h) "famiglia di motori PCD": un raggruppamento di motori, stabilito dal costruttore, avente metodi comuni di monitoraggio/diagnosi dei PCM;
- i) "scanner": apparecchiatura di prova esterna usata per la comunicazione esterna tra il sistema NCD e il sistema PCD.

1.2. Temperatura ambiente

Quando si fa riferimento alla temperatura ambiente in relazione ad ambienti diversi da un laboratorio, si applicano le seguenti disposizioni:

- 1.2.1. Per un motore installato su un banco di prova la temperatura ambiente deve essere la temperatura dell'aria di combustione fornita al motore, a monte di qualsiasi componente del motore sottoposto a prova.
- 1.2.2. Per un motore installato su una macchina mobile non stradale la temperatura ambiente deve essere la temperatura dell'aria immediatamente al di fuori del perimetro esterno della macchina stessa.
2. REQUISITI TECNICI RELATIVI ALLE STRATEGIE DI CONTROLLO DELLE EMISSIONI
- 2.1. Il presente punto 2 si applica ai motori a controllo elettronico delle categorie NRE e NRG conformi ai limiti di emissione di cui all'allegato 2 del presente regolamento e che usano il controllo elettronico per determinare sia la quantità, sia la fasatura dell'iniezione di carburante o che utilizzano il controllo elettronico per attivare, disattivare o modulare il sistema di controllo delle emissioni usato per ridurre gli NO_x.
- 2.2. Requisiti relativi alla strategia di base per il controllo delle emissioni
- 2.2.1. La strategia di base per il controllo delle emissioni deve essere concepita in modo che, in condizioni di impiego normali, il motore sia conforme alle disposizioni del presente regolamento. L'impiego normale non si limita alle condizioni di controllo di cui al punto 2.4.
- 2.2.2. Strategie di base per il controllo delle emissioni sono, tra le altre, le mappe e gli algoritmi per il controllo:
- a) della fasatura dell'iniezione di carburante e dell'accensione (fasatura del motore);
 - b) del ricircolo dei gas di scarico (EGR);
 - c) del dosaggio del reagente catalitico per il sistema SCR.
- 2.2.3. È vietata qualsiasi strategia di base per il controllo delle emissioni che possa operare una distinzione tra il funzionamento del motore in sede di prova di omologazione standardizzata e altre condizioni di funzionamento e possa di conseguenza ridurre il livello di controllo delle emissioni quando il motore non funziona nelle condizioni effettivamente contemplate dalla procedura di omologazione.
- 2.2.3.1. In deroga al punto 2.2.3 del presente allegato, per le (sotto)categorie di motori che non sono sottoposti a cicli di prova transitori non stradali ai fini dell'omologazione, la strategia di base per il controllo delle emissioni può individuare i casi in cui si verificano condizioni di funzionamento transitorie e applicare la corrispondente strategia per il controllo delle emissioni. In tal caso il funzionamento transitorio deve essere incluso nella panoramica della strategia di base per il controllo delle emissioni di cui al punto 1.4 dell'allegato 1 e nelle informazioni riservate aggiuntive relative alla strategia di controllo delle emissioni di cui all'allegato 1, appendice A.2.
- 2.2.4. Al momento della prova di omologazione il costruttore deve dimostrare al servizio tecnico che il funzionamento dell'eventuale strategia di base per il controllo delle emissioni è conforme alle disposizioni della presente parte. Tale dimostrazione deve consistere di una valutazione della documentazione di cui al punto 2.6 del presente allegato.
- 2.3. Requisiti relativi alla strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni
- 2.3.1. Un motore o una macchina mobile non stradale possono attivare una strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni purché tale strategia ausiliaria:
- 2.3.1.1. non riduca in via permanente l'efficacia del sistema di controllo delle emissioni;

- 2.3.1.2. funzioni soltanto al di fuori delle condizioni di controllo di cui ai punti 2.4.1, 2.4.2 o 2.4.3 del presente allegato per gli scopi definiti al punto 2.3.5 del presente allegato e solo fintanto che ciò sia necessario a tali scopi, ad eccezione di quanto consentito dai punti 2.3.1.3, 2.3.2 e 2.3.4 del presente allegato;
- 2.3.1.3. sia attivata solo eccezionalmente nelle condizioni di controllo di cui, rispettivamente, ai punti 2.4.1, 2.4.2 o 2.4.3 del presente allegato, si sia dimostrata necessaria agli scopi individuati al punto 2.3.5 del presente allegato, sia stata approvata dall'autorità di omologazione e non sia attivata più a lungo di quanto necessario a tali scopi;
- 2.3.1.4. assicurino un livello di prestazioni del sistema di controllo delle emissioni che sia il più vicino possibile a quello fornito dalla strategia di base per il controllo delle emissioni.
- 2.3.2. Se la strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni si attiva durante la prova di omologazione, l'attivazione non deve avvenire solamente di fuori delle condizioni di controllo di cui al punto 2.4 del presente allegato e il suo scopo non deve essere limitato ai criteri di cui al punto 2.3.5 del presente allegato.
- 2.3.3. Se la strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni non si attiva durante la prova di omologazione, deve essere dimostrato che tale strategia è attiva solo finché necessario agli scopi di cui al punto 2.3.5 del presente allegato.
- 2.3.4. Funzionamento a freddo

È possibile attivare una strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni su un motore dotato di ricircolo dei gas di scarico (EGR), a prescindere dalle condizioni di controllo di cui al punto 2.4 del presente allegato, se la temperatura ambiente è inferiore a 275 K (2 °C) e se è soddisfatto uno dei due criteri seguenti:

- a) la temperatura del collettore di aspirazione è pari o inferiore alla temperatura definita mediante la seguente equazione:
$$IMT_c = P_{IM} / 15,75 + 304,4$$
dove: IMT_c è la temperatura calcolata del collettore di aspirazione K e P_{IM} è la pressione assoluta del collettore di aspirazione in kPa;
- b) la temperatura del refrigerante del motore è pari o inferiore alla temperatura definita mediante la seguente equazione:
$$ECT_c = P_{IM} / 14004 + 325,8$$
dove: ECT_c è la temperatura calcolata del refrigerante del motore K e P_{IM} è la pressione assoluta del collettore di aspirazione in kPa.
- 2.3.5. Ad eccezione di quanto consentito dal punto 2.3.2 del presente allegato, una strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni può essere attivata solo per i seguenti scopi:
- a) dai segnali di bordo per proteggere da danni il motore (compreso il dispositivo di trattamento dell'aria) e/o la macchina mobile non stradale su cui il motore è installato;
- b) per motivi di sicurezza di funzionamento;
- c) per prevenire emissioni eccessive, in fase di avviamento a freddo, di riscaldamento o di spegnimento;
- d) in specifiche condizioni ambientali o di funzionamento e a scapito del controllo di un inquinante regolamentato, per mantenere tutti gli altri inquinanti regolamentati entro i valori limite di emissione appropriati per il motore in questione. La finalità è di compensare i fenomeni che si verificano naturalmente in modo da assicurare un controllo accettabile di tutti i componenti delle emissioni.

2.3.6. Al momento della prova di omologazione il costruttore deve dimostrare al servizio tecnico che il funzionamento dell'eventuale strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni è conforme alle disposizioni del presente punto. Tale dimostrazione deve consistere di una valutazione della documentazione di cui al punto 2.6 del presente allegato.

2.3.7. È vietato l'uso di una strategia ausiliaria per il controllo delle emissioni non conforme ai punti da 2.3.1 a 2.3.5 del presente allegato.

2.4. Condizioni di controllo

Le condizioni di controllo specificano un intervallo relativo all'altitudine, alla temperatura ambiente e al refrigerante del motore che determina se le strategie ausiliarie per il controllo delle emissioni possano essere attivate in via generale o eccezionale conformemente al punto 2.3 del presente allegato.

Le condizioni di controllo specificano una pressione atmosferica misurata come pressione statica atmosferica assoluta (su umido o su secco) ("pressione atmosferica").

2.4.1. Riservato

2.4.2. Riservato

2.4.3. Condizioni di controllo per i motori delle categorie NRE e NRG:

a) la pressione atmosferica è pari o superiore a 82,5 kPa;

b) la temperatura ambiente è nel seguente intervallo:

i) pari o superiore a 266 K (−7 °C);

ii) pari o inferiore alla temperatura determinata dalla seguente equazione alla pressione atmosferica specificata: $T_c = -0,4514 \times (101,3 - P_b) + 311$, dove: T_c è la temperatura calcolata dell'aria ambiente K e P_b è la pressione atmosferica in kPa;

c) la temperatura del refrigerante del motore è superiore a 343 K (70 °C).

2.5. Se si usa il sensore della temperatura dell'aria di aspirazione del motore per stimare la temperatura dell'aria ambiente, lo scarto normale tra due punti di misurazione deve essere valutato per un determinato tipo di motore o una famiglia di motori. Se utilizzato, la temperatura misurata dell'aria di aspirazione deve essere corretta di un valore corrispondente allo scarto nominale, al fine di stimare l'aria ambiente per un'installazione che usa il tipo di motore o la famiglia di motori specificati.

La valutazione dello scarto deve essere effettuata affidandosi ai criteri di buona pratica ingegneristica in base a elementi tecnici (calcoli, simulazioni, risultati sperimentali, dati ecc.) comprendenti:

a) le categorie tipiche di macchine mobili non stradali sulle quali sarà installato il motore di un determinato tipo o di una determinata famiglia; e e

b) le istruzioni di montaggio fornite all'OEM dal costruttore.

Una copia della valutazione deve essere messa a disposizione dell'autorità di omologazione, su sua richiesta.

2.6. Requisiti di documentazione

2.6.1. Il costruttore deve rispettare i requisiti di documentazione di cui all'allegato 1, parte A, punto 1.4 e all'appendice A.2 dello stesso allegato.

2.6.2. Il costruttore deve garantire che tutti i documenti utilizzati a tal fine siano contrassegnati da una data e un numero di identificazione. Qualora vengano modificati dei dati registrati le pagine pertinenti devono essere contrassegnate e indicare chiaramente la data della revisione e la natura della modifica. Una versione consolidata e aggiornata, accompagnata da una descrizione dettagliata delle modifiche, deve essere considerata conforme ai requisiti di cui al presente punto.

3. REQUISITI TECNICI RELATIVI ALLE MISURE DI CONTROLLO DEGLI NO_x

3.1. Il punto 3 del presente allegato si applica ai motori a controllo elettronico delle categorie NRE e NRG conformi ai limiti di emissione di cui all'allegato 2 del presente regolamento e che usano il controllo elettronico per determinare sia la quantità, sia la fasatura dell'iniezione di carburante o che utilizzano il controllo elettronico per attivare, disattivare o modulare il sistema di controllo delle emissioni usato per ridurre gli NO_x.

3.2. Il costruttore deve fornire informazioni complete in merito alle caratteristiche operative funzionali delle misure di controllo degli NO_x avvalendosi dei documenti di cui all'allegato 1.

3.3. La strategia di controllo degli NO_x deve funzionare in tutte le condizioni ambientali normalmente presenti nel territorio delle parti contraenti che applicano il presente regolamento, in particolare a bassa temperatura ambiente.

3.4. In caso di utilizzo di un reagente, il costruttore deve dimostrare che l'emissione di ammoniaca durante il ciclo di prova delle emissioni applicabile previsto dalla procedura di omologazione non supera un valore medio di 10 ppm per tutte le categorie di motori.

3.5. Se i serbatoi di reagente sono installati su una macchina mobile non stradale o sono ad essa collegati, devono essere inclusi i mezzi usati per prelevare il campione di reagente all'interno dei serbatoi. Il punto di prelievo del campione deve essere facilmente accessibile senza richiedere l'utilizzo di strumenti o dispositivi speciali.

3.6. In aggiunta ai requisiti di cui ai punti da 3.2 a 3.5 del presente allegato, i requisiti tecnici di cui all'appendice A.1 del presente allegato si applicano ai motori delle categorie NRE e NRG.

4. REQUISITI TECNICI RELATIVI ALLE MISURE DI CONTROLLO DEL PARTICOLATO INQUINANTE

4.1. Il presente punto si applica alle sottocategorie di motori soggetti a limiti di PN, in conformità ai limiti delle emissioni di cui all'appendice 2 del presente regolamento, e dotati di sistema di post-trattamento del particolato. Nei casi in cui il sistema di controllo degli NO_x e il sistema di controllo del particolato condividano gli stessi componenti fisici [ad es. lo stesso substrato (SCR su filtro), lo stesso sensore della temperatura dei gas di scarico], i requisiti del presente punto non si applicano a componenti o malfunzionamenti qualora, dopo aver preso in considerazione una valutazione ragionata fornita dal costruttore, l'autorità di omologazione stabilisca che un malfunzionamento del controllo del particolato nell'ambito del presente punto comporterebbe un malfunzionamento del corrispondente controllo degli NO_x nell'ambito del punto 3 del presente allegato.

4.2. I requisiti tecnici dettagliati relativi alle misure di controllo del particolato inquinante sono specificati all'appendice A.2 del presente allegato.

APPENDICE A.1

REQUISITI TECNICI AGGIUNTIVI RELATIVI ALLE MISURE DI CONTROLLO DEGLI NO_x PER I MOTORI DELLE CATEGORIE NRE E NRG, COMPRESO IL METODO PER DIMOSTRARE TALI STRATEGIE

A.1.1. Introduzione

La presente appendice stabilisce requisiti aggiuntivi al fine di garantire il corretto funzionamento delle misure di controllo degli NO_x. Essa comprende i requisiti per i motori che utilizzano un reagente per ridurre le emissioni. L'omologazione deve essere subordinata all'applicazione delle pertinenti disposizioni relative alle istruzioni per l'operatore, ai documenti di installazione, al sistema di allerta dell'operatore, ai sistemi di persuasione e alla protezione antigelo del reagente di cui alla presente appendice.

A.1.2. Requisiti generali

Il motore deve essere munito di un sistema diagnostico di controllo degli NO_x (NCD) in grado di individuare malfunzionamenti del controllo degli NO_x (NCM). I sistemi motore che rientrano nel presente punto devono essere progettati, costruiti e installati in modo da rispettare questi requisiti per tutta la vita normale del motore nelle normali condizioni d'uso. Nel conseguire questo obiettivo è accettabile che i motori utilizzati al di là del periodo di durabilità delle emissioni, di cui all'appendice 3 del presente regolamento, mostrino un certo deterioramento delle prestazioni e della sensibilità del sistema diagnostico di controllo degli NO_x (NCD), per cui le soglie di cui al presente allegato possono essere superate prima dell'attivazione del sistema di allerta/persuasione.

A.1.2.1. Informazioni richieste

A.1.2.1.1. Se il sistema di controllo delle emissioni richiede l'uso di un reagente, allora il tipo, la concentrazione (in caso di reagente in soluzione), la temperatura di funzionamento e il riferimento a norme internazionali per quanto concerne la composizione, la qualità e altre caratteristiche di tale reagente, devono essere precisate dal costruttore conformemente alle disposizioni dell'allegato 1, appendice A.3.

A.1.2.1.2. Informazioni scritte dettagliate che descrivano in modo completo le caratteristiche operative e funzionali del sistema di allerta dell'operatore di cui al punto A.1.4 del presente allegato e del sistema di persuasione di cui al punto A.1.5 del presente allegato devono essere fornite all'autorità di omologazione al momento dell'omologazione.

A.1.2.1.3. Il costruttore deve fornire agli OEM la documentazione contenente le istruzioni di installazione del motore sulla macchina mobile non stradale o sul veicolo di categoria T in modo tale che il motore, il sistema di controllo delle emissioni e le parti della macchina mobile non stradale o del veicolo di categoria T funzionino in conformità ai requisiti della presente appendice. Tale documentazione deve comprendere i requisiti tecnici dettagliati del motore (software, hardware e comunicazione) necessari alla corretta installazione del motore sulla macchina mobile non stradale o sul veicolo di categoria T.

A.1.2.2. Condizioni operative

A.1.2.2.1. Il monitoraggio del livello del reagente nel serbatoio deve essere effettuato in tutte le condizioni in cui la misurazione è tecnicamente fattibile (ad es. in tutte le condizioni in cui un reagente liquido non sia congelato).

A.1.2.2.2. La protezione antigelo del reagente deve essere utilizzata a temperature ambiente pari o inferiori a 266 K (-7 °C).

A.1.2.2.3. Tutti gli elementi del sistema diagnostico di controllo degli NO_x diversi da quelli elencati ai punti A.1.2.2.1 e A.1.2.2.2 del presente allegato devono come minimo essere operativi alle condizioni di controllo applicabili di cui al punto 2.4 del presente allegato per ciascuna categoria del motore. Il sistema diagnostico deve rimanere operativo al di fuori di tale intervallo, laddove tecnicamente possibile.

A.1.2.3. Protezione antigelo del reagente

- A.1.2.3.1. È consentito l'uso di un serbatoio e di un sistema di dosaggio del reagente riscaldati o no. I sistemi riscaldati devono rispettare i requisiti del punto A.1.2.3.2.2 del presente allegato. I sistemi non riscaldati devono rispettare i requisiti del punto A.1.2.3.2.3 del presente allegato.
- A.1.2.3.1.1. L'uso di un serbatoio e di un sistema di dosaggio del reagente non riscaldati deve essere indicato nelle istruzioni scritte consegnate all'utilizzatore finale della macchina mobile non stradale o del veicolo di categoria T.
- A.1.2.3.2. Serbatoio e sistema di dosaggio del reagente
- A.1.2.3.2.1. Se il reagente è congelato, deve essere utilizzabile al massimo entro 70 minuti dall'avviamento del motore a una temperatura ambiente di 266 K (-7°C).
- A.1.2.3.2.2. Criteri di progettazione di un sistema riscaldato
- Un sistema riscaldato deve essere progettato in modo da soddisfare i requisiti di prestazione di cui al punto A.1.2.3.2 se sottoposto a prova secondo la procedura definita.
- A.1.2.3.2.2.1. Il serbatoio e il sistema di dosaggio del reagente devono essere immersi a 255 K (-18°C) per 72 ore oppure finché il reagente non si solidifichi, se questo evento si verifica prima.
- A.1.2.3.2.2.2. Trascorso il periodo di stabilizzazione di cui al punto A.1.2.3.2.2.1, il motore della macchina mobile non stradale o del veicolo di categoria T deve essere avviato e fatto funzionare alla temperatura ambiente di 266 K (-7°C), o inferiore, come segue:
- da 10 a 20 minuti, al minimo; seguiti da
 - fino a 50 minuti a non più del 40 % del carico nominale.
- A.1.2.3.2.2.3. Al termine della procedura di prova di cui al punto A.1.2.3.2.2.2 del presente allegato il sistema di dosaggio del reagente deve essere pienamente operativo.
- A.1.2.3.2.2.4. La valutazione dei criteri di progettazione può avvenire nella camera di prova fredda utilizzando una macchina mobile non stradale o un veicolo di categoria T intero o parti rappresentative di quelle destinate a essere montate su tali macchine, oppure con prove sul campo.
- A.1.2.3.2.3. Attivazione del sistema di allerta e di persuasione dell'operatore per un impianto non riscaldato
- A.1.2.3.2.3.1. Il sistema di allerta dell'operatore, di cui al punto 4 del presente allegato, deve essere attivato se non avviene alcun dosaggio del reagente a una temperatura ambiente di ≤ 266 K (-7°C).
- A.1.2.3.2.3.2. Il sistema di persuasione con segnale di livello "grave", di cui al punto A.1.5.4 del presente allegato, deve essere attivato se, entro un massimo di 70 minuti dall'avviamento del motore a una temperatura ambiente di ≤ 266 K (-7°C) non avviene alcun dosaggio di reagente.
- A.1.2.4. Requisiti del sistema diagnostico
- A.1.2.4.1. Il sistema diagnostico di controllo degli NO_x (NCD) deve essere in grado di individuare i malfunzionamenti del controllo degli NO_x (NCM), mediante codici diagnostici di guasto (DTC), memorizzati nel computer, e, su richiesta, di comunicare tali dati all'esterno del veicolo.

- A.1.2.4.2 Requisiti di registrazione dei codici diagnostici di guasto (DTC)
- A.1.2.4.2.1 Il sistema NCD deve registrare un DTC per ogni singolo malfunzionamento nel controllo degli NO_x (NCM).
- A.1.2.4.2.2 Entro 60 minuti di funzionamento del motore, il sistema NCD deve stabilire se esista un malfunzionamento rilevabile. A questo punto deve essere memorizzato il DTC "confermato e attivo" e deve essere attivato il sistema di allerta conformemente al punto A.1.4 del presente allegato.
- A.1.2.4.2.3 Nei casi in cui occorrono più di 60 minuti di funzionamento affinché i sistemi di monitoraggio rilevino e confermino un NCM (ad es. per i sistemi di monitoraggio che usano modelli statistici o misurano il consumo di fluidi della macchina mobile non stradale o del veicolo di categoria T), l'autorità di omologazione può autorizzare un periodo di monitoraggio più lungo, purché il costruttore ne giustifichi la necessità (basandosi ad es. su motivi tecnici, risultati sperimentali, esperienze acquisite, ecc.).
- A.1.2.4.3. Requisiti di cancellazione dei codici diagnostici di guasto (DTC)
- (a) Il sistema NCD non deve poter cancellare i DTC dalla memoria del computer finché non sia stato corretto il guasto relativo a tale DTC.
- (b) Il sistema NCD può cancellare tutti i DTC a seguito di una richiesta effettuata mediante uno scanner o uno strumento di manutenzione proprietario fornito su richiesta dal costruttore del motore o utilizzando un codice fornito dal costruttore del motore.
- A.1.2.4.4. Un sistema NCD non deve essere programmato o comunque progettato per disattivarsi del tutto o in parte in base all'età della macchina mobile non stradale durante la vita effettiva del motore, né deve contenere algoritmi o strategie tese a ridurre l'efficacia del sistema NCD nel tempo.
- A.1.2.4.5. Tutti i codici riprogrammabili del computer e i parametri operativi del sistema NCD devono essere antimanomissione.
- A.1.2.4.6. Famiglia di motori NCD
- Spetta al costruttore determinare la composizione di una famiglia di motori NCD. Il raggruppamento dei motori in una famiglia di motori NCD deve fondarsi su criteri di buona pratica ingegneristica e deve essere subordinato all'approvazione dell'autorità di omologazione.
- I motori che non appartengono alla stessa famiglia di motori possono comunque appartenere alla stessa famiglia di motori NCD.
- A.1.2.4.6.1. Parametri che definiscono una famiglia di motori NCD
- Una famiglia di motori NCD è caratterizzata da parametri di progetto fondamentali che devono essere comuni a tutti i motori che ne fanno parte.
- Si considerano appartenenti alla stessa famiglia di motori NCD i motori che hanno in comune i seguenti parametri fondamentali:
- a) i sistemi di controllo delle emissioni;
- b) i metodi di monitoraggio NCD;
- c) i criteri per il monitoraggio NCD;
- d) i parametri di monitoraggio (ad es. la frequenza).

Queste somiglianze devono essere dimostrate dal costruttore per mezzo di pertinenti dimostrazioni ingegneristiche o altre procedure appropriate soggette all'approvazione dell'autorità di omologazione.

Il costruttore può richiedere all'autorità di omologazione di approvare differenze meno rilevanti nei metodi di monitoraggio/diagnosi del sistema NCD dovute a variazioni della configurazione del motore, se ritiene che tali metodi siano somiglianti e se essi differiscono solo per soddisfare caratteristiche specifiche delle componenti considerate (p.es. dimensione, flusso dei gas di scarico ecc.); o se le somiglianze sono basate su criteri di buona pratica ingegneristica.

A.1.3. Requisiti di manutenzione

A.1.3.1. L'OEM deve fornire a tutti gli utilizzatori finali delle macchine mobili non stradali o dei veicoli di categoria T istruzioni scritte relative al sistema di controllo delle emissioni e al suo corretto funzionamento conformemente all'appendice 6 del presente regolamento.

A.1.4. Sistema di allerta dell'operatore

A.1.4.1. Le macchine mobili non stradali o dei veicoli di categoria T devono essere muniti di un sistema di allerta dell'operatore che, mediante allarmi visivi, informi l'operatore se è stato rilevato un livello del reagente basso, una qualità del reagente non appropriata, un'interruzione del dosaggio o un malfunzionamento specificato al punto A.1.9 del presente allegato, che, se non risolto tempestivamente, farà attivare il sistema di persuasione dell'operatore. Il sistema di allerta deve restare attivo anche dopo l'attivazione del sistema di persuasione dell'operatore di cui al punto A.1.5 del presente allegato.

A.1.4.2. Il segnale di allerta deve essere diverso da quello usato per segnalare malfunzionamenti o interventi di manutenzione del motore, ma può essere veicolato dallo stesso sistema di allerta.

A.1.4.3. Il sistema di allerta dell'operatore può essere costituito da una o più spie o visualizzare brevi messaggi, che possono comprendere, ad esempio, messaggi indicanti:

- (a) il tempo rimanente fino all'attivazione dei sistemi di persuasione con segnale di livello "non grave" e/o "grave";
- (b) l'intensità dell'intervento del sistema di persuasione con segnale di livello "non grave" e/o "grave": ad esempio, l'eventuale riduzione della coppia;
- (c) le condizioni necessarie per poter riavviare la macchina mobile non stradale o il veicolo di categoria T.

Qualora si visualizzino dei messaggi, il sistema usato per visualizzarli può essere lo stesso usato per altri scopi di manutenzione.

A.1.4.4. A discrezione del costruttore, il sistema di allerta può comprendere una componente acustica per allertare l'operatore. All'operatore è consentito disattivare i segnali acustici di allerta.

A.1.4.5. Il sistema di allerta dell'operatore deve essere attivato nei modi specificati rispettivamente ai punti A.1.2.3.3.1, A.1.6.2, A.1.7.2, A.1.8.4 e A.1.9.3 del presente allegato.

A.1.4.6. Il sistema di allerta dell'operatore deve disattivarsi al cessare delle condizioni che ne hanno provocato l'attivazione. Il sistema di allerta dell'operatore non deve disattivarsi automaticamente senza aver risolto le cause della sua attivazione.

A.1.4.7. Il sistema di allerta può essere temporaneamente interrotto da altri segnali di allerta che trasmettano messaggi importanti per la sicurezza.

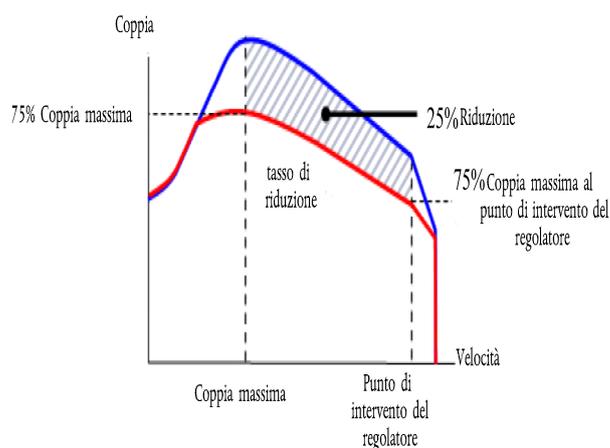
A.1.4.8. I dettagli relativi alle procedure di attivazione e di disattivazione del sistema di allerta dell'operatore sono descritti al punto A.1.11 del presente allegato.

- A.1.4.9. Nella domanda di omologazione a norma del presente regolamento, il costruttore deve dimostrare il funzionamento del sistema di allerta dell'operatore, come specificato al punto A.1.10 del presente allegato.
- A.1.5. Sistema di persuasione dell'operatore
- A.1.5.1. Il motore deve includere un sistema di persuasione dell'operatore basato su uno dei seguenti principi:
- A.1.5.1.1. un sistema di persuasione a due stadi, che inizi con un segnale di persuasione di livello "non grave" (riduzione delle prestazioni) seguito da un segnale di persuasione di livello "grave" (effettiva interruzione del funzionamento della macchina mobile non stradale o del veicolo di categoria T);
- A.1.5.1.2. un sistema di persuasione a uno stadio con segnale di livello "grave" (effettiva interruzione del funzionamento della macchina mobile non stradale o del veicolo di categoria T) attivato alle condizioni di un sistema di persuasione con segnale di livello "non grave", come specificato ai punti A.1.6.3.1, A.1.7.3.1, A.1.8.4.1 e A.1.9.4.1 del presente allegato.
- Qualora il costruttore scelga di spegnere il motore per soddisfare il requisito del sistema di persuasione a uno stadio con segnale di livello "grave", il segnale di persuasione relativo al livello del reagente può essere attivato, a discrezione del costruttore, alle condizioni descritte al punto A.1.6.3.2 del presente allegato anziché alle condizioni del punto A.1.6.3.1 del presente allegato.
- A.1.5.2. Il motore può essere munito di mezzi in grado di disattivare il sistema di persuasione dell'operatore a condizione che siano soddisfatti i requisiti di cui al punto A.1.5.2.1 del presente allegato.
- A.1.5.2.1. Il motore può essere munito di mezzi in grado di disattivare temporaneamente il sistema di persuasione dell'operatore durante un'emergenza dichiarata dalle autorità nazionali o regionali, dai loro servizi di emergenza o dalle loro forze armate.
- A.1.5.2.1.1. Tutte le seguenti condizioni si applicano se il motore è munito di mezzi in grado di disattivare temporaneamente il sistema di persuasione dell'operatore durante un'emergenza:
- il sistema di persuasione dell'operatore può essere disattivato dall'operatore stesso per un periodo massimo pari a 120 ore di funzionamento;
 - il metodo di attivazione deve essere progettato in modo da impedirne l'azionamento accidentale richiedendo una doppia azione volontaria e deve essere chiaramente contrassegnato almeno con l'avvertenza "USARE SOLO IN CASO DI EMERGENZA";
 - la disattivazione deve essere annullata automaticamente allo scadere delle 120 ore e l'operatore deve avere la possibilità di annullare manualmente la disattivazione se l'emergenza è terminata;
 - allo scadere delle 120 ore di funzionamento non deve più essere possibile disattivare il sistema di persuasione a meno che i mezzi per la disattivazione non siano stati ripristinati introducendo un codice di sicurezza temporaneo del costruttore o a meno che la centralina elettronica di controllo del motore non sia stata riconfigurata da un tecnico di servizio qualificato oppure mediante un elemento di sicurezza equivalente unico per ogni motore;
 - il numero e la durata totale degli azionamenti del sistema di disattivazione devono essere salvati su una memoria elettronica non volatile o su contatori in modo da garantire che le informazioni non possano essere cancellate intenzionalmente. Le autorità nazionali di controllo devono poter leggere tali registrazioni con uno scanner;
 - una descrizione della modalità di accesso alle registrazioni di cui alla lettera e), nonché del metodo di lettura di tali registrazioni, è incluso nella documentazione informativa di cui all'allegato 1;
 - il costruttore deve tenere un registro di ciascuna richiesta di ripristino dei mezzi di disattivazione temporanea del sistema di persuasione dell'operatore e, su richiesta, deve mettere tale registro a disposizione delle autorità delle parti contraenti.

- A.1.5.3. Sistema di persuasione con segnale di livello "non grave"
- A.1.5.3.1. Il sistema di persuasione con segnale di livello "non grave" deve essere attivato al verificarsi di una qualsiasi delle condizioni specificate ai punti A.1.6.3.1, A.1.7.3.1, A.1.8.4.1 e A.1.9.4.1 del presente allegato.
- A.1.5.3.2. Il sistema di persuasione con segnale di livello "non grave" deve ridurre gradualmente la coppia massima disponibile almeno del 25 % sull'intero intervallo dei regimi di rotazione del motore, tra il regime di rotazione di coppia massima e il punto di intervento del regolatore di cui alla figura A.9-1. Il tasso di riduzione della coppia non deve essere inferiore all'1 % al minuto.
- A.1.5.3.3. Possono essere usate altre misure di persuasione che siano state presentate all'autorità di omologazione e abbiano lo stesso segnale di gravità o uno maggiore.

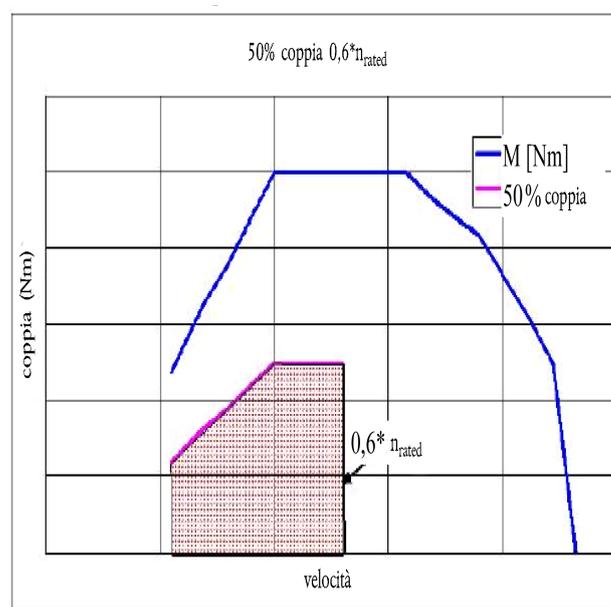
Figura A.9-1.

Diagramma di riduzione della coppia nel sistema di persuasione con segnale di livello "non grave"



- A.1.5.4. Sistema di persuasione con segnale di livello "grave"
- A.1.5.4.1. Il sistema di persuasione con segnale di livello "grave" deve essere attivato al verificarsi di una qualsiasi delle condizioni specificate ai punti A.1.2.3.3.2, A.1.6.3.2, A.1.7.3.2, A.1.8.4.2 e A.1.9.4.2 del presente allegato.
- A.1.5.4.2. Il sistema di persuasione con segnale di livello "grave" deve ridurre le prestazioni della macchina mobile non stradale a livelli sufficientemente gravosi tali da indurre l'operatore a risolvere i problemi di cui ai punti A.1.6 e A.1.9 del presente allegato. Sono accettabili le seguenti strategie:
- A.1.5.4.2.1. la coppia del motore tra il regime di coppia massima e il punto di intervento del regolatore deve essere gradualmente ridotta in misura non inferiore all'1 % al minuto e passare dalla coppia nel sistema di persuasione con segnale di livello "non grave" di cui alla figura A.9-1 a non più del 50 % della coppia massima e, nello stesso periodo di tempo in cui viene ridotta la coppia, il regime di giri deve essere gradualmente ridotto a non più del 60 % del regime nominale come illustrato nella figura A.9-2.

Figura A.9-2

Diagramma di riduzione della coppia nel sistema di persuasione con segnale di livello "grave"

- A.1.5.4.2.2. Possono essere usate altre misure di persuasione che siano state presentate all'autorità di omologazione e abbiano lo stesso segnale di gravità o uno maggiore.
- A.1.5.5. Per ragioni di sicurezza e per consentire diagnosi autoriparatrici, è ammesso l'uso di una funzione di superamento del sistema di persuasione per ottenere la piena potenza del motore, purché:
- sia attiva per non più di 30 minuti, e
 - si limiti a 3 interventi durante ciascun periodo di attività del sistema di persuasione dell'operatore.
- A.1.5.6. Il sistema di persuasione dell'operatore deve essere disattivato al cessare delle condizioni che ne hanno provocato l'attivazione. Il sistema di persuasione dell'operatore non deve essere disattivato automaticamente senza aver risolto le cause della sua attivazione.
- A.1.5.7. I dettagli relativi alle procedure di attivazione e di disattivazione del sistema di persuasione dell'operatore sono descritti al punto A.1.11 del presente allegato.
- A.1.5.8. Nella domanda di omologazione a norma del presente regolamento, il costruttore deve dimostrare il funzionamento del sistema di persuasione dell'operatore, come specificato al punto A.1.10 del presente allegato.
- A.1.6. Disponibilità del reagente
- A.1.6.1. Indicatore del livello del reagente
- La macchina mobile non stradale deve essere munita di un indicatore che informi chiaramente l'operatore in merito al livello del reagente presente nell'apposito serbatoio. Perché il livello minimo di funzionamento dell'indicatore del reagente sia accettabile, occorre che l'indicatore segnali in modo costante il livello del reagente quando il sistema di allerta dell'operatore di cui al punto A.1.4 del presente allegato è attivato. L'indicatore del reagente può presentarsi come un display digitale o analogico e indicare il livello come percentuale della capacità del serbatoio, della quantità di reagente restante o della stima delle ore di funzionamento restanti.
- A.1.6.2. Attivazione del sistema di allerta dell'operatore

- A.1.6.2.1. Il sistema di allerta dell'operatore di cui al punto A.1.4 del presente allegato deve essere attivato quando il livello del reagente è inferiore al 10 % (o a una percentuale superiore, a scelta del costruttore) della capacità dell'apposito serbatoio.
- A.1.6.2.2. L'avvertimento fornito, oltre all'indicatore del reagente, dev'essere sufficientemente chiaro da far capire all'operatore che il livello del reagente è basso. Se il sistema di allerta comprende un sistema di visualizzazione di messaggi, la segnalazione visiva deve essere costituita da un messaggio che indica che il livello di reagente è basso (ad esempio "livello di urea basso", "livello di AdBlue basso" o "quantità di reagente scarsa").
- A.1.6.2.3. Il sistema di allerta dell'operatore non deve necessariamente essere sempre attivo all'inizio (non occorre cioè che un messaggio sia costantemente visualizzato), l'attivazione tuttavia deve diventare sempre più frequente fino a diventare continua man mano che il serbatoio si svuota e si avvicina il momento di attivazione del sistema di persuasione dell'operatore (ad esempio aumentando la frequenza con cui lampeggia una luce). Il tutto deve culminare con una notifica all'operatore a un livello scelto dal costruttore, ma sufficientemente più evidente nel momento in cui entra in funzione il sistema di persuasione dell'operatore di cui al punto A.1.6.3 del presente allegato rispetto al momento della sua prima attivazione.
- A.1.6.2.4. Non deve essere possibile disattivare o ignorare facilmente l'allerta continuativa. Se il sistema di allerta comprende un sistema di visualizzazione di messaggi, deve essere visualizzato un messaggio esplicito (per esempio, "riempire il serbatoio di urea", "riempire il serbatoio di AdBlue" o "riempire il serbatoio di reagente"). L'allerta continuativa può essere temporaneamente interrotta da altri segnali di avvertimento che trasmettano messaggi importanti per la sicurezza.
- A.1.6.2.5. Non deve essere possibile disattivare il sistema di allerta dell'operatore prima che il serbatoio del reagente sia stato riempito fino a un livello che impedisca l'attivazione del sistema.
- A.1.6.3. Attivazione del sistema di persuasione dell'operatore
- A.1.6.3.1. Il sistema di persuasione con segnale di livello "non grave" di cui al punto A.1.5.3 del presente allegato deve essere attivato quando il livello del serbatoio del reagente scende al di sotto del 2,5 % (o una percentuale maggiore, a scelta del costruttore) della sua capacità massima nominale.
- A.1.6.3.2. Il sistema di persuasione con segnale di livello "grave" di cui al punto A.1.5.4 del presente allegato deve essere attivato quando il serbatoio del reagente è vuoto (se, cioè, il sistema di dosaggio non può più prelevare ulteriore reagente dal serbatoio) o, a scelta del costruttore, a qualsiasi livello inferiore al 2,5 % della sua capacità massima nominale.
- A.1.6.3.3. Tranne nei casi consentiti al punto A.1.5.5 del presente allegato, non deve essere possibile disattivare il sistema di persuasione con segnale di livello "non grave" o "grave", prima che il serbatoio del reagente sia stato riempito fino a un livello che non richieda la loro rispettiva attivazione.
- A.1.7. Monitoraggio della qualità del reagente
- A.1.7.1. Il motore, la macchina mobile non stradale o il veicolo di categoria T devono essere muniti di mezzi in grado di determinare la presenza di un reagente non appropriato utilizzato dalla macchina mobile non stradale o dal veicolo di categoria T.
- A.1.7.1.1. Il costruttore deve stabilire una concentrazione minima accettabile del reagente CD_{min} , che dia luogo a emissioni di NO_x allo scarico non superiori al valore più basso tra il limite di NO_x applicabile moltiplicato per 2,25 oppure il limite di NO_x applicabile più 1,5 g/kWh. Per le sottocategorie di motori con un limite combinato di HC e NO_x , il valore limite degli NO_x applicabile ai fini del presente punto deve essere il valore limite combinato di HC e NO_x ridotto di 0,19 g/kWh.
- A.1.7.1.1.1. Il valore di DC_{min} specificato dal costruttore deve essere usato durante la dimostrazione di cui al punto A.1.1.3 del presente allegato e registrato nel fascicolo di documentazione completo come specificato all'allegato 1, appendice A.3.
- A.1.7.1.2. Qualsiasi concentrazione di reagente inferiore a CD_{min} deve essere individuata e considerata come "reagente non appropriato" ai fini del punto A.1.7.1 del presente allegato.
- A.1.7.1.3. Alla qualità del reagente deve essere assegnato un contatore specifico ("contatore per la qualità del reagente"), che deve contare il numero di ore di funzionamento del motore con un reagente sbagliato.
- A.1.7.1.3.1. Facoltativamente, il costruttore può associare a un unico contatore i difetti di qualità del reagente insieme a uno o più guasti di cui ai punti A.1.8 e A.1.9 del presente allegato.

- A.1.7.1.4. I dettagli relativi ai criteri e ai meccanismi di attivazione e disattivazione del contatore per la qualità del reagente figurano al punto A.1.11 del presente allegato.
- A.1.7.2. Attivazione del sistema di allerta dell'operatore
- Quando il sistema di monitoraggio conferma che la qualità del reagente non è appropriata, deve essere attivato il sistema di allerta dell'operatore descritto al punto A.1.4. Se il sistema di allerta comprende un sistema di visualizzazione di messaggi, deve essere visualizzato un messaggio indicante il motivo dell'avvertimento (ad es., "urea non appropriata", "AdBlue non appropriato" o "reagente non appropriato").
- A.1.7.3 Attivazione del sistema di persuasione dell'operatore
- A.1.7.3.1. Il sistema di persuasione con segnale di livello "non grave" di cui al punto A.1.5.3 del presente allegato deve essere attivato se la qualità del reagente non viene corretta entro un massimo di 10 ore di funzionamento del motore successive all'attivazione del sistema di allerta dell'operatore di cui al punto A.1.7.2 del presente allegato.
- A.1.7.3.2. Il sistema di persuasione con segnale di livello "grave" di cui al punto A.1.5.4 del presente allegato deve essere attivato se la qualità del reagente non viene corretta entro un massimo di 20 ore di funzionamento del motore successive all'attivazione del sistema di allerta dell'operatore di cui al punto A.1.7.2 del presente allegato.
- A.1.7.3.3. Il numero di ore che precedono l'attivazione dei sistemi di persuasione deve essere ridotto se il malfunzionamento continua a ripetersi, in conformità al meccanismo di cui al punto A.1.11 del presente allegato.
- A.1.8. Attività di dosaggio del reagente
- A.1.8.1 Il motore deve essere munito di mezzi che determinino l'interruzione del dosaggio.
- A.1.8.2. Contatore dell'attività di dosaggio del reagente
- A.1.8.2.1. All'attività di dosaggio deve essere attribuito un contatore specifico ("contatore per l'attività di dosaggio"), che deve contare il numero di ore di funzionamento del motore in presenza di un'interruzione dell'attività di dosaggio del reagente. Ciò non è necessario se l'interruzione è richiesta dalla centralina elettronica di controllo del motore perché le condizioni operative della macchina mobile non stradale o del veicolo di categoria T sono tali che i livelli di emissione non richiedono il dosaggio del reagente.
- A.1.8.2.1.1. Facoltativamente, il costruttore può associare a un unico contatore il guasto del sistema di dosaggio del reagente insieme a uno o più guasti di cui ai punti A.1.7 e A.1.9 del presente allegato.
- A.1.8.2.2. I dettagli relativi ai criteri e ai meccanismi di attivazione e disattivazione del contatore per l'attività di dosaggio del reagente figurano al punto A.1.11 del presente allegato.
- A.1.8.3. Attivazione del sistema di allerta dell'operatore
- Il sistema di allerta dell'operatore descritto al punto A.1.4 del presente allegato deve essere attivato se un'interruzione del dosaggio mette il contatore per l'attività di dosaggio del reagente nelle condizioni di cui al punto A.1.8.2.1 del presente allegato. Se il sistema di allerta comprende un sistema di visualizzazione di messaggi, deve essere visualizzato un messaggio indicante il motivo dell'avvertimento (ad es., "malfunzionamento del dosaggio dell'urea", "malfunzionamento del dosaggio di AdBlue" o "malfunzionamento del dosaggio del reagente").
- A.1.8.4. Attivazione del sistema di persuasione dell'operatore
- A.1.8.4.1. Il sistema di persuasione con segnale di livello "non grave" di cui al punto A.1.5.3 del presente allegato deve essere attivato se l'interruzione del dosaggio del reagente non viene risolta entro un massimo di 10 ore di funzionamento del motore successive all'attivazione del sistema di allerta dell'operatore di cui al punto A.1.8.3 del presente allegato.
- A.1.8.4.2. Il sistema di persuasione con segnale di livello "grave" di cui al punto A.1.5.4 del presente allegato deve essere attivato se il dosaggio del reagente non viene corretto entro un massimo di 20 ore di funzionamento del motore successive all'attivazione del sistema di allerta dell'operatore di cui al punto A.1.8.3 del presente allegato.
- A.1.8.4.3. Il numero di ore che precedono l'attivazione dei sistemi di persuasione deve essere ridotto se il malfunzionamento continua a ripetersi, in conformità al meccanismo di cui al punto A.1.11 del presente allegato.

A.1.9. Altri guasti attribuibili a manomissioni

A.1.9.1. Oltre al livello del reagente nel relativo serbatoio, alla sua qualità e all'interruzione del suo dosaggio, occorre monitorare i seguenti errori perché potrebbero essere attribuiti a forme di manomissione:

a) guasti al sistema diagnostico di controllo degli NO_x (NCD) quali descritti al punto A.1.9.2.1 del presente allegato;

b) guasti al sistema di ricircolo dei gas di scarico (EGR) quali descritti al punto A.1.9.2.2 del presente allegato.

A.1.9.2. Requisiti di monitoraggio e contatori

A.1.9.2.1. Sistema NCD

A.1.9.2.1.1. Il sistema diagnostico di controllo degli NO_x (NCD) deve essere monitorato per individuare eventuali guasti elettrici e per escludere/disattivare qualsiasi sensore che gli impedisce di diagnosticare altre anomalie di cui ai punti da A.1.6 e A.1.8 (monitoraggio dei componenti) del presente allegato.

Un elenco non esaustivo dei sensori che diminuiscono la capacità diagnostica include quelli che misurano direttamente la concentrazione degli NO_x, i sensori della qualità dell'urea, i sensori ambientali e quelli usati per controllare l'attività di dosaggio del reagente, il suo livello o il suo consumo.

A.1.9.2.1.2. A ciascun errore di monitoraggio deve essere assegnato un contatore. I contatori del sistema NCD devono contare il numero di ore di funzionamento del motore durante le quali il DTC associato a un malfunzionamento del sistema NCD è risultato attivo. Uno stesso contatore può essere usato per diversi guasti del sistema NCD.

A.1.9.2.1.2.1. Il costruttore può associare a un unico contatore il guasto del sistema NCD insieme a uno o più guasti di cui ai punti A.1.7, A.1.8 e A.1.9.2.2 del presente allegato.

A.1.9.2.1.3. I particolari sui criteri e sul meccanismo di attivazione e disattivazione dei contatori del sistema NCD sono descritti al punto A.1.11 del presente allegato.

A.1.9.2.2. Valvola EGR

A.1.9.2.2.1. Il sistema EGR deve essere monitorato per verificare che non vi siano valvole EGR ostruite.

A.1.9.2.2.2. Alla valvola EGR ostruita deve essere assegnato un contatore. Il contatore della valvola EGR deve contare il numero di ore di funzionamento del motore durante le quali il DTC associato a una valvola EGR ostruita è risultato attivo.

A.1.9.2.2.2.1. Facoltativamente, il costruttore può associare a un unico contatore il guasto della valvola EGR ostruita insieme a uno o più guasti di cui ai punti A.1.7, A.1.8 e A.1.9.2.1 del presente allegato.

A.1.9.2.2.3. I dettagli relativi ai criteri e ai meccanismi di attivazione e disattivazione del contatore della valvola EGR figurano al punto A.1.11 del presente allegato.

A.1.9.3. Attivazione del sistema di allerta dell'operatore

Il sistema di allerta dell'operatore di cui al punto 4 deve essere attivato se si verificano gli errori di cui al punto A.1.9.1 del presente allegato e deve indicare la necessità di riparazioni urgenti. Se il sistema di allerta comprende un sistema di visualizzazione di messaggi, deve essere visualizzato un messaggio indicante il motivo dell'allerta (ad es., "disconnessione della valvola di dosaggio del reagente" o "guasto grave riguardante le emissioni").

- A.1.9.4. Attivazione del sistema di persuasione dell'operatore
- A.1.9.4.1. Il sistema di persuasione con segnale di livello "non grave" di cui al punto A.1.5.3 del presente allegato deve essere attivato se il guasto specificato al punto A.1.9.1 del presente allegato non viene risolto entro un massimo di 36 ore di funzionamento del motore successive all'attivazione del sistema di allerta dell'operatore di cui al punto A.1.9.3 del presente allegato.
- A.1.9.4.2. Il sistema di persuasione con segnale di livello "grave" di cui al punto A.1.5.4 del presente allegato deve essere attivato se il guasto specificato al punto A.1.9.1 del presente allegato non viene risolto entro un massimo di 100 ore di funzionamento del motore successive all'attivazione del sistema di allerta dell'operatore di cui al punto A.1.9.3 del presente allegato.
- A.1.9.4.3. Il numero di ore che precedono l'attivazione dei sistemi di persuasione deve essere ridotto se il malfunzionamento continua a ripetersi, in conformità al meccanismo di cui al punto A.1.11 del presente allegato.
- A.1.9.5. In alternativa ai requisiti di monitoraggio di cui al punto A.1.9.2 del presente allegato, il costruttore può monitorare i guasti utilizzando un sensore dei NO_x posto nel sistema di scarico. In tal caso:
- il valore degli NO_x al quale deve essere rilevato l'NCM non deve superare il valore più basso tra il limite di NO_x applicabile moltiplicato per 2,25 e il limite di NO_x applicabile più 1,5 g/kWh. Per le sottocategorie di motori con un limite combinato di HC e NO_x, il valore limite degli NO_x applicabile ai fini del presente punto deve essere il valore limite combinato di HC e NO_x ridotto di 0,19 g/kWh.
 - è consentito l'uso di un unico segnale di allerta, comprendente, ove si utilizzino messaggi, l'indicazione "livello di NO_x elevato - causa sconosciuta",
 - al punto A.1.9.4.1 del presente allegato, il numero massimo di ore di funzionamento del motore tra l'attivazione del sistema di allerta dell'operatore e l'attivazione del sistema di persuasione con segnale di livello "non grave" deve essere ridotto a 10;
 - al punto A.1.9.4.2, il numero massimo di ore di funzionamento del motore tra l'attivazione del sistema di allerta dell'operatore e l'attivazione del sistema di persuasione con segnale di livello "grave" deve essere ridotto a 20.
- A.1.10. Requisiti di dimostrazione
- A.1.10.1. Aspetti generali
- La conformità ai requisiti della presente appendice deve essere dimostrata durante l'omologazione effettuando, come illustrato nella tabella A.9-1 e specificato al punto A.1.10 del presente allegato:
- una dimostrazione dell'attivazione del sistema di allerta;
 - una dimostrazione dell'attivazione del sistema di persuasione con segnale di livello "non grave", se del caso
 - una dimostrazione dell'attivazione del sistema di persuasione con segnale di livello "grave".
- A.1.10.2. Famiglie di motori e famiglie di motori NCD
- La conformità di una famiglia di motori o di una famiglia di motori NCD ai requisiti del punto A.1.10 del presente allegato può essere dimostrata sottoponendo a prova uno dei membri della famiglia in esame, purché il costruttore dimostri all'autorità di omologazione che i sistemi di controllo necessari a soddisfare i requisiti della presente appendice sono simili per l'intera famiglia.

- A.1.10.2.1. La dimostrazione della similarità dei sistemi di monitoraggio degli altri membri della famiglia NCD può essere effettuata presentando alle autorità di omologazione elementi come algoritmi, analisi funzionali, ecc.
- A.1.10.2.2. Il motore di prova è scelto dal costruttore d'accordo con l'autorità di omologazione. Esso può essere, ma non necessariamente, il motore capostipite della famiglia in esame.
- A.1.10.2.3. Se i membri di una famiglia di motori appartengono a una famiglia di motori NCD già omologata, conformemente al punto A.1.10.2.1 (figura A.9-3) del presente allegato, la conformità di tale famiglia di motori si ritiene dimostrata senza prove ulteriori purché il costruttore dimostri all'autorità di omologazione che i sistemi di monitoraggio necessari a soddisfare i requisiti della presente appendice sono simili tra il motore in esame e la famiglia di motori NCD considerata.

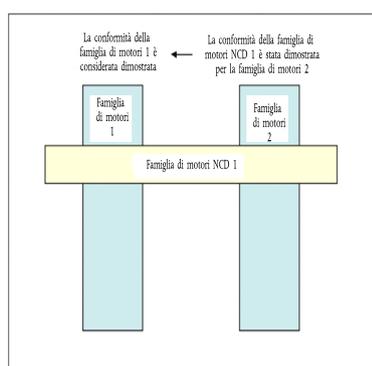
Tabella A.9-1

Illustrazione del contenuto del processo di dimostrazione conformemente alle disposizioni dei punti A.1.10.3. e A.1.10.4.

Meccanismo	Elementi dimostrativi
Attivazione del sistema di allerta di cui al punto A.1.10.3 del presente allegato	<ul style="list-style-type: none"> — 2 prove di attivazione (compresa la mancanza di reagente) — ulteriori elementi dimostrativi, se del caso
Attivazione del sistema di persuasione con segnale di livello "non grave" di cui al punto A.1.10.4 del presente allegato	<ul style="list-style-type: none"> — 2 prove di attivazione (compresa la mancanza di reagente) — ulteriori elementi dimostrativi, se del caso — 1 prova di riduzione della coppia
Attivazione del sistema di allerta con segnale di livello "grave" di cui al punto A.1.10.4 del presente allegato	<ul style="list-style-type: none"> — 2 prove di attivazione (compresa la mancanza di reagente) — ulteriori elementi dimostrativi, se del caso

Figura A.9-3

Conformità precedentemente dimostrata di una famiglia di motori NCD



- A.1.10.3. Dimostrazione dell'attivazione del sistema di allerta
- A.1.10.3.1. La conformità dell'attivazione del sistema di allerta deve essere dimostrata mediante l'esecuzione di due prove: mancanza di reagente e un guasto della categoria di cui ai punti A.1.7, A.1.8 o A.1.9 del presente allegato.
- A.1.10.3.2. Selezione dei guasti da testare di cui ai punti A.1.7, A.1.8 o A.1.9 del presente allegato.
- A.1.10.3.2.1. L'autorità di omologazione deve scegliere una categoria di guasti. Nel caso in cui un guasto sia scelto tra i punti A.1.7 o A.1.9 del presente allegato, si applicano i requisiti aggiuntivi di cui ai punti A.1.10.3.2.2 o A.1.10.3.2.3 del presente allegato.

- A.1.10.3.2.2 Per dimostrare l'attivazione del sistema di allerta in caso di qualità non appropriata del reagente, deve essere scelto un reagente con una diluizione dell'ingrediente attivo almeno pari a quella comunicata dal costruttore in conformità ai requisiti di cui al punto A.1.7 del presente allegato.
- A.1.10.3.2.3. Per dimostrare l'attivazione del sistema di allerta in caso di guasti attribuibili a manomissioni secondo la definizione di cui al punto A.1.9 del presente allegato, la scelta deve essere effettuata in conformità ai seguenti requisiti:
- A.1.10.3.2.3.1. il costruttore deve fornire all'autorità di omologazione un elenco di tali potenziali guasti;
- A.1.10.3.2.3.2. il guasto da considerare nella prova deve essere scelto dall'autorità di omologazione dall'elenco di cui al punto A.1.10.3.2.3.1 del presente allegato.
- A.1.10.3.3. Dimostrazione
- A.1.10.3.3.1. Ai fini della presente dimostrazione, deve essere effettuata una prova distinta per la mancanza di reagente e per i guasti di cui al punto A.1.10.3.2 del presente allegato.
- A.1.10.3.3.2. Durante la prova, non deve essere presente alcun guasto oltre a quello oggetto della prova.
- A.1.10.3.3.3. Prima di iniziare una prova, tutti i DTC devono essere stati cancellati.
- A.1.10.3.3.4. Su richiesta del costruttore e d'accordo con l'autorità di omologazione, i guasti oggetto della prova possono essere simulati.
- A.1.10.3.3.5. Rilevamento dei guasti diversi dalla mancanza di reagente
- Per i guasti diversi dalla mancanza di reagente, una volta installato o simulato il guasto, il rilevamento deve essere effettuato nel modo seguente.
- A.1.10.3.3.5.1. Il sistema NCD deve rispondere all'introduzione di un guasto ritenuto adeguato dall'autorità di omologazione in conformità alle disposizioni della presente appendice. La dimostrazione si considera avvenuta se l'attivazione ha luogo entro due cicli di prova NCD consecutivi in conformità al punto A.1.10.3.3.7 del presente allegato.
- Se è specificato nella descrizione del monitoraggio, col consenso dell'autorità di omologazione, che uno specifico sistema richiede più di due cicli di prova NCD per completare il monitoraggio, il numero di cicli di prova NCD può essere aumentato a tre.
- Ogni singolo ciclo di prova NCD della prova di dimostrazione può essere separato da un arresto del motore. Nel tempo che trascorre fino all'avviamento successivo si deve tener conto delle eventuali attività di monitoraggio effettuate dopo lo spegnimento del motore e di ogni condizione necessaria che deve sussistere affinché sia effettuato il monitoraggio all'avviamento successivo.
- A.1.10.3.3.5.2. L'attivazione del sistema di allerta si considera dimostrata se, alla fine di ogni prova di dimostrazione effettuata a norma del punto A.1.10.3.3, il sistema di allerta si è attivato correttamente e il DTC per il guasto scelto ha lo status di "confermato e attivo".

A.1.10.3.3.6. Rilevamento dei casi di mancanza di reagente

Per dimostrare l'attivazione del sistema di allerta in caso di mancanza di reagente, il motore deve funzionare per uno o più cicli di prova NCD a discrezione del costruttore.

A.1.10.3.3.6.1. La dimostrazione deve iniziare con un livello di reagente nel serbatoio concordato tra costruttore e autorità di omologazione ma non inferiore al 10% della capacità nominale del serbatoio.

A.1.10.3.3.6.2. Si ritiene che il sistema di allerta abbia funzionato correttamente se sono state soddisfatte simultaneamente le seguenti condizioni:

- a) il sistema di allerta è stato attivato con una quantità di reagente pari o superiore al 10% della capacità del relativo serbatoio; e
- b) il sistema di allerta "continuativo" è stato attivato con una quantità di reagente pari o superiore al valore dichiarato dal costruttore conformemente alle disposizioni di cui al punto A.1.6 del presente allegato.

A.1.10.3.3.7. Ciclo di prova NCD

A.1.10.3.3.7.1. Il ciclo di prova NCD considerato al punto A.1.10 del presente allegato per dimostrare il corretto funzionamento del sistema NCD è il ciclo NRTC a caldo per i motori delle sottocategorie NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5, NRE-v-6 e i cicli NRSC applicabili per tutte le altre categorie.

A.1.10.3.3.7.2. Su richiesta del costruttore e previa approvazione dell'autorità di omologazione, per un monitoraggio specifico è possibile usare un ciclo di prova NCD alternativo (ad es. diverso dai cicli NRTC o NRSC). La richiesta deve essere corredata di elementi (considerazioni tecniche, risultati di prove, simulazioni, ecc.) che dimostrino che:

- a) il ciclo di prova richiesto dà luogo a un sistema di monitoraggio capace di funzionare in condizioni di guida reali, e
- b) il ciclo di prova NCD applicabile di cui al punto A.1.10.3.3.7.1 del presente allegato si è dimostrato meno adatto per il monitoraggio considerato.

A.1.10.3.4. L'attivazione del sistema d'allerta si considera dimostrata se alla fine di ogni prova di dimostrazione effettuata a norma del punto A.1.10.3.3 del presente allegato, il sistema di allerta si è attivato correttamente.

- A.1.10.4. Dimostrazione del sistema di persuasione
- A.1.10.4.1. La dimostrazione del sistema di persuasione deve essere effettuata per mezzo di prove al banco.
- A.1.10.4.1.1. Componenti o sottosistemi non fisicamente montati su un motore (tra gli altri, sensori della temperatura ambiente e del livello nonché sistemi di allerta e di informazione dell'operatore), necessari all'esecuzione delle dimostrazioni, devono essere a tal fine collegati al motore o simulati, in un modo che l'autorità di omologazione ritenga soddisfacente.
- A.1.10.4.1.2. A discrezione del costruttore, d'accordo con l'autorità di omologazione, le prove di dimostrazione possono essere eseguite su una macchina mobile non stradale completa montandola su un banco di prova adatto o, fatto salvo il punto A.1.10.4.1, facendola funzionare su una pista di prova in condizioni controllate.
- A.1.10.4.2. La sequenza di prova deve dimostrare l'attivazione del sistema di persuasione in caso di mancanza di reagente e in caso di guasto scelto dall'autorità di omologazione in conformità al punto A.1.10.3.2.1 del presente allegato per la prova del sistema di allerta.
- A.1.10.4.3. Ai fini della presente dimostrazione:
- a) d'accordo con l'autorità di omologazione, al costruttore deve essere consentito di accelerare la prova simulando il raggiungimento di un certo numero di ore di funzionamento;
 - b) il conseguimento della riduzione della coppia richiesto dal sistema di persuasione con segnale di livello "non grave" può essere dimostrato contemporaneamente all'omologazione generale delle prestazioni del motore, effettuata a norma del presente regolamento; In tal caso, non sono richieste misurazioni separate della coppia durante la dimostrazione del sistema di persuasione;
 - c) il sistema di persuasione con segnale di livello "non grave", se del caso, deve essere dimostrato in conformità ai requisiti del punto A.1.10.4.5 del presente allegato;
 - d) il sistema di persuasione con segnale di livello "grave" deve essere dimostrato in conformità ai requisiti del punto A.1.10.4.6 del presente allegato.
- A.1.10.4.4. Il costruttore deve inoltre dimostrare il funzionamento del sistema di persuasione nelle condizioni di malfunzionamento di cui ai punti A.1.7, A.1.8 o A.1.9 del presente allegato che non sono state scelte nelle prove di dimostrazione descritte ai punti da A.1.10.4.1 a A.1.10.4.3 del presente allegato.
- Queste dimostrazioni aggiuntive possono essere effettuate presentando all'autorità di omologazione un caso tecnico, comprovato da algoritmi, analisi funzionali e risultati di prove precedenti.
- A.1.10.4.4.1. Le dimostrazioni aggiuntive devono soprattutto documentare, in un modo che l'autorità di omologazione ritenga soddisfacente, l'integrazione del corretto meccanismo di riduzione della coppia nella centralina elettronica di controllo del motore.
- A.1.10.4.5. Prova di dimostrazione del sistema di persuasione con segnale di livello "non grave"
- A.1.10.4.5.1. La dimostrazione inizia quando il sistema di allerta, o quando il pertinente sistema di allerta "continuativo", è stato attivato in seguito al rilevamento di un guasto scelto dall'autorità di omologazione.
- A.1.10.4.5.2. Se si intende controllare la reazione del sistema alla mancanza di reagente nel serbatoio, il motore deve funzionare finché la quantità di reagente raggiunge un valore pari al 2,5 % della capacità massima nominale del serbatoio o raggiunge il valore dichiarato dal costruttore, a norma del punto A.1.6.3.1, al quale deve attivarsi il sistema di persuasione con segnale di livello "non grave".

- A.1.10.4.5.2.1. D'accordo con l'autorità di omologazione, il costruttore può simulare un funzionamento continuo estraendo reagente dal serbatoio, a motore spento o in funzione.
- A.1.10.4.5.3. Se si intende controllare la reazione del sistema a un guasto diverso dalla mancanza di reagente nel serbatoio, il motore deve funzionare per il numero pertinente di ore di funzionamento indicato nella tabella A.9-3 o, a discrezione del costruttore, finché il pertinente contatore non ha raggiunto il valore al quale si attiva il sistema di persuasione con segnale di livello "non grave".
- A.1.10.4.5.4. La dimostrazione del sistema di persuasione con segnale di livello "non grave" deve essere considerata effettuata se, alla fine di ogni prova di dimostrazione avvenuta a norma dei punti A.1.10.4.5.2 e A.1.10.4.5.3 del presente allegato, il costruttore ha dimostrato all'autorità di omologazione che la centralina elettronica di controllo del motore ha attivato il meccanismo di riduzione della coppia.
- A.1.10.4.6. Prova di dimostrazione del sistema di persuasione con segnale di livello "grave"
- A.1.10.4.6.1. La dimostrazione deve avere inizio in una condizione in cui il sistema di persuasione con segnale di livello "non grave", se del caso, è stato attivato in precedenza e può essere eseguita come continuazione delle prove eseguite per la dimostrazione del sistema di persuasione con segnale di livello "non grave".
- A.1.10.4.6.2. Se si intende controllare la reazione del sistema alla mancanza di reagente nel serbatoio, il motore deve funzionare finché il serbatoio del reagente non è vuoto o finché il reagente non ha raggiunto il livello inferiore al 2,5 % della capacità massima nominale del serbatoio al quale secondo la dichiarazione del costruttore si attiva il sistema di persuasione con segnale di livello "grave".
- A.1.10.4.6.2.1. D'accordo con l'autorità di omologazione, il costruttore può simulare un funzionamento continuo estraendo reagente dal serbatoio, a motore spento o in funzione.
- A.1.10.4.6.3. Qualora si intenda controllare la reazione del sistema a un guasto diverso dalla mancanza di reagente nel serbatoio, il motore deve essere fatto funzionare per il numero pertinente di ore di funzionamento indicato nella tabella A.9-4 o, a discrezione del costruttore, finché il pertinente contatore non ha raggiunto il valore al quale si attiva il sistema di persuasione con segnale di livello "grave".
- A.1.10.4.6.4. La dimostrazione del sistema di persuasione con segnale di livello "grave" deve essere considerata effettuata se, alla fine di ogni prova di dimostrazione effettuata in conformità ai punti A.1.10.4.6.2 e A.1.10.4.6.3 del presente allegato, il costruttore ha dimostrato all'autorità di omologazione che il meccanismo di persuasione con segnale di livello "grave" considerato nel presente allegato si è attivato.
- A.1.10.4.7. In alternativa, a discrezione del costruttore e previo accordo dell'autorità di omologazione, la dimostrazione dei meccanismi di persuasione può essere effettuata su una macchina mobile non stradale completa, in conformità ai requisiti dei punti A.1.5.4 e A.1.10.4.1.2 del presente allegato, montando la macchina mobile non stradale o il veicolo di categoria T su un banco di prova adatto o facendolo funzionare su una pista di prova in condizioni controllate.
- A.1.10.4.7.1. La macchina mobile non stradale deve funzionare finché il contatore associato al guasto scelto non ha raggiunto il rispettivo numero di ore di funzionamento indicato nella tabella A.9-4 oppure, a seconda dei casi, finché il serbatoio del reagente non è vuoto o finché il reagente non ha raggiunto il livello inferiore al 2,5 % della sua capacità massima nominale al quale secondo la dichiarazione del costruttore si attiva il sistema di persuasione con segnale di livello "grave".

- A.1.10.5. Documentazione della dimostrazione
- A.1.10.5.1 Deve essere redatta una relazione di dimostrazione che documenti la dimostrazione del sistema NCD. La relazione deve:
- a) individuare i guasti esaminati;
 - b) descrivere la dimostrazione eseguita, compreso il ciclo di prova applicabile;
 - c) confermare l'attivazione dei sistemi di allerta e di persuasione applicabili, come previsto dal presente regolamento;
 - d) essere inclusa nella documentazione informativa come stabilito all'allegato 1.
- A.1.11. Descrizione dei meccanismi di attivazione e di disattivazione dei sistemi di allerta e di persuasione dell'operatore
- A.1.11.1 Ad integrazione dei requisiti specificati nella presente appendice relativi ai meccanismi di attivazione e di disattivazione dei sistemi di allerta e di persuasione dell'operatore, il punto A.1.11 del presente allegato specifica i requisiti tecnici per l'implementazione di tali meccanismi di attivazione e di disattivazione.
- A.1.11.2. Meccanismi di attivazione e di disattivazione del sistema di allerta
- A.1.11.2.1. Il sistema di allerta dell'operatore deve essere attivato quando il codice diagnostico di guasto DTC associato a un NCM che ne giustifica l'attivazione ha lo status definito nella tabella A.9-2.

Tabella A.9-2

Attivazione del sistema di allerta dell'operatore

Tipo di guasto	Status del DTC per l'attivazione del sistema di allerta
Scarsa qualità del reagente	confermato e attivo
Interruzione del dosaggio	confermato e attivo
Valvola EGR ostruita	confermato e attivo
Malfunzionamento del sistema di monitoraggio	confermato e attivo
Soglia degli NO _x , se applicabile	confermato e attivo

- A.1.11.2.2. Il sistema di allerta dell'operatore deve essere disattivato quando il sistema diagnostico stabilisce che il malfunzionamento relativo a tale allerta non è più presente o quando le informazioni, compresi i DTC relativi ai malfunzionamenti che ne giustificano l'attivazione, sono cancellate da uno scanner.
- A.1.11.2.2.1. Requisiti per la cancellazione delle "informazioni di controllo degli NO_x"

A.1.11.2.2.1.1. Cancellazione/reimpostazione delle "informazioni di controllo degli NO_x" per mezzo di uno scanner

Se richiesto dallo scanner, i dati seguenti devono essere cancellati dalla memoria del computer o reimpostati al valore specificato nella presente appendice (cfr. tabella A.9-3).

Tabella A.9-3

Cancellazione/reimpostazione delle "informazioni di controllo degli NO_x" per mezzo di uno scanner

Informazione di controllo degli NO _x	Cancellabile	Reimpostabile
Tutti i DTC	X	
Valore del contatore con il più alto numero di ore di funzionamento del motore		X
Numero di ore di funzionamento del motore indicato dai contatori NCD		X

A.1.11.2.2.1.2. La disconnessione della batteria o delle batterie della macchina mobile non stradale o del veicolo di categoria T non deve provocare la cancellazione delle informazioni di controllo degli NO_x.

A.1.11.2.2.1.3. La cancellazione delle "informazioni di controllo degli NO_x" deve essere possibile solo in condizioni di "motore spento".

A.1.11.2.2.1.4. Se le "informazioni di controllo degli NO_x", compresi i DTC, vengono cancellate, tutti i contatori associati a tali guasti e specificati nella presente appendice, non devono essere cancellati ma reimpostati al valore specificato nel punto appropriato della presente appendice.

A.1.11.3. Meccanismo di attivazione e disattivazione del sistema di persuasione dell'operatore

A.1.11.3.1. Il sistema di persuasione dell'operatore deve essere attivato quando è in funzione il sistema di allerta e il contatore pertinente per il tipo di NMC che giustifica l'attivazione di entrambi raggiunge il valore specificato nella tabella A.9-4.

A.1.11.3.2. Il sistema di persuasione dell'operatore deve essere disattivato quando il sistema non individua più un malfunzionamento che ne giustifichi l'attivazione o quando le informazioni, compresi i DTC, relative agli NCM che ne giustificano l'attivazione sono state cancellate per mezzo di uno scanner o uno strumento di manutenzione.

A.1.11.3.3. I sistemi di allerta e di persuasione dell'operatore devono essere immediatamente attivati o disattivati, a seconda dei casi, in base alle disposizioni del punto A.1.6 del presente allegato dopo la verifica del quantitativo di reagente presente nel serbatoio. In tal caso, i meccanismi di attivazione o disattivazione non devono dipendere dallo status di alcun DTC associato.

A.1.11.4. Meccanismo del contatore

A.1.11.4.1. Aspetti generali

A.1.11.4.1.1. Per soddisfare i requisiti della presente appendice, il sistema deve prevedere contatori che registrino il numero di ore durante le quali il motore è stato fatto funzionare quando il sistema ha rilevato uno dei seguenti NCM:

- a) qualità del reagente non appropriata;
- b) interruzione dell'attività di dosaggio del reagente;
- c) valvola EGR ostruita;
- d) guasto del sistema NCD.

- A.1.11.4.1.1.1. Il costruttore può utilizzare uno o più contatori per raggruppare gli NCM indicati al punto A.1.11.4.1.1 del presente allegato.
- A.1.11.4.1.2. Ciascun contatore deve continuare a contare fino al valore massimo previsto per un contatore da 2 byte con risoluzione di 1 ora e mantenere tale valore, a meno che non si verifichino le condizioni che ne consentano l'azzeramento.
- A.1.11.4.1.3. Il costruttore può usare un contatore singolo o multiplo per il sistema NCD. Un contatore singolo può accumulare il numero di ore di due o più malfunzionamenti diversi pertinenti per tale tipo di contatore, nessuno dei quali ha raggiunto il tempo indicato dal contatore singolo.
- A.1.11.4.1.3.1. Se il costruttore decide di usare contatori multipli per il sistema NCD, il sistema deve poter assegnare uno specifico contatore del sistema di monitoraggio a ciascun malfunzionamento che, a norma della presente appendice, sia pertinente per tale tipo di contatore.
- A.1.11.4.2. Principio del meccanismo dei contatori
- A.1.11.4.2.1. Tutti i contatori devono funzionare nel modo di seguito descritto.
- A.1.11.4.2.1.1. Se parte da zero, il contatore deve iniziare a contare non appena viene individuato un malfunzionamento pertinente per tale contatore e il corrispondente codice diagnostico di guasto (DTC) ha lo status definito nella tabella A.9-2.
- A.1.11.4.2.1.2. Se il guasto si ripete, a discrezione del costruttore si applica una delle seguenti disposizioni:
- se si verifica un unico evento di monitoraggio e il malfunzionamento che in origine ha attivato il contatore non viene più rilevato, oppure è stato cancellato per mezzo di uno scanner o uno strumento di manutenzione, il contatore deve arrestarsi e mantenere il valore raggiunto. Se il contatore cessa di contare mentre il sistema di persuasione con segnale di livello "grave" è attivo, esso deve essere tenuto bloccato al valore definito nella tabella A.9-4, oppure a un valore pari o superiore al valore del contatore del sistema di persuasione con segnale di livello "grave", a cui si sottraggono 30 minuti;
 - il contatore deve essere mantenuto bloccato al valore definito nella tabella A.9-4, oppure a un valore pari o superiore al valore del contatore del sistema di persuasione con segnale di livello "grave", a cui si sottraggono 30 minuti.
- A.1.11.4.2.1.3. Nel caso il sistema di monitoraggio abbia un unico contatore, quest'ultimo deve continuare a contare se è stato individuato un NCM pertinente e il corrispondente codice diagnostico di guasto (DTC) ha lo status di "confermato e attivo". Il contatore deve arrestarsi e mantenere uno dei valori di cui al punto A.1.11.4.2.1.2 del presente allegato se non viene individuato alcun NCM che ne giustifichi l'attivazione o se tutti i guasti pertinenti per tale contatore sono stati cancellati per mezzo di uno scanner o uno strumento di manutenzione.

Tabella A.9-4

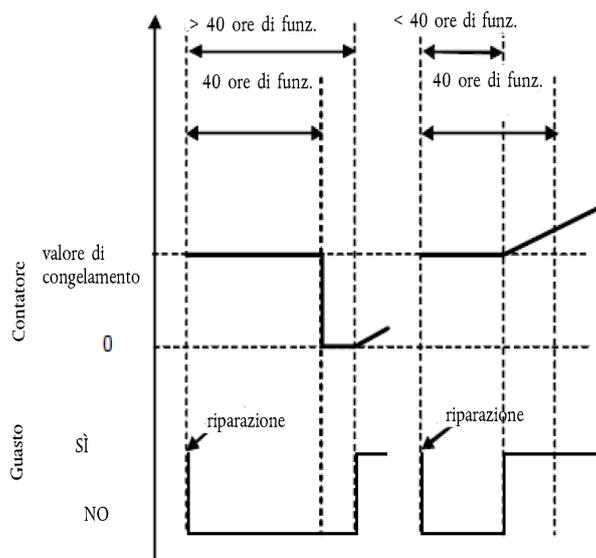
Contatori e sistema di persuasione

	Status del DTC per la prima attivazione del contatore	Valore del contatore per un sistema di persuasione con segnale di livello "non grave"	Valore del contatore per un sistema di persuasione con segnale di livello "grave"	Valore bloccato mantenuto dal contatore
Contatore per la qualità del reagente	confermato e attivo	≤ 10 ore	≤ 20 ore	≥ 90 % del valore del contatore per un sistema di persuasione con segnale di livello "grave"
Contatore del dosaggio del reagente	confermato e attivo	≤ 10 ore	≤ 20 ore	≥ 90 % del valore del contatore per un sistema di persuasione con segnale di livello "grave"
Contatore della valvola EGR	confermato e attivo	≤ 36 ore	≤ 100 ore	≥ 95 % del valore del contatore per un sistema di persuasione con segnale di livello "grave"
Contatore del sistema di monitoraggio	confermato e attivo	≤ 36 ore	≤ 100 ore	≥ 95 % del valore del contatore per un sistema di persuasione con segnale di livello "grave"
Soglia degli NO _x , se applicabile	confermato e attivo	≤ 10 ore	≤ 20 ore	≥ 90 % del valore del contatore per un sistema di persuasione con segnale di livello "grave"

- A.1.11.4.2.1.4. Una volta bloccato, il contatore deve essere azzerato se i sistemi di monitoraggio a esso pertinenti hanno completato almeno un ciclo di monitoraggio senza individuare malfunzionamenti e non è stato rilevato alcun malfunzionamento pertinente per tale contatore durante 40 ore di funzionamento del motore dopo che il contatore è stato arrestato (cfr. figura A.9-4).
- A.1.11.4.2.1.5. Se viene individuato un malfunzionamento pertinente per tale contatore durante il periodo in cui esso è rimasto bloccato, il contatore deve continuare a contare dal punto in cui era stato arrestato (cfr. figura A.9-4).
- A.1.12. Descrizione dei meccanismi di attivazione, disattivazione e conteggio
- A.1.12.1. Il presente punto A.1.12 del presente allegato descrive i meccanismi di attivazione, disattivazione e conteggio per alcuni casi tipici. Le figure e le descrizioni riportate ai punti A.1.12.2, A.1.12.3 e A.1.12.4 del presente allegato sono fornite a scopo esclusivamente illustrativo ai fini della presente appendice e non devono essere considerate esempi dei requisiti del presente regolamento o come dichiarazioni definitive in merito ai processi interessati. Le ore del contatore di cui alle figure A.9-6. e A.9-7 si riferiscono ai valori massimi del sistema di persuasione con segnale di livello "grave" di cui alla tabella A.9-4. Ai fini della semplificazione il fatto che il sistema di allerta sarà attivo mentre è attivo il sistema di persuasione non è stato ad esempio menzionato nelle illustrazioni date.

Figura A.9-4

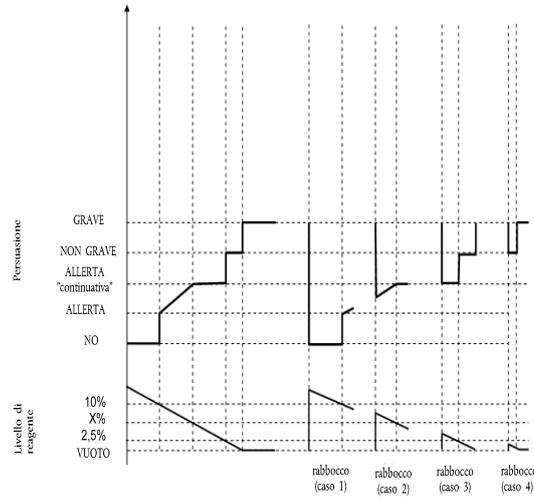
Riattivazione e azzeramento di un contatore dopo un periodo in cui i suoi valori sono stati bloccati



- A.1.12.2. La figura A.9-5 illustra il funzionamento dei meccanismi di attivazione e disattivazione durante il monitoraggio della disponibilità di reagente in quattro casi:
- caso d'uso n. 1: l'operatore continua a far funzionare la macchina mobile non stradale nonostante il segnale di allerta finché il funzionamento della stessa non viene interrotto;
 - caso di rabbocco n. 1 (rabbocco "adeguato"): l'operatore riempie il serbatoio di reagente fino a un livello superiore alla soglia del 10 %. I sistemi di allerta e di persuasione sono disattivati;
 - caso di rabbocco nn. 2 e 3 (rabbocco "inadeguato"): il sistema di allerta è attivato. Il livello di allerta dipende dalla quantità di reagente disponibile;
 - caso di rabbocco n. 4 (rabbocco "molto inadeguato"): il sistema di persuasione di livello "non grave" si attiva immediatamente.

Figura A.9-5

Disponibilità del reagente

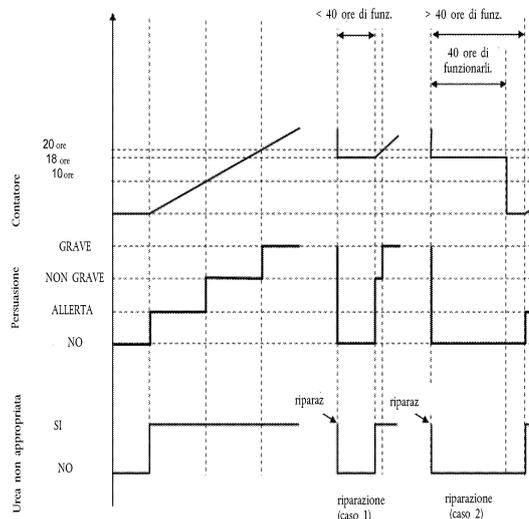


A.1.12.3. La figura A.9-6 illustra tre casi di qualità non appropriata del reagente:

- a) caso d'uso n. 1: l'operatore continua a far funzionare la macchina mobile non stradale nonostante il segnale di allerta finché il funzionamento della stessa non viene interrotto;
- b) caso di riparazione n. 1 (riparazione "scorretta" o "disonesta"): dopo l'interruzione del funzionamento della macchina mobile non stradale, l'operatore cambia la qualità del reagente ma, subito dopo la cambia nuovamente con uno di qualità scadente. Il sistema di persuasione si attiva immediatamente e il funzionamento della macchina mobile non stradale viene interrotto dopo due ore di funzionamento del motore;
- c) caso di riparazione n. 2 (riparazione "buona"): dopo l'interruzione del funzionamento della macchina mobile non stradale, l'operatore corregge la qualità del reagente. Tuttavia qualche tempo dopo riempie nuovamente il serbatoio con reagente di qualità scadente. I processi di allerta, di persuasione e di conteggio ripartono da zero;

Figura A.9-6

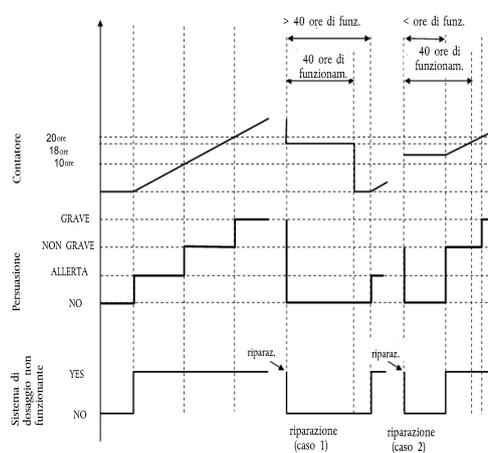
Riempimento con reagente di qualità scadente



- A.1.12.4. La figura A.9-7 illustra tre casi di guasto del sistema di dosaggio dell'urea. La figura illustra anche la procedura che si applica in caso di guasti al sistema di monitoraggio di cui al punto A.1.9 del presente allegato.
- caso d'uso n. 1: l'operatore continua a far funzionare la macchina mobile non stradale nonostante il segnale di allerta finché il funzionamento della stessa non viene interrotto;
 - caso di riparazione n. 1 (riparazione "buona"): dopo l'interruzione del funzionamento della macchina mobile non stradale, l'operatore ripara il sistema di dosaggio. Tuttavia poco dopo il sistema di dosaggio si guasta nuovamente. I processi di allerta, di persuasione e di conteggio ripartono da zero;
 - caso di riparazione n. 2 ("cattiva" riparazione): durante il periodo di persuasione con segnale di livello "non grave" (riduzione della coppia), l'operatore ripara il sistema di dosaggio. Tuttavia poco dopo il sistema di dosaggio si guasta nuovamente. Il sistema di persuasione con segnale di livello "non grave" si riattiva immediatamente e il contatore riparte dal valore che aveva al momento della riparazione.

Figura A.9-7

Guasto del sistema di dosaggio del reagente riparazione



- A.1.13. Dimostrazione della concentrazione minima accettabile di reagente CD_{min}
- A.1.13.1. Il costruttore deve dimostrare il corretto valore di CD_{min} durante la prova di omologazione eseguendo il ciclo NRTC a caldo per i motori delle sottocategorie NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5, NRE-v-6 e i cicli NRSC applicabili per tutte le altre categorie con un reagente avente la concentrazione CD_{min} .
- A.1.13.2. La prova deve seguire i cicli NCD appropriati, o il ciclo di preconditionamento definito dal costruttore, che permetta a un sistema di controllo degli NO_x a circolo chiuso di effettuare l'adeguamento alla qualità del reagente con la concentrazione CD_{min} .
- A.1.13.3. Le emissioni inquinanti che risultano da questa prova devono essere inferiori alla soglia degli NO_x specificata al punto A.1.7.1.1 del presente allegato.
- A.1.13.4. Documentazione della dimostrazione
- A.1.13.4.1. Deve essere redatta una relazione di dimostrazione che documenti la concentrazione minima accettabile del reagente. La relazione deve:
- individuare i guasti esaminati;
 - descrivere la dimostrazione eseguita, compreso il ciclo di prova applicabile;
 - confermare che le emissioni inquinanti derivanti da tale dimostrazione non hanno superato la soglia degli NO_x specificata al punto A.1.7.1.1 del presente allegato;
 - essere inclusa nella documentazione informativa come stabilito all'allegato 1.

APPENDICE A.2

REQUISITI TECNICI PER LE MISURE DI CONTROLLO DEL PARTICOLATO INQUINANTE, COMPRESO IL METODO PER LA DIMOSTRAZIONE DI TALI MISURE

A.2.1. Introduzione

La presente appendice stabilisce i requisiti per garantire il corretto funzionamento delle misure di controllo del particolato

A.2.2. Requisiti generali

Il motore deve essere munito di un sistema diagnostico di controllo del particolato (PCD) in grado di identificare i malfunzionamenti del sistema di post-trattamento del particolato considerati nel presente allegato. I sistemi motore che rientrano nel presente punto devono essere progettati, costruiti e installati in modo da rispettare questi requisiti per tutta la vita normale del motore nelle normali condizioni d'uso. Ai fini di questo obiettivo è accettabile che i motori utilizzati oltre il periodo di durabilità delle emissioni di cui all'appendice 3 del presente regolamento mostrino un certo deterioramento dell'efficacia e della sensibilità del PCD.

A.2.2.1. Informazioni richieste

A.2.2.1.1. Se il sistema di controllo delle emissioni richiede l'uso di un reagente, ad es. un catalizzatore liquido concentrato miscelato al combustibile, le caratteristiche di tale reagente, compreso il tipo, le informazioni relative alla concentrazione dei reagenti in soluzione, la temperatura di funzionamento e il riferimento a norme internazionali relative a composizione e qualità devono essere specificate dal costruttore nella scheda informativa di cui all'allegato 1.

A.2.2.1.2. Una descrizione dettagliata scritta delle caratteristiche operative e di funzionamento del sistema di allerta dell'operatore di cui al punto A.2.4 del presente allegato deve essere fornita all'autorità di omologazione al momento dell'omologazione.

A.2.2.1.3. Il costruttore deve fornire documenti sull'installazione che, se utilizzati dall'OEM, garantiscono che il motore, comprensivo del sistema di controllo delle emissioni facente parte del tipo di motore omologato o della famiglia di motori omologati, una volta installati sulla macchina mobile non stradale o sul veicolo di categoria T, funzionino, insieme alle altre parti della macchina, in un modo conforme ai requisiti del presente allegato. Tale documentazione deve comprendere le disposizioni e i requisiti tecnici dettagliati relativi al motore (software, hardware e comunicazione) necessari alla corretta installazione del motore sulla macchina mobile non stradale o sul veicolo di categoria T.

A.2.2.2. Condizioni operative

A.2.2.2.1. Il sistema PCD deve, come minimo, essere operativo alle condizioni di controllo applicabili di cui al punto 2.4 del presente allegato per ciascuna categoria di motori. Il sistema diagnostico deve rimanere operativo al di fuori di tale intervallo, laddove tecnicamente possibile.

A.2.2.3. Requisiti del sistema diagnostico

A.2.2.3.1. Il sistema PCD deve essere in grado di individuare i malfunzionamenti del controllo del particolato (PCM) considerati nel presente allegato per mezzo dei codici diagnostici di guasto (DTC) memorizzati nel computer, e, su richiesta, di comunicare tali dati all'esterno del veicolo.

A.2.2.3.2. Requisiti di registrazione dei codici diagnostici di guasto (DTC)

A.2.2.3.2.1. Il sistema PCD deve registrare un DTC per ogni singolo PCM.

A.2.2.3.2.2. Entro i periodi di funzionamento del motore indicati nella tabella A.9-5, il sistema PCD deve stabilire se esista un mal-funzionamento rilevabile. A questo punto deve essere memorizzato il DTC "confermato e attivo" e deve essere attivato il sistema di allerta di cui al punto A.2.4 del presente allegato.

A.2.2.3.2.3. Se occorre un tempo di funzionamento più lungo di quello indicato nella tabella A.9-5 perché i sistemi di monitoraggio individuino e confermino un PCM (ad es. se tali sistemi usano modelli statistici o misurano il consumo di fluidi della macchina mobile non stradale), l'autorità di omologazione può autorizzare un periodo di monitoraggio più lungo, purché il costruttore ne giustifichi la necessità (ad es. motivi tecnici, risultati sperimentali, esperienze acquisite ecc.).

Tabella A.9-5

Tipi di sistemi di monitoraggio e periodo corrispondente entro il quale deve essere registrato un DTC con status "confermato e attivo"

Tipo di sistema di monitoraggio	Periodo cumulativo di funzionamento entro il quale deve essere registrato un DTC con status "confermato e attivo"
Rimozione del sistema di post-trattamento del particolato	60 minuti di funzionamento del motore a regime diverso dal minimo
Perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato	240 minuti di funzionamento del motore a regime diverso dal minimo
Guasti del sistema PCD	60 minuti di funzionamento del motore

A.2.2.3.3. Requisiti relativi alla cancellazione dei codici diagnostici di guasto (DTC)

- a) Il sistema PCD non deve poter cancellare i DTC dalla memoria del computer finché non sia stato risolto il guasto relativo a tale DTC;
- b) il sistema PCD può cancellare tutti i DTC a seguito di una richiesta effettuata mediante uno scanner o uno strumento di manutenzione proprietario fornito su richiesta dal costruttore del motore o utilizzando un codice fornito dal costruttore del motore;
- c) le registrazioni di incidenti operativi con un DTC "confermato e attivo" salvati su una memoria non volatile come prescritto dal punto A.2.5.2 del presente allegato non devono essere cancellate.

A.2.2.3.4. Un sistema PCD non deve essere programmato o comunque progettato per disattivarsi del tutto o in parte in base all'età della macchina mobile non stradale durante la vita effettiva del motore, né deve contenere algoritmi o strategie tese a ridurre l'efficacia del sistema PCD nel tempo.

A.2.2.3.5. Tutti i codici riprogrammabili del computer e i parametri operativi del sistema PCD devono essere antimanomissione.

A.2.2.3.6. Famiglia di motori PCD

Spetta al costruttore determinare la composizione di una famiglia di motori PCD. Il raggruppamento dei motori in una famiglia di motori PCD deve fondarsi su criteri di buona pratica ingegneristica e deve essere subordinato all'approvazione dell'autorità di omologazione.

I motori che non appartengono alla stessa famiglia di motori possono tuttavia appartenere alla stessa famiglia di motori PCD.

A.2.2.3.6.1. Parametri che definiscono una famiglia di motori PCD

Una famiglia di motori PCD è caratterizzata da parametri di progetto fondamentali che devono essere comuni a tutti i motori che ne fanno parte.

Si considerano appartenenti alla stessa famiglia di motori PCD i motori che hanno in comune i seguenti parametri fondamentali:

- a) il principio di funzionamento del sistema di post-trattamento del particolato (ad es. meccanico, aerodinamico, per diffusione, per inerzia, a rigenerazione periodica o continua, ecc.);
- b) i metodi di monitoraggio PCD;
- c) i criteri di monitoraggio PCD;
- d) i parametri di monitoraggio (ad es. la frequenza).

Queste somiglianze devono essere dimostrate dal costruttore per mezzo di pertinenti dimostrazioni ingegneristiche o altre procedure appropriate soggette all'approvazione dell'autorità di omologazione.

Il costruttore può richiedere all'autorità di omologazione di approvare differenze meno rilevanti nei metodi di monitoraggio/diagnosi del sistema di monitoraggio PCD dovute a variazioni della configurazione del motore, se ritiene che tali metodi siano somiglianti e se essi differiscono solo per soddisfare caratteristiche specifiche delle componenti considerate (p.es. dimensione, flusso dei gas di scarico ecc.); o se le somiglianze sono basate su criteri di buona pratica ingegneristica.

A.2.3. Requisiti di manutenzione

A.2.3.1. L'OEM deve fornire a tutti gli utilizzatori finali delle macchine mobili non stradali o dei veicoli di categoria T istruzioni scritte relative al sistema di controllo delle emissioni e al suo corretto funzionamento conformemente all'appendice 6 del presente regolamento.

A.2.4. Sistema di allerta dell'operatore

A.2.4.1. La macchina mobile non stradale deve essere munita di un sistema di allerta dell'operatore dotato di allarmi visivi.

A.2.4.2. Il sistema di allerta dell'operatore può essere costituito da una o più spie o visualizzare brevi messaggi.

Il sistema usato per visualizzare i messaggi può essere lo stesso usato per altri scopi di manutenzione o funzioni NCD.

Il sistema di allerta deve indicare la necessità di una riparazione urgente. Se il sistema di allerta comprende un sistema di visualizzazione di messaggi, deve essere visualizzato un messaggio indicante il motivo dell'avvertimento (ad es., "disconnessione del sensore" o "guasto grave riguardante le emissioni").

A.2.4.3. A discrezione del costruttore, il sistema di allerta può comprendere una componente acustica per allertare l'operatore. All'operatore è consentito disattivare i segnali acustici di allerta.

A.2.4.4. Il sistema di allerta dell'operatore deve essere attivato come specificato al punto A.2.2.3.2.2 del presente allegato.

A.2.4.5. Il sistema di allerta dell'operatore deve disattivarsi al cessare delle condizioni che ne hanno provocato l'attivazione. Il sistema di allerta dell'operatore non deve disattivarsi automaticamente senza aver risolto le cause della sua attivazione.

A.2.4.6. Il sistema di allerta può essere temporaneamente interrotto da altri segnali di allerta che trasmettano messaggi importanti per la sicurezza.

- A.2.4.7. Nella domanda di omologazione a norma del presente regolamento, il costruttore deve dimostrare il funzionamento del sistema di allerta dell'operatore, come specificato al punto A.2.9 del presente allegato.
- A.2.5. Sistema di memorizzazione delle informazioni relative all'attivazione del sistema di allerta dell'operatore
- A.2.5.1. Il sistema PCD deve comprendere una memoria informatica non volatile o dei contatori al fine di memorizzare gli incidenti di funzionamento del motore con un DTC confermato e attivo, in modo da garantire che le informazioni non possano essere cancellate intenzionalmente.
- A.2.5.2. Il sistema PCD deve memorizzare su una memoria non volatile il numero totale e la durata di tutti gli incidenti di funzionamento del motore con un DTC confermato e attivo laddove il sistema di allerta dell'operatore è rimasto attivo per 20 ore di funzionamento del motore, o per un periodo più breve a discrezione del costruttore.
- A.2.5.3. Le autorità nazionali devono poter leggere tali registrazioni con uno scanner.
- A.2.5.4. una descrizione della modalità di accesso alle registrazioni, nonché del metodo di lettura di tali registrazioni, deve essere incluso nella documentazione informativa di cui all'allegato 1.
- A.2.6. Monitoraggio della rimozione del sistema di post-trattamento del particolato
- A.2.6.1. Il sistema PCD deve rilevare la completa rimozione del sistema di post-trattamento del particolato, compresa la rimozione di qualsiasi sensore usato per monitorare, attivare, disattivare o modulare il suo funzionamento.
- A.2.7. Requisiti aggiuntivi per i sistemi di post-trattamento del particolato che usano un reagente (ad es. un catalizzatore liquido concentrato miscelato al combustibile)
- A.2.7.1. In presenza di un DTC confermato e attivo dovuto alla rimozione del sistema di post-trattamento del particolato o a una perdita di funzione dello stesso sistema, il dosaggio del reagente deve essere immediatamente interrotto. Il dosaggio deve ricominciare quando il DTC non è più attivo.
- A.2.7.2. Il sistema di allerta deve essere attivato se il livello di reagente nel serbatoio dell'additivo scende al di sotto del valore minimo specificato dal costruttore.
- A.2.8. Monitoraggio di guasti attribuibili a manomissioni
- A.2.8.1. Oltre alla rimozione del sistema di post-trattamento del particolato, devono essere monitorati anche i seguenti guasti poiché potrebbero essere attribuiti a manomissioni:
- a) perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato;
 - b) guasti del sistema PCD, come descritto al punto A.2.8.3 del presente allegato.
- A.2.8.2. Monitoraggio della perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato

Il sistema PCD deve rilevare la completa rimozione del substrato dal sistema di post-trattamento del particolato ("cassetta vuota"). In questo caso il contenitore del sistema di post-trattamento del particolato e i sensori usati per monitorare, attivare, disattivare o modulare il suo funzionamento sono ancora presenti.

A.2.8.3. Monitoraggio dei guasti del sistema PCD

A.2.8.3.1. Il sistema PCD deve essere monitorato per evidenziare guasti elettrici e per rimuovere o disattivare qualsiasi sensore o attuatore che possa impedirgli di diagnosticare altri guasti di cui ai punti da A.2.6.1 e A.2.8.1, lettera a) (monitoraggio dei componenti), del presente allegato.

Tra i sensori che interferiscono sulla capacità diagnostica ci sono quelli che misurano direttamente le pressioni differenziali attraverso il sistema di post-trattamento del particolato e i sensori della temperatura dei gas di scarico che controllano la rigenerazione del sistema di post-trattamento del particolato.

A.2.8.3.2. Se un guasto oppure la rimozione o disattivazione di un singolo sensore o attuatore del sistema PCD non impedisce la diagnosi entro il periodo di tempo richiesto per i guasti menzionati ai punti A.1.6.1 e A.1.8.1, lettera a) (sistema ridondante), del presente allegato non è necessaria l'attivazione del sistema di allerta e la memorizzazione delle informazioni relative all'attivazione del sistema di allerta dell'operatore tranne qualora siano confermati e attivi ulteriori guasti a sensori o attuatori.

A.2.9. Requisiti di dimostrazione

A.2.9.1. Aspetti generali

La conformità ai requisiti della presente appendice deve essere dimostrata durante l'omologazione effettuando, come illustrato nella tabella A.9-6 e specificato al punto A.2.9 del presente allegato, una dimostrazione dell'attivazione del sistema di allerta.

Tabella A.9-6

Illustrazione del contenuto del processo di dimostrazione conformemente alle disposizioni del punto A.2.9.3 del presente allegato.

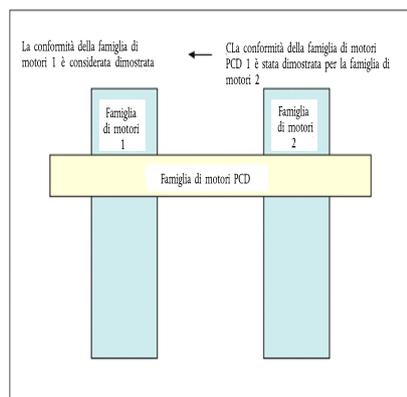
Meccanismo	Elementi dimostrativi
Attivazione del sistema di allerta di cui al punto A.2.4.4 del presente allegato	<ul style="list-style-type: none"> — 2 prove di attivazione (compresa la perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato) — ulteriori elementi dimostrativi, se del caso

A.2.9.2. Famiglie di motori e famiglie di motori PCD

A.2.9.2.1. Se i membri di una famiglia di motori appartengono a una famiglia di motori PCD già omologata conformemente al punto A.2.2.3.6 del presente allegato (figura A.9-8), la conformità di tale famiglia di motori si ritiene dimostrata senza prove ulteriori se il costruttore dimostra all'autorità di omologazione che i sistemi di monitoraggio necessari a soddisfare i requisiti della presente appendice sono simili per tutta la famiglia di motori e di motori PCD considerata.

Figura A.9-8

Conformità precedentemente dimostrata di una famiglia di motori PCD



- A.2.9.3. Dimostrazione dell'attivazione del sistema di allerta
- A.2.9.3.1. La conformità dell'attivazione del sistema di allerta deve essere dimostrata mediante l'esecuzione di due prove: perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato e una categoria di guasti di cui al punto A.2.6. o al punto A.2.8.3 del presente allegato.
- A.2.9.3.2. Scelta dei guasti da sottoporre a prova
- A.2.9.3.2.1. Il costruttore deve fornire all'autorità di omologazione un elenco di tali potenziali guasti.
- A.2.9.3.2.2. Il guasto da considerare nella prova deve essere scelto dall'autorità di omologazione dall'elenco di cui al punto A.2.9.3.2.1 del presente allegato.
- A.2.9.3.3. Dimostrazione
- A.2.9.3.3.1. Ai fini di tale dimostrazione devono essere effettuate prove distinte per la perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato di cui al punto A.2.8.2 del presente allegato e per i guasti di cui ai punti A.2.6 e A.2.8.3 del presente allegato. La perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato deve essere effettuata dopo che è stato completamente rimosso il substrato dal contenitore del sistema di post-trattamento del particolato.
- A.2.9.3.3.2. Durante la prova, non deve essere presente alcun guasto oltre a quello oggetto della prova.
- A.2.9.3.3.3. Prima di iniziare una prova, tutti i DTC devono essere stati cancellati.
- A.2.9.3.3.4. Su richiesta del costruttore e d'accordo con l'autorità di omologazione, i guasti oggetto della prova possono essere simulati.
- A.2.9.3.3.5. Rilevamento dei guasti
- A.2.9.3.3.5.1. Il sistema PCD deve rispondere all'introduzione di un guasto ritenuto appropriato dall'autorità di omologazione in conformità alle disposizioni della presente appendice. Ciò si considera dimostrato se l'attivazione ha luogo entro il numero di cicli di prova PCD consecutivi indicati nella tabella A.9-7.

Se è specificato nella descrizione del monitoraggio, col consenso dell'autorità di omologazione, che uno specifico sistema richiede più cicli di prova PCD per completare il monitoraggio rispetto a quelli indicati nella tabella A.9-7, il numero di cicli di prova PCD può essere fino al 50 %.

Ogni singolo ciclo di prova PCD della prova di dimostrazione può essere separato da un arresto del motore. Nel tempo che trascorre fino all'avviamento successivo si deve tener conto delle eventuali attività di monitoraggio effettuate dopo lo spegnimento del motore e di ogni condizione necessaria che deve sussistere affinché sia effettuato il monitoraggio all'avviamento successivo.

Tabella A.9-7

Tipi di sistemi di monitoraggio e numero corrispondente di cicli di prova PCD entro il quale deve essere memorizzato un DTC con status "confermato e attivo"

Tipo di sistema di monitoraggio	Numero di cicli di prova PCD entro il quale deve essere memorizzato un DTC con status "confermato e attivo"
Rimozione del sistema di post-trattamento del particolato	2
Perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato	8
Guasti del sistema PCD	2

A.2.9.3.3.6. Ciclo di prova PCD

A.2.9.3.3.6.1. Il ciclo di prova PCD considerato nel presente punto A.2.9 del presente allegato per dimostrare il corretto funzionamento del sistema di monitoraggio del sistema di post-trattamento del particolato è il ciclo NRTC a caldo per i motori delle sottocategorie NRE-v-3, NRE-v-4, NRE-v-5, NRE-v-6 e i cicli NRSC applicabili per tutte le altre categorie.

A.2.9.3.3.6.2. Su richiesta del costruttore e previa approvazione dell'autorità di omologazione, per un sistema di monitoraggio specifico è possibile usare un ciclo di prova PCD alternativo (ad es. diverso dai cicli NRTC o NRSC). La richiesta deve essere corredata di elementi (considerazioni tecniche, risultati di prove, simulazioni, ecc.) che dimostrino che:

- a) il ciclo di prova richiesto dà luogo a un sistema di monitoraggio capace di funzionare in condizioni di guida reali, e
- b) il ciclo di prova PCD applicabile di cui al punto A.2.9.3.3.6.1 del presente allegato è il meno adatto per il monitoraggio considerato.

A.2.9.3.3.7 Configurazione per la dimostrazione dell'attivazione del sistema di allerta

A.2.9.3.3.7.1. La dimostrazione dell'attivazione del sistema di allerta deve essere effettuata per mezzo di prove al banco.

A.2.9.3.3.7.2. Componenti o sottosistemi non fisicamente montati su un motore (tra gli altri, sensori della temperatura ambiente e del livello nonché sistemi di allerta e di informazione dell'operatore), necessari all'esecuzione delle dimostrazioni, devono essere a tal fine collegati al motore o simulati, in un modo che l'autorità di omologazione ritenga soddisfacente.

A.2.9.3.3.7.3. A discrezione del costruttore e d'accordo con l'autorità di omologazione, le prove di dimostrazione possono essere eseguite, fatto salvo il punto A.2.9.3.3.7.1 del presente allegato, su una macchina mobile non stradale completa, montandola su un adeguato banco di prova o facendola funzionare su una pista di prova in condizioni controllate.

A.2.9.3.4. L'attivazione del sistema di allerta si considera dimostrata se, alla fine di ogni prova di dimostrazione effettuata conformemente al punto A.2.9.3.3, il sistema di allerta si è attivato correttamente e il DTC per il guasto scelto ha lo status di "confermato e attivo".

A.2.9.3.5. Se una prova di dimostrazione della perdita di funzione del sistema di post-trattamento del particolato o della rimozione dello stesso sistema riguarda un sistema di post-trattamento del particolato che usa un reagente, è necessario confermare anche che è stato interrotto il dosaggio del reagente.

A.2.9.3.6. Documentazione della dimostrazione

A.2.9.3.6.1. Deve essere redatta una relazione di dimostrazione che documenti la dimostrazione del sistema PCD. La relazione deve:

- a) individuare i guasti esaminati;
- b) descrivere la dimostrazione eseguita, compreso il ciclo di prova applicabile;
- c) confermare l'attivazione dei sistemi di allerta applicabili, come previsto dal presente regolamento;
- d) essere inclusa nella documentazione informativa come stabilito all'allegato 1.

APPENDICE A.3

DETTAGLI TECNICI VOLTI A PREVENIRE LE MANOMISSIONI

- A.3.1. Per i tipi di motore e le famiglie di motori che utilizzano una ECU come parte del sistema di controllo delle emissioni, il costruttore deve fornire all'autorità di omologazione una descrizione delle disposizioni adottate per prevenire la manomissione e la modifica dell'ECU, compreso il dispositivo per l'aggiornamento che usa una taratura o un programma approvati dal costruttore.
- A.3.2. Per i tipi di motore e le famiglie di motori che utilizzano dispositivi meccanici come parte del sistema di controllo delle emissioni, il costruttore deve fornire all'autorità di omologazione una descrizione delle disposizioni adottate per prevenire la manomissione e la modifica dei parametri regolabili del sistema di controllo delle emissioni. Ciò deve comprendere i componenti antimanomissione, quali limitatori e sigilli applicati alle viti di regolazione o viti speciali non regolabili dall'utente.
- A.3.2.1. Il costruttore deve dimostrare al servizio tecnico che i parametri regolabili del sistema di controllo delle emissioni non possono essere facilmente manomessi applicando una forza ragionevole
- a) usando gli strumenti forniti insieme al motore; oppure
 - b) usando utensili comuni come cacciavite, pinze (anche taglienti) o chiavi.
- Non sono considerati utensili comuni: la maggior parte degli strumenti di taglio o molatura, trapani e taglierine circolari, o strumenti che generano fiamme o calore eccessivo.
- A.3.3. Ai fini della presente appendice, i motori di diverse famiglie di motori possono essere ulteriormente raggruppati in famiglie in base al tipo e alla progettazione delle misure antimanomissione usate. Per classificare i motori appartenenti a diverse famiglie nella stessa famiglia di motori in base alle misure antimanomissione, il costruttore deve confermare all'autorità di omologazione che sono state usate misure antimanomissione simili. In tal caso, i requisiti di cui ai punti A.3.1 e A.3.2 del presente allegato possono essere soddisfatti da un motore rappresentativo e dalla corrispondente documentazione usata durante l'omologazione di tutti i motori nella stessa famiglia di motori in base alle misure antimanomissione.
- A.3.4. I costruttori devono prevedere un avvertimento nel manuale per l'operatore in cui si dichiara che la manomissione del motore invalida l'omologazione di quel particolare motore.
-

ALLEGATO 10

PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DEI TIPI DI MOTORE E DELLE FAMIGLIE DI MOTORI E LORO MODALITÀ DI FUNZIONAMENTO

1. TIPO DI MOTORE

Le caratteristiche tecniche di un tipo di motore devono corrispondere a quelle definite nella sua scheda informativa conforme al modello di cui all'allegato 1.

1.1. Modalità di funzionamento (regime)

Un tipo di motore può essere omologato come motore a regime costante o motore a regime variabile, come definito rispettivamente ai punti 2.1.11 e 2.1.95 del presente regolamento.

1.1.1. Motori a regime variabile

1.1.1.1. Nel caso in cui, come consentito dal punto 1.1.7 del presente regolamento, un motore a regime variabile di una particolare categoria sia usato al posto di un motore a regime costante della stessa categoria, il motore capostipite (ai fini dell'omologazione) e tutti i tipi di motori nella stessa famiglia di motori (ai fini della conformità della produzione) devono essere sottoposti a prova utilizzando il ciclo NRSC a regime variabile e inoltre, ove necessario, il ciclo transitorio applicabile. Un motore a regime variabile di una particolare categoria usato in modalità di funzionamento a regime costante della stessa categoria non necessita di essere ulteriormente sottoposto a prova utilizzando il ciclo NRSC a regime costante.

1.1.2. Motori a regime costante

1.1.2.1. Durante il funzionamento a regime costante la funzione di regolazione del regime costante deve essere attivata. I regolatori dei motori a regime costante possono non mantenere in modo continuo il regime perfettamente costante. Il regime può essere inferiore al regime a carico zero, in modo che il regime minimo si verifichi vicino al punto di massima potenza del motore, tipicamente nell'intervallo da 0,1 a 10 %.

1.1.2.2. Nel caso in cui il tipo di motore sia dotato di un regime di minimo per le fasi di avvio e di arresto, il motore deve essere installato in modo da garantire che la funzione di regolazione del regime costante sia attivata prima di aumentare la domanda di carico al motore partendo dalle regolazioni senza carico.

1.1.2.3. Tipi di motore a regime costante dotati di regimi alternativi

Un motore a regime costante non deve essere progettato per funzionare a regime variabile. Nel caso in cui il tipo di motore sia dotato di regimi alternativi devono essere soddisfatti anche i requisiti di cui al presente punto.

1.1.2.3.1. Nel caso in cui il tipo di motore sia un motore capostipite, esso deve rispettare i valori limite applicabili quando viene sottoposto al ciclo di prova NRSC a ciascun regime costante applicabile al tipo di motore. Verbali di prova separati per ciascun ciclo NRSC devono essere redatti e inclusi nel fascicolo di omologazione.

1.1.2.3.2. Nel caso di tutti i tipi di motore appartenenti alla famiglia di motori, quando sottoposti alla prova delle emissioni ai fini della conformità della produzione, essi devono rispettare i valori limite applicabili al ciclo di prova NRSC a ciascun regime costante applicabile al tipo di motore.

1.1.2.3.3. Ciascun regime costante applicabile al tipo di motore consentito dal costruttore deve essere elencato nell'allegato 1, appendice A.3, punto 3.2.1.

1.1.2.3.4. Il motore deve essere installato in modo da garantire che:

- a) il motore sia spento prima della reimpostazione del regolatore del regime costante su un regime alternativo; e
- b) il regolatore del regime costante sia impostato solo su regimi alternativi consentiti dal costruttore del motore.

1.1.2.3.5. Le istruzioni per l'OEM e per gli utilizzatori finali di cui all'appendice 6 del presente regolamento devono includere le informazioni relative alla corretta installazione e al corretto funzionamento del motore conformemente ai requisiti di cui ai punti 1.1.2.2 e 1.1.2.3 del presente allegato.

2. CRITERI DELLA FAMIGLIA DI MOTORI

2.1. Aspetti generali

Una famiglia di motori è caratterizzata da parametri di progettazione comuni a tutti i motori della famiglia. Il costruttore di motori può decidere quali motori appartengono a una famiglia di motori, purché siano rispettati i criteri di appartenenza elencati al punto 2.4 del presente allegato. La famiglia di motori deve essere approvata dall'autorità di omologazione. Il costruttore deve fornire all'autorità di omologazione le informazioni appropriate riguardanti i livelli di emissioni dei membri della famiglia di motori.

2.2. Categorie di motori, modalità di funzionamento (regime) e intervallo di potenza

2.2.1. Una famiglia di motori deve comprendere solo tipi di motori che appartengono alla stessa categoria di motori come stabilito al punto 1.1 del presente regolamento.

2.2.2. La famiglia di motori deve comprendere solo tipi di motori dello stesso regime di funzionamento come stabilito all'appendice 1 del presente regolamento.

2.2.3. Famiglie di motori che comprendono più di un intervallo di potenza

2.2.3.1. Una famiglia di motori può comprendere più di un intervallo di potenza per lo stesso regime all'interno della stessa (sotto)categoria di motori. In questo caso, in conformità al punto 5.1.1 del presente regolamento, il motore capostipite (ai fini dell'omologazione) e tutti i tipi di motori all'interno della stessa famiglia di motori (ai fini della conformità della produzione) devono, rispetto agli intervalli di potenza applicabili:

- a) rispettare i valori limite di emissione più rigorosi;
- b) essere sottoposti a prova servendosi dei cicli di prova che corrispondano ai valori limite di emissione più rigorosi;
- c) essere subordinati alla prima delle date applicabili ai fini dell'omologazione e dell'immissione sul mercato di cui al punto 12 del presente regolamento.

Quando il motore viene montato sulla macchina mobile non stradale, al fine di mantenere il principio di cui al punto 5.1.1 del presente regolamento, le istruzioni per gli OEM di cui all'appendice 6 del presente regolamento, devono includere la dichiarazione che l'impianto non deve vincolare il motore in modo permanente a erogare potenza solo all'interno dell'intervallo di potenza di una sottocategoria con limiti di emissione più rigorosi rispetto alla sottocategoria in cui tale motore è omologato.

2.2.3.2. Allo scopo di assegnare una sottocategoria di omologazione a una famiglia di motori che comprenda più di un intervallo di potenza, il costruttore e l'autorità di omologazione devono scegliere la sottocategoria che più si avvicina ai criteri di cui al punto 2.2.3.1 del presente allegato.

2.3. Casi speciali

2.3.1. Interazioni tra parametri

In alcuni casi vi possono essere interazioni tra parametri che possono modificare le emissioni. Affinché nella stessa famiglia di motori siano inclusi solo motori con caratteristiche di emissione allo scarico simili, occorre tenere conto anche di queste interazioni. Tali casi devono essere individuati dal costruttore e notificati all'autorità di omologazione. Si deve tenere conto di tali casi come criterio per la creazione di una nuova famiglia di motori.

2.3.2. Dispositivi o caratteristiche che incidono notevolmente sulle emissioni

I dispositivi o le caratteristiche non elencati al punto 2.4 del presente allegato, ma tali da incidere notevolmente sul livello di emissioni, devono essere individuati dal costruttore in base a criteri di buona pratica ingegneristica e notificati all'autorità di omologazione. Si deve tenere conto di tali casi come criterio per la creazione di una nuova famiglia di motori.

2.3.3. Criteri supplementari

Oltre ai parametri di cui al punto 2.4 del presente allegato, il costruttore può introdurre criteri supplementari che permettano la definizione di famiglie di dimensioni più limitate. Tali criteri non sono necessariamente costituiti da parametri che incidono sul livello di emissioni.

2.4. Parametri che definiscono la famiglia di motori

2.4.1. Ciclo di combustione:

- a) ciclo a 2 tempi;
- b) ciclo a 4 tempi;
- c) motore rotativo;
- d) altri.

2.4.2. Configurazione dei cilindri

2.4.2.1. Posizione dei cilindri nel blocco cilindri:

- a) singolo;
- b) a V;
- c) in linea;
- d) contrapposti;
- e) radiali;
- f) altro (a F, a W, ecc.).

2.4.2.2. Posizione relativa dei cilindri

I motori con lo stesso blocco possono appartenere alla stessa famiglia a condizione che l'interasse dei cilindri sia lo stesso.

2.4.3. Mezzo di raffreddamento principale:

- a) aria;
- b) acqua;
- c) olio.

2.4.4. Cilindrata del cilindro

2.4.4.1. Motore con cilindrata del cilindro $\geq 750 \text{ cm}^3$

Affinché i motori con cilindrata del cilindro $\geq 750 \text{ cm}^3$ siano considerati appartenenti alla stessa famiglia di motori, la differenza tra le relative cilindrature del cilindro non deve essere superiore al 15 % della cilindrata del cilindro massima della famiglia di motori.

2.4.4.2. Motore con cilindrata del cilindro $< 750 \text{ cm}^3$

Affinché i motori con cilindrata del cilindro $< 750 \text{ cm}^3$ siano considerati appartenenti alla stessa famiglia di motori, la differenza tra le relative cilindrature del cilindro non deve essere superiore al 30 % della cilindrata del cilindro massima della famiglia di motori.

2.4.4.3. Motori con la massima differenza di cilindrata del cilindro

Fatti salvi i punti 2.4.4.1 e 2.4.4.2 del presente allegato, i motori con una cilindrata del cilindro superiore alla differenza definita in tali punti possono essere considerati appartenenti alla stessa famiglia di motori con l'approvazione dell'autorità di omologazione. L'approvazione deve fondarsi su elementi tecnici (calcoli, simulazioni, risultati di prova ecc.) che indichino che il superamento dei limiti non incide in maniera significativa sulle emissioni allo scarico.

- 2.4.5. Metodo di aspirazione dell'aria:
- a) aspirazione naturale;
 - b) con sovralimentazione;
 - c) con sovralimentazione e dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione.
- 2.4.6. Tipo di carburante:
- a) diesel (gasolio destinato alle macchine non stradali);
 - b) etanolo destinato a specifici motori ad accensione spontanea (ED95);
 - c) benzina (E10);
 - d) etanolo (E85);
 - e) gas naturale/biometano:
 - i) carburante universale - carburante ad elevato potere calorifico (gas H) e carburante a basso potere calorifico (gas L);
 - ii) carburante limitato - carburante ad elevato potere calorifico (gas H);
 - iii) carburante limitato - carburante a basso potere calorifico (gas L);
 - iv) specifico per carburante (GNL);
 - f) gas di petrolio liquefatto (GPL).
- 2.4.7. Disposizioni di alimentazione:
- a) solo carburante liquido;
 - b) solo carburante gassoso;
 - c) dual-fuel di tipo 1A;
 - d) dual-fuel di tipo 1B;
 - e) dual-fuel di tipo 2A;
 - f) dual-fuel di tipo 2B;
 - g) dual-fuel di tipo 3B.
- 2.4.8. Tipo/caratteristiche progettuali della camera di combustione:
- a) camera aperta;
 - b) camera divisa;
 - c) altri tipi.
- 2.4.9. Tipo di accensione:
- a) accensione comandata;
 - b) accensione spontanea.

2.4.10. Valvole e luci:

- a) configurazione;
- b) numero di valvole per cilindro.

2.4.11. Tipo di alimentazione del carburante

- a) pompa, condotto (ad alta pressione) e iniettore;
- b) pompa in linea o pompa a distributore;
- c) iniettore unitario;
- d) common rail;
- e) carburatore;
- f) iniezione indiretta;
- g) iniezione diretta;
- h) unità di miscelazione;
- i) Altro.

2.4.12. Dispositivi vari:

- a) ricircolo dei gas di scarico (EGR);
- b) iniezione d'acqua;
- c) iniezione d'aria;
- d) altri.

2.4.13. Strategia di controllo elettronico

La presenza o l'assenza di una ECU sul motore è considerata un parametro fondamentale della famiglia di motori.

Nel caso di motori a controllo elettronico, il costruttore deve presentare gli elementi tecnici che giustifichino il raggruppamento di tali motori nella stessa famiglia di motori, i motivi cioè in base ai quali è lecito ritenere che essi rispettino gli stessi requisiti relativi alle emissioni.

La regolazione elettronica del regime del motore non deve essere necessariamente in una famiglia diversa dai motori con una regolazione meccanica. La separazione dei motori elettronici da quelli meccanici va applicata solo alle caratteristiche di iniezione del carburante, quali fasatura, pressione, curva di iniezione, ecc.

2.4.14. Sistemi di post-trattamento del gas di scarico

La presenza dei seguenti dispositivi, singolarmente o in combinazione, è considerata un criterio per l'appartenenza di un motore a una famiglia di motori:

- a) catalizzatore di ossidazione;
- b) sistema DeNO_x con riduzione selettiva degli NO_x (aggiunta di agente riducente);
- c) altri sistemi DeNO_x;
- d) sistema di post-trattamento del particolato a rigenerazione passiva:
 - i) a flusso a parete (wall-flow),
 - ii) non a flusso a parete (non-wall-flow);

e) sistema di post-trattamento del particolato a rigenerazione attiva:

- i) a flusso a parete (wall-flow),
- ii) non a flusso a parete (non-wall-flow);

f) altri sistemi di post-trattamento del particolato;

g) altri dispositivi.

Se un motore è stato omologato senza sistema di post-trattamento dei gas di scarico, come motore capostipite o come componente della famiglia di motori, lo stesso motore, una volta dotato di catalizzatore di ossidazione (non di sistema di post-trattamento del particolato), può essere inserito nella stessa famiglia di motori purché non richieda l'uso di un carburante con caratteristiche diverse.

Se il motore richiede l'uso di un carburante con caratteristiche specifiche (ad es., se è dotato di sistemi di post-trattamento del particolato che richiedano la presenza di speciali additivi nel carburante per effettuare la rigenerazione), la decisione di inserirlo nella stessa famiglia di motori deve fondarsi sugli elementi tecnici forniti dal costruttore. Tali elementi devono indicare che il livello di emissioni previsto del motore equipaggiato corrisponde al valore limite relativo al motore non equipaggiato.

Se un motore è stato omologato con un sistema di post-trattamento dei gas di scarico, come motore capostipite o come componente di una famiglia di motori il cui motore capostipite è equipaggiato con lo stesso sistema di post-trattamento, lo stesso motore non munito di sistema di post-trattamento dei gas di scarico non deve essere inserito nella stessa famiglia di motori.

2.4.15. Motori dual-fuel

Tutti i motori di una famiglia di motori dual-fuel devono appartenere allo stesso tipo di motori dual-fuel descritti all'allegato 7, punto 2, del presente regolamento (ad esempio tipo 1A, 2B, ecc.) e funzionare con gli stessi tipi di carburante o, se del caso, con carburanti considerati come facenti parte della stessa gamma di carburanti in conformità al presente regolamento.

Oltre ad appartenere allo stesso tipo di dual-fuel, essi devono avere un rapporto energetico massimo a gas sul ciclo di prova applicabile (GER_{cycle}) nell'intervallo da 70 a 100 % di quello del tipo di motore col massimo GER_{cycle} .

2.4.16. Riservato

2.4.17. Categoria di periodo di durabilità delle emissioni (EDP)

Nel caso di categorie di motori di cui all'appendice 3, tabella 21 o 22, del presente regolamento che hanno valori alternativi per l'EDP, la categoria EDP dichiarata dal costruttore può essere:

- a) cat. 1 (prodotti per l'uso privato);
- b) cat. 2 (prodotti per l'uso semiprofessionale);
- c) cat. 3 (prodotti per l'uso professionale).

3. SCELTA DEL MOTORE CAPOSTIPITE

3.1. Aspetti generali

3.1.1. Una volta che la famiglia di motori è stata approvata dall'autorità di omologazione, il motore capostipite della famiglia di motori deve essere scelto in base al criterio principale della quantità massima di carburante erogata per ogni corsa al regime dichiarato di coppia massima. Nel caso in cui due o più motori condividano questo criterio principale, il motore capostipite deve essere scelto in base al criterio secondario della quantità massima di carburante erogata per ogni corsa al regime nominale.

- 3.1.2. L'autorità di omologazione può ritenere che il caso peggiore per quanto riguarda il livello delle emissioni di una famiglia possa essere caratterizzato al meglio sottoponendo a prova ulteriori motori. In questo caso, le parti coinvolte devono presentare le informazioni del caso per stabilire quali motori appartenenti alla famiglia di motori è probabile che abbiano il livello di emissioni più elevato.
- 3.1.3. Se la famiglia comprende motori che presentano altre caratteristiche variabili che si considera possano incidere sulle emissioni allo scarico, anche queste caratteristiche devono essere identificate e considerate nella scelta del motore capostipite.
- 3.1.4. Se la famiglia comprende motori che presentano gli stessi valori di emissioni per periodi diversi di durabilità delle emissioni, occorre tenerne conto nella scelta del motore capostipite.

3.2. Casi speciali

Per selezionare il motore capostipite nel caso di una famiglia di motori a regime costante contenente uno o più tipi di motori con regimi costanti alternativi come stabilito al punto 1.1.2.3 del presente allegato, la valutazione dei requisiti di cui al punto 3.1 del presente allegato deve essere applicata a ciascun regime costante di ciascun tipo di motore.

ISSN 1977-0707 (edizione elettronica)
ISSN 1725-258X (edizione cartacea)



Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea
L-2985 Lussemburgo
LUSSEMBURGO

IT