

**RETTIFICHE**

**Rettifica del regolamento n. 49 della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UN/ECE) — Disposizioni uniformi relative all'omologazione dei motori ad accensione spontanea e a gas naturale (GN) nonché dei motori ad accensione comandata alimentati con gas di petrolio liquefatto (GPL) e dei veicoli muniti di motore ad accensione spontanea e a GN e di motore ad accensione comandata alimentato a GPL, per quanto riguarda le emissioni inquinanti del motore**

*(Gazzetta ufficiale dell'Unione europea L 375 del 27 dicembre 2006)*

Il regolamento n. 49 va letto come segue:

**Regolamento n. 49 della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite (UN/ECE) — Disposizioni uniformi relative all'omologazione dei motori ad accensione spontanea e a gas naturale (GN) nonché dei motori ad accensione comandata alimentati con gas di petrolio liquefatto (GPL) e dei veicoli muniti di motore ad accensione spontanea e a GN e di motore ad accensione comandata alimentato a GPL, per quanto riguarda le emissioni inquinanti del motore**

*Revisione 3***Comprendente:**

Serie di emendamenti 01 — data di entrata in vigore: 14 maggio 1990

Serie di emendamenti 02 — data di entrata in vigore: 30 dicembre 1992

Rettifica 1 alla serie di emendamenti 02 oggetto della notifica del depositario

C.N.232.1992.TREATIES-32 dell'11 settembre 1992

Rettifica 2 alla serie di emendamenti 02 oggetto della notifica del depositario

C.N.353.1995.TREATIES-72 del 13 novembre 1995

Rettifica 1 alla revisione 2 (erratum — solo versione inglese)

Supplemento 1 alla serie di emendamenti 02 — data di entrata in vigore: 18 maggio 1996

Supplemento 2 alla serie di emendamenti 02 — data di entrata in vigore: 28 agosto 1996

Rettifica 1 al supplemento 1 alla serie di emendamenti 02 oggetto della notifica del depositario

C.N.426.1997.TREATIES-96 del 21 novembre 1997

Rettifica 2 al supplemento 1 alla serie di emendamenti 02 oggetto della notifica del depositario

C.N.272.1999.TREATIES-2 del 12 aprile 1999

Rettifica 1 al supplemento 2 alla serie di emendamenti 02 oggetto della notifica del depositario

C.N.271.1999.TREATIES-1 del 12 aprile 1999

Serie di emendamenti 03 — data di entrata in vigore: 27 dicembre 2001

Serie di emendamenti 04 — data di entrata in vigore: 31 gennaio 2003

**1. CAMPO DI APPLICAZIONE**

Il presente regolamento si applica all'emissione di inquinanti gassosi e di particolato prodotti dai motori ad accensione spontanea e a GN, nonché dai motori ad accensione comandata alimentati a GPL, utilizzati per la propulsione di veicoli a motore aventi velocità massima di progetto superiore a 25 km/h delle categorie <sup>(1)</sup> <sup>(2)</sup> M<sub>1</sub> con massa totale superiore a 3,5 tonnellate, M<sub>2</sub>, M<sub>3</sub>, N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> ed N<sub>3</sub>.

<sup>(1)</sup> Conformemente all'allegato 7 della risoluzione consolidata sulla costruzione dei veicoli (R.E.3), (TRANS/WP.29/78/Rev.1/Amend.2).

<sup>(2)</sup> I motori usati dai veicoli a motore delle categorie N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub> e M<sub>2</sub> non sono omologati in applicazione del presente regolamento a condizione se sono omologati in applicazione del regolamento n. 83.

## 2. DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI

Ai fini del presente regolamento si intende per:

- 2.1. «ciclo di prova» una sequenza di punti di prova aventi ciascuno un regime e una coppia definite da far seguire al motore in condizioni operative stazionarie (prova ESC) o transienti (prove ETC, ELR);
- 2.2. «omologazione di un motore (di una famiglia di motori)» l'omologazione di un tipo di motore (famiglia di motori) relativamente al livello di emissione di inquinanti gassosi e di particolato;
- 2.3. «motore diesel» un motore che funziona secondo il principio dell'accensione spontanea;
- «motore a gas» un motore alimentato con gas naturale (GN) o gas di petrolio liquefatto (GPL);
- 2.4. «tipo di motore» una categoria di motori che non differiscono per quanto riguarda aspetti essenziali quali le caratteristiche del motore definite nell'allegato 1 del presente regolamento;
- 2.5. «famiglia di motori» un raggruppamento, operato dal costruttore, comprendente motori che, in base alle caratteristiche di progetto definite nell'allegato 1, appendice 2 del presente regolamento, hanno caratteristiche di emissione allo scarico simili; tutti i componenti della famiglia devono essere conformi ai valori limite di emissione applicabili;
- 2.6. «motore capostipite» un motore scelto all'interno della famiglia di motori in modo che le sue caratteristiche di emissione siano rappresentative di tale famiglia di motori;
- 2.7. «inquinanti gassosi» monossido di carbonio, idrocarburi (assumendo un rapporto CH pari a 1,85 per il carburante diesel, 2,525 per il GPL e per la molecola  $\text{CH}_3\text{O}$  un rapporto pari a 0,5 per i motori ad accensione spontanea a etanolo), idrocarburi diversi dal metano (assumendo un rapporto CH pari a 1,85 per il carburante diesel, 2,525 per il GPL e 2,93 per il GN), metano (assumendo un rapporto CH pari a 4 per il GN) e ossidi di azoto, questi ultimi espressi in biossido di azoto ( $\text{NO}_2$ ) equivalente;
- «particolato» qualsiasi materiale raccolto su un materiale filtrante specificato dopo diluizione dello scarico con aria filtrata e pulita in modo che la temperatura non superi i 325 K (52 °C);
- 2.8. «fumo» le particelle sospese nel flusso di gas di scarico di un motore diesel che assorbono, riflettono o rifrangono la luce;
- 2.9. «potenza netta» la potenza in kW ECE ottenuta sul banco di prova all'estremità dell'albero a gomiti, o suo equivalente, misurata secondo il metodo di misurazione della potenza definito nel regolamento n. 24.
- 2.10. «potenza massima ( $P_{\text{max}}$ ) dichiarata» la potenza massima in kW ECE (potenza netta) dichiarata dal costruttore nella domanda di omologazione;
- 2.11. «carico percentuale» la frazione della coppia massima disponibile ad un dato regime del motore;
- 2.12. «prova ESC» un ciclo di prova costituito da 13 modalità a regime stazionario da applicare conformemente al punto 5.2 del presente regolamento;
- 2.13. «prova ELR» un ciclo di prova costituito da una sequenza di aumenti di carico a regimi costanti del motore da applicare conformemente al punto 5.2 del presente regolamento;
- 2.14. «prova ETC» un ciclo di prova costituito da 1 800 modalità in regime transiente, normalizzate secondo per secondo, da applicare conformemente al punto 5.2 del presente regolamento;
- 2.15. «intervallo del regime di funzionamento del motore» l'intervallo di regime del motore più frequentemente utilizzato durante il funzionamento del motore sul campo e compreso tra il basso e l'alto regime, definiti nell'allegato 4 del presente regolamento;

- 2.16. «basso regime ( $n_{lo}$ )» il più basso regime di rotazione del motore al quale si ottiene il 50 per cento della potenza massima dichiarata;
- 2.17. «alto regime ( $n_{hi}$ )» il più alto regime di rotazione del motore al quale si ottiene il 70 per cento della potenza massima dichiarata;
- 2.18. «regimi A, B e C del motore» i regimi di prova all'interno dell'intervallo del regime di funzionamento del motore da usare per la prova ESC e per la prova ELR, conformemente all'allegato 4, appendice 1 del presente regolamento;
- 2.19. «area di controllo» l'area compresa tra i regimi A e C del motore e tra il 25 e il 100 per cento di carico;
- 2.20. «regime di riferimento ( $n_{ref}$ )» il regime da impiegare come valore pari al 100 per cento per denormalizzare i valori del regime relativo della prova ETC, conformemente all'allegato 4, appendice 2 del presente regolamento;
- 2.21. «opacimetro» lo strumento progettato per misurare l'opacità di particelle di fumo mediante il principio di estinzione della luce;
- 2.22. «gruppo di gas GN» uno dei gruppi H o L definiti nella norma europea EN 437 del novembre 1993;
- 2.23. «autoadattabilità» qualsiasi dispositivo del motore che permette di mantenere costante il rapporto aria/carburante;
- 2.24. «ritaratura» la regolazione fine di un motore a GN in modo che fornisca le stesse prestazioni (potenza, consumo di carburante) con gas naturale di un gruppo differente;
- 2.25. «indice di Wobbe (inferiore  $W_i$ ; o superiore  $W_u$ )» il rapporto tra il potere calorifico di un gas per unità di volume e la radice quadrata della sua densità relativa nelle stesse condizioni di riferimento:
- $$W = H_{gas} \times \sqrt{\rho_{air} / \rho_{gas}}$$
- 2.26. «fattore di spostamento  $\lambda$  ( $S_\lambda$ )» l'espressione che descrive la flessibilità richiesta ad un sistema di gestione del motore relativamente alla capacità di variare il rapporto di eccesso d'aria  $\lambda$  allorché il motore è alimentato con una composizione di gas diversa dal metano puro (per il calcolo di  $S_\lambda$  cfr. allegato 8).
- 2.27. «EEV» (Enhanced Environmentally Friendly Vehicle, veicolo ecologico migliorato) un tipo di veicolo azionato da un motore conforme ai valori limite di emissione facoltativi indicati nella riga C delle tabelle di cui al punto 5.2.1 del presente regolamento;
- 2.28. «impianto di manipolazione (defeat device)» un dispositivo che misura, rileva o reagisce a variabili di funzionamento (per es. la velocità del veicolo, il regime del motore, la marcia innestata, la temperatura, la pressione di aspirazione od ogni altro parametro) al fine di attivare, modulare, ritardare o disattivare il funzionamento di qualsiasi componente o funzione del sistema di controllo delle emissioni, in modo da diminuire l'efficacia del sistema di controllo delle emissioni in condizioni che si verificano durante la normale utilizzazione del veicolo, a meno che l'utilizzazione di tale dispositivo sia parte integrante delle procedure di prova applicate per la certificazione delle emissioni;
- 2.29. «dispositivo ausiliario di controllo» un sistema, una funzione o una strategia di controllo installato in un motore o in un veicolo e utilizzato per proteggere il motore e/o i suoi accessori da condizioni di funzionamento che potrebbero danneggiarlo o per facilitare l'avviamento del motore. Un dispositivo ausiliario di controllo può anche essere una strategia o una misura di cui sia stato dimostrato che non costituisce un impianto di manipolazione;
- 2.30. «strategia contraddittoria di controllo delle emissioni» qualsiasi strategia o mezzo che, quando il veicolo è in funzione in condizioni d'utilizzazione normali, riduce l'efficacia del sistema di controllo delle emissioni a un livello inferiore a quello prevedibile secondo le procedure applicabili di prova delle emissioni.

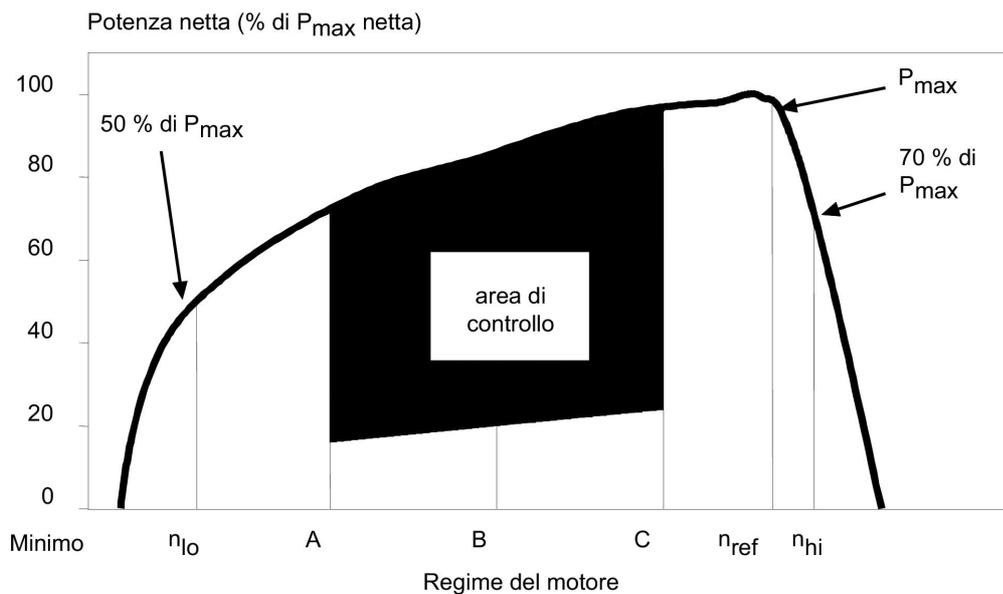


Figura 1: definizioni specifiche dei parametri di prova

### 2.31. Simboli e abbreviazioni

#### 2.31.1. Simboli dei parametri di prova

Simbolo	Unità	Definizione
$A_p$	$m^2$	Area della sezione trasversale della sonda di campionamento isocinetico
$A_T$	$m^2$	Area della sezione trasversale del condotto di scarico
$CE_E$	—	Efficienza riferita all'etano
$CE_M$	—	Efficienza riferita al metano
C1	—	Idrocarburo carbonio 1 equivalente
conc	ppm/vol%	Pedice indicante la concentrazione
$D_0$	$m^3/s$	Intercetta della funzione di taratura della PDP
DF	—	Fattore di diluizione
D	—	Costante della funzione di Bessel
E	—	Costante della funzione di Bessel
$E_Z$	g/kWh	Emissione di $NO_x$ interpolata del punto di controllo
$f_a$	—	Fattore atmosferico del laboratorio
$f_c$	$s^{-1}$	Frequenza di taglio del filtro di Bessel
$F_{FH}$	—	Fattore specifico per il carburante per il calcolo della concentrazione su umido a partire dalla concentrazione su secco
$F_S$	—	Fattore stechiometrico
$G_{AIRW}$	kg/h	Portata massica di aria di aspirazione su umido
$G_{AIRD}$	kg/h	Portata massica di aria di aspirazione su secco
$G_{DILW}$	kg/h	Portata massica di aria di diluizione su umido
$G_{EDFW}$	kg/h	Portata massica di gas di scarico diluito equivalente su umido
$G_{EXHW}$	kg/h	Portata massica di gas di scarico su umido
$G_{FUEL}$	kg/h	Portata massica di carburante

<b>Simbolo</b>	<b>Unità</b>	<b>Definizione</b>
$G_{TOTW}$	kg/h	Portata massica di gas di scarico diluito su umido
H	MJ/m <sup>3</sup>	Potere calorifico
$H_{REF}$	g/kg	Valore di riferimento dell'umidità assoluta (10,71 g/kg)
$H_a$	g/kg	Umidità assoluta dell'aria di aspirazione
$H_d$	g/kg	Umidità assoluta dell'aria di diluizione
HTCRAT	mol/mol	Rapporto idrogeno/carbonio
I	—	Pedice indicante una singola modalità
K	—	Costante di Bessel
K	m <sup>-1</sup>	Coefficiente di assorbimento della luce
$K_{H,D}$	—	Fattore di correzione del valore di NO <sub>x</sub> in funzione dell'umidità per motori diesel
$K_{H,G}$	—	Fattore di correzione del valore di NO <sub>x</sub> in funzione dell'umidità per motori a gas
$K_V$	—	Funzione di taratura del CFV
$K_{W,a}$	—	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 il gas di scarico diluito
$K_{W,r}$	—	Fattore di correzione da secco a umido per il gas di scarico grezzo
L	%	Coppia percentuale riferita alla coppia massima per il motore di prova
$L_a$	M	Lunghezza efficace del cammino ottico
M	—	Coefficiente angolare della funzione di taratura della PDP
mass	g/h or g	Pedice indicante la portata massica o il flusso massico delle emissioni
$M_{DIL}$	Kg	Massa del campione di aria di diluizione passata attraverso i filtri di campionamento del particolato
$M_d$	Mg	Massa del campione di particolato raccolto dall'aria di diluizione
$M_f$	Mg	Massa del campione di particolato raccolto
$M_{f,p}$	Mg	Massa del campione di particolato raccolto sul filtro principale
$M_{f,b}$	Mg	Massa del campione di particolato raccolto sul filtro di sicurezza
$M_{SAM}$	Kg	Massa del campione di scarico diluito passato attraverso i filtri di campionamento del particolato
$M_{SEC}$	Kg	Massa dell'aria di diluizione secondaria
$M_{TOTW}$	Kg	Massa CVS totale nell'arco del ciclo, su umido
$M_{TOTW,i}$	Kg	Massa CVS istantanea su umido
N	%	Opacità
$N_p$	—	Giri totali della PDP su tutto il ciclo
$N_{P,i}$	—	Giri della PDP nel corso di un intervallo di tempo
N	min <sup>-1</sup>	Regime del motore
$n_p$	s <sup>-1</sup>	Velocità della PDP
$n_{hi}$	min <sup>-1</sup>	Regime alto del motore
$n_{lo}$	min <sup>-1</sup>	Regime basso del motore

<b>Simbolo</b>	<b>Unità</b>	<b>Definizione</b>
$n_{\text{ref}}$	$\text{min}^{-1}$	Regime di riferimento del motore per la prova ETC
$p_a$	kPa	Pressione di vapore di saturazione dell'aria di aspirazione del motore
$p_A$	kPa	Pressione assoluta
$p_B$	kPa	Pressione atmosferica totale
$p_d$	kPa	Pressione di vapore di saturazione dell'aria di diluizione
$p_s$	kPa	Pressione atmosferica a secco
$p_1$	kPa	Depressione all'entrata della pompa
$P(a)$	kW	Potenza assorbita dai dispositivi applicati per la prova
$P(b)$	kW	Potenza assorbita dai dispositivi rimossi per la prova
$P(n)$	kW	Potenza netta non corretta
$P(m)$	kW	Potenza misurata al banco di prova
$\Omega$	—	Costante di Bessel
$Q_s$	$\text{m}^3/\text{s}$	Portata volumica CVS
$q$	—	Rapporto di diluizione
$r$	—	Rapporto tra l'area della sezione trasversale della sonda isocinetica e quella del condotto di scarico
$R_a$	%	Umidità relativa dell'aria di aspirazione
$R_d$	%	Umidità relativa dell'aria di diluizione
$R_f$	—	Fattore di risposta del FID
$\rho$	$\text{kg}/\text{m}^3$	Densità
$S$	kW	Regolazione del dinamometro
$S_i$	$\text{m}^{-1}$	Indice di fumo istantaneo
$S_\lambda$	—	Fattore di spostamento $\lambda$
$T$	K	Temperatura assoluta
$T_a$	K	Temperatura assoluta dell'aria di aspirazione
$t$	S	Tempo di misurazione
$t_e$	S	Tempo di risposta elettrica
$t_f$	S	Tempo di risposta del filtro per la funzione di Bessel
$t_p$	S	Tempo di risposta fisica
$\Delta t$	S	Intervallo di tempo tra successivi dati di fumo (= 1/frequenza del campionamento)
$\Delta t_i$	S	Intervallo di tempo per il flusso istantaneo nel CFV
$\tau$	%	Trasmittanza del fumo
$V_0$	$\text{m}^3/\text{rev}$	Portata volumica della PDP nelle condizioni effettive
$W$	—	Indice di Wobbe
$W_{\text{act}}$	kWh	Lavoro nel ciclo effettivo dell'ETC
$W_{\text{ref}}$	kWh	Lavoro nel ciclo di riferimento dell'ETC
$WF$	—	Fattore di ponderazione
$WF_E$	—	Fattore di ponderazione effettivo
$X_0$	$\text{m}^3/\text{rev}$	Funzione di taratura della portata volumica della PDP
$Y_i$	$\text{m}^{-1}$	Indice di fumo medio di Bessel misurato su 1-s

2.31.2. *Simboli dei componenti chimici*

CH <sub>4</sub>	Metano
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Etano
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	Etanolo
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	Propano
CO	Monossido di carbonio
DOP	Diottilftalato
CO <sub>2</sub>	Biossido di carbonio
HC	Idrocarburi
NMHC	Idrocarburi diversi dal metano
NO <sub>x</sub>	Ossidi di azoto
NO	Ossido nitrico
NO <sub>2</sub>	Biossido di azoto
PT	Particolato

2.31.3. *Abbreviazioni*

CFV	Venturi a flusso critico
CLD	Rivelatore a chemiluminescenza
ELR	Prova europea di risposta al carico
ESC	Ciclo europeo in condizioni operative stazionarie
ETC	Ciclo europeo in condizioni operative transienti
FID	Rivelatore a ionizzazione di fiamma
GC	Gasromatografo
HCLD	Rivelatore a chemiluminescenza riscaldato
HFID	Rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato
GPL	Gas di petrolio liquefatto
NDIR	Analizzatore a infrarossi non dispersivo
GN	Gas naturale
NMC	Cutter idrocarburi diversi dal metano

## 3. DOMANDA DI OMOLOGAZIONE

3.1. **Domanda di omologazione di un motore in quanto entità tecnica**

3.1.1. La domanda di omologazione di un motore relativamente al livello dell'emissione di inquinanti gassosi e di particolato deve essere presentata dal costruttore del motore o da un suo mandatario.

3.1.2. La domanda deve essere accompagnata dai documenti necessari, in triplice copia. Deve includere almeno le caratteristiche fondamentali del motore di cui all'allegato 1 del presente regolamento.

3.1.3. Al servizio tecnico responsabile dell'esecuzione delle prove di omologazione definite nel punto 5 deve essere presentato un motore conforme alle caratteristiche del «tipo di motore» descritto nell'allegato 1.

3.2. **Domanda di omologazione di un tipo di veicolo relativamente al motore**

3.2.1. La domanda di omologazione di un veicolo per quanto concerne l'emissione di inquinanti gassosi e di particolato prodotti dal suo motore deve essere presentata dal costruttore del veicolo o da un suo mandatario.

- 3.2.2. La domanda deve essere accompagnata dai documenti necessari, in triplice copia, e includere almeno quanto segue:
- 3.2.2.1. caratteristiche fondamentali del motore di cui all'allegato 1;
- 3.2.2.2. descrizione dei componenti correlati al motore di cui all'allegato 1;
- 3.2.2.3. copia della scheda di comunicazione relativa all'omologazione (allegato 2A) per il tipo di motore installato.

### 3.3. **Domanda di omologazione di un tipo di veicolo con motore omologato**

- 3.3.1. La domanda di omologazione di un veicolo per quanto concerne l'emissione di inquinanti gassosi e di particolato prodotti dal motore o famiglia di motori diesel omologati e per quanto concerne il livello dell'emissione di inquinanti gassosi prodotti dal motore o famiglia di motori a gas omologati deve essere presentata dal costruttore del veicolo o da un suo mandatario.
- 3.3.2. La domanda deve essere accompagnata dai documenti necessari, in triplice copia, e dalle seguenti informazioni:
- 3.3.2.1. descrizione del tipo di veicolo e delle parti del veicolo correlate al motore compresi i dati di cui all'allegato 1, se del caso, e copia della scheda di comunicazione dell'omologazione (allegato 2a) relativa al motore o alla famiglia di motori, a seconda dei casi, in quanto entità tecnica installata nel tipo di veicolo.

## 4. OMOLOGAZIONE

### 4.1. **Omologazione per carburante universale**

Ai fini della concessione dell'omologazione per carburante universale devono essere soddisfatte le seguenti prescrizioni.

- 4.1.1. Nel caso del carburante diesel: se a norma dei punti 3.1, 3.2 o 3.3 del presente regolamento il motore o veicolo soddisfa le prescrizioni dei punti 5, 6 e 7 successivi con il carburante di riferimento specificato nell'allegato 5 del presente regolamento, l'omologazione di quel tipo di motore o veicolo deve essere concessa.
- 4.1.2. Nel caso del gas naturale si deve dimostrare che il motore capostipite è in grado di adattarsi a qualsiasi composizione di carburante reperibile sul mercato. Come gas naturale sono disponibili in genere due tipi di carburante, ad elevato potere calorifico (gas H) e a basso potere calorifico (gas L); entrambi i gruppi, tuttavia, presentano una significativa variabilità e comprendono gas che differiscono in modo significativo per quanto riguarda il contenuto energetico espresso dall'indice di Wobbe e per quanto riguarda il fattore di spostamento  $\lambda$  ( $S_\lambda$ ). Le formule per il calcolo dell'indice di Wobbe e di  $S_\lambda$  sono riportate ai punti 2.25 e 2.26. I gas naturali con fattore di spostamento  $\lambda$  compreso tra 0,89 e 1,08 ( $0,89 \leq S_\lambda \leq 1,08$ ) sono considerati come appartenenti al gruppo H, mentre i gas naturali con fattore di spostamento  $\lambda$  compreso tra 1,08 e 1,19 ( $1,08 \leq S_\lambda \leq 1,19$ ) sono considerati come appartenenti al gruppo L. La composizione dei carburanti di riferimento riflette le variazioni di  $S_\lambda$ .

Il motore capostipite deve rispettare i requisiti del presente regolamento con i carburanti di riferimento GR (carburante 1) e G25 (carburante 2), quali specificati nell'allegato 6, senza alcuna regolazione di adeguamento al carburante tra le due prove. Tuttavia, dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento su tutto un ciclo ETC senza misure. Prima della prova, il motore capostipite deve essere rodato con la procedura indicata all'appendice 2, punto 3, dell'allegato 4.

- 4.1.2.1. A richiesta del costruttore, il motore può essere provato con un terzo carburante (carburante 3) se il fattore di spostamento  $\lambda$  ( $S_\lambda$ ) è compreso tra 0,89 (ossia il gruppo inferiore del GR) e 1,19 (ossia il gruppo superiore del G25), per esempio quando il carburante 3 sia un carburante disponibile sul mercato. I risultati di questa prova possono essere utilizzati come base per la valutazione della conformità della produzione.
- 4.1.3. Nel caso di un motore alimentato a gas naturale autoadattabile al gruppo dei gas H da una parte e al gruppo dei gas L dall'altra, e che effettua il passaggio dal gruppo H al gruppo L e viceversa mediante un commutatore, il motore capostipite deve essere provato con il carburante di riferimento pertinente specificato nell'allegato 6 per ciascun gruppo, in ciascuna posizione del commutatore. I carburanti sono GR (carburante 1) e G23 (carburante 3) per il gruppo di gas H e G25 (carburante 2) e G23 (carburante 3) per il gruppo di gas L. Il motore capostipite deve essere conforme alle prescrizioni del presente regolamento in entrambe le posizioni del commutatore senza alcuna regolazione di adeguamento al carburante tra le due prove nella rispettiva posizione del commutatore. Tuttavia, dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento su tutto un ciclo ETC senza misure. Prima della prova, il motore capostipite deve essere rodato con la procedura indicata al punto 3, appendice 2 dell'allegato 4.
- 4.1.3.1. A richiesta del costruttore, il motore può essere provato con un terzo carburante invece del G23 (carburante 3) se il fattore di spostamento  $\lambda$  ( $S_\lambda$ ) è compreso tra 0,89 (ovvero il gruppo inferiore del GR) e 1,19 (ovvero il gruppo superiore del G25), per esempio quando il carburante 3 sia un carburante disponibile sul mercato. I risultati di questa prova possono essere utilizzati come base per la valutazione della conformità della produzione.
- 4.1.4. Nel caso dei motori a gas naturale, il rapporto dei risultati di emissione «r» viene determinato come segue per ciascun inquinante:

$$r = \frac{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 2}}{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 1}}$$

o

$$r_a = \frac{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 2}}{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 3}}$$

e

$$r_b = \frac{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 1}}{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 3}}$$

- 4.1.5. Nel caso del GPL, si deve dimostrare che il motore capostipite è in grado di adattarsi a qualsiasi composizione di carburante che si possa trovare sul mercato. Nel caso del GPL vi sono variazioni della composizione  $C_3/C_4$ . I carburanti di riferimento riflettono queste variazioni. Il motore capostipite deve essere conforme ai requisiti di emissione con i carburanti di riferimento A e B specificati nell'allegato 7 senza alcuna regolazione di adeguamento al carburante tra le due prove. Tuttavia, dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento su tutto un ciclo ETC senza misure. Prima della prova, il motore capostipite deve essere rodato con la procedura indicata all'appendice 2, punto 3, dell'allegato 4.
- 4.1.5.1. Il rapporto dei risultati di emissione «r» viene determinato come segue per ciascun inquinante:

$$r = \frac{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento B}}{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento A}}$$

#### 4.2. Concessione dell'omologazione per un gruppo di carburanti limitato

Ai fini della concessione dell'omologazione per un gruppo di carburanti limitato devono essere soddisfatte le seguenti prescrizioni.

##### 4.2.1. Omologazione per quanto riguarda le emissioni allo scarico di un motore funzionante con gas naturale e predisposto per funzionare o con i gas del gruppo H o con i gas del gruppo L.

Il motore capostipite deve essere provato con il carburante di riferimento pertinente specificato nell'allegato 6 per il gruppo corrispondente. I carburanti sono GR (carburante 1) e G23 (carburante 3) per i gas del gruppo H, e G25 (carburante 2) e G23 (carburante 3) per i gas del gruppo L. Il motore capostipite deve essere conforme ai requisiti del presente regolamento senza alcuna regolazione di adeguamento al carburante tra le due prove. Tuttavia, dopo il cambio del carburante è ammesso un periodo di adattamento su tutto un ciclo ETC senza misure. Prima della prova, il motore capostipite deve essere rodato con la procedura indicata all'appendice 2, punto 3, dell'allegato 4.

##### 4.2.1.1. A richiesta del costruttore, il motore può essere provato con un terzo carburante invece del G23 (carburante 3) se il fattore di spostamento $\lambda (S_{\lambda})$ è compreso tra 0,89 (ovvero il gruppo inferiore del GR) e 1,19 (ovvero il gruppo superiore del G25), per esempio quando il carburante 3 sia un carburante disponibile sul mercato. I risultati di questa prova possono essere utilizzati come base per la valutazione della conformità della produzione.

##### 4.2.1.2. Il rapporto dei risultati di emissione «r» viene determinato come segue per ciascun inquinante:

$$r = \frac{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 2}}{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 1}}$$

o

$$r_a = \frac{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 2}}{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 3}}$$

e

$$r_b = \frac{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 1}}{\text{risultato di emissione con il carburante di riferimento 3}}$$

##### 4.2.1.3. Alla consegna al cliente, il motore deve recare una targhetta (cfr. punto 4.11) indicante il gruppo di gas per il quale il motore è omologato.

##### 4.2.2. Omologazione per quanto riguarda le emissioni allo scarico di un motore funzionante a gas naturale o GPL e predisposto per funzionare con una composizione specifica di carburante.

##### 4.2.2.1. Il motore capostipite deve essere conforme ai requisiti di emissione con i carburanti di riferimento GR e G25 nel caso del gas naturale, o con i carburanti di riferimento A e B nel caso del GPL, specificati nell'allegato 7.

Tra una prova e l'altra è ammessa la registrazione del sistema di alimentazione. Questa registrazione consiste in una ritaratura della base di dati del sistema di alimentazione, senza alcuna modifica della strategia di controllo o della struttura fondamentale della base di dati. Se necessario, è ammessa la sostituzione di parti che influiscono direttamente sulla portata di carburante (come gli ugelli dell'iniettore).

##### 4.2.2.2. Se il costruttore lo desidera, il motore può essere provato con i carburanti di riferimento GR e G23 o con i carburanti di riferimento G25 e G23, nel qual caso l'omologazione è valida solo per i gas del gruppo H o per i gas del gruppo L, rispettivamente.

##### 4.2.2.3. Alla consegna al cliente, il motore deve recare una targhetta (cfr. punto 4.11) indicante la composizione del carburante per la quale il motore è stato tarato.

OMOLOGAZIONE DEI MOTORI A GN

	Punto 4.1 Concessione dell'omologazione per carburante universale	Numero di prove eseguite	Calcolo di «r»	Punto 4.2 Concessione dell'omologazione per un gruppo di carburanti limitato	Numero di prove eseguite	Calcolo di «r»
Cfr. punto 4.1.2 Motore a GN autoadattabile a qualsiasi composizione di carburante	GR (1) e G25 (2) a richiesta del costruttore il motore può essere provato con un ulteriore carburante disponibile sul mercato (3), se $S_{\lambda} = 0,89 - 1,19$	2  (max. 3)	$r = \frac{\text{carb. 2 (G25)}}{\text{carb. 1 (GR)}}$ e, se il motore è provato con un <u>ulteriore carburante</u> $r_a = \frac{\text{carb. 2 (G25)}}{\text{carb. 3 (disp. sul mercato)}}$ e $r_b = \frac{\text{carb. 1 (GR)}}{\text{carb. 3 (G23 o disp. sul mercato)}}$			
Cfr. punto 4.1.3 Motore a GN autoadattabile con commutatore	GR (1) e G23 (3) per H e G25 (2) e G23 (3) per L a richiesta del costruttore il motore può essere provato con un carburante disponibile sul mercato (3) invece del G23, se $S_{\lambda} = 0,89 - 1,19$	2 per il gruppo H e 2 per il gruppo L nella rispettiva posizione del commutatore  4	$r_b = \frac{\text{carb. 1 (GR)}}{\text{carb. 3 (G23 o disp. sul mercato)}}$ e $r_a = \frac{\text{carb. 2 (G25)}}{\text{carb. 3 (G23 o disp. sul mercato)}}$			
Cfr. punto 4.2.1 Motore a GN predisposto per funzionare con i gas del gruppo H o i gas del gruppo L				GR (1) e G23 (3) per H o G25 (2) e G23 (3) per L a richiesta del costruttore il motore può essere provato con un carburante disponibile sul mercato (3) invece del G23, se $S_{\lambda} = 0,89 - 1,19$	2 per il gruppo H o 2 per il gruppo L  2	$r_b = \frac{\text{carb. 1 (GR)}}{\text{carb. 3 (G23 o carb. sul mercato)}}$ per il gruppo H                     o $r_a = \frac{\text{carb. 2 (G25)}}{\text{carb. 3 (G23 o carb. sul mercato)}}$ per il gruppo L

	Punto 4.1 Concessione dell'omologazione per carburante universale	Numero di prove eseguite	Calcolo di «r»	Punto 4.2 Concessione dell'omologazione per un gruppo di carburanti limitato	Numero di prove eseguite	Calcolo di «r»
Cfr. punto 4.2.2 Motore a GN predisposto per funzionare con una composizione specifica di carburante				GR (1) e G25 (2), ammessa registrazione tra prova e prova a richiesta del costruttore il motore può essere provato con GR (1) e G23 (3) per H o G25 (2) e G23 (3) per L	2 o 2 per il gruppo H o 2 per il gruppo L  2	

## OMOLOGAZIONE DEI MOTORI A GPL

	Punto 4.1. Concessione dell'omologazione per carburante universale	Numero di prove eseguite	Calcolo di «r»	Punto 4.2. Concessione dell'omologazione per un gruppo di carburanti limitato	Numero di prove eseguite	Calcolo di «r»
Cfr. punto 4.1.5 Motore a GPL adattabile a qualsiasi composizione di carburante	carburante A e carburante B	2	$r = \frac{\text{carburante B}}{\text{carburante A}}$			
Cfr. punto 4.2.2 Motore a GPL predisposto per funzionare con una composizione specifica di carburante				carburante A e carburante B, ammessa la registrazione tra le prove	2	

4.3. **Omologazione di un componente di una famiglia di motori per quanto riguarda le emissioni allo scarico**

4.3.1. Con l'eccezione del caso citato al punto 4.3.2, l'omologazione di un motore capostipite viene 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 4.2.2) o lo stesso gruppo di carburanti (nel caso dei motori descritti ai punti 4.1 o 4.2) per cui è stato omologato il motore capostipite.

4.3.2. Secondo motore di prova

Nel caso di una domanda di omologazione di un motore, o di un veicolo per quanto concerne il suo motore, allorché tale motore fa parte di una famiglia di motori, se l'autorità di omologazione stabilisce che, per quanto concerne il motore capostipite scelto, la domanda presentata non rappresenta totalmente la famiglia di motori definita nel regolamento all'appendice 1, l'autorità di omologazione stessa può selezionare e provare un motore di riferimento alternativo e, se necessario, uno addizionale.

4.4. A ciascun tipo omologato deve essere assegnato un numero di omologazione. Le prime due cifre (attualmente 04, corrispondenti alla serie di emendamenti 04) indicano la serie di emendamenti che incorporano le principali modifiche tecniche più recenti apportate al regolamento alla data di rilascio dell'omologazione. Una parte contraente non può assegnare lo stesso numero a un altro tipo di motore o di veicolo.

4.5. Il rilascio, l'estensione o il rifiuto dell'omologazione o la cessazione definitiva della produzione di un tipo di motore o di veicolo ai sensi del presente regolamento devono essere comunicati alle parti dell'accordo del 1958 che applicano il presente regolamento mediante una scheda conforme al modello di cui agli allegati 2A o 2B, a seconda dei casi, del presente regolamento, indicando anche i valori misurati durante la prova.

4.6. Su ogni motore conforme a un tipo di motore omologato ai sensi del presente regolamento o su ogni veicolo conforme a un tipo di veicolo omologato ai sensi del presente regolamento deve essere apposto, in un punto ben visibile e facilmente accessibile, un marchio di omologazione internazionale costituito da:

4.6.1. un cerchio all'interno del quale è iscritta la lettera «E» seguita dal numero distintivo del paese che ha rilasciato l'omologazione <sup>(1)</sup>;

4.6.2. il numero del presente regolamento, seguito dalla lettera «R», da un trattino e dal numero di omologazione, a destra del cerchio di cui al punto 4.4.1.

<sup>(1)</sup> 1 per la Germania, 2 per la Francia, 3 per l'Italia, 4 per i Paesi Bassi, 5 per la Svezia, 6 per il Belgio, 7 per l'Ungheria, 8 per la Repubblica ceca, 9 per la Spagna, 10 per la Serbia e Montenegro, 11 per il Regno Unito, 12 per l'Austria, 13 per il Lussemburgo, 14 per la Svizzera, 15 (non assegnato), 16 per la Norvegia, 17 per la Finlandia, 18 per la Danimarca, 19 per la Romania, 20 per la Polonia, 21 per il Portogallo, 22 per la Federazione russa, 23 per la Grecia, 24 per l'Irlanda, 25 per la Croazia, 26 per la Slovenia, 27 per la Slovacchia, 28 per la Bielorussia, 29 per l'Estonia, 30 (non assegnato), 31 per la Bosnia Erzegovina, 32 per la Lettonia, 33 (non assegnato), 34 per la Bulgaria, 35 (non assegnato), 36 per la Lituania, 37 per la Turchia, 38 (non assegnato), 39 per l'Azerbaigian, 40 per l'ex repubblica iugoslava di Macedonia, 41 (non assegnato), 42 per la Comunità europea (le omologazioni sono rilasciate dagli Stati membri utilizzando il rispettivo simbolo ECE), 43 per il Giappone, 44 (non assegnato), 45 per l'Australia, 46 per l'Ucraina, 47 per il Sudafrica, 48 per la Nuova Zelanda, 49 per Cipro, 50 per Malta e 51 per la Repubblica di Corea. I numeri successivi saranno attribuiti ad altri paesi secondo l'ordine cronologico di ratifica dell'accordo sull'adozione di prescrizioni tecniche uniformi applicabili ai veicoli a motore, agli accessori ed alle parti che possono essere installati e/o utilizzati sui veicoli a motore e sulle condizioni del riconoscimento reciproco delle omologazioni rilasciate sulla base di tali prescrizioni, oppure di adesione al medesimo accordo. I numeri così assegnati.

- 4.6.3. Tuttavia, il marchio di omologazione deve contenere dopo la lettera «R» un'altra lettera che permetta di distinguere i valori limite di emissione per i quali è stata rilasciata l'omologazione. Per le omologazioni che indicano la conformità ai limiti contenuti della riga A delle appropriate tabelle di cui al punto 5.2.1, la lettera «R» deve essere seguita dal numero romano «I». Per le omologazioni che indicano la conformità ai limiti contenuti nella riga B1 delle appropriate tabelle di cui al punto 5.2.1, la lettera «R» deve essere seguita dal numero romano «II». Per le omologazioni che indicano la conformità ai limiti contenuti nella riga B2 delle appropriate tabelle di cui al punto 5.2.1, la lettera «R» deve essere seguita dal numero romano «III». Per le omologazioni che indicano la conformità ai limiti contenuti nella riga C delle appropriate tabelle di cui al punto 5.2.1, la lettera «R» deve essere seguita dal numero romano «IV».
- 4.6.3.1. Per i motori alimentati a GN il marchio di omologazione deve contenere, dopo il simbolo nazionale, un suffisso che permetta di distinguere il gruppo di gas per il quale è stata rilasciata l'omologazione. Tale marcatura deve essere:
- 4.6.3.1.1. H se il motore è omologato e tarato per gas del gruppo H;
- 4.6.3.1.2. L se il motore è omologato e tarato per gas del gruppo L;
- 4.6.3.1.3. HL se il motore è omologato e tarato per gas dei gruppi H e L;
- 4.6.3.1.4. Ht se il motore è omologato e tarato per una specifica composizione di gas del gruppo H e può essere trasformato per utilizzare un altro specifico gas del gruppo H mediante registrazione dell'alimentazione del motore;
- 4.6.3.1.5. Lt se il motore è omologato e tarato per una specifica composizione di gas del gruppo L e può essere trasformato per utilizzare un altro specifico gas del gruppo L mediante registrazione dell'alimentazione del motore;
- 4.6.3.1.6. HLt se il motore è omologato e tarato per una specifica composizione di gas del gruppo H o del gruppo L e può essere trasformato per utilizzare un altro specifico gas del gruppo H o del gruppo L mediante registrazione dell'alimentazione del motore.
- 4.7. Se il veicolo o motore è conforme a un tipo omologato a norma di uno o più regolamenti allegati all'accordo, nel paese che ha concesso l'omologazione a norma del presente regolamento, non è necessario ripetere il simbolo di cui al punto 4.6.1; in tal caso i numeri di regolamento e di omologazione e i simboli supplementari di tutti i regolamenti a norma dei quali è stata concessa l'omologazione in forza del presente regolamento sono indicati in colonne verticali a destra del simbolo di cui al punto 4.6.1.
- 4.8. Il marchio di omologazione deve essere collocato sulla targhetta dati apposta dal costruttore sul tipo omologato, o accanto ad essa.
- 4.9. Nell'allegato 3 del presente regolamento figurano alcuni esempi di disposizione dei marchi di omologazione.
- 4.10. Il motore omologato come entità tecnica deve recare, oltre al marchio omologato:
- 4.10.1. il marchio o la denominazione commerciale del costruttore del motore;
- 4.10.2. la descrizione commerciale del costruttore.

#### 4.11. **Targhette**

Nel caso di motori alimentati a GN o GPL con omologazione limitata ad un gruppo di carburanti particolare, si possono applicare le seguenti targhette:

##### 4.11.1. *Contenuto*

Le targhette devono riportare le seguenti informazioni:

Nel caso del punto 4.2.1.3, la targhetta deve riportare la dicitura «USARE SOLO GAS NATURALE GRUPPO H». Se del caso, sostituire «H» con «L».

Nel caso del punto 4.2.2.3, la targhetta deve riportare la dicitura «USARE SOLO GAS NATURALE DI COMPOSIZIONE ...» o «USARE SOLO GAS DI PETROLIO LIQUEFATTO DI COMPOSIZIONE ...» secondo il caso. La targhetta deve riportare tutte le informazioni indicate nelle appropriate tabelle degli allegati 6 o 7, con i singoli costituenti e i limiti specificati dal costruttore del motore.

Le lettere e le cifre devono avere un'altezza di almeno 4 mm.

*Nota:* Se per mancanza di spazio non è possibile applicare tale targhetta, si può utilizzare un codice semplificato. In tal caso note esplicative contenenti tutte le suddette informazioni devono essere facilmente accessibili per la persona che riempie il serbatoio o esegue la manutenzione o riparazione del motore e dei suoi accessori, nonché per le autorità interessate. L'ubicazione e il contenuto di dette note esplicative saranno stabiliti di concerto dal costruttore e dall'autorità che rilascia l'omologazione.

##### 4.11.2. *Proprietà*

Le targhette devono essere in grado di durare per tutta la vita utile del motore e devono essere chiaramente leggibili e indelebili. Inoltre, devono essere apposte in modo tale che il loro fissaggio abbia una durata pari alla vita utile del motore e che non sia possibile asportarle senza distruggerle o cancellarle.

##### 4.11.3. *Posizionamento*

Le targhette devono essere fissate ad una parte del motore necessaria per il normale funzionamento dello stesso e che in linea di massima non deve essere sostituita per tutta la vita del motore. Inoltre, devono essere posizionate in modo da essere facilmente visibili per una persona di altezza media dopo che il motore è stato completato con tutti i dispositivi occorrenti per il suo funzionamento.

4.12. Se la domanda di omologazione riguarda un tipo di veicolo relativamente al suo motore, la marcatura specificata al punto 4.11 deve essere apposta anche in prossimità del bocchettone del carburante.

4.13. Se la domanda di omologazione riguarda un tipo di veicolo con motore omologato, la marcatura specificata al punto 4.11 deve essere apposta anche in prossimità del bocchettone del carburante.

## 5. PRESCRIZIONI E PROVE

### 5.1. **Prescrizioni generali**

#### 5.1.1. *Dispositivo di controllo delle emissioni*

5.1.1.1. I componenti che possono influire sull'emissione di inquinanti gassosi e di particolato da motori diesel e sull'emissione di inquinanti gassosi da motori a gas devono essere progettati, costruiti, montati e installati in modo che, in condizioni d'uso normali, il motore sia conforme alle prescrizioni del presente regolamento.

- 5.1.2. *Funzioni del dispositivo di controllo delle emissioni*
- 5.1.2.1. L'utilizzo di un impianto di manipolazione e/o di una strategia contraddittoria di controllo delle emissioni è vietato.
- 5.1.2.2. Sul motore o veicolo può essere montato un dispositivo di controllo ausiliario purché esso:
- 5.1.2.2.1. funzioni soltanto al di fuori delle condizioni di cui al punto 5.1.2.4, o
- 5.1.2.2.2. sia attivato soltanto temporaneamente nelle condizioni di cui al punto 5.1.2.4. per scopi quali la protezione contro i danni del motore, la protezione del dispositivo di trattamento dell'aria, la gestione dei fumi, l'avviamento a freddo o il riscaldamento, o
- 5.1.2.2.3. sia attivato soltanto da segnali a bordo per scopi quali la sicurezza di funzionamento e strategie di recupero della funzionalità in condizioni degradate.
- 5.1.2.3. L'uso di un dispositivo, una funzione, un sistema o un mezzo di controllo del motore operante nelle condizioni specificate al punto 5.1.2.4 e che abbia per effetto l'uso di una strategia di controllo del motore diversa o modificata rispetto a quella abitualmente impiegata durante i cicli applicabili di prova delle emissioni è consentito se, conformemente ai requisiti di cui ai punti 5.1.3 e/o 5.1.4, è pienamente dimostrato che non ne consegue una riduzione dell'efficacia del sistema di controllo delle emissioni. In ogni altro caso, tali dispositivi sono considerati impianti di manipolazione.
- 5.1.2.4. Le condizioni d'uso di cui al punto 5.1.2.2 in regime stazionario e in regime transitorio sono le seguenti:
- i) altitudine non superiore a 1 000 metri (o equivalente pressione atmosferica di 90 kPa),
  - ii) temperatura ambiente compresa entro 283 e 303 K (10-30 °C),
  - iii) temperatura del liquido di raffreddamento del motore compresa tra 343 e 368 K (70-95 °C).

5.1.3. *Requisiti speciali per i sistemi elettronici di controllo delle emissioni*

5.1.3.1. Documentazione richiesta

Il costruttore fornisce una documentazione che illustra le caratteristiche principali del sistema e i mezzi con i quali esso controlla, direttamente o indirettamente, le sue variabili d'uscita.

La documentazione consta di due parti:

- a) la documentazione ufficiale, fornita al servizio tecnico al momento della presentazione della domanda di omologazione, comprende una descrizione completa del sistema. Tale documentazione può essere sommaria, purché dimostri che sono stati identificati tutti gli «output» permessi da una matrice ottenuta dalla gamma di controllo dei singoli «input» unitari. Tali informazioni sono accluse alla documentazione richiesta nel punto 3 del presente regolamento;
- b) materiale supplementare indicante i parametri che sono modificati da ogni dispositivo ausiliario di controllo e le condizioni limite in cui funziona il dispositivo. Il materiale supplementare comprende una descrizione della logica di controllo dell'impianto del carburante, delle strategie di fasatura e dei punti di commutazione in tutti i modi di funzionamento.

Il materiale supplementare indica inoltre i motivi alla base dell'utilizzo di ogni dispositivo di controllo ausiliario e dati relativi a prove che dimostrino l'effetto sulle emissioni di gas di scarico di ogni dispositivo di controllo ausiliario installato sul motore o sul veicolo.

Questo materiale supplementare è strettamente riservato e resta in possesso del costruttore, ma può essere oggetto di verifica al momento dell'omologazione o in qualsiasi momento nel corso del periodo di validità dell'omologazione.

- 5.1.4. Nel verificare se una strategia o una misura sia da considerarsi un dispositivo di manipolazione o una strategia contraddittoria di controllo delle emissioni, secondo le definizioni date ai punti 2.28 e 2.30, l'autorità di omologazione e/o il servizio tecnico possono richiedere una prova aggiuntiva per l'individuazione degli NO<sub>x</sub> mediante la prova ETC, che può essere eseguita congiuntamente alla prova di omologazione o alle procedure di controllo della conformità della produzione.
- 5.1.4.1. In alternativa a quanto disposto nell'appendice 4 dell'allegato 4 del presente regolamento, per la prova ETC di individuazione delle emissioni di NO<sub>x</sub> può essere utilizzato un campione di gas di scarico grezzo seguendo le prescrizioni tecniche della norma ISO FDIS 16 183 del 15 settembre 2001.
- 5.1.4.2. Nel verificare se una strategia o una misura sia da considerarsi un dispositivo di manipolazione o una strategia contraddittoria di controllo delle emissioni, secondo le definizioni date ai punti 2.28 e 2.30 è ammesso un margine addizionale del 10 per cento per il valore limite di NO<sub>x</sub> appropriato.
- 5.2. Per l'omologazione in base alla riga A delle tabelle di cui al punto 5.2.1, le emissioni sono determinate mediante le prove ESC e ELR sui motori diesel convenzionali, inclusi quelli provvisti di dispositivi elettronici di iniezione del carburante, ricircolo del gas di scarico (EGR) e/o catalizzatori di ossidazione. I motori diesel provvisti di sistemi avanzati di post-trattamento dei gas di scarico, come catalizzatori deNO<sub>x</sub> e/o trappole del particolato, devono inoltre essere sottoposti alla prova ETC.

Per le prove di omologazione in base alle righe B1 o B2 o alla riga C delle tabelle di cui al punto 5.2.1 le emissioni sono determinate mediante le prove ESC, ELR ed ETC.

Per i motori a gas le emissioni gassose sono determinate mediante la prova ETC.

Le procedure di prova ESC ed ELR sono descritte nell'allegato 4, appendice 1; la procedura di prova ETC nell'allegato 4, appendici 2 e 3.

Le emissioni di inquinanti gassosi e di particolato prodotte dal motore sottoposto a prova, se del caso, devono essere misurate mediante il metodo descritto all'allegato 4. L'allegato 4, appendice 4 descrive i sistemi raccomandati di analisi degli inquinanti gassosi e del particolato e i sistemi raccomandati di campionamento del particolato. Il servizio tecnico può approvare altri sistemi o analizzatori se questi danno risultati equivalenti. Per ogni singolo laboratorio, l'equivalenza è data quando i risultati di prova corrispondono con un'approssimazione di  $\pm 5\%$  ai risultati di prova di uno dei sistemi di riferimento qui descritti. Per le emissioni di particolato, è riconosciuto come sistema di riferimento solo il sistema di diluizione a flusso totale. Ai fini dell'introduzione di un nuovo sistema nel regolamento, la determinazione dell'equivalenza deve basarsi sul calcolo di ripetibilità e riproducibilità con una prova interlaboratorio, così come descritta nella ISO 5725.

#### 5.2.1. Valori limite

La massa specifica del monossido di carbonio, degli idrocarburi totali, degli ossidi di azoto e del particolato, determinate secondo la prova ESC, e l'opacità del fumo, determinata secondo la prova ELR, non devono superare i valori indicati nella tabella 1.

Per i motori diesel sottoposti anche alla prova ETC, e specificamente per i motori a gas, le masse specifiche del monossido di carbonio, degli idrocarburi diversi dal metano, del metano (se del caso), degli ossidi di azoto e del particolato (se del caso) non devono superare i valori indicati nella tabella 2.

Tabella 1

## Valori limite – prove ESC ed ELR

Riga	Massa di monossido di carbonio (CO)g/kWh	Massa di idrocarburi (HC)g/kWh	Massa di ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> )g/kWh	Massa di particolato (PT)g/kWh	Fumo m <sup>-1</sup>
A (2000)	2,1	0,66	5,0	0,10 0,13 <sup>(a)</sup>	0,8
B1 (2005)	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
B2 (2008)	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5
C (EEV)	1,5	0,25	2,0	0,02	0,15

<sup>(a)</sup> Per motori aventi cilindrata inferiore a 0,75 dm<sup>3</sup> per cilindro e regime nominale superiore a 3 000 min<sup>-1</sup>.

Tabella 2

Valori limite – prove ETC <sup>(b)</sup>

Riga	Massa di monossido di carbonio (CO) g/kWh	Massa di idrocarburi diversi dal metano (NMHC) g/kWh	Massa di metano (CH <sub>4</sub> ) <sup>(c)</sup> g/kWh	Massa di ossidi di azoto (NO <sub>x</sub> ) g/kWh	Massa di particolato(PT) <sup>(d)</sup> g/kWh
A (2000)	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16 0,21 <sup>(a)</sup>
B1 (2005)	4,0	0,55	1,1	3,5	0,03
B2 (2008)	4,0	0,55	1,1	2,0	0,03
C (EEV)	3,0	0,40	0,65	2,0	0,02

<sup>(a)</sup> Per motori aventi cilindrata inferiore a 0,75 dm<sup>3</sup> per cilindro e regime nominale superiore a 3 000 min<sup>-1</sup>.

<sup>(b)</sup> Le condizioni per verificare l'accettabilità delle prove ETC (cfr. allegato 4, appendice 2, punto 3.9) durante la misurazione delle emissioni prodotte da motori a gas rispetto ai valori limite applicabili di cui alla riga A devono essere riesaminate ed eventualmente modificate secondo la procedura istituita nella risoluzione consolidata R.E.3.

<sup>(c)</sup> Solo per i motori a GN.

<sup>(d)</sup> Non si applica ai motori a gas nella fase A e nelle fasi B1 e B2.

## 5.2.2. Misura degli idrocarburi per i motori diesel e a gas

5.2.2.1. Il costruttore può scegliere di misurare la massa degli idrocarburi totali (THC) nella prova ETC invece di misurare la massa degli idrocarburi totali diversi dal metano. In tal caso, il limite relativo alla massa degli idrocarburi totali è uguale a quello indicato nella tabella 2 per la massa degli idrocarburi diversi dal metano.

## 5.2.3. Prescrizioni specifiche per i motori diesel

5.2.3.1. La massa specifica degli ossidi di azoto misurata nei punti di controllo casuali all'interno dell'area di controllo della prova ESC non deve superare di oltre il 10 per cento i valori interpolati dalle modalità di prova adiacenti (cfr. allegato 4, appendice 1, punti 4.6.2 e 4.6.3).

5.2.3.2. L'indice di fumo al regime di prova casuale dell'ELR non deve superare il più alto degli indici di fumo dei due regimi di prova adiacenti di oltre il 20 per cento, o il valore limite di oltre il 5 per cento; si considera il valore più alto.

6. INSTALLAZIONE SUL VEICOLO
  - 6.1. Il motore deve essere installato sul veicolo in modo da rispettare le seguenti caratteristiche concernenti l'omologazione del motore.
    - 6.1.1. La depressione di aspirazione non deve superare quella specificata nell'allegato 2A per il motore omologato.
    - 6.1.2. La contropressione allo scarico non deve superare quella specificata nell'allegato 2A per il motore omologato.
    - 6.1.3. La potenza assorbita dai dispositivi necessari per il funzionamento del motore non deve superare quella specificata nell'allegato 2A per il motore omologato.

## 7. FAMIGLIA DI MOTORI

### 7.1. **Parametri che definiscono la famiglia di motori**

La famiglia di motori, determinata dal costruttore del motore, può essere definita in base a caratteristiche fondamentali che devono essere comuni a tutti i motori della famiglia. In alcuni casi si possono avere interazioni fra i parametri. Affinché in una famiglia di motori siano inclusi solo motori con caratteristiche di emissione allo scarico simili, occorre tenere conto anche di questi effetti.

Perché motori differenti siano considerati appartenenti alla stessa famiglia di motori, essi devono avere in comune i parametri fondamentali del seguente elenco.

- 7.1.1. Ciclo di combustione:
  - 2 tempi
  - 4 tempi
- 7.1.2. Fluido di raffreddamento:
  - aria
  - acqua
  - olio
- 7.1.3. Per motori a gas e per motori con post-trattamento
  - numero di cilindri

(altri motori diesel con un numero di cilindri minore rispetto al motore capostipite possono essere considerati come appartenenti alla stessa famiglia di motori se il sistema di alimentazione dosa il carburante per ogni singolo cilindro).
- 7.1.4. Cilindrata unitaria:
  - i motori devono rientrare in una fascia totale di variazione del 15 per cento.
- 7.1.5. Metodo di aspirazione dell'aria:
  - aspirazione naturale
  - con sovralimentazione
  - con sovralimentazione e dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione

- 7.1.6. Tipo/disegno della camera di combustione:
  - pre-camera
  - camera di turbolenza
  - camera aperta
- 7.1.7. Valvole e luci – configurazione, dimensione e numero:
  - testata cilindri
  - parete cilindri
  - basamento motore
- 7.1.8. Sistema di iniezione del carburante (motori diesel):
  - iniettore a pompa
  - pompa in linea
  - pompa distributore
  - elemento singolo
  - iniettore unitario
- 7.1.9. Sistema di alimentazione (motori a gas):
  - unità di miscelazione
  - induzione/iniezione di gas (punto singolo, punti multipli)
  - iniezione di liquido (punto singolo, punti multipli)
- 7.1.10. Sistema di accensione (motori a gas)
- 7.1.11. Varie:
  - ricircolo dei gas di scarico
  - iniezione/emulsione di acqua
  - iniezione d'aria secondaria
  - sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione
- 7.1.12. Post-trattamento dei gas di scarico:
  - catalizzatore a tre vie
  - catalizzatore di ossidazione
  - catalizzatore di riduzione
  - reattore termico
  - trappola del particolato

## 7.2. Scelta del motore capostipite

### 7.2.1. Motori diesel

Il criterio principale in base a cui deve essere scelto il motore capostipite della famiglia è rappresentato dalla 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. In certi casi, l'autorità omologante può ritenere che il caso peggiore per quanto riguarda il livello delle emissioni di una famiglia possa essere caratterizzato meglio provando un secondo motore. Pertanto l'autorità omologante può scegliere un secondo motore da sottoporre a prova, sulla base di caratteristiche che indicano che esso può presentare i livelli massimi di emissioni all'interno di quella famiglia di motori.

Se la famiglia comprende motori che presentano altre caratteristiche variabili che probabilmente incidono sulle emissioni allo scarico, anche queste caratteristiche devono essere identificate e considerate nella scelta del motore capostipite.

### 7.2.2. Motori a gas

Il criterio principale in base a cui deve essere scelto il motore capostipite della famiglia è rappresentato dalla cilindrata più elevata. Nel caso in cui due o più motori condividano questo criterio principale, il motore capostipite deve essere scelto utilizzando i criteri secondari nel seguente ordine:

- quantità più elevata di carburante erogata per ogni corsa al regime di potenza nominale dichiarato;
- fasatura di accensione più avanzata;
- tasso più basso di EGR;
- mancanza di pompa dell'aria o pompa con il più basso flusso effettivo d'aria.

In certi casi, l'autorità omologante può ritenere che il caso peggiore per quanto riguarda il livello delle emissioni di una famiglia possa essere caratterizzato meglio provando un secondo motore. Pertanto l'autorità omologante può scegliere un secondo motore da sottoporre a prova, sulla base di caratteristiche che indicano che esso può presentare i livelli massimi di emissioni all'interno di quella famiglia di motori.

## 8. CONFORMITÀ DELLA PRODUZIONE

Le procedure intese a garantire la conformità della produzione devono rispettare le disposizioni dell'appendice 2 dell'accordo (E/ECE/324-E/ECE/TRANS/505/Rev.2), nonché le disposizioni seguenti.

- 8.1. Ogni motore o veicolo recante il marchio di omologazione prescritto ai sensi del presente regolamento deve essere costruito in modo da risultare conforme, con riferimento alla descrizione riportata nella scheda di omologazione e nei relativi allegati, al tipo omologato.
- 8.2. In linea di principio, la conformità della produzione relativamente alla limitazione delle emissioni viene controllata sulla base della descrizione riportata nella scheda di omologazione e nei relativi allegati.
- 8.3. Se si deve eseguire la misurazione delle emissioni inquinanti e se per l'omologazione di un motore sono previste una o più estensioni, le prove sono eseguite sul motore o sui motori descritti nel fascicolo informativo riguardante l'estensione in esame.
- 8.3.1. Conformità del motore per la prova delle emissioni inquinanti:

Dopo la presentazione all'autorità, il costruttore non può eseguire alcuna regolazione sui motori selezionati.

8.3.1.1. Si scelgono a caso tre motori della serie. I motori sottoposti soltanto alle prove ESC ed ELR o soltanto alla prova ETC per l'omologazione in base alla riga A delle tabelle del punto 5.2.1 devono essere sottoposti alle prove previste in modo specifico per il controllo della conformità della produzione. Con l'assenso dell'autorità competente tutti gli altri motori omologati in base alle righe A, B1 o B2, o C delle tabelle del punto 5.2. sono sottoposti ai cicli di prova ESC ed ELR o al ciclo ETC per il controllo della conformità della produzione. I valori limite sono indicati al punto 5.2.1 del regolamento.

8.3.1.2. Se l'autorità competente è soddisfatta della deviazione standard della produzione indicata dal costruttore, le prove sono eseguite secondo l'appendice 1 del presente regolamento.

Se l'autorità competente non è soddisfatta della deviazione standard della produzione indicata dal costruttore, le prove sono eseguite secondo l'appendice 2 del presente regolamento.

Su richiesta del costruttore, le prove possono essere effettuate secondo l'appendice 3 del presente regolamento.

8.3.1.3. La produzione di una serie è considerata conforme o non conforme sulla base di una prova dei motori mediante campionamento, quando siano stati ottenuti rispettivamente un'accettazione per tutti gli inquinanti o un rifiuto per un inquinante, secondo i criteri di prova applicati nella rispettiva appendice.

Quando sia stata raggiunta una decisione di accettazione per un inquinante, questa non è modificata da eventuali altre prove eseguite per giungere a una decisione in merito agli altri inquinanti.

Quando non sia stata adottata una decisione di accettazione per tutti gli inquinanti ma non sia stato registrato alcun rifiuto per un inquinante, la prova è eseguita su un altro motore (cfr. figura 2).

Il costruttore può decidere in qualunque momento di interrompere le prove se non viene presa alcuna decisione, nel qual caso viene registrato un rifiuto.

8.3.2. Le prove sono eseguite su motori nuovi. I motori alimentati a gas devono essere rodati utilizzando la procedura definita nel punto 3 dell'appendice 2 dell'allegato 4.

8.3.2.1. Tuttavia, a richiesta del costruttore, le prove possono essere eseguite su motori diesel o a gas rodati per un periodo di tempo superiore a quello indicato al punto 8.4.2.2, fino ad un massimo di 100 ore di rodaggio. In questo caso il rodaggio è effettuato dal costruttore che deve impegnarsi a non eseguire alcuna regolazione su detti motori.

8.3.2.2. Se il costruttore chiede di eseguire un rodaggio in conformità del punto 8.4.2.2.1, questo può venire effettuato:

— su tutti i motori sottoposti a prova,

oppure

— sul primo motore sottoposto a prova, determinando un coefficiente di evoluzione calcolato come segue:

— le emissioni di inquinanti sono misurate a zero e a «x» ore sul primo motore sottoposto a prova,

- il coefficiente di evoluzione delle emissioni tra zero e «x» ore è calcolato per ciascun inquinante:

$$\frac{\text{Emissioni «x» ore}}{\text{Emissioni zero ore}}$$

Il coefficiente può essere inferiore a 1.

Gli altri motori non sono sottoposti al rodaggio, ma alle loro emissioni a zero ore è applicato il coefficiente di evoluzione.

In questo caso, i valori da considerare sono:

- i valori ad «x» ore per il primo motore,
- i valori a zero ore moltiplicati per il coefficiente di evoluzione per i motori successivi.

8.3.2.3 Per i motori diesel e a GPL, tutte queste prove possono essere eseguite con carburante normalmente in commercio. Tuttavia, a richiesta del costruttore, possono essere utilizzati i carburanti di riferimento descritti negli allegati 5 o 7. In questo caso, come descritto al punto 4 del presente allegato, le prove devono essere eseguite con almeno due carburanti di riferimento per ogni motore a gas.

8.3.2.4 Per i motori a GN, tutte queste prove possono essere eseguite con carburante normalmente in commercio nel modo seguente:

- i) per motori marcati H, con un carburante normalmente in commercio del gruppo H ( $0,89 \leq S_{\lambda} \leq 1,00$ );
- ii) per motori marcati L, con un carburante normalmente in commercio del gruppo L ( $1,00 \leq S_{\lambda} \leq 1,19$ );
- iii) per motori marcati HL, con un carburante normalmente in commercio del gruppo estremo del fattore di spostamento 8 ( $0,89 \leq S_{\lambda} \leq 1,19$ ).

Tuttavia, a richiesta del costruttore, possono essere utilizzati i carburanti di riferimento descritti nell'allegato 6. In questo caso le prove sono eseguite conformemente al punto 4 del presente allegato.

8.3.2.5 In caso di controversia allorché utilizzando un carburante normalmente in commercio venga rilevata la non conformità di un motore a gas, le prove devono essere eseguite con il carburante di riferimento con il quale è stato provato il motore capostipite, o con l'eventuale carburante aggiuntivo 3 di cui ai punti 4.1.3.1 e 4.2.1 con i quali potrebbe essere stato provato il motore capostipite. I risultati devono poi essere convertiti mediante un calcolo che applica gli appropriati fattori «r», «ra» o «rb» come descritto nei punti 4.1.3.2, 4.1.5.1 e 4.2.1.2. Se r, ra o rb sono inferiori ad 1, non si effettua alcuna correzione. I risultati misurati e i risultati calcolati devono dimostrare che il motore rispetta i valori limite con tutti i carburanti pertinenti (carburanti 1, 2 e, se applicabile, carburante 3 nel caso dei motori a gas naturale e carburanti A e B nel caso dei motori a GPL).

8.3.2.6 Le prove per accertare la conformità della produzione di un motore a gas predisposto per funzionare con una composizione specifica del carburante devono essere eseguite sul carburante per il quale il motore è stato tarato.

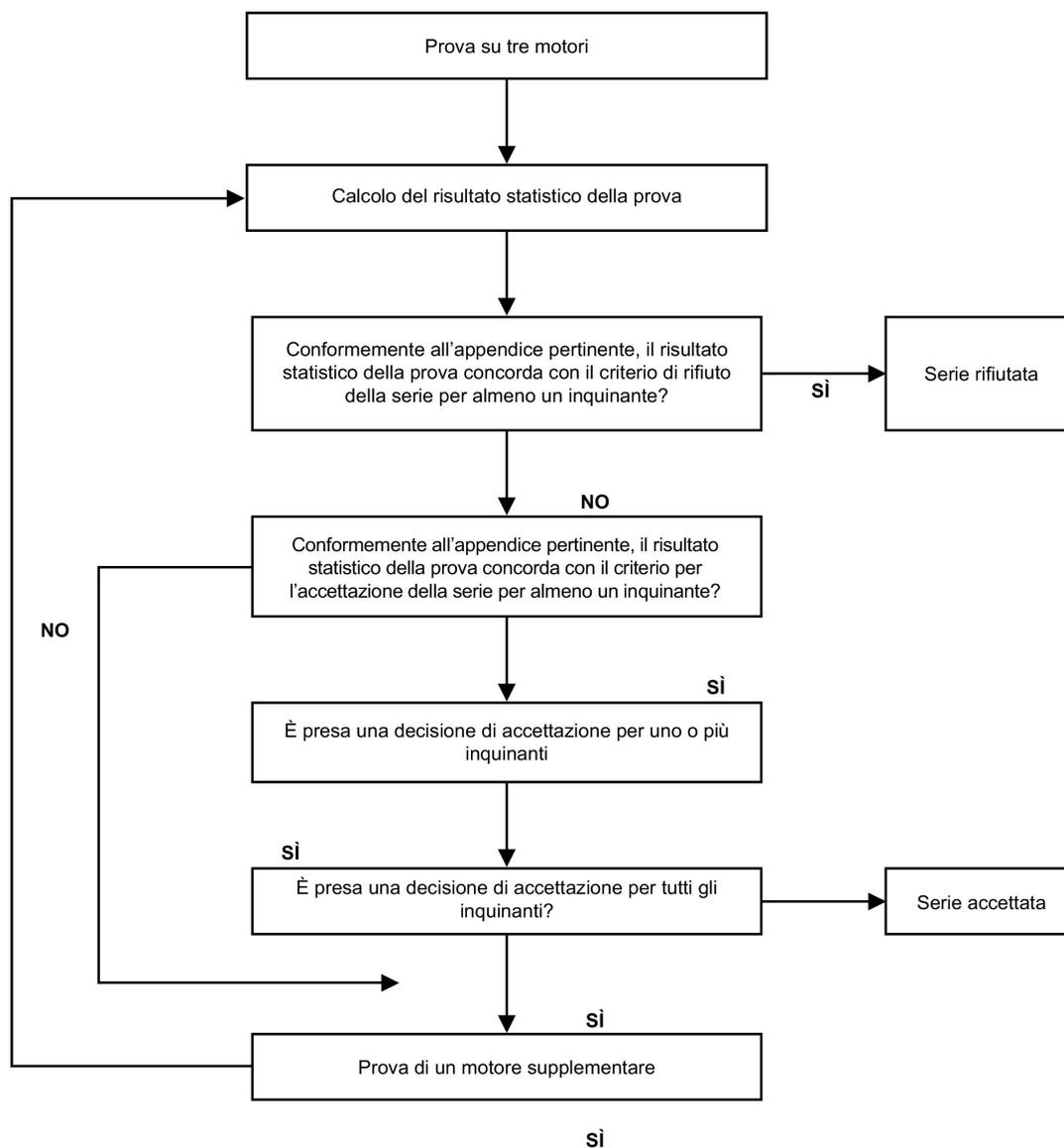


Figura 2: Schema della prova di conformità della produzione

## 9. SANZIONI IN CASO DI NON CONFORMITÀ DELLA PRODUZIONE

- 9.1. L'omologazione di un tipo di motore o di veicolo rilasciata in forza del presente regolamento può essere revocata se non sono soddisfatte le prescrizioni indicate al punto 7.1 o se i motori o i veicoli in questione non superano le prove di cui al punto 7.4.
- 9.2. Se una delle parti contraenti dell'accordo del 1958 che applica il presente regolamento revoca un'omologazione precedentemente concessa, deve informarne immediatamente le altre parti contraenti che applicano il presente regolamento per mezzo di una scheda di comunicazione conforme al modello che figura negli allegati 2A o 2B del presente regolamento.

10. MODIFICA ED ESTENSIONE DELL'OMOLOGAZIONE DEL TIPO OMOLOGATO
- 10.1. Qualsiasi modifica del tipo omologato deve essere comunicata al servizio amministrativo che ha rilasciato l'omologazione. Detto servizio può:
- 10.1.1. ritenere che le modifiche effettuate non avranno verosimilmente ripercussioni negative di rilievo e che in ogni caso il tipo modificato sia ancora conforme alle prescrizioni; oppure
- 10.1.2. richiedere un ulteriore verbale di prova al servizio tecnico incaricato delle prove.
- 10.2. La conferma o il rifiuto dell'omologazione, con l'indicazione delle modifiche apportate, devono essere comunicati alle parti contraenti dell'accordo che applicano il presente regolamento per mezzo della procedura indicata nel punto 4.3 precedente.
- 10.3. L'autorità competente che rilascia un'estensione di omologazione assegna un numero di serie all'estensione e ne informa le altre parti dell'accordo del 1958 che applicano il presente regolamento per mezzo di una scheda di comunicazione conforme al modello che figura negli allegati 2A o 2B del presente regolamento.
11. CESSAZIONE DEFINITIVA DELLA PRODUZIONE
- Se il titolare di un'omologazione cessa completamente la produzione del tipo omologato ai sensi del presente regolamento, ne informa l'autorità che ha rilasciato l'omologazione. A seguito di tale comunicazione, l'autorità informa le altre parti contraenti dell'accordo del 1958 che applicano il presente regolamento per mezzo di una scheda di comunicazione conforme al modello che figura negli allegati 2A o 2B del presente regolamento.
12. DISPOSIZIONI TRANSITORIE
- 12.1. **Disposizioni generali**
- 12.1.1. Dalla data ufficiale di entrata in vigore della serie 04 di emendamenti nessuna delle parti contraenti che applicano il presente regolamento potrà rifiutare di rilasciare un'omologazione CEE a norma del presente regolamento modificato dalla serie 04 di emendamenti.
- 12.1.2. Dalla data di entrata in vigore della serie 04 di emendamenti, le parti contraenti che applicano il presente regolamento rilasciano le omologazioni CEE unicamente se il motore è conforme alle prescrizioni del presente regolamento modificato dalla serie 04 di emendamenti.
- Il motore deve essere sottoposto alle prove pertinenti indicate al punto 5.2 del presente regolamento e, ai sensi dei punti 12.2.1, 12.2.2 e 12.2.3 successivi, soddisfare i limiti di emissione pertinenti indicati nel punto 5.2.1 del presente regolamento.
- 12.2. **Nuove omologazioni**
- 12.2.1. Fatte salve le disposizioni del punto 12.4.1, dalla data di entrata in vigore della serie 04 di emendamenti del presente regolamento, le parti contraenti che applicano il presente regolamento concedono l'omologazione CEE unicamente se il motore è conforme ai limiti di emissione pertinenti indicati nelle righe A, B1, B2 o C delle tabelle di cui al punto 5.2.1 del presente regolamento.
- 12.2.2. Fatte salve le disposizioni del punto 12.4.1, dal 1 ottobre 2005 le parti contraenti che applicano il presente regolamento concedono l'omologazione CEE unicamente se il motore è conforme ai limiti di emissione pertinenti indicati nelle righe B1, B2 o C delle tabelle di cui al punto 5.2.1 del presente regolamento.

- 12.2.3. Fatte salve le disposizioni del punto 12.4.1, dal 1 ottobre 2008 le parti contraenti che applicano il presente regolamento concedono l'omologazione CEE unicamente se il motore è conforme ai requisiti di emissione pertinenti indicati nelle righe B2 o C delle tabelle di cui al punto 5.2.1 del presente regolamento.

### 12.3. **Limite di validità delle vecchie omologazioni**

- 12.3.1. Ad eccezione delle disposizioni dei punti 12.3.2 e 12.3.3, dalla data ufficiale di entrata in vigore della serie 04 di emendamenti, le omologazioni rilasciate in forza del presente regolamento modificato dalla serie 03 di emendamenti cessano di essere valide a meno che la parte contraente che ha rilasciato l'omologazione notifichi alle altre parti contraenti che applicano il presente regolamento che il tipo di motore omologato soddisfa le prescrizioni del presente regolamento modificato dalla serie 04 di emendamenti, conformemente al punto 12.2.1 precedente.

#### 12.3.2. *Estensione dell'omologazione*

- 12.3.2.1. I punti 12.3.2.2 e 12.3.2.3 si applicano soltanto ai motori ad accensione spontanea nuovi e ai veicoli nuovi azionati da un motore ad accensione spontanea che sono stati omologati in base ai requisiti di cui alla riga A delle tabelle figuranti al punto 5.2.1 del presente regolamento.

- 12.3.2.2. In alternativa a quanto disposto ai punti 5.1.3 e 5.1.4, il costruttore può presentare al servizio tecnico i risultati di una prova di individuazione degli NO<sub>x</sub> mediante la prova ETC sul motore conforme alle caratteristiche del motore capostipite descritte nell'allegato 1 e tenendo conto delle disposizioni di cui ai punti 5.1.4.1 e 5.1.4.2. Il costruttore deve inoltre dichiarare per iscritto che il motore non utilizza un impianto di manipolazione o una strategia contraddittoria di controllo delle emissioni, definiti al punto 2 del presente regolamento.

- 12.3.2.3. Il costruttore deve dichiarare per iscritto che i risultati della prova di individuazione degli NO<sub>x</sub> e la dichiarazione per il motore capostipite di cui al punto 5.1.4 si applicano anche a tutti i tipi di motore della famiglia di motori descritta nell'allegato 1.

#### 12.3.3. *Motori a gas*

Dal 1 ottobre 2003, le omologazioni dei motori a gas rilasciate in applicazione del presente regolamento modificato dalla serie 03 di emendamenti cessano di essere valide a meno che la parte contraente che ha rilasciato l'omologazione notifichi alle altre parti contraenti che applicano il presente regolamento che il tipo di motore omologato soddisfa i requisiti del presente regolamento modificato dalla serie 04 di emendamenti, conformemente al punto 12.2.1 precedente.

- 12.3.4. Dal 1 ottobre 2006, le omologazioni rilasciate in applicazione del presente regolamento modificato dalla serie 04 di emendamenti cessano di essere valide a meno che la parte contraente che ha rilasciato l'omologazione notifichi alle altre parti contraenti che applicano il presente regolamento che il tipo di motore omologato soddisfa i requisiti del presente regolamento modificato dalla serie 04 di emendamenti, conformemente al punto 12.2.2 precedente.

- 12.3.5. Dal 1 ottobre 2009, le omologazioni rilasciate in applicazione del presente regolamento modificato dalla serie 04 di emendamenti cessano di essere valide a meno che la parte contraente che ha rilasciato l'omologazione notifichi alle altre parti contraenti che applicano il presente regolamento che il tipo di motore omologato soddisfa i requisiti del presente regolamento modificato dalla serie 04 di emendamenti, conformemente al punto 12.2.3 precedente.

### 12.4. **Pezzi di ricambio per veicoli in servizio**

- 12.4.1. Le parti contraenti che applicano il presente regolamento possono continuare a rilasciare omologazioni ai motori conformi ai requisiti del presente regolamento modificato da una serie precedente di emendamenti, o ad un qualsiasi livello del regolamento modificato dalla serie 04 di emendamenti, a condizione che il motore sia destinato ad essere utilizzato come motore di ricambio per un veicolo in uso e che a tale veicolo, alla data dell'immissione in servizio, si applicasse tale versione precedente della norma.

13. DENOMINAZIONE E INDIRIZZO DEI SERVIZI TECNICI INCARICATI DELLE PROVE DI OMOLOGAZIONE E DEI SERVIZI AMMINISTRATIVI

Le parti dell'accordo del 1958 che applicano il presente regolamento devono comunicare al Segretariato delle Nazioni Unite la denominazione e l'indirizzo dei servizi tecnici incaricati delle prove di omologazione e dei servizi amministrativi che rilasciano l'omologazione, ai quali devono essere inviate le schede di omologazione, estensione o rifiuto dell'omologazione rilasciate in altri paesi.

---

## Appendice 1

## PROCEDIMENTO PER LA PROVA DI CONFORMITÀ DELLA PRODUZIONE QUANDO LA DEVIAZIONE STANDARD È SODDISFACENTE

1. La presente appendice descrive il procedimento da applicare per verificare la conformità della produzione per le emissioni inquinanti quando la deviazione standard della produzione indicata dal costruttore è soddisfacente.
2. Con una dimensione minima del campione di tre motori, il procedimento di campionamento è fissato in modo che la probabilità che un lotto sia accettato con il 40 % di produzione difettosa sia 0,95 (rischio del produttore = 5 per cento), mentre la probabilità che un lotto sia accettato con il 65 % di produzione difettosa sia 0,10 (rischio del consumatore = 10 per cento).
3. Per ciascuno degli inquinanti indicati al punto 5.2.1 del regolamento (cfr. figura 2):

sia:

- L = il logaritmo naturale del valore limite dell'inquinante;  
 $x_i$  = il logaritmo naturale del valore misurato per il motore "i" del campione;  
s = una stima della deviazione standard della produzione (dopo aver calcolato il logaritmo naturale delle misurazioni);  
n = il numero del campione in esame

4. Per ciascun campione si calcola la somma delle deviazioni standard rispetto al limite con la seguente formula:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (L - x_i)$$

5. Successivamente:

- se il risultato statistico della prova è superiore al valore di accettazione per la dimensione del campione indicata nella tabella 3, si giunge all'accettazione per l'inquinante;
- se il risultato statistico della prova è inferiore al valore di rifiuto per la dimensione del campione indicata nella tabella 3, si giunge ad un rifiuto per l'inquinante;
- altrimenti, si effettua la prova su un motore supplementare conformemente al punto 8.4.2.1 del regolamento applicando il procedimento al campione maggiorato di un'unità.

Tabella 3

valori di accettazione e di rifiuto del piano di campionamento dell'appendice 1

Dimensione minima del campione: 3

Numero totale dei motori sottoposti a prova (dimensione del campione)	Valore di accettazione $A_n$	Valore di rifiuto $B_n$
3	3,327	- 4,724
4	3,261	- 4,790
5	3,195	- 4,856
6	3,129	- 4,922
7	3,063	- 4,988
8	2,997	- 5,054
9	2,931	- 5,120
10	2,865	- 5,185

Numero totale dei motori sottoposti a prova (dimensione del campione)	Valore di accettazione $A_n$	Valore di rifiuto $B_n$
11	2,799	- 5,251
12	2,733	- 5,317
13	2,667	- 5,383
14	2,601	- 5,449
15	2,535	- 5,515
16	2,469	- 5,581
17	2,403	- 5,647
18	2,337	- 5,713
19	2,271	- 5,779
20	2,205	- 5,845
21	2,139	- 5,911
22	2,073	- 5,977
23	2,007	- 6,043
24	1,941	- 6,109
25	1,875	- 6,175
26	1,809	- 6,241
27	1,743	- 6,307
28	1,677	- 6,373
29	1,611	- 6,439
30	1,545	- 6,505
31	1,479	- 6,571
32	- 2,112	- 2,112

## Appendice 2

## PROCEDIMENTO PER LA PROVA DI CONFORMITÀ DELLA PRODUZIONE QUANDO LA DEVIAZIONE STANDARD È INSODDISFACENTE O NON DISPONIBILE

1. La presente appendice descrive il procedimento da applicare per verificare la conformità della produzione per le emissioni inquinanti quando la deviazione standard della produzione indicata dal costruttore sia insoddisfacente o non disponibile.
2. Con una dimensione minima del campione di tre motori, il procedimento di campionamento è fissato in modo che la probabilità che un lotto sia accettato con il 40 per cento di produzione difettosa sia 0,95 (rischio del produttore = 5 per cento), mentre la probabilità che un lotto sia accettato con il 65 per cento di produzione difettosa sia 0,10 (rischio del consumatore = 10 per cento).
3. I valori degli inquinanti di cui al punto 5.2.1. del regolamento sono considerati logaritmi a distribuzione normale e devono essere trasformati nei loro logaritmi naturali.

Siano  $m_0$  e  $m$  rispettivamente le dimensioni minime e massime del campione ( $m_0 = 3$  e  $m = 32$ ) e sia « $n$ » il numero del campione in esame.

4. Se i logaritmi naturali delle misurazioni eseguite sulla serie sono  $x_1, x_2, \dots, x_i$  ed  $L$  è il logaritmo naturale del valore limite per l'inquinante, si definiscano

$$e \quad d_i = x_i - L$$

$$\bar{d}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i$$

$$V_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d}_n)^2$$

5. La tabella 4 mostra i valori di accettazione ( $A_n$ ) e di rifiuto ( $B_n$ ) in funzione del numero di campioni considerati. Il risultato statistico della prova è dato dal rapporto  $\bar{d}_n/V_n$  e deve essere utilizzato nel modo seguente per determinare se la serie debba essere accettata o rifiutata.

Per  $m_0 \leq n \leq m$ :

— serie accettata se  $\bar{d}_n/V_n \leq A_n$

— serie rifiutata se  $\bar{d}_n/V_n \geq B_n$

— eseguire un'altra misurazione se  $A_n \leq \bar{d}_n/V_n \leq B_n$

## 6. Osservazioni:

Per calcolare i valori successivi dei risultati statistici della prova, sono utili le seguenti formule ricorsive:

$$\bar{d}_n = \left(1 - \frac{1}{n}\right) \bar{d}_{n-1} + \frac{1}{n} d_n$$

$$V_n^2 = \left(1 - \frac{1}{n}\right) V_{n-1}^2 + \frac{(\bar{d}_n - d_n)^2}{n-1}$$

$$(n = 2, 3, \dots; \bar{d}_1 = d_1; V_1 = 0)$$

Tabella 4

valori di accettazione e di rifiuto del piano di campionamento dell'appendice 2

Dimensione minima del campione: 3

Numero totale dei motori sottoposti a prova (dimensione del campione)	Valore di accettazione $A_n$	Valore di rifiuto $B_n$
3	-0,80381	16,64743
4	-0,76339	7,68627
5	-0,72982	4,67136
6	-0,69962	3,25573
7	-0,67129	2,45431
8	-0,64406	1,94369
9	-0,61750	1,59105
10	-0,59135	1,33295
11	-0,56542	1,13566
12	-0,53960	0,97970
13	-0,51379	0,85307
14	-0,48791	0,74801
15	-0,46191	0,65928
16	-0,43573	0,58321
17	-0,40933	0,51718
18	-0,38266	0,45922
19	-0,35570	0,40788
20	-0,32840	0,36203
21	-0,30072	0,32078
22	-0,27263	0,28343
23	-0,24410	0,24943
24	-0,21509	0,21831
25	-0,18557	0,18970
26	-0,15550	0,16328
27	-0,12483	0,13880
28	-0,09354	0,11603
29	-0,06159	0,09480
30	-0,02892	0,07493
31	-0,00449	0,05629
32	0,03876	0,03876

## Appendice 3

## PROCEDIMENTO PER LA PROVA DI CONFORMITÀ DELLA PRODUZIONE SU RICHIESTA DEL COSTRUTTORE

1. La presente appendice descrive il procedimento da applicare per verificare, su richiesta del costruttore, la conformità della produzione relativamente alle emissioni inquinanti.
2. Con una dimensione minima del campione di tre motori, il procedimento di campionamento è fissato in modo che la probabilità che un lotto sia accettato con il 30 per cento di produzione difettosa sia 0,90 (rischio del produttore = 10 per cento), mentre la probabilità che un lotto sia accettato con il 65 per cento di produzione difettosa sia 0,10 (rischio del consumatore = 10 per cento).
3. Per ciascuno degli inquinanti indicati al punto 5.2.1 del regolamento si applica il seguente procedimento (cfr. figura 2):

sia:

- L = il valore limite dell'inquinante,  
 $x_i$  = il valore della misurazione per il motore «I» del campione,  
 n = il numero del campione in esame.

4. Calcolare per il campione il risultato statistico della prova quantificando il numero dei motori non conformi, cioè  $x_i \geq L$ .
5. Successivamente:
  - se il risultato statistico della prova è inferiore o uguale al valore di accettazione per la dimensione del campione indicata nella tabella 5, si giunge all'accettazione per l'inquinante;
  - se il risultato statistico della prova è superiore o uguale al valore di rifiuto per la dimensione del campione indicata nella tabella 5, si giunge ad un rifiuto per l'inquinante;
  - altrimenti, si effettua la prova su un motore supplementare conformemente al punto 8.4.2.1 del regolamento applicando il procedimento di calcolo al campione maggiorato di un'unità.

I valori di accettazione e di rifiuto indicati nella tabella 5 sono calcolati conformemente alla norma internazionale ISO 8422:1991.

Tabella 5

valori di accettazione e di rifiuto del piano di campionamento dell'appendice 3

Dimensione minima del campione: 3

Numero totale dei motori sottoposti a prova (dimensione del campione)	Valore di accettazione	Valore di 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
13	4	8

Numero totale dei motori sottoposti a prova (dimensione del campione)	Valore di accettazione	Valore di rifiuto
14	5	9
15	5	9
16	6	10
17	6	10
18	7	11
19	8	9

## ALLEGATO 1

**CARATTERISTICHE FONDAMENTALI DEL MOTORE (CAPOSTIPITE) E INFORMAZIONI RELATIVE  
ALL'EFFETTUAZIONE DELLA PROVA <sup>(1)</sup>**

1. DESCRIZIONE DEL MOTORE
  - 1.1. Costruttore: .....
  - 1.2. Codice assegnato al motore dal costruttore: .....
  - 1.3. Ciclo: quattro tempi/due tempi <sup>(2)</sup>
  - 1.4. Numero e disposizione dei cilindri: .....
    - 1.4.1. Alesaggio: ..... mm
    - 1.4.2. Corsa: ..... mm
    - 1.4.3. Ordine di accensione: .....
  - 1.5. Cilindrata: ..... cm<sup>3</sup>
  - 1.6. Rapporto volumetrico di compressione <sup>(3)</sup>: .....
  - 1.7. Disegno della camera di combustione e del cielo del pistone: .....
  - 1.8. Sezione minima delle luci di ammissione e di scarico: ..... cm<sup>2</sup>
  - 1.9. Regime di minimo: ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.10. Potenza massima netta: ..... kW a ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.11. Regime massimo ammesso: ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.12. Coppia massima netta: ..... Nm a ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.13. Sistema di combustione: accensione spontanea/accensione comandata <sup>(2)</sup>
  - 1.14. Carburante: diesel/GPL/GN-H/GN-L/GN-HL/etanolo <sup>(1)</sup>
  - 1.15. Sistema di raffreddamento
    - 1.15.1. A liquido
      - 1.15.1.1. Tipo di liquido: .....
      - 1.15.1.2. Pompa di circolazione: sì/no <sup>(2)</sup>
      - 1.15.1.3. Caratteristiche o marca e tipo (se applicabile): .....
      - 1.15.1.4. Rapporto di trasmissione (se applicabile): .....
    - 1.15.2. Ad aria
      - 1.15.2.1. Ventola: sì/no <sup>(2)</sup>
      - 1.15.2.2. Caratteristiche o marca e tipo (se applicabile): .....
      - 1.15.2.3. Rapporto di trasmissione (se applicabile): .....
  - 1.16. Temperatura ammessa dal costruttore
    - 1.16.1. Raffreddamento a liquido: temperatura massima all'uscita: ..... K
    - 1.16.2. Raffreddamento ad aria: ..... Punto di riferimento: .....  
Temperatura massima in corrispondenza del punto di riferimento: ..... K
    - 1.16.3. Temperatura massima dell'aria all'uscita del refrigeratore intermedio di aspirazione (se applicabile) ..... K
    - 1.16.4. Temperatura massima del gas di scarico nel punto del condotto di scarico adiacente alla flangia esterna del collettore di scarico  
del turbocompressore: ..... K

- 1.16.5. Temperatura del carburante: min. .... K, max. .... K  
per motori diesel all'ingresso della pompa di iniezione, per motori a gas in corrispondenza dello stadio finale del regolatore di pressione
- 1.16.6. Pressione del carburante: min. .... kPa, max. .... kPa  
in corrispondenza dello stadio finale del regolatore di pressione, solo per motori a GN
- 1.16.7. Temperatura del lubrificante: min. .... K, max. .... K
- 1.17. Compressore: sì/no (²)
- 1.17.1. Marca: .....
- 1.17.2. Tipo: .....
- 1.17.3. Descrizione del sistema  
(per es. pressione max. di sovralimentazione, valvola limitatrice della pressione di sovralimentazione, se applicabile): .....
- 1.17.4. Refrigeratore intermedio: sì/no (²)
- 1.18. Sistema di aspirazione  
Depressione massima ammissibile all'aspirazione al regime nominale del motore e sotto carico del 100 per cento, misurata conformemente  
al regolamento n. 24 e nelle condizioni operative in esso indicate ..... kPa
- 1.19. Sistema di scarico  
Contropressione massima ammissibile allo scarico al regime nominale del motore e sotto carico del 100 per cento, misurata conformemente  
al regolamento n. 24 e nelle condizioni operative in esso indicate ..... kPa  
Volume del sistema di scarico: ..... dm<sup>3</sup>
2. MISURE CONTRO L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO
- 2.1. Dispositivo per il riciclo dei gas del basamento (descrizione e disegni): .....
- 2.2. Dispositivi supplementari contro l'inquinamento (se esistono e se non sono compresi in altre voci)
- 2.2.1. Convertitore catalitico: sì/no (²)
- 2.2.1.1. Marca: .....
- 2.2.1.2. Tipo: .....
- 2.2.1.3. Numero di convertitori catalitici e di elementi: .....
- 2.2.1.4. Dimensioni, forma e volume dei convertitori catalitici: .....
- 2.2.1.5. Tipo di azione catalitica: .....
- 2.2.1.6. Contenuto totale di metalli preziosi: .....
- 2.2.1.7. Concentrazione relativa: .....
- 2.2.1.8. Substrato (struttura e materiale): .....
- 2.2.1.9. Densità delle celle: .....
- 2.2.1.10. Tipo di alloggiamento dei convertitori catalitici: .....
- 2.2.1.11. Posizione dei convertitori catalitici (ubicazione e distanza di riferimento nel condotto di scarico): .....

- 2.2.2. Sensore di ossigeno: sì/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.2.1. Marca: .....
- 2.2.2.2. Tipo: .....
- 2.2.2.3. Posizione: .....
- 2.2.3. Iniezione di aria: sì/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.3.1. Tipo (aria pulsata, pompa per aria, ecc.): .....
- 2.2.4. EGR: sì/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.4.1. Caratteristiche (portata, ecc.): .....
- 2.2.5. Trappola del particolato: sì/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.5.1. Dimensioni, forma e capacità della trappola del particolato: .....
- 2.2.5.2. Tipo e caratteristiche progettuali della trappola del particolato: .....
- 2.2.5.3. Ubicazione (distanza di riferimento nel condotto di scarico): .....
- 2.2.5.4. Metodo o sistema di rigenerazione, descrizione e/o disegno: .....
- 2.2.6. . Altri sistemi: sì/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.6.1. Descrizione e funzionamento: .....
3. ALIMENTAZIONE DEL CARBURANTE
- 3.1. Motori diesel
- 3.1.1. Pompa di alimentazione
- Pressione <sup>(3)</sup>: ..... kPa o diagramma caratteristico <sup>(2)</sup>: .....
- 3.1.2. Sistema di iniezione
- 3.1.2.1. Pompa
- 3.1.2.1.1. Marca: .....
- 3.1.2.1.2. Tipo: .....
- 3.1.2.1.3. Mandata: ..... mm<sup>3</sup> <sup>(3)</sup> per corsa al regime di ..... min<sup>-1</sup> a iniezione massima, o diagramma caratteristico <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....
- .....
- Indicare il metodo utilizzato: su motore/su banco prova pompe <sup>(2)</sup>
- Se dotato di controllo della sovralimentazione, specificare la mandata di carburante e la pressione di sovralimentazione caratteristiche in funzione del regime
- 3.1.2.1.4. Anticipo dell'iniezione
- 3.1.2.1.4.1. Curva dell'anticipo dell'iniezione <sup>(3)</sup>: .....
- 3.1.2.1.4.2. Fasatura statica dell'iniezione <sup>(3)</sup>: .....
- 3.1.2.2. Condotti di iniezione
- 3.1.2.2.1. Lunghezza: ..... mm
- 3.1.2.2.2. Diametro interno: ..... mm
- 3.1.2.3. Iniettore
- 3.1.2.3.1. Marca: .....
- 3.1.2.3.2. Tipo: .....

- 3.1.2.3.3. Pressione di apertura: ..... kPa <sup>(3)</sup>  
o diagramma caratteristico <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....
- 3.1.2.4. Regolatore
- 3.1.2.4.1. Marca: .....
- 3.1.2.4.2. Tipo: .....
- 3.1.2.4.3. Regime di inizio dell'interruzione a pieno carico: ..... min<sup>-1</sup>
- 3.1.2.4.4. Regime massimo a vuoto: ..... min<sup>-1</sup>
- 3.1.2.4.5. Regime di minimo: ..... min<sup>-1</sup>
- 3.1.3. Sistema di avviamento a freddo
- 3.1.3.1. Marca: .....
- 3.1.3.2. Tipo: .....
- 3.1.3.3. Descrizione: .....
- 3.1.3.4. Dispositivo ausiliario di avviamento: .....
- 3.1.3.4.1. Marca: .....
- 3.1.3.4.2. Tipo: .....
- 3.2. Motori a gas <sup>(4)</sup>
- 3.2.1. Carburante: gas naturale/GPL <sup>(2)</sup>
- 3.2.2. Regolatore di pressione o regolatore del vaporizzatore/della pressione <sup>(3)</sup>
- 3.2.2.1. Marca: .....
- 3.2.2.2. Tipo: .....
- 3.2.2.3. Numero degli stadi di riduzione della pressione: .....
- 3.2.2.4. Pressione nello stadio finale: min ..... kPa, max. .... kPa
- 3.2.2.5. Numero di punti di regolazione principali: .....
- 3.2.2.6. Numero di punti di regolazione del minimo: .....
- 3.2.2.7. Numero di omologazione in forza del regolamento n.: .....
- 3.2.3. Sistema di alimentazione: unità di miscelazione/iniezione di gas/iniezione di liquido/iniezione diretta <sup>(2)</sup>
- 3.2.3.1. Regolazione del titolo della miscela: .....
- 3.2.3.2. Descrizione del sistema e/o diagramma e disegni: .....
- 3.2.3.3. Numero di omologazione in forza del regolamento n. ....
- 3.2.4. Unità di miscelazione
- 3.2.4.1. Numero: .....
- 3.2.4.2. Marca: .....
- 3.2.4.3. Tipo: .....
- 3.2.4.4. Posizione: .....
- 3.2.4.5. Possibilità di regolazione: .....
- 3.2.4.6. Numero di omologazione in forza del regolamento n. ....
- 3.2.5. Iniezione nel collettore di ammissione
- 3.2.5.1. Iniezione: punto singolo/punti multipli <sup>(2)</sup>
- 3.2.5.2. Iniezione: continua/fasatura simultanea/fasatura sequenziale <sup>(2)</sup>

- 3.2.5.3. Dispositivi di iniezione
- 3.2.5.3.1. Marca: .....
- 3.2.5.3.2. Tipo: .....
- 3.2.5.3.3. Possibilità di regolazione: .....
- 3.2.5.3.4. Numero di omologazione in forza del regolamento n. ....
- 3.2.5.4. Pompa di alimentazione (se applicabile): .....
- 3.2.5.4.1. Marca: .....
- 3.2.5.4.2. Tipo: .....
- 3.2.5.4.3. Numero di omologazione in forza del regolamento n. ....
- 3.2.5.5. Iniettore: .....
- 3.2.5.5.1. Marca: .....
- 3.2.5.5.2. Tipo: .....
- 3.2.5.5.3. Numero di omologazione in forza del regolamento n. ....
- 3.2.6. Iniezione diretta
- 3.2.6.1. Pompa di iniezione/regolatore della pressione (<sup>2</sup>)
- 3.2.6.1.1. Marca: .....
- 3.2.6.1.2. Tipo: .....
- 3.2.6.1.3. Fasatura dell'iniezione: .....
- 3.2.6.1.4. Numero di omologazione in forza del regolamento n. ....
- 3.2.6.2. Iniettore
- 3.2.6.2.1. Marca: .....
- 3.2.6.2.2. Tipo: .....
- 3.2.6.2.3. Pressione di apertura o diagramma caratteristico (<sup>3</sup>): .....
- 3.2.6.2.4. Numero di omologazione in forza del regolamento n. ....
- 3.2.7. Unità elettronica di controllo
- 3.2.7.1. Marca: .....
- 3.2.7.2. Tipo: .....
- 3.2.7.3. Possibilità di regolazione: .....
- 3.2.8. Apparecchiature specifiche per il carburante GN
- 3.2.8.1. Variante 1 (solo nel caso di omologazione di motori per diverse composizioni specifiche di carburante)
- 3.2.8.1.1. Composizione del carburante:
- |   |            |       |           |       |           |       |
|---|------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| metano (CH <sub>4</sub> ):                | base ..... | % mol | min ..... | % mol | max ..... | % mol |
| etano (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ):   | base ..... | % mol | min ..... | % mol | max ..... | % mol |
| propano (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ): | base ..... | % mol | min ..... | % mol | max ..... | % mol |
| butano (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ): | base ..... | % mol | min ..... | % mol | max ..... | % mol |
| C <sub>5</sub> /C <sub>5</sub> +          | base ..... | % mol | min ..... | % mol | max ..... | % mol |
| ossigeno (O <sub>2</sub> ):               | base ..... | % mol | min ..... | % mol | max ..... | % mol |
| gas inerti (N <sub>2</sub> , He ecc):     | base ..... | % mol | min ..... | % mol | max ..... | % mol |

- 3.2.8.1.2. Iniettore
- 3.2.8.1.2.1. Marca:
- 3.2.8.1.2.2. Tipo:
- 3.2.8.1.3. Altro (se del caso)
- 3.2.8.2. Variante 2 (solo nel caso di omologazioni per diverse composizioni specifiche di carburante)
4. FASATURA DELLE VALVOLE
- 4.1. Alzata massima delle valvole e angoli di apertura e chiusura riferiti ai punti morti o dati equivalenti .....
- 4.2. Intervalli di riferimento e/o di regolazione <sup>(2)</sup>: .....
5. SISTEMA DI ACCENSIONE (SOLO MOTORI CON ACCENSIONE A SCINTILLA)
- 5.1. Tipo di sistema di accensione:  
bobina comune e candele/bobina singola e candele/bobina sulla candela/altro (specificare) <sup>(2)</sup>
- 5.2. Unità di comando dell'accensione
- 5.2.1. Marca: .....
- 5.2.2. Tipo: .....
- 5.3. Curva/mappa dell'anticipo di accensione <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....
- 5.4. Fasatura dell'accensione <sup>(3)</sup>: ..... gradi prima del punto morto superiore ad un regime di ..... min<sup>-1</sup>  
e una MAP di ..... kPa
- 5.5. Candele
- 5.5.1. Marca: .....
- 5.5.2. Tipo: .....
- 5.5.3. Distanza tra gli elettrodi: ..... mm
- 5.6. Bobina di accensione
- 5.6.1. Marca: .....
- 5.6.2. Tipo: .....
6. DISPOSITIVI AZIONATI DAL MOTORE
- Il motore deve essere presentato alla prova completo dei dispositivi ausiliari necessari per il suo funzionamento (per esempio ventola, pompa dell'acqua, ecc.) conformemente a quanto specificato nel regolamento n. 24 e nelle condizioni operative in esso indicate.
- 6.1. Dispositivi ausiliari da montare per la prova
- Se è impossibile o inopportuno montare i dispositivi ausiliari sul banco prova, determinare la potenza da essi assorbita e sottrarla alla potenza del motore misurata su tutta l'area di funzionamento del ciclo o dei cicli di prova.
- 6.2. Dispositivi ausiliari da rimuovere per la prova
- I dispositivi ausiliari necessari solo per il funzionamento del veicolo (per esempio compressore dell'aria, sistema di condizionamento dell'aria ecc.) devono essere smontati per la prova. Se non è possibile rimuovere i dispositivi ausiliari, determinare la potenza da essi assorbita e aggiungerla alla potenza del motore misurata su tutta l'area di funzionamento del ciclo o dei cicli di prova.

## 7. INFORMAZIONI ADDIZIONALI SULLE CONDIZIONI DI PROVA

## 7.1. Lubrificante usato

7.1.1. Marca: .....

7.1.2. Tipo: .....

(Se lubrificante e carburante sono miscelati dichiarare la percentuale d'olio nella miscela): .....

## 7.2. Dispositivi azionati dal motore (se applicabile)

La potenza assorbita dai dispositivi ausiliari deve essere determinata solo

— se non sono applicati sul motore dispositivi ausiliari necessari per il suo funzionamento,

e/o

— se sono applicati al motore dispositivi ausiliari non necessari per il suo funzionamento.

7.2.1. Elenco e dettagli per l'identificazione: .....

## 7.2.2. Potenza assorbita a vari regimi del motore indicati:

Dispositivi ausiliari	Potenza assorbita (kW) a vari regimi						
	minimo	basso regime	alto regime	regime A ( <sup>7</sup> )	regime B ( <sup>7</sup> )	regime C ( <sup>7</sup> )	regime di riferimento ( <sup>6</sup> )
P(a) Dispositivi necessari per il funzionamento del motore (da sottrarre alla potenza misurata del motore) cfr. punto 6.1							
P(b) Dispositivi non necessari per il funzionamento del motore (da aggiungere alla potenza misurata del motore) cfr. punto 6.2							

## 8. PRESTAZIONI DEL MOTORE

8.1. Regimi (<sup>7</sup>)Basso regime ( $n_{lo}$ ): .....  $\text{min}^{-1}$ Alto regime ( $n_{hi}$ ): .....  $\text{min}^{-1}$ 

per i cicli ESC e ELR

Minimo: .....  $\text{min}^{-1}$ Regime A: .....  $\text{min}^{-1}$ Regime B: .....  $\text{min}^{-1}$ Regime C: .....  $\text{min}^{-1}$ 

per il ciclo ETC

Regime di riferimento: .....  $\text{min}^{-1}$

## 8.2. Potenza del motore (misurata conformemente al regolamento n. 24) in kW

	Regime				
	minimo	regime A <sup>(5)</sup>	regime B <sup>(5)</sup>	regime C <sup>(5)</sup>	regime di riferimento <sup>(6)</sup>
P(m) Potenza misurata al banco prova					
P(a) Potenza assorbita dai dispositivi ausiliari da montare per la prova (punto 6.1)					
— se montati					
— se non montati	0	0	0	0	0
P(b) Potenza assorbita dai dispositivi ausiliari da smontare per la prova (punto 6.2)					
— se montati					
— se non montati	0	0	0	0	0
P(n) Potenza netta del motore = P(m) – P(a) + P(b)					

## 8.3. Regolazioni del dinamometro (kW)

Le regolazioni del dinamometro per le prove ESC e ELR e per il ciclo di riferimento della prova ETC devono essere basate sulla potenza netta P(n) del motore del punto 8.2. Si raccomanda di installare il motore sul banco prova nella condizione netta. In tal caso, P(m) e P(n) sono uguali. Se è impossibile o inopportuno far funzionare il motore in condizioni nette, le regolazioni del dinamometro devono essere corrette per riportarle alle condizioni nette utilizzando la formula di cui sopra.

## 8.3.1. Prove ESC e ELR

Calcolare le regolazioni del dinamometro secondo la formula dell'allegato 4, appendice 1, punto 1.2.

Carico percentuale	Regime			
	minimo	regime A	regime B	regime C
10	—			
25	—			
50	—			
75	—			
100				

## 8.3.2. Prova ETC

Se il motore non viene sottoposto a prova in condizioni nette, il costruttore del motore deve fornire la formula di correzione per la conversione della potenza misurata o del lavoro misurato nel ciclo, determinati secondo l'allegato III, appendice 2, punto 2, nella potenza netta o nel lavoro netto prodotto nel ciclo per tutta l'area di funzionamento del ciclo; tale formula deve essere approvata dal servizio tecnico.

- 
- (<sup>1</sup>) Nel caso di motori e sistemi non convenzionali, il fabbricante deve fornire dettagli equivalenti a quelli specificati.
  - (<sup>2</sup>) Cancellare le diciture inutili.
  - (<sup>3</sup>) Specificare la tolleranza.
  - (<sup>4</sup>) Nel caso di sistemi predisposti in modo diverso, fornire informazioni equivalenti (per il punto 3.2).
  - (<sup>5</sup>) Prova ESC.
  - (<sup>6</sup>) Solo prova ETC.
  - (<sup>7</sup>) Specificare la tolleranza; deve essere compresa entro  $\pm 3$  per cento del valore dichiarato dal costruttore.
-

## ALLEGATO 1

## Appendice 1

## CARATTERISTICHE DELLE PARTI DEL VEICOLO CORRELATE AL MOTORE

1. Depressione del sistema di aspirazione al regime nominale e  
al 100 per cento di carico: ..... kPa
2. Contropressione del sistema di scarico al regime nominale e  
al 100 per cento di carico: ..... kPa
3. Volume del sistema di scarico: ..... cm<sup>3</sup>
4. Potenza assorbita dai dispositivi ausiliari necessari per il funzionamento del motore, misurata conformemente al regolamento n. 24 e nelle condizioni operative in esso indicate.

Dispositivi ausiliari	Potenza assorbita (kW) a vari regimi						
	minimo	basso regime	alto regime	regime A <sup>(1)</sup>	regime B <sup>(1)</sup>	regime C <sup>(1)</sup>	regime di riferimento <sup>(2)</sup>
P(a)  Dispositivi necessari per il funzionamento del motore (da sottrarre alla potenza del motore misurata) cfr. allegato 1, punto 6.1							

<sup>(1)</sup> Prova ESC.

<sup>(2)</sup> Solo prova ETC.

## ALLEGATO 1

## Appendice 2

## CARATTERISTICHE FONDAMENTALI DELLA FAMIGLIA DEI MOTORI

1. PARAMETRI COMUNI
- 1.1. Ciclo di combustione: .....
- 1.2. Fluido di raffreddamento: .....
- 1.3. Numero di cilindri (<sup>1</sup>): .....
- 1.4. Cilindrata unitaria: .....
- 1.5. Metodo di alimentazione dell'aria: .....
- 1.6. Tipo/caratteristiche progettuali della camera di combustione: .....
- 1.7. Valvole e luci: configurazione, dimensioni e numero: .....
- .....
- 1.8. Sistema di alimentazione del carburante: .....
- 1.9. Sistema di accensione (motori a gas): .....
- 1.10. Varie:
- sistema di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione (<sup>1</sup>): .....
- ricircolo dei gas di scarico (<sup>1</sup>): .....
- iniezione/emulsione di acqua (<sup>1</sup>): .....
- iniezione di aria (<sup>1</sup>) .....
- 1.11. Dispositivo di post-trattamento dei gas di scarico (<sup>1</sup>): .....
- Dimostrazione di identità del rapporto (o di valore minimo per il motore capostipite):
- capacità del sistema/carburante erogato per ogni corsa in base al o ai numeri di diagramma: .....
2. ELENCO DELLA FAMIGLIA DI MOTORI
- 2.1. Nome della famiglia di motori diesel: .....
- 2.1.1. Specifiche dei motori della famiglia:

	Motore capostipite				
Tipo di motore					
N. cilindri					
Regime nominale (min <sup>-1</sup> )					
Carburante erogato per corsa (mm <sup>3</sup> )					
Potenza netta nominale (kW)					
Regime di coppia massima (min <sup>-1</sup> )					
Carburante erogato per corsa (mm <sup>3</sup> )					
Coppia massima (Nm)					
Regime di minimo (min <sup>-1</sup> )					
Cilindrata del motore (in % rispetto al motore capostipite)					100

2.2. Nome della famiglia di motori a gas: .....

2.2.1. Specifiche dei motori della famiglia:

					Motore capostipite
Tipo di motore					
N. cilindri					
Regime nominale ( $\text{min}^{-1}$ )					
Carburante erogato per corsa ( $\text{mg}^3$ )					
Potenza netta nominale (kW)					
Regime di coppia massima ( $\text{min}^{-1}$ )					
Carburante erogato per corsa ( $\text{mm}^3$ )					
Coppia massima (Nm)					
Regime di minimo ( $\text{min}^{-1}$ )					
Cilindrata del motore (in % rispetto al motore capostipite)					100
Fasatura dell'accensione					
Flusso EGR					
Pompa dell'aria sì/no					
Portata effettiva della pompa dell'aria					

(1) Se non è applicabile, indicare «N/A».

## ALLEGATO 1

## Appendice 3

CARATTERISTICHE FONDAMENTALI DEL MOTORE FACENTE PARTE DELLA FAMIGLIA <sup>(1)</sup>

1. DESCRIZIONE DEL MOTORE
  - 1.1. Costruttore: .....
  - 1.2. Codice assegnato al motore dal costruttore: .....
  - 1.3. Ciclo: quattro tempi/due tempi <sup>(2)</sup>
  - 1.4. Numero e disposizione dei cilindri: .....
  - 1.4.1. Alesaggio: ..... mm
  - 1.4.2. Corsa: ..... mm
  - 1.4.3. Ordine di accensione: .....
  - 1.5. Cilindrata: ..... cm<sup>3</sup>
  - 1.6. Rapporto volumetrico di compressione <sup>(3)</sup>: .....
  - 1.7. Disegno della camera di combustione e del cielo del pistone: .....  
.....
  - 1.8. Sezione minima delle luci di ammissione e di scarico ..... cm<sup>2</sup>
  - 1.9. Regime di minimo: ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.10. Potenza massima netta: ..... kW a ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.11. Regime massimo ammesso: ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.12. Coppia massima netta: ..... Nm a ..... min<sup>-1</sup>
  - 1.13. Sistema di combustione: accensione per compressione/accensione comandata <sup>(2)</sup>
  - 1.14. Carburante: diesel/GPL/GN-H/GN-L/GN-HL/etanolo <sup>(1)</sup>
  - 1.15. Sistema di raffreddamento
    - 1.15.1. A liquido
      - 1.15.1.1. Tipo di liquido: .....
      - 1.15.1.2. Pompa di circolazione: sì/no <sup>(2)</sup>
      - 1.15.1.3. Caratteristiche o marca e tipo (se applicabile): .....  
.....
      - 1.15.1.4. Rapporto di trasmissione (se applicabile): .....
    - 1.15.2. Ad aria
      - 1.15.2.1. Ventola: sì/no <sup>(2)</sup>
      - 1.15.2.2. Caratteristiche o marca e tipo (se applicabile): .....  
.....
      - 1.15.2.3. Rapporto di trasmissione (se applicabile): .....
  - 1.16. Temperatura consentita dal costruttore
    - 1.16.1. Raffreddamento a liquido: temperatura massima all'uscita: ..... K

- 1.16.2. Raffreddamento ad aria: punto di riferimento: .....  
 Temperatura massima in corrispondenza del punto di riferimento: ..... K
- 1.16.3. Temperatura massima dell'aria all'uscita del refrigeratore intermedio di aspirazione (se applicabile): ..... K
- 1.16.4. Temperatura massima del gas di scarico nel punto del tubo di scarico adiacente alla flangia esterna del collettore di scarico del turbocompressore: ..... K
- 1.16.5. Temperatura del carburante: min. .... K, max. .... K  
 per motori diesel all'ingresso della pompa di iniezione, per motori a GN in corrispondenza dello stadio finale del regolatore di pressione
- 1.16.6. Pressione del carburante: min. .... kPa, max. .... kPa  
 in corrispondenza dello stadio finale del regolatore di pressione, solo per motori a GN
- 1.16.7. Temperatura del lubrificante: min. .... K, max. .... K
- 1.17. Compressore: sì/no (?)
- 1.17.1. Marca: .....
- 1.17.2. Tipo: .....
- 1.17.3. Descrizione del sistema (per es. pressione max. di sovralimentazione, valvola di limitatrice della pressione di sovralimentazione, se applicabile): .....
- 1.17.4. Refrigeratore intermedio: sì/no (?)
- 1.18. Sistema di aspirazione  
 Depressione massima ammissibile all'aspirazione al regime nominale del motore e sotto carico del 100 per cento, misurata conformemente al regolamento n. 24 e nelle condizioni operative in esso indicate: ..... kPa
- 1.19. Sistema di scarico  
 Contropressione massima ammissibile allo scarico al regime nominale del motore e sotto carico del 100 per cento, misurata conformemente al regolamento n. 24 e nelle condizioni operative in esso indicate: ..... kPa  
 Volume del sistema di scarico: ..... cm<sup>3</sup>
2. MISURE CONTRO L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO
- 2.1. Dispositivo per il riciclo dei gas del basamento (descrizione e disegni): .....
- 2.2. Dispositivi supplementari contro l'inquinamento (se esistono e se non sono compresi in altre voci)
- 2.2.1. Convertitore catalitico: sì/no (?)
- 2.2.1.1. Numero di convertitori catalitici e di elementi: .....
- 2.2.1.2. Dimensioni, forma e volume dei convertitori catalitici: .....
- 2.2.1.3. Tipo di azione catalitica: .....
- 2.2.1.4. Contenuto totale di metalli preziosi: .....
- 2.2.1.5. Concentrazione relativa: .....
- 2.2.1.6. Substrato (struttura e materiale): .....
- 2.2.1.7. Densità delle celle: .....
- 2.2.1.8. Tipo di alloggiamento dei convertitori catalitici: .....
- 2.2.1.9. Posizione dei convertitori catalitici (ubicazione e distanza di riferimento nel condotto di scarico): .....
- 2.2.2. Sensore di ossigeno: sì/no (?)
- 2.2.2.1. Tipo: .....

- 2.2.3. Iniezione di aria: sì/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.3.1. Tipo (aria pulsata, pompa per aria, ecc.): .....
- 2.2.4. EGR: sì/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.4.1. Caratteristiche (portata ecc.): .....
- 2.2.5. Trappola del particolato: sì/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.5.1. Dimensioni, forma e capacità della trappola del particolato: .....
- .....
- 2.2.5.2. Tipo e caratteristiche progettuali della trappola del particolato: .....
- 2.2.5.3. Ubicazione (distanza di riferimento nel condotto di scarico): .....
- 2.2.5.4. Metodo o sistema di rigenerazione, descrizione e/o disegno: .....
- .....
- 2.2.6. Altri sistemi: sì/no <sup>(2)</sup>
- 2.2.6.1. Descrizione e funzionamento: .....
3. ALIMENTAZIONE DEL CARBURANTE
- 3.1. Motori diesel
- 3.1.1. Pompa di alimentazione
- Pressione <sup>(3)</sup>: ..... kPa o diagramma caratteristico <sup>(2)</sup>: .....
- .....
- 3.1.2. Sistema di iniezione
- 3.1.2.1. Pompa
- 3.1.2.1.1. Marca: .....
- 3.1.2.1.2. Tipo: .....
- 3.1.2.1.3. Mandata: ..... mm<sup>3</sup> <sup>(3)</sup> per corsa al regime di ..... min<sup>-1</sup> a iniezione massima, o diagramma caratteristico <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....
- .....
- Indicare il metodo utilizzato: su motore/su banco prova <sup>(2)</sup>
- Se dotato di controllo della sovralimentazione, specificare la mandata di carburante e la pressione di sovralimentazione caratteristiche in funzione del regime
- 3.1.2.1.4. Anticipo dell'iniezione
- 3.1.2.1.4.1. Curva dell'anticipo dell'iniezione <sup>(3)</sup>: .....
- 3.1.2.1.4.2. Fasatura statica dell'iniezione <sup>(3)</sup>: .....
- 3.1.2.2. Condotti di iniezione
- 3.1.2.2.1. Lunghezza: ..... mm
- 3.1.2.2.2. Diametro interno: ..... mm
- 3.1.2.3. Iniettore
- 3.1.2.3.1. Marca: .....
- 3.1.2.3.2. Tipo: .....
- 3.1.2.3.3. Pressione di apertura: ..... kPa <sup>(3)</sup>
- o diagramma caratteristico <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....

3.1.2.4.	Regolatore	
3.1.2.4.1.	Marca: .....	
3.1.2.4.2.	Tipo: .....	
3.1.2.4.3.	Regime di inizio dell'interruzione a pieno carico: .....	min <sup>-1</sup>
3.1.2.4.4.	Regime massimo a vuoto: .....	min <sup>-1</sup>
3.1.2.4.5.	Regime di minimo: .....	min <sup>-1</sup>
3.1.3.	Sistema di avviamento a freddo	
3.1.3.1.	Marca: .....	
3.1.3.2.	Tipo: .....	
3.1.3.3.	Descrizione: .....	
3.1.3.4.	Dispositivo ausiliario di avviamento: .....	
3.1.3.4.1.	Marca: .....	
3.1.3.4.2.	Tipo: .....	
3.2.	Motori a gas	
3.2.1.	Carburante: gas naturale/GPL (2)	
3.2.2.	Regolatore di pressione o vaporizzatore/regolatore di pressione (2)	
3.2.2.1.	Marca: .....	
3.2.2.2.	Tipo: .....	
3.2.2.3.	Numero degli stadi di riduzione della pressione: .....	
3.2.2.4.	Pressione nello stadio finale: min. .... kPa, max. ....	kPa
3.2.2.5.	Numero di punti di regolazione principali: .....	
3.2.2.6.	Numero di punti di regolazione del minimo: .....	
3.2.2.7.	Numero di omologazione: .....	
3.2.3.	Sistema di alimentazione: unità di miscelazione/iniezione di gas/iniezione di liquido/iniezione diretta (2)	
3.2.3.1.	Regolazione del titolo della miscela: .....	
3.2.3.2.	Descrizione del sistema e/o diagramma e disegni: .....	
3.2.3.3.	Numero di omologazione: .....	
3.2.4.	Unità di miscelazione	
3.2.4.1.	Numero: .....	
3.2.4.2.	Marca: .....	
3.2.4.3.	Tipo: .....	
3.2.4.4.	Posizione: .....	
3.2.4.5.	Possibilità di regolazione: .....	
3.2.4.6.	Numero di omologazione: .....	
3.2.5.	Iniezione nel collettore di ammissione	
3.2.5.1.	Iniezione: punto singolo/punti multipli (2)	
3.2.5.2.	Iniezione: continua/fasatura simultanea/fasatura sequenziale (2)	

- 3.2.5.3. Dispositivi di iniezione
- 3.2.5.3.1. Marca: .....
- 3.2.5.3.2. Tipo: .....
- 3.2.5.3.3. Possibilità di regolazione: .....
- 3.2.5.3.4. Numero di omologazione: .....
- 3.2.5.4. Pompa di alimentazione (se applicabile): .....
- 3.2.5.4.1. Marca: .....
- 3.2.5.4.2. Tipo: .....
- 3.2.5.4.3. Numero di omologazione: .....
- 3.2.5.5. Iniettore: .....
- 3.2.5.5.1. Marca: .....
- 3.2.5.5.2. Tipo: .....
- 3.2.5.5.3. Numero di omologazione: .....
- 3.2.6. Iniezione diretta
- 3.2.6.1. Pompa di iniezione/regolatore della pressione (?)
- 3.2.6.1.1. Marca: .....
- 3.2.6.1.2. Tipo: .....
- 3.2.6.1.3. Fasatura dell'iniezione: .....
- 3.2.6.1.4. Numero di omologazione: .....
- 3.2.6.2. Iniettore
- 3.2.6.2.1. Marca: .....
- 3.2.6.2.2. Tipo: .....
- 3.2.6.2.3. Pressione di apertura o diagramma caratteristico (?): .....
- .....
- 3.2.6.2.4. Numero di omologazione: .....
- 3.2.7. Unità elettronica di controllo
- 3.2.7.1. Marca: .....
- 3.2.7.2. Tipo: .....
- 3.2.7.3. Possibilità di regolazione: .....
- 3.2.8. Apparecchiature specifiche per il carburante di tipo GN
- 3.2.8.1. Variante 1 (solo nel caso di omologazione di motori per diverse composizioni specifiche di carburante)
- 3.2.8.1.1. Composizione del carburante:
- |   |             |       |           |       |           |       |
|---|-------------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
| metano (CH <sub>4</sub> ):                | base: ..... | % mol | min. .... | % mol | max. .... | % mol |
| etano (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> ):   | base: ..... | % mol | min. .... | % mol | max. .... | % mol |
| propano (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> ): | base: ..... | % mol | min. .... | % mol | max. .... | % mol |
| butano (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> ): | base: ..... | % mol | min. .... | % mol | max. .... | % mol |
| C5/C5+:                                   | base: ..... | % mol | min. .... | % mol | max. .... | % mol |
| ossigeno (O <sub>2</sub> ):               | base: ..... | % mol | min. .... | % mol | max. .... | % mol |
| gas inerti (N <sub>2</sub> , He ecc):     | base: ..... | % mol | min. .... | % mol | max. .... | % mol |

- 3.2.8.1.2. Iniettore
- 3.2.8.1.2.1. Marca: .....
- 3.2.8.1.2.2. Tipo: .....
- 3.2.8.1.3. Altro (se applicabile)
- 3.2.8.2. Variante 2 (solo nel caso di omologazione per varie composizioni specifiche di carburante)
4. FASATURA DELLE VALVOLE
- 4.1. Alzata massima delle valvole e angoli di apertura e chiusura riferiti ai punti morti o dati equivalenti: .....
- .....
- 4.2. Intervalli di riferimento e/o di regolazione <sup>(2)</sup>: .....
- .....
5. SISTEMA DI ACCENSIONE (SOLO MOTORI CON ACCENSIONE A SCINTILLA)
- 5.1. Sistema di accensione tipo: bobina comune e candele/bobina singola e candele/bobina sulla candela/altro (specificare) <sup>(2)</sup>
- 5.2. Unità di comando dell'accensione
- 5.2.1. Marca: .....
- 5.2.2. Tipo: .....
- 5.3. Curva/mappa dell'anticipo di accensione <sup>(2)</sup> <sup>(3)</sup>: .....
- .....
- 5.4. Fasatura dell'accensione <sup>(3)</sup>: ..... gradi prima del punto morto superiore ad un regime di ..... min<sup>-1</sup>  
e una MAP di ..... kPa
- 5.5. Candele
- 5.5.1. Marca: .....
- 5.5.2. Tipo: .....
- 5.5.3. Distanza tra gli elettrodi: ..... mm
- 5.6. Bobina di accensione
- 5.6.1. Marca: .....
- 5.6.2. Tipo: .....

(<sup>1</sup>) Da presentare per ogni motore della famiglia.

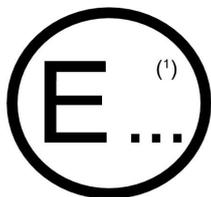
(<sup>2</sup>) Cancellare le diciture inutili.

(<sup>3</sup>) Specificare la tolleranza.

ALLEGATO 2A

COMUNICAZIONE

(formato massimo: A4 (210 × 297 mm))



rilasciata da: denominazione dell'amministrazione:

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

relativa a (2): RILASCIO DELL'OMOLOGAZIONE  
ESTENSIONE DELL'OMOLOGAZIONE  
RIFIUTO DELL'OMOLOGAZIONE  
REVOCA DELL'OMOLOGAZIONE  
CESSAZIONE DEFINITIVA DELLA PRODUZIONE

di un motore ad accensione spontanea, di un motore a gas naturale (GN) o di un motore ad accensione comandata alimentato a GPL (2), in quanto entità tecnica per quanto riguarda l'emissione di inquinanti in forza del regolamento n. 49

N. di omologazione: ..... N. di estensione: .....

- 1. Marchio di fabbrica o commerciale del motore: .....
- 2. Tipo di motore: .....
- 3. Tipo di combustione: accensione spontanea/accensione comandata (2)
- 3.1. Tipo di carburante: .....
- 4. Nome e indirizzo del costruttore: .....
- 5. Nome e indirizzo dell'eventuale mandatario del costruttore:  
.....
- 6. Depressione massima ammissibile all'aspirazione: ..... kPa
- 7. Contropressione massima ammessa: ..... kPa
- 8. Potenza massima ammissibile assorbita dai dispositivi azionati dal motore:  
intermedia: ..... kW; nominale: ..... kW
- 9. Eventuali limitazioni d'uso: .....
- 10. Livelli di emissione del motore/motore capostipite
- 10.1. Prova ESC (se applicabile):  
CO: ..... g/kWh  
THC: ..... g/kWh  
NO<sub>x</sub>: ..... g/kWh  
PT: ..... g/kWh

- 10.2. Prova ELR (se applicabile):
- Indice di fumo: ..... m<sup>-1</sup>
- 10.3. Prova ETC (se applicabile):
- CO: ..... g/kWh
- THC: ..... g/kWh
- NMHC: ..... g/kWh
- CH<sub>4</sub>: ..... g/kWh
- NO<sub>x</sub>: ..... g/kWh
- PT: ..... g/kWh
11. Motore presentato per le prove il: .....
12. Servizio tecnico incaricato delle prove di omologazione: .....
- .....
13. Data del verbale di prova rilasciato da tale servizio: .....
14. Numero del verbale di prova rilasciato da tale servizio: .....
15. Posizione del marchio di omologazione sul motore: .....
16. Luogo: .....
17. Data: .....
18. Firma: .....
19. Alla comunicazione sono allegati i seguenti documenti, che recano il numero di omologazione sopra indicato:
- una copia dell'allegato 1 del presente regolamento, debitamente compilata e corredata dei disegni e degli schemi a cui si fa riferimento.

---

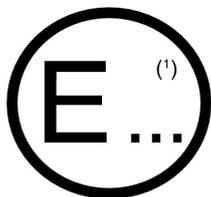
(<sup>1</sup>) Numero distintivo del paese che la rilasciato/esteso/rifiutato/revocato l'omologazione (cfr. le disposizioni del presente regolamento in materia di omologazione).

(<sup>2</sup>) Cancellare le diciture inutili.

## ALLEGATO 2B

**COMUNICAZIONE**

(formato massimo: A4 (210 × 297 mm))



rilasciata da: denominazione dell'amministrazione

.....

.....

.....

relativa a <sup>(2)</sup>: RILASCIO DELL'OMOLOGAZIONE  
 ESTENSIONE DELL'OMOLOGAZIONE  
 RIFIUTO DELL'OMOLOGAZIONE  
 REVOCA DELL'OMOLOGAZIONE  
 CESSAZIONE DEFINITIVA DELLA PRODUZIONE

di un veicolo per quanto riguarda l'emissione di inquinanti prodotti dal motore in forza del regolamento n. 49

N. di omologazione: .....

N. di estensione: .....

1. Marchio di fabbrica o commerciale del motore: .....
2. Tipo di veicolo: .....
3. Nome e indirizzo del costruttore: .....
4. Nome e indirizzo dell'eventuale mandatario del costruttore: .....
5. Depressione massima ammissibile all'aspirazione: ..... kPa
6. Contropressione massima ammessa: ..... kPa
7. Potenza massima ammissibile assorbita dai dispositivi azionati dal motore:  
 Intermedia: ..... kW; nominale: ..... kW
8. Marca e tipo del motore: .....
9. Livelli di emissione del motore/motore capostipite
  - 9.1. Prova ESC (se applicabile):
    - CO: ..... g/kWh
    - THC: ..... g/kWh
    - NO<sub>x</sub>: ..... g/kWh
    - PT: ..... g/kWh
  - 9.2. Prova ELR (se applicabile):
    - Indice di fumo: ..... m<sup>-1</sup>

- 9.3. Prova ETC (se applicabile):
- CO: ..... g/kWh
- THC: ..... g/kWh
- NMHC: ..... g/kWh
- CH<sub>4</sub>: ..... g/kWh
- NO<sub>x</sub>: ..... g/kWh
- PT: ..... g/kWh
10. Motore presentato per le prove il: .....
11. Servizio tecnico incaricato delle prove di omologazione: .....
- .....
12. Data del verbale di prova rilasciato da tale servizio: .....
13. Numero del verbale di prova rilasciato da tale servizio: .....
14. Posizione del marchio di omologazione sul veicolo/motore <sup>(2)</sup>: .....
15. Luogo: .....
16. Data: .....
17. Firma: .....
18. Alla comunicazione sono allegati i seguenti documenti, che recano il numero di omologazione sopra indicato:
- una copia dell'allegato 1 del presente regolamento, debitamente compilata e corredata dei disegni e degli schemi a cui si fa riferimento.

---

(<sup>1</sup>) Numero distintivo del paese che la rilasciato/esteso/rifiutato/revocato l'omologazione (cfr. le disposizioni del presente regolamento in materia di omologazione).

(<sup>2</sup>) Cancellare le diciture inutili.

## ALLEGATO 3

**ESEMPI DI DISPOSIZIONE DEI MARCHI DI OMOLOGAZIONE**  
(cfr. punto 4.6 del presente regolamento)

- I. OMOLOGAZIONE «I» (riga A)  
(cfr. punto 4.6.3 del presente regolamento)

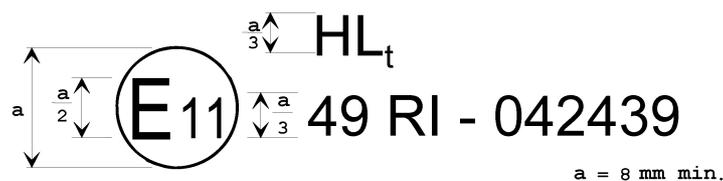
## Modello A

Motori omologati in base ai limiti di emissione della riga A e alimentati con carburante diesel o gas di petrolio liquefatto (GPL).



## Modello B

Motori omologati in base ai limiti di emissione della riga A e alimentati con gas naturale (GN). Il suffisso che segue il simbolo nazionale indica la qualificazione del carburante stabilita conformemente al punto 4.6.3.1 del presente regolamento.



Il marchio di omologazione sopra riportato, apposto su un motore/veicolo, indica che il motore/veicolo è stato omologato nel Regno Unito (E11) in forza del regolamento n. 49 e con il numero di omologazione 042439. Il marchio indica che l'omologazione è stata rilasciata conformemente al regolamento n. 49 modificato dalla serie 04 di emendamenti e che sono soddisfatti i limiti pertinenti precisati nel punto 5.2.1 del presente regolamento.

- II. OMOLOGAZIONE «II» (riga B1)  
(cfr. punto 4.6.3 del presente regolamento)

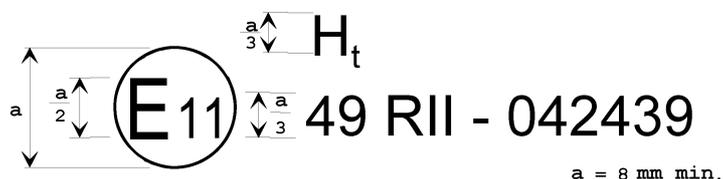
## Modello C

Motori omologati in base ai limiti di emissione della riga B1 e alimentati con carburante diesel o gas di petrolio liquefatto (GPL).



## Modello D

Motori omologati in base ai limiti di emissione della riga B1 e alimentati con gas naturale (GN). Il suffisso che segue il simbolo nazionale indica la qualificazione del carburante stabilita conformemente al punto 4.6.3.1 del presente regolamento.



Il marchio di omologazione sopra riportato, apposto su un motore/veicolo, indica che il motore/veicolo è stato omologato nel Regno Unito (E11) in forza del regolamento n. 49 e con il numero di omologazione 042439. Il marchio indica che l'omologazione è stata rilasciata conformemente al regolamento n. 49 modificato dalla serie 04 di emendamenti e che sono soddisfatti i limiti pertinenti precisati nel punto 5.2.1 del presente regolamento.

### III. OMOLOGAZIONE «III» (riga B2)

(cfr. punto 4.6.3 del presente regolamento)

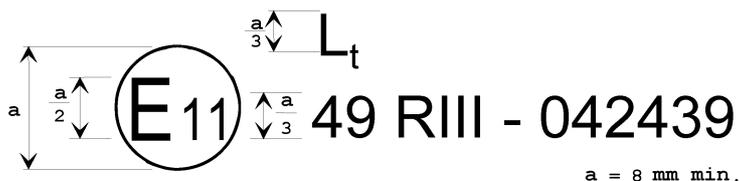
#### Modello E

Motori omologati in base ai limiti di emissione della riga B2 e alimentati con carburante diesel o gas di petrolio liquefatto (GPL).



#### Modello F

Motori omologati in base ai limiti di emissione della riga B2 e alimentati con gas naturale (GN). Il suffisso che segue il simbolo nazionale indica la qualificazione del carburante stabilita conformemente al punto 4.6.3.1 del presente regolamento.



Il marchio di omologazione sopra riportato, apposto su un motore/veicolo, indica che il motore/veicolo è stato omologato nel Regno Unito (E11) in forza del regolamento n. 49 e con il numero di omologazione 042439. Il marchio indica che l'omologazione è stata rilasciata conformemente al regolamento n. 49 modificato dalla serie 04 di emendamenti e che sono soddisfatti i limiti pertinenti precisati nel punto 5.2.1 del presente regolamento.

### IV. OMOLOGAZIONE «IV» (riga C)

(cfr. punto 4.6.3. del presente regolamento)

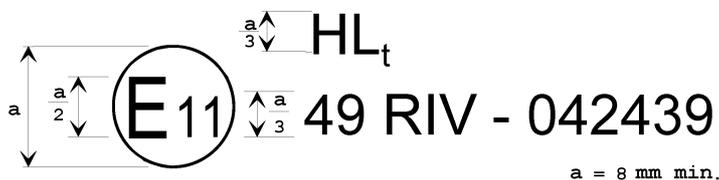
#### Modello G

Motori omologati in base ai limiti di emissione della riga C e alimentati con carburante diesel o gas di petrolio liquefatto (GPL).



#### Modello H

Motori omologati in base ai limiti di emissione della riga C e alimentati con gas naturale (GN). Il suffisso che segue il simbolo nazionale indica la qualificazione del carburante stabilita conformemente al punto 4.6.3.1 del presente regolamento.



Il marchio di omologazione sopra riportato, apposto su un motore/veicolo, indica che il motore/veicolo è stato omologato nel Regno Unito (E11) in forza del regolamento n. 49 e con il numero di omologazione 042439. Questa omologazione indica che l'omologazione è stata rilasciata conformemente al regolamento n. 49 modificato dalla serie 04 di emendamenti e che sono soddisfatti i limiti pertinenti precisati nel punto 5.2.1 del presente regolamento.

V. MOTORE/VEICOLO OMOLOGATO IN FORZA DI UNO O PIÙ REGOLAMENTI  
(cfr. punto 4.7 del presente regolamento)

Modello I



Il marchio di omologazione sopra riportato, apposto su un motore/veicolo, indica che il motore/veicolo è stato omologato nel Regno Unito (E11) in forza del regolamento n. 49 (livello di emissione IV) e del regolamento n. 24 <sup>(1)</sup>. Le prime due cifre del numero di omologazione indicano che, alla data in cui sono state rilasciate le omologazioni, il regolamento n. 49 comprendeva la serie 04 di emendamenti e il regolamento n. 24 la serie 03 di emendamenti.

<sup>(1)</sup> Il secondo numero di regolamento è riportato unicamente a titolo di esempio.

## ALLEGATO 4

## PROCEDIMENTO DI PROVA

## 1. INTRODUZIONE

1.1. Il presente allegato descrive i metodi per la determinazione delle emissioni di componenti gassosi, particolato e fumo prodotte dai motori sottoposti a prova. Sono descritti tre cicli di prova da applicarsi secondo le disposizioni del regolamento, punto 5.2:

1.1.1. il ciclo ESC, costituito da un ciclo in 13 modi in regime stazionario,

1.1.2. il ciclo ELR, costituito da una sequenza di aumenti di carico a gradino a differenti regimi costanti del motore; gli aumenti di carico sono parte integrante di un procedimento di prova e sono eseguiti in successione immediata;

1.1.3. il ciclo ETC, costituito da una sequenza di modalità in regime transitorio normalizzate secondo per secondo.

1.2. La prova deve essere eseguita con il motore montato su banco di prova e collegato a un dinamometro.

1.3. **Principio di misura**

Le emissioni da misurare prodotte dallo scarico del motore includono i componenti gassosi (monossido di carbonio, idrocarburi totali per i motori diesel nella sola prova ESC; idrocarburi diversi dal metano per i motori diesel e a gas nella sola prova ETC; metano per i motori a gas nella sola prova ETC e ossidi di azoto), il particolato (motori diesel, motori a gas nel solo stadio C) e il fumo (motori diesel nella sola prova ELR). Inoltre, si usa spesso il biossido di carbonio come gas tracciante per determinare il rapporto di diluizione dei sistemi di diluizione a flusso parziale e a flusso totale. In base ai principi di buona pratica ingegneristica è consigliabile effettuare una misurazione generale del biossido di carbonio: questa rappresenta infatti un eccellente strumento per individuare problemi di misurazione durante l'esecuzione della prova.

1.3.1. *Prova ESC*

Durante una sequenza prescritta di condizioni di funzionamento a caldo del motore, si esaminano in continuo le quantità di emissioni allo scarico di cui sopra prelevando un campione dal gas di scarico grezzo. Il ciclo di prova è costituito da un certo numero di modalità di regime e di potenza che coprono l'intervallo tipico di funzionamento dei motori diesel. Durante ciascuna modalità, si determinano la concentrazione di ciascun inquinante gassoso, il flusso di gas di scarico e la potenza in uscita, ponderando i valori misurati. Si diluisce il campione di particolato con aria ambiente condizionata. Si preleva un unico campione durante l'intero procedimento di prova raccogliendolo su filtri adatti. Si calcolano i grammi di ciascun inquinante emesso per kilowattora (kWh) come descritto nell'appendice 1 del presente allegato. Si misurano inoltre gli NO<sub>x</sub> in tre punti all'interno dell'area di controllo scelta dal servizio tecnico <sup>(1)</sup> e si confrontano i valori misurati con i valori calcolati in base alle modalità del ciclo di prova che inviluppano i punti di prova scelti. La verifica del controllo degli NO<sub>x</sub> garantisce l'efficacia del controllo delle emissioni del motore nell'intervallo tipico di funzionamento del motore.

1.3.2. *Prova ELR*

Si misura mediante un opacimetro il fumo emesso a caldo da un motore durante una prova di risposta a carichi prescritti. La prova consiste nel sottoporre il motore, a regime costante, a un carico dal 10 per cento al 100 per cento a tre differenti regimi. La prova è inoltre eseguita a un quarto gradino di carico scelto dal servizio tecnico <sup>(1)</sup> confrontando il valore con i valori dei gradini di carico precedenti. Si determina il picco del fumo usando un algoritmo di calcolo della media, descritto nell'appendice 1 del presente allegato.

<sup>(1)</sup> I punti di prova devono essere scelti utilizzando metodi statistici di randomizzazione approvati.

1.3.3. *Prova ETC*

Durante un ciclo transiente prescritto di condizioni di funzionamento a caldo del motore, basato su modelli di guida specifici definiti per i vari tipi di strade per i motori pesanti montati su autocarri e autobus, si esaminano gli inquinanti di cui sopra dopo avere diluito il gas di scarico totale con aria ambiente condizionata. Utilizzando i segnali di retroazione relativi alla coppia motrice e al regime forniti dal dinamometro collegato al motore, si integra la potenza rispetto al tempo del ciclo in modo da ricavare il lavoro prodotto dal motore durante il ciclo. Si determina la concentrazione di NO<sub>x</sub> e HC nell'arco del ciclo mediante integrazione del segnale dell'analizzatore. La concentrazione di CO, CO<sub>2</sub> e NMHC può essere determinata mediante integrazione del segnale dell'analizzatore o mediante campionamento con sacchetto. Per il particolato si raccoglie su filtri adatti un campione proporzionale. Si determina la portata del gas di scarico diluito sulla durata del ciclo per calcolare i valori massici di emissione degli inquinanti. Dalla relazione tra i valori massici delle emissioni e il lavoro del motore si ottengono i grammi di ciascun inquinante emessi per kilowattora (kWh), come descritto nell'appendice 2 del presente allegato.

## 2. CONDIZIONI DI PROVA

2.1. **Condizioni di prova del motore**

2.1.1. Misurare la temperatura assoluta (T<sub>a</sub>) dell'aria di aspirazione del motore espressa in Kelvin e la pressione atmosferica riferita al secco (p<sub>s</sub>) espressa in kPa, e determinare il parametro F nel modo seguente:

a) per i motori diesel:

motori ad aspirazione naturale e con sovralimentatore meccanico:

$$F = \left(\frac{99}{P_s}\right) \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,7}$$

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

$$F = \left(\frac{99}{P_s}\right)^{0,7} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1,5}$$

b) per i motori a gas:

$$F = \left(\frac{99}{P_s}\right)^{1,2} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0,6}$$

2.1.2. *Validità della prova*

Una prova è riconosciuta valida quando il parametro F soddisfa la relazione:

$$0,96 \leq F \leq 1,06$$

2.2. **Motori con raffreddamento dell'aria di sovralimentazione**

Registrare la temperatura dell'aria di sovralimentazione che, al regime della potenza massima dichiarata e a pieno carico, deve coincidere con un'approssimazione di  $\pm 5$  K con la temperatura massima dell'aria di sovralimentazione specificata nell'allegato 1, appendice 1, punto 1.16.3. La temperatura del fluido di raffreddamento non deve essere minore di 293 K (20 °C).

Se si usa un impianto di condizionamento dell'aria di sovralimentazione proprio della sala prova o un ventilatore estraneo al motore in prova, la temperatura dell'aria di sovralimentazione, al regime della potenza massima dichiarata e a pieno carico, deve coincidere con un'approssimazione di  $\pm 5$  K con la temperatura massima dell'aria di sovralimentazione specificata nell'allegato 1, punto 1.16.3. Usare per tutto il ciclo di prova la regolazione del dispositivo di raffreddamento dell'aria di sovralimentazione necessaria per rispettare le condizioni di cui sopra.

2.3. **Sistema di aspirazione aria del motore**

Usare un sistema di aspirazione aria del motore che presenti una limitazione dell'aspirazione d'aria coincidente con un'approssimazione di  $\pm 100$  Pa con il limite superiore del motore funzionante al regime di potenza massima dichiarata e a pieno carico.

#### 2.4. Sistema di scarico del motore

Usare un sistema di scarico che presenti una contropressione allo scarico coincidente con un'approssimazione di  $\pm 1\ 000$  Pa con il limite superiore del motore funzionante al regime di potenza massima dichiarata e a pieno carico e un volume coincidente con un'approssimazione di  $\pm 40$  per cento con quello specificato dal costruttore. È ammesso l'uso di un impianto di estrazione dei gas di scarico proprio della sala prova purché riproduca le condizioni effettive di funzionamento del motore. Il sistema di scarico deve essere conforme ai requisiti di campionamento dei gas di scarico presentati nell'allegato 4, appendice 4, punto 3.4 e nell'allegato 4, appendice 6, punto 2.2.1, EP e punto 2.3.1, EP.

Se il motore è equipaggiato con un dispositivo di post-trattamento dei gas di scarico, il condotto di scarico deve avere lo stesso diametro di quello effettivamente utilizzato per il motore per almeno 4 diametri del condotto a monte dell'ingresso dell'inizio della sezione di espansione che contiene il dispositivo di post-trattamento. La distanza tra la flangia del collettore di scarico o l'uscita del turbocompressore e il dispositivo di post-trattamento dei gas di scarico deve essere uguale a quella utilizzata nella configurazione del veicolo o compresa entro i limiti indicati dal costruttore. La contropressione o la restrizione dello scarico deve seguire gli stessi criteri di cui sopra e può essere regolata con una valvola. 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 del catalizzatore inattivo.

#### 2.5. Sistema di raffreddamento

Usare un sistema di raffreddamento del motore avente una capacità sufficiente per mantenere il motore alle temperature di funzionamento normali prescritte dal costruttore.

#### 2.6. Olio lubrificante

Le caratteristiche tecniche dell'olio lubrificante usato per la prova devono essere registrate e presentate con i risultati della prova come specificato nell'allegato 1, punto 7.1.

#### 2.7. Carburante

Il carburante utilizzato deve essere il carburante di riferimento specificato negli allegati 5, 6 o 7.

La temperatura del carburante e il punto di misurazione devono essere specificati dal costruttore entro i limiti indicati nell'allegato 1, punto 1.16.5. La temperatura del carburante non deve essere inferiore a 306 K (33 °C). Se non è specificata, deve essere di 311 K  $\pm$  5 K (38 °C  $\pm$  5 °C) all'ingresso dell'alimentazione del carburante.

Per i motori a GN e GPL, la temperatura del carburante e il punto di misurazione devono essere compresi nei limiti indicati nell'allegato 1, punto 1.16.5 o nell'allegato 1, appendice 3, punto 1.16.5 se il motore non è capostipite.

#### 2.8. Controllo dei sistemi di post-trattamento del gas di scarico

Se il motore è dotato di un sistema di post-trattamento del gas di scarico, le emissioni misurate nel ciclo o nei cicli di prova devono essere rappresentative delle emissioni in condizioni reali di utilizzo. Se questa condizione non può essere ottenuta con un singolo ciclo di prova (p. es. per filtri del particolato con rigenerazione periodica), effettuare più cicli di prova e fare una media e/o ponderazione dei risultati delle prove. La procedura esatta deve essere concordata tra il costruttore del motore e il servizio tecnico sulla base di criteri di buona pratica ingegneristica.

## ALLEGATO 4

## Appendice 1

## CICLI DI PROVA ESC E ELR

## 1. REGOLAZIONI DEL MOTORE E DEL BANCO DINAMOMETRICO

## 1.1. Determinazione dei regimi A, B e C del motore

I regimi A, B e C devono essere dichiarati dal costruttore in conformità delle seguenti disposizioni.

L'alto regime  $n_{hi}$  deve essere determinato calcolando il 70 per cento della potenza netta  $P(n)$  massima dichiarata, determinata conformemente all'allegato 1, appendice 1, punto 8.2. Il regime massimo al quale si ottiene questo valore di potenza sulla curva della potenza è definito  $n_{hi}$ .

Il basso regime  $n_{lo}$  deve essere determinato calcolando il 50 per cento della potenza netta  $P(n)$  massima dichiarata, determinata conformemente all'allegato 1, appendice 1, punto 8.2. Il regime minimo al quale si ottiene questo valore di potenza sulla curva della potenza è definito  $n_{lo}$ .

I regimi A, B e C devono essere calcolati come segue:

$$\text{regime A} = n_{lo} + 25 \% (n_{hi} - n_{lo})$$

$$\text{regime B} = n_{lo} + 50 \% (n_{hi} - n_{lo})$$

$$\text{regime C} = n_{lo} + 75 \% (n_{hi} - n_{lo})$$

I regimi A, B e C possono essere verificati mediante uno dei seguenti metodi.

- Per una determinazione accurata di  $n_{hi}$  e  $n_{lo}$ , effettuare la misura su punti di prova addizionali durante l'omologazione della potenza del motore conformemente al regolamento n. 24. Determinare la potenza massima,  $n_{hi}$  e  $n_{lo}$  in base alla curva della potenza e calcolare i regimi A, B e C del motore secondo le disposizioni di cui sopra.
- Mappare il motore lungo la curva di pieno carico, dal regime massimo a vuoto al regime minimo, utilizzando almeno 5 punti di misurazione per ogni intervallo di  $1\,000\text{ min}^{-1}$  e punti di misurazione compresi entro  $\pm 50\text{ min}^{-1}$  del regime alla potenza massima dichiarata. Determinare la potenza massima,  $n_{hi}$  e  $n_{lo}$  in base a questa curva di mappatura e calcolare i regimi A, B e C del motore secondo le disposizioni di cui sopra.

Se i regimi A, B e C misurati coincidono con un'approssimazione di  $\pm 3$  per cento con i regimi dichiarati dal costruttore, per la prova delle emissioni usare i regimi dichiarati. Se per uno qualsiasi dei regimi del motore viene superata la tolleranza, per la prova delle emissioni usare i regimi misurati.

## 1.2. Determinazione delle regolazioni del banco dinamometrico

Determinare sperimentalmente la curva di coppia a pieno carico per calcolare i valori della coppia per le modalità di prova specificate in condizioni nette, come specificato nell'allegato 1, appendice 1, punto 8.2. Tenere conto, se del caso, della potenza assorbita dai dispositivi azionati dal motore. Calcolare la regolazione del banco dinamometrico per ciascuna modalità di prova eccetto il minimo usando la formula

$$S = P(n) \times \frac{L}{100}$$

se la prova viene eseguita in condizioni nette e

$$S = P(n) \times \frac{L}{100} + (P(a) - P(b))$$

se la prova viene eseguita in condizioni non nette

dove:

- s = regolazione del banco dinamometrico, kW
- P(n) = potenza netta del motore indicata nell'allegato 1, appendice 1, punto 8.2, kW
- L = carico percentuale indicato al punto 2.7.1,
- P(a) = potenza assorbita dai dispositivi ausiliari da montare come indicato nell'allegato 1, appendice 1, punto 6.1.
- P(b) = potenza assorbita dai dispositivi ausiliari da rimuovere come indicato nell'allegato 1, appendice 1, punto 6.2.

## 2. ESECUZIONE DELLA PROVA ESC

Su richiesta dei costruttori è possibile eseguire una prova senza valore per condizionare il motore e il sistema di scarico prima del ciclo di misurazione.

### 2.1. Preparazione dei filtri di campionamento

Almeno un'ora prima della prova introdurre ciascun filtro o coppia di filtri in una scatola di Petri chiusa ma non sigillata e porlo in una camera di pesata per la stabilizzazione. Al termine del periodo di stabilizzazione pesare ciascun filtro o coppia di filtri e registrare la tara. In seguito conservare il filtro o coppia di filtri in una scatola di Petri chiusa o in un portafiltri sigillato fino al momento della prova. Se non si utilizza il filtro o coppia di filtri entro otto ore dall'estrazione dalla camera di pesata, condizionarlo e pesarlo nuovamente prima di utilizzarlo.

### 2.2. Installazione dell'apparecchiatura di misurazione

Installare la strumentazione e le sonde di campionamento nel modo prescritto. Quando si utilizza un sistema di diluizione a flusso totale per la diluizione dei gas di scarico, il condotto di scarico deve essere collegato al sistema.

### 2.3. Avviamento del sistema di diluizione e del motore

Avviare e riscaldare il sistema di diluizione e il motore fino alla stabilizzazione delle temperature e delle pressioni al regime di potenza massima attenendosi alle raccomandazioni del costruttore e alla buona pratica ingegneristica.

### 2.4. Avviamento del sistema di campionamento del particolato

Avviare il sistema di campionamento del particolato e farlo funzionare in derivazione (bypass). Il livello di fondo del particolato dell'aria di diluizione può essere determinato facendo passare aria di diluizione attraverso i filtri del particolato. Se si usa aria di diluizione filtrata, si può effettuare una misurazione unica prima o dopo la prova. Se l'aria di diluizione non è filtrata, si possono eseguire più misurazioni all'inizio e al termine del ciclo e calcolare la media dei valori.

### 2.5. Regolazione del rapporto di diluizione

L'aria di diluizione deve avere caratteristiche tali che la temperatura del gas di scarico diluito immediatamente a monte del filtro principale non superi i 325 K (52 °C) in nessuna modalità. Il rapporto di diluizione (q) non deve essere minore di 4.

Con i sistemi in cui si usa la misurazione della concentrazione di CO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub> per il controllo del rapporto di diluizione, misurare il contenuto di CO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub> dell'aria di diluizione all'inizio e al termine di ciascuna prova. Le concentrazioni di fondo di CO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub> misurate nell'aria di diluizione prima e dopo la prova devono coincidere con una differenza massima di 100 ppm o 5 ppm, rispettivamente.

### 2.6. Controllo degli analizzatori

Azzerare e calibrare gli analizzatori delle emissioni.

## 2.7. Ciclo di prova

2.7.1. Nel funzionamento al banco dinamometrico del motore di prova, utilizzare il seguente ciclo di 13 modalità:

Modalità numero	Regime del motore	Carico percentuale	Fattore di ponderazione	Durata delle modalità
1	minimo	—	0,15	4 minuti
2	A	100	0,08	2 minuti
3	B	50	0,10	2 minuti
4	B	75	0,10	2 minuti
5	A	50	0,05	2 minuti
6	A	75	0,05	2 minuti
7	A	25	0,05	2 minuti
8	B	100	0,09	2 minuti
9	B	25	0,10	2 minuti
10	C	100	0,08	2 minuti
11	C	25	0,05	2 minuti
12	C	75	0,05	2 minuti
13	C	50	0,05	2 minuti

### 2.7.2. Sequenza di prova

Avviare la sequenza di prova ed eseguire prova seguendo nell'ordine indicato le modalità specificate al punto 2.7.1.

Fare funzionare il motore per il tempo prescritto in ciascuna modalità, completando le variazioni di regime e di carico nei primi 20 secondi. Mantenere il regime specificato con una differenza massima di  $\pm 50 \text{ min}^{-1}$  e la coppia specificata con una differenza massima di  $\pm 2$  per cento rispetto alla coppia massima al regime di prova.

Su richiesta del costruttore, la sequenza di prova può essere ripetuta un numero di volte sufficiente per campionare una maggior massa di particolato sul filtro. Il costruttore deve fornire una descrizione dettagliata delle procedure di valutazione e di calcolo dei dati. Le emissioni gassose devono essere determinate solo nel primo ciclo.

### 2.7.3. Risposta degli analizzatori

Registrare i dati forniti dagli analizzatori su un registratore scrivente o misurarli con un sistema equivalente di acquisizione dei dati mentre il gas di scarico fluisce attraverso gli analizzatori per tutta la durata del ciclo di prova.

### 2.7.4. Campionamento del particolato

Per la procedura di prova completa usare una coppia di filtri (filtro principale e filtro di sicurezza, cfr. allegato 4, appendice 4). Tenere conto dei fattori di ponderazione specificati per le singole modalità nella procedura del ciclo di prova prelevando un campione proporzionale alla portata massica dello scarico durante ciascuna modalità del ciclo. A questo scopo si può regolare la portata del campione, il tempo di campionamento e/o il rapporto di diluizione in modo da rispettare il criterio per i fattori di ponderazione effettivi di cui al punto 5.6.

Il tempo di campionamento per ogni modalità deve essere di almeno 4 secondi per 0,01 fattore di ponderazione. Eseguire il campionamento il più tardi possibile all'interno di ciascuna modalità. Il campionamento del particolato deve essere completato non più di 5 secondi prima del termine di ciascuna modalità.

### 2.7.5. Condizioni del motore

Durante ciascuna modalità, registrare il regime e il carico del motore, la temperatura e la depressione dell'aria di aspirazione, la temperatura e la contropressione del gas di scarico, la portata di carburante e la portata d'aria o gas di scarico, la temperatura dell'aria di sovralimentazione, la temperatura del carburante e la sua umidità rispettando le prescrizioni relative a regime e carico (cfr. punto 2.7.2) durante il tempo di campionamento del particolato e comunque durante l'ultimo minuto di ciascuna modalità.

Registrare qualsiasi dato ulteriore occorrente per il calcolo (cfr. punti 4 e 5).

#### 2.7.6. *Controllo degli NO<sub>x</sub> all'interno dell'area di controllo*

La verifica degli NO<sub>x</sub> all'interno dell'area di controllo deve essere eseguita immediatamente dopo il completamento della modalità 13. Condizionare il motore per tre minuti nella modalità 13 prima di iniziare le misurazioni. Effettuare tre misurazioni in differenti punti scelti dal servizio tecnico all'interno dell'area di controllo (<sup>1</sup>). La durata di ciascuna misurazione è di 2 minuti.

La procedura di misurazione è uguale a quella per la misurazione degli NO<sub>x</sub> nel ciclo a 13 modalità ed è effettuata in conformità dei punti 2.7.3, 2.7.5 e 4.1 della presente appendice, e dell'allegato 4, appendice 4, punto 3.

Il calcolo è eseguito secondo il punto 4.

#### 2.7.7. *Controllo degli analizzatori al termine della prova*

Dopo il controllo delle emissioni, ricontrollare l'analizzatore con un gas di azzeramento e con lo stesso gas di calibrazione. La prova è considerata accettabile se la differenza dei risultati prima e dopo la prova è minore del 2 % del valore relativo al gas di calibrazione.

### 3. ESECUZIONE DELLA PROVA ELR

#### 3.1. **Installazione dell'apparecchiatura di misurazione**

Montare l'opacimetro e le sonde di campionamento, se applicabile, a valle del silenziatore di scarico o di eventuali dispositivi di post-trattamento, secondo le procedure generali di installazione specificate dal fabbricante dello strumento. Rispettare inoltre, se del caso, le prescrizioni del punto 10 della norma ISO 11614.

Prima dei controlli di zero e fondo scala, riscaldare e stabilizzare l'opacimetro secondo le raccomandazioni del fabbricante dello strumento. Se l'opacimetro è dotato di un sistema di aria di spurgo per evitare che l'ottica di misura si sporchi di fuliggine, attivare anche questo sistema e regolarlo secondo le raccomandazioni del fabbricante.

#### 3.2. **Controllo dell'opacimetro**

I controlli di zero e fondo scala devono essere eseguiti nella modalità di lettura dell'opacità perché la scala dell'opacità offre due punti di taratura definibili con precisione, cioè 0 % di opacità e 100 % di opacità. Il coefficiente di assorbimento della luce viene poi calcolato in modo corretto sulla base dell'opacità misurata e del valore di L<sub>A</sub>, fornito dal fabbricante dell'opacimetro, quando lo strumento viene riportato nella modalità di lettura k per l'esecuzione della prova.

Senza intercettazione del raggio di luce dell'opacimetro, regolare il valore letto su 0,0 % ± 1,0 % di opacità. Impedendo che la luce raggiunga il ricevitore, regolare la lettura su 100,0 % ± 1,0 % di opacità.

#### 3.3. **Ciclo di prova**

##### 3.3.1. *Condizionamento del motore*

Il riscaldamento del motore e del sistema deve essere eseguito alla potenza massima per stabilizzare i parametri del motore secondo le raccomandazioni del costruttore. La fase di preconditionamento dovrebbe inoltre proteggere la misurazione vera e propria dall'influenza di depositi rimasti nel sistema di scarico dopo una prova precedente.

Quando il motore è stabilizzato, avviare il ciclo entro 20 ± 2 s dal termine della fase di preconditionamento. Su richiesta del costruttore è ammessa l'esecuzione di una prova senza valore per un condizionamento ulteriore prima del ciclo di misurazione.

(<sup>1</sup>) I punti di prova devono essere scelti utilizzando metodi statistici di randomizzazione approvati.

## 3.3.2. Sequenza di prova

La prova è costituita da una sequenza di tre gradini di carico a ciascuno dei tre regimi A (ciclo 1), B (ciclo 2) e C (ciclo 3) determinati secondo l'allegato 4, punto 1.1, a cui segue il ciclo 4 ad un regime, scelto dal servizio tecnico, compreso nell'area di controllo e ad un carico tra il 10 % e il 100 % <sup>(1)</sup>. Nel funzionamento del motore di prova al banco dinamometrico procedere secondo la sequenza mostrata in figura 3.

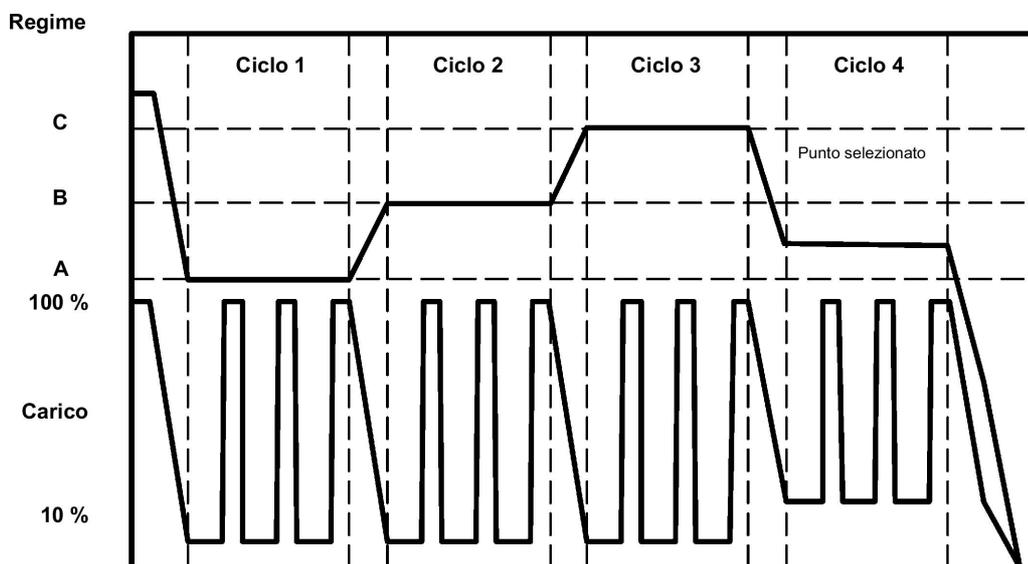


Figura 3: sequenza della prova ELR

- a) Far funzionare il motore al regime A e al 10 per cento di carico per  $20 \pm 2$  s. Mantenere il regime specificato con un'approssimazione di  $\pm 20 \text{ min}^{-1}$  e la coppia specificata con un'approssimazione di  $\pm 2$  per cento rispetto alla coppia massima al regime di prova.
- b) Al termine di un segmento spostare rapidamente la leva di comando nella posizione di apertura totale e mantenerla in tale posizione per  $10 \pm 1$  s. Applicare il carico dinamometrico necessario per mantenere il regime del motore con un'approssimazione di  $\pm 150 \text{ min}^{-1}$  per i primi 3 secondi e di  $\pm 20 \text{ min}^{-1}$  per il resto del segmento.
- c) Ripetere due volte la sequenza descritta alle lettere a) e b).
- d) Al completamento del terzo gradino di carico, regolare il motore sul regime B e sul 10 per cento di carico entro  $20 \pm 2$  s.
- e) Eseguire la sequenza da a) a c) con il motore funzionante al regime B.
- f) Al completamento del terzo gradino di carico, regolare il motore sul regime C e sul 10 per cento di carico entro  $20 \pm 2$  s.
- g) Eseguire la sequenza da a) a c) con il motore funzionante al regime C.
- h) Al completamento del terzo gradino di carico, regolare il motore sul regime scelto e su qualunque carico superiore al 10 per cento entro  $20 \pm 2$  s.
- i) Eseguire la sequenza da a) a c) con il motore funzionante al regime scelto.

<sup>(1)</sup> I punti di prova devono essere scelti utilizzando metodi statistici di randomizzazione approvati.

### 3.4. Convalida del ciclo

Le deviazioni standard relative degli indici medi di fumo a ciascun regime di prova ( $SV_A$ ,  $SV_B$ ,  $SV_C$ , calcolati secondo il punto 6.3.3 della presente appendice in base a tre gradini successivi di carico a ciascun regime di prova) devono essere minori del valore più alto tra il 15 per cento del valore medio corrispondente e il 10 per cento del valore limite mostrato nella tabella 1 del regolamento. Se la differenza è maggiore ripetere la sequenza fino a quando tre gradini di carico successivi sono conformi ai criteri di convalida.

### 3.5. Controllo dell'opacimetro al termine della prova

La deriva dello zero dell'opacimetro dopo la prova non deve essere superiore al  $\pm 5,0$  per cento del valore limite mostrato nella tabella 1 del regolamento.

## 4. CALCOLO DELLE EMISSIONI GASOSE

### 4.1. Valutazione dei dati

Per la valutazione delle emissioni gassose calcolare la media dei valori registrati relativi agli ultimi 30 secondi di ciascuna modalità e determinare le concentrazioni (conc) medie di HC, CO e  $NO_x$  durante ciascuna modalità in base alla media dei valori registrati e ai corrispondenti dati di taratura. È ammesso un differente tipo di registrazione, purché assicurati un'acquisizione equivalente dei dati.

Per la verifica degli  $NO_x$  all'interno dell'area di controllo, le prescrizioni di cui sopra valgono solo per gli  $NO_x$ .

Determinare il flusso del gas di scarico  $G_{EXHW}$  o, se usato in alternativa, il flusso del gas di scarico diluito  $G_{TOTW}$  conformemente all'allegato 4, appendice 4, punto 2.3.

### 4.2. Correzione secco/umido

Convertire la concentrazione misurata nel valore su umido secondo le formule seguenti, salvo che sia già stata misurata su umido.

$$\text{conc(umido)} = K_W \times \text{conc(secco)}$$

Per il gas di scarico grezzo:

$$K_{W,r} = \left( 1 - F_{FH} \times \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRD}} \right) - K_{W2}$$

e

$$F_{FH} = \frac{1,969}{\left( 1 + \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRW}} \right)}$$

Per il gas di scarico diluito:

$$K_{W,e,1} = \left( 1 - \frac{HTCRAT \times CO_2\% \text{ (umido)}}{200} \right) - K_{W1}$$

o

$$K_{W,e,2} = \left( \frac{(1 - K_{W1})}{1 + \frac{HTCRAT \times CO_2\% \text{ (secco)}}{200}} \right)$$

Per l'aria di diluizione:

$$K_{W,d} = 1 - K_{W1}$$

Per l'aria di aspirazione:  
(se diversa dall'aria di diluizione)

$$K_{W,a} = 1 - K_{W2}$$

$$K_{w1} = \frac{1,608 \times H_d}{1\,000 + (1,608 \times H_d)}$$

$$K_{w2} = \frac{1,608 \times H_a}{1\,000 + (1,608 \times H_a)}$$

$$H_d = \frac{6,220 \times R_d \times p_d}{p_B - p_d \times R_d \times 10^{-2}}$$

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

dove:

$H_a, H_d$  = g di acqua per kg di aria secca

$R_d, R_a$  = umidità relativa dell'aria di diluizione/aspirazione, %

$p_d, p_a$  = pressione di vapore di saturazione dell'aria di diluizione/aspirazione, kPa

$p_B$  = pressione barometrica totale, kPa

#### 4.3. Correzione del valore $NO_x$ in funzione dell'umidità e della temperatura

Poiché l'emissione di  $NO_x$  dipende dalle condizioni dell'aria ambiente, correggere la concentrazione di  $NO_x$  per tenere conto della temperatura e dell'umidità dell'aria ambiente applicando i fattori ricavati dalle formule seguenti:

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 + A \times (H_a - 10,71) + B \times (T_a - 298)}$$

in cui:

$A$  =  $0,309 \times G_{FUEL}/G_{AIRD} - 0,0266$

$B$  =  $-0,209 \times G_{FUEL}/G_{AIRD} + 0,00954$

$T_a$  = temperatura dell'aria, K

$H_a$  = umidità dell'aria di aspirazione, g di acqua per kg di aria secca in cui:

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

$R_a$  = umidità relativa dell'aria di aspirazione, %

$p_a$  = pressione di vapore di saturazione dell'aria di aspirazione, kPa

$p_B$  = pressione barometrica totale, kPa

#### 4.4. Calcolo della portata massica delle emissioni

La portata massica delle emissioni (g/h) deve essere calcolata per ciascuna modalità nel modo seguente, assumendo per la densità dei gas di scarico un valore di  $1,293 \text{ kg/m}^3$  a  $273 \text{ K}$  ( $0 \text{ }^\circ\text{C}$ ) e  $101,3 \text{ kPa}$ :

$$1) \text{ NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \times \text{NO}_{x \text{ conc}} \times K_{H,D} \times G_{EXHW}$$

$$2) \text{ CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \times \text{CO}_{\text{conc}} \times G_{EXHW}$$

$$3) \text{ HC}_{\text{mass}} = 0,000479 \times \text{HC}_{\text{conc}} \times G_{EXHW}$$

dove  $\text{NO}_{x \text{ conc}}$ ,  $\text{CO}_{\text{conc}}$ ,  $\text{HC}_{\text{conc}}$  <sup>(1)</sup> sono le concentrazioni medie (ppm) nel gas di scarico grezzo, determinate nel punto 4.1.

Se, facoltativamente, le emissioni gassose sono determinate con un sistema di diluizione a flusso totale, applicare le formule seguenti:

$$1) \text{ NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \times \text{NO}_{x \text{ conc}} \times K_{H,D} \times G_{TOTW}$$

$$2) \text{ CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \times \text{CO}_{\text{conc}} \times G_{TOTW}$$

$$3) \text{ HC}_{\text{mass}} = 0,000479 \times \text{HC}_{\text{conc}} \times G_{TOTW}$$

dove  $\text{NO}_{x \text{ conc}}$ ,  $\text{CO}_{\text{conc}}$ ,  $\text{HC}_{\text{conc}}$  <sup>(1)</sup> sono le concentrazioni medie con correzione del fondo (ppm) relative a ciascuna modalità nel gas di scarico diluito, determinate conformemente all'allegato 4, appendice 2, punto 4.3.1.1.

<sup>(1)</sup> Su base C1 equivalente.

#### 4.5. Calcolo delle emissioni specifiche

Calcolare le emissioni (g/kWh) per tutti i singoli componenti nel modo seguente:

$$\overline{\text{NO}}_x = \frac{\sum \text{NO}_{x,\text{mass}} \times \text{WF}_i}{\sum \text{P}(n)_i \times \text{WF}_i}$$

$$\overline{\text{CO}} = \frac{\sum \text{CO}_{\text{mass}} \times \text{WF}_i}{\sum \text{P}(n)_i \times \text{WF}_i}$$

$$\overline{\text{HC}} = \frac{\sum \text{HC}_{\text{mass}} \times \text{WF}_i}{\sum \text{P}(n)_i \times \text{WF}_i}$$

I fattori di ponderazione (WF) utilizzati nel calcolo di cui sopra sono conformi al punto 2.7.1.

#### 4.6. Calcolo dei valori di controllo dell'area

Per i tre punti di controllo prescelti secondo il punto 2.7.6 misurare e calcolare secondo il punto 4.6.1 l'emissione di  $\text{NO}_x$ . Questa deve essere anche determinata mediante interpolazione dalle modalità del ciclo di prova più prossime al rispettivo punto di controllo secondo il punto 4.6.2. Confrontare in seguito i valori misurati con i valori interpolati secondo il punto 4.6.3.

##### 4.6.1. Calcolo delle emissioni specifiche

Calcolare l'emissione di  $\text{NO}_x$  per ciascuno dei punti di controllo (Z) nel modo seguente:

$$\begin{aligned} \text{NO}_{x,\text{mass},Z} &= 0,001587 \times \text{NO}_{x,\text{conc},Z} \times K_{\text{H,D}} \times G_{\text{EXHW}} \\ \text{NO}_{x,Z} &= \text{NO}_{x,\text{mass},Z} / \text{P}(n)_Z \end{aligned}$$

##### 4.6.2. Determinazione del valore di emissione in base al ciclo di prova

Interpolare l'emissione di  $\text{NO}_x$  per ciascuno dei punti di controllo sulla base delle quattro modalità più prossime del ciclo di prova che inviluppano il punto di controllo Z prescelto indicato nella figura 4. Per queste modalità (R, S, T, U), valgono le seguenti definizioni:

$$\text{Regime(R)} = \text{Regime(T)} = n_{\text{RT}}$$

$$\text{Regime(S)} = \text{Regime(U)} = n_{\text{SU}}$$

$$\text{Carico percentuale(R)} = \text{Carico percentuale(S)}$$

$$\text{Carico percentuale(T)} = \text{Carico percentuale(U)}$$

Calcolare l'emissione di  $\text{NO}_x$  del punto di controllo Z prescelto nel modo seguente:

$$E_Z = E_{\text{RS}} + (E_{\text{TU}} - E_{\text{RS}}) \cdot (M_Z - M_{\text{RS}}) / (M_{\text{TU}} - M_{\text{RS}})$$

e:

$$E_{\text{TU}} = E_{\text{T}} + (E_{\text{U}} - E_{\text{T}}) \cdot (n_Z - n_{\text{RT}}) / (n_{\text{SU}} - n_{\text{RT}})$$

$$E_{\text{RS}} = E_{\text{R}} + (E_{\text{S}} - E_{\text{R}}) \cdot (n_Z - n_{\text{RT}}) / (n_{\text{SU}} - n_{\text{RT}})$$

$$M_{\text{TU}} = M_{\text{T}} + (M_{\text{U}} - M_{\text{T}}) \cdot (n_Z - n_{\text{RT}}) / (n_{\text{SU}} - n_{\text{RT}})$$

$$M_{\text{RS}} = M_{\text{R}} + (M_{\text{S}} - M_{\text{R}}) \cdot (n_Z - n_{\text{RT}}) / (n_{\text{SU}} - n_{\text{RT}})$$

dove:

$E_{\text{R}}, E_{\text{S}}, E_{\text{T}}, E_{\text{U}}$  = emissione specifica di  $\text{NO}_x$  delle modalità di inviluppo calcolate secondo il punto 4.6.1.

$M_{\text{R}}, M_{\text{S}}, M_{\text{T}}, M_{\text{U}}$  = coppia del motore nelle modalità di inviluppo

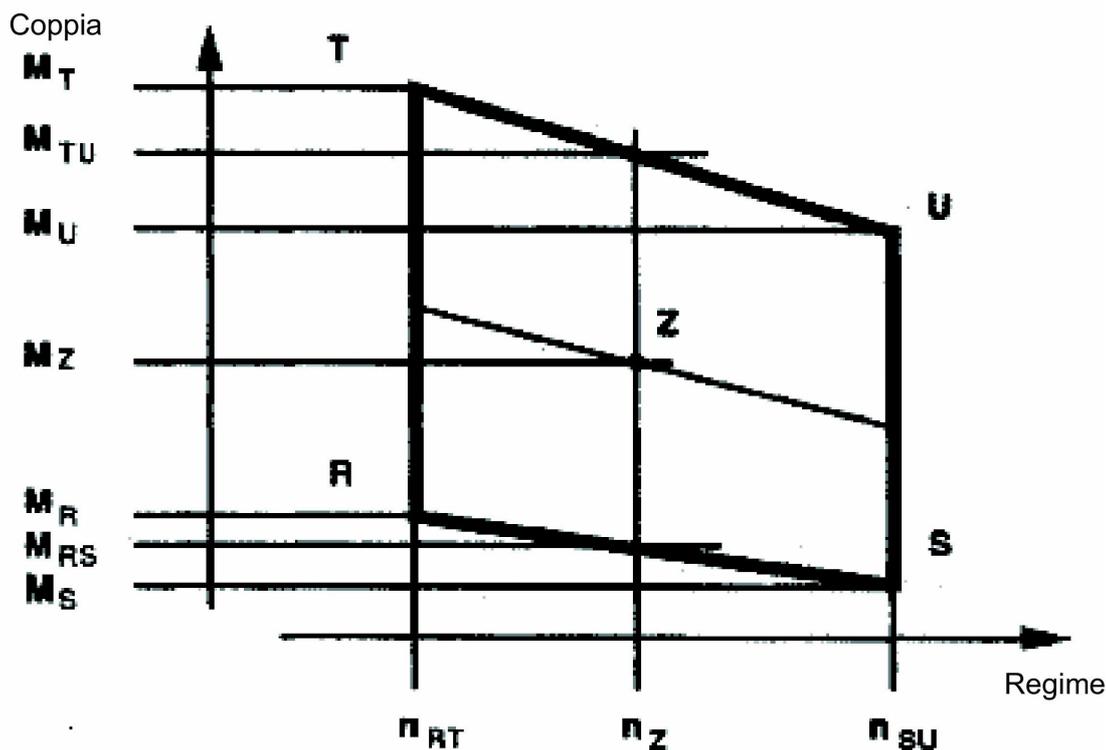


Figura 4: Interpolazione del punto di controllo degli NO<sub>x</sub>

#### 4.6.3. Confronto dei valori di emissione di NO<sub>x</sub>

Confrontare l'emissione specifica di NO<sub>x</sub> misurata del punto di controllo Z (NO<sub>x,Z</sub>) con il valore interpolato (E<sub>Z</sub>) nel modo seguente:

$$NO_{x,diff} = 100 \times (NO_{x,Z} - E_Z) / E_Z$$

### 5. CALCOLO DELLE EMISSIONI DI PARTICOLATO

#### 5.1. Valutazione dei dati

Per la valutazione del particolato registrare per ciascuna modalità le masse totali del campione (M<sub>SAM,i</sub>) che passa attraverso i filtri.

Riportare i filtri nella camera di pesata e condizionarli per almeno un'ora ma non più di 80 ore prima di pesarli. Registrare il peso lordo dei filtri e sottrarre la tara (cfr. punto 1 della presente appendice). La massa del particolato M<sub>f</sub> è la somma delle masse di particolato raccolte sul filtro principale e sul filtro di sicurezza.

Se occorre applicare una correzione del fondo, registrare la massa dell'aria di diluizione (M<sub>DIL</sub>) che passa attraverso i filtri e la massa del particolato (M<sub>d</sub>). Se è stata effettuata più di una misurazione, calcolare il quoziente M<sub>d</sub> / M<sub>DIL</sub> per ogni singola misurazione e in seguito determinare la media dei valori.

#### 5.2. Sistema di diluizione a flusso parziale

Determinare i risultati finali della prova relativa all'emissione di particolato nel modo seguente. Poiché è possibile usare vari tipi di controllo del grado di diluizione, si possono utilizzare diversi metodi per il calcolo di G<sub>EDFW</sub>. Tutti i calcoli devono essere basati sui valori medi delle singole modalità durante il periodo di campionamento.

## 5.2.1. Sistemi isocinetici

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{G_{DILW,i} + (G_{EXHW,i} \times r)}{(G_{EXHW,i} \times r)}$$

dove r è il rapporto delle aree delle sezioni trasversali della sonda isocinetica e del tubo di scarico:

$$r = \frac{A_p}{A_r}$$

5.2.2. Sistemi con misurazione della concentrazione CO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub>

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{\text{conc}_{E,i} - \text{conc}_{A,i}}{\text{conc}_{D,1} - \text{conc}_{A,1}}$$

dove:

conc<sub>E</sub> = concentrazione su umido del gas tracciante nel gas di scarico grezzo

conc<sub>D</sub> = concentrazione su umido del gas tracciante nel gas di scarico diluito

conc<sub>A</sub> = concentrazione su umido del gas tracciante nell'aria di diluizione

Convertire le concentrazioni misurate su secco nel valore su umido conformemente al punto 4.2 della presente appendice.

5.2.3. Sistemi con misurazione del CO<sub>2</sub> e metodo del bilancio del carbonio (\*)

$$G_{EDFW,i} = \frac{206,5 - G_{CARB,i}}{CO_{2D,i} - CO_{2A,i}}$$

dove:

CO<sub>2D</sub> = concentrazione di CO<sub>2</sub> nel gas di scarico diluito

CO<sub>2A</sub> = concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'aria di diluizione

(concentrazioni in % in volume su umido)

Questa equazione è basata sull'ipotesi del bilancio del carbonio (gli atomi di carbonio forniti al motore vengono emessi come CO<sub>2</sub>) e si ricava nel modo seguente:

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{206,5 \times G_{CARB,i}}{G_{EXW,i} \times (CO_{2D,i} - CO_{2A,i})}$$

## 5.2.4. Sistemi con misurazione del flusso

$$G_{EDFW,i} = G_{EXHW,i} \times q_i$$

$$q_i = \frac{G_{TOTW,i}}{(G_{TOTW,i} - G_{DILW,i})}$$

## 5.3. Sistema di diluizione a flusso totale

Determinare i risultati della prova relativa all'emissione di particolato nel modo seguente. Tutti i calcoli devono essere basati sui valori medi delle singole modalità durante il periodo di campionamento.

$$G_{EDFW,i} = G_{TOTW,i}$$

(\*) Il valore è valido solo per il carburante di riferimento specificato nel regolamento.

#### 5.4. Calcolo della portata massica del particolato

Calcolare la portata massica del particolato nel modo seguente:

$$PT_{\text{mass}} = \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} \times \frac{\overline{G_{\text{EDFW}}}}{1\,000}$$

dove:

$$\overline{G_{\text{EDFW}}} = \sum_{i=1}^{i=n} G_{\text{EDFW},i} \times WF_i$$

$$M_{\text{SAM}} = \sum_{i=1}^{i=n} M_{\text{SAM},i}$$

$i = 1, \dots, n$

determinati sull'arco dell'intero ciclo di prova per sommatoria dei valori medi delle singole modalità durante il periodo di campionamento.

La portata massica del particolato può essere corretta per tener conto del fondo nel modo seguente:

$$PT_{\text{mass}} = \left[ \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} - \left( \frac{M_d}{M_{\text{DIL}}} \times \left( \sum_{i=1}^{i=n} \left( 1 - \frac{1}{DF_i} \right) \times WF_i \right) \right) \right] \times \frac{\overline{G_{\text{EDFW}}}}{1\,000}$$

Se si effettua più di una misura, sostituire  $(M_d/M_{\text{DIL}})$  con il valore medio di  $(M_d/M_{\text{DIL}})$ .

$DF_i = 13,4 / (\text{conc CO}_2 + (\text{conc CO} + \text{conc HC}) \times 10^{-4})$  per le singole modalità

oppure

$DF_i = 13,4 / \text{concCO}_2$  per le singole modalità

#### 5.5. Calcolo delle emissioni specifiche

Calcolare le emissioni di particolato nel modo seguente:

$$\overline{PT} = \frac{PT_{\text{mass}}}{\sum P(n)_i \times WF_i}$$

#### 5.6. Fattore di ponderazione effettivo

Calcolare il fattore di ponderazione effettivo  $WF_{E,i}$  per ciascuna modalità nel modo seguente:

$$WF_{E,i} = \frac{M_{\text{SAM},i} \times \overline{G_{\text{EDFW}}}}{M_{\text{SAM}} \times G_{\text{EDFW},i}}$$

Il valore dei fattori di ponderazione effettivi deve coincidere, con un'approssimazione di  $\pm 0,003$  (0,005 per la modalità di minimo), con i fattori di ponderazione elencati al punto 2.7.1.

### 6. CALCOLO DEGLI INDICI DI FUMO

#### 6.1. Algoritmo di Bessel

Usare l'algoritmo di Bessel per calcolare i valori medi su 1 s in base alle letture istantanee del fumo, convertite secondo il punto 6.3.1. L'algoritmo emula un filtro passa-basso del secondo ordine e il suo uso richiede calcoli iterativi per determinare i coefficienti. Questi coefficienti sono una funzione del tempo di risposta del sistema opacimetrico e della frequenza di campionamento. Pertanto, ripetere il punto 6.1.1 tutte le volte che il tempo di risposta del sistema e/o la frequenza di campionamento cambiano.

6.1.1. *Calcolo del tempo di risposta del filtro e delle costanti di Bessel*

Il tempo di risposta di Bessel ( $t_F$ ) richiesto è una funzione dei tempi di risposta fisica ed elettrica del sistema opacimetrico specificati nell'allegato 4, appendice 4, punto 5.2.4, e si calcola mediante la seguente equazione:

$$t_F = \sqrt{1 - (t_p^2 + t_e^2)}$$

dove:

$t_p$  = tempo di risposta fisica, s

$t_e$  = tempo di risposta elettrica, s

I calcoli per la stima della frequenza di taglio del filtro ( $f_c$ ) sono basati su un segnale di ingresso a gradino da 0 a 1 in  $\leq 0,01$ s (cfr. allegato 8). Il tempo di risposta è definito come il tempo trascorso tra il momento in cui il segnale in uscita di Bessel raggiunge il 10 per cento ( $t_{10}$ ) e quello in cui raggiunge il 90 per cento ( $t_{90}$ ) di questa funzione a gradino. Questo valore si ottiene mediante iterazione su  $f_c$  fino a quando  $t_{90} - t_{10} \approx t_F$ . La prima iterazione per  $f_c$  è data dalla formula seguente:

$$f_c = \pi / (10 \times t_F)$$

Le costanti di Bessel E e K si calcolano mediante le equazioni seguenti:

$$E = \frac{1}{1 + \Omega \times \sqrt{3 \times D + D \times \Omega^2}}$$

$$K = 2 \times E \times (D \times \Omega^2 - 1) - 1$$

dove:

D = 0,618034

$\Delta t$  = 1 / frequenza del campionamento

$\Omega$  = 1 / [ $\tan(\pi \times \Delta t \times f_c)$ ]

6.1.2. *Calcolo dell'algoritmo di Bessel*

Utilizzando i valori di E e K, calcolare la risposta media di Bessel su 1 s ad un segnale di ingresso a gradino  $S_i$  nel modo seguente:

$$Y_i = Y_{i-1} + E \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + K \times (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

dove:

$$S_{i-2} = S_{i-1} = 0$$

$$S_i = 1$$

$$Y_{i-2} = Y_{i-1} = 0$$

I tempi  $t_{10}$  e  $t_{90}$  devono essere interpolati. La differenza di tempo tra  $t_{90}$  e  $t_{10}$  definisce il tempo di risposta  $t_F$  per il valore di  $f_c$  considerato. Se il tempo di risposta non è sufficientemente prossimo al tempo di risposta richiesto, continuare l'iterazione fino a quando il tempo effettivo di risposta coincide con un'approssimazione dell'1 % con la risposta prescritta come segue:

$$|(t_{90} - t_{10}) - t_F| \leq 0,01 \times t_F$$

6.2 **Valutazione dei dati**

I valori di misura del fumo devono essere campionati con una frequenza minima di 20 Hz.

### 6.3 Determinazione del fumo

#### 6.3.1 Conversione dei dati

Poiché l'unità di misura fondamentale di tutti gli opacimetri è la trasmittanza, per ottenere gli indici di fumo la trasmittanza ( $\tau$ ) deve essere convertita nel coefficiente di assorbimento della luce ( $k$ ) come segue:

$$k = -\frac{1}{L_A} \times \ln\left(1 - \frac{N}{100}\right)$$

e: 
$$N = 100 - \tau$$

dove:

$k$  = coefficiente di assorbimento della luce,  $m^{-1}$

$L_A$  = lunghezza efficace del cammino ottico indicata dal fabbricante dello strumento, m

$N$  = opacità, %

$\tau$  = trasmittanza, %

Applicare la conversione prima di qualsiasi altra elaborazione dei dati.

#### 6.3.2 Calcolo del fumo medio di Bessel

La frequenza di taglio  $f_c$  corretta è quella che dà luogo al tempo di risposta del filtro  $t_F$  prescritto. Una volta determinata questa frequenza mediante il processo iterativo del punto 6.1.1, calcolare le costanti  $E$  e  $K$  appropriate dell'algoritmo di Bessel. Applicare poi l'algoritmo di Bessel alla registrazione istantanea del fumo (valori di  $K$ ) come descritto al punto 6.1.2:

$$Y_i = Y_{i-1} + E \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + K \times (Y_{i-1} - Y_{i-2})$$

L'algoritmo di Bessel è di tipo ricorsivo. Pertanto per avviare l'algoritmo sono necessari dei valori iniziali di ingresso  $S_{i-1}$  e  $S_{i-2}$  e dei valori iniziali di uscita  $Y_{i-1}$  e  $Y_{i-2}$ . Questi possono essere assunti pari a 0.

Per ciascun gradino di carico dei tre regimi A, B e C, scegliere il valore massimo su 1 s ( $Y_{\max}$ ) tra i singoli valori  $Y_i$  di ciascuna registrazione del fumo.

#### 6.3.3 Risultato finale

Gli indici di fumo (SV) medi di ciascun ciclo (regime di prova) si calcolano come segue.

Per il regime di prova A:  $SV_A = (Y_{\max 1,A} + Y_{\max 2,A} + Y_{\max 3,A}) / 3$

Per il regime di prova B:  $SV_B = (Y_{\max 1,B} + Y_{\max 2,B} + Y_{\max 3,B}) / 3$

Per il regime di prova C:  $SV_C = (Y_{\max 1,C} + Y_{\max 2,C} + Y_{\max 3,C}) / 3$

dove:

$Y_{\max 1}, Y_{\max 2}, Y_{\max 3}$  = indice di fumo medio di Bessel su 1 s più elevato in ciascuno dei tre gradini di carico

Il valore finale si calcola come segue:

$$SV = (0,43 \times SV_A) + (0,56 \times SV_B) + (0,01 \times SV_C)$$

## ALLEGATO 4

## Appendice 2

## CICLO DI PROVA ETC

## 1. PROCEDIMENTO DI MAPPATURA DEL MOTORE

1.1. **Determinazione dell'intervallo dei regimi di mappatura**

Per la generazione dell'ETC nella cella di prova, il motore deve essere mappato prima di ogni ciclo di prova per determinare la curva della coppia in funzione del regime. I regimi minimo e massimo di mappatura sono definiti come segue:

regime minimo di mappatura = regime di minimo

regime massimo di mappatura =  $n_{hi} \times 1,02$  o regime al quale la coppia a pieno carico scende a zero; si adotta il valore minore

1.2. **Realizzazione della mappa della potenza del motore**

Riscaldare il motore alla potenza massima per stabilizzare i parametri del motore secondo le raccomandazioni del costruttore e la buona pratica ingegneristica. Quando il motore è stabilizzato, determinare la mappa del motore come segue.

Togliere il carico al motore e farlo funzionare al minimo.

Far funzionare il motore al regime minimo di mappatura in condizioni di pieno carico della pompa di iniezione.

Aumentare il regime del motore ad una media di

$8 \pm 1 \text{ min}^{-1}/\text{s}$  dal minimo al massimo regime di mappatura. Registrare il regime e la coppia con una frequenza di campionamento di almeno un punto al secondo.

1.3. **Generazione della curva di mappatura**

Collegare tutti i punti dato registrati al punto 1.2 mediante interpolazione lineare tra i punti. La curva di coppia risultante è la curva di mappatura da usare per convertire i valori di coppia normalizzati del ciclo del motore nei valori di coppia effettivi per il ciclo di prova, come descritto al punto 2.

1.4. **Mappatura alternativa**

Se un costruttore ritiene che le tecniche di mappatura di cui sopra non siano sicure o non siano rappresentative di un dato motore, è ammesso l'uso di tecniche alternative. Queste tecniche di mappatura devono soddisfare la finalità delle procedure di mappatura specificate, cioè determinare la coppia massima disponibile a tutti i regimi del motore raggiunti durante i cicli di prova. Ogni deviazione rispetto alle tecniche di mappatura specificate nel presente punto giustificata da motivi di sicurezza o rappresentatività deve essere approvata dal servizio tecnico insieme con la motivazione del suo uso. In nessun caso, tuttavia, si devono usare curve continue discendenti del regime per motori regolati o turbocompressi.

1.5. **Prove ripetitive**

Non è necessario mappare un motore prima di ciascun ciclo di prova. Rimappare un motore prima del ciclo di prova se:

— è trascorso un tempo eccessivo da quando è stata determinata l'ultima mappa, secondo una valutazione ingegneristica,

o

— il motore è stato sottoposto a modifiche fisiche o ritature che potrebbero influire sulle sue prestazioni.

## 2. GENERAZIONE DEL CICLO DI PROVA DI RIFERIMENTO

Il ciclo di prova transiente è descritto nell'appendice 3 del presente allegato. Il ciclo di riferimento si ottiene convertendo nel modo seguente i valori normalizzati di coppia e regime nei valori effettivi.

### 2.1. Regime effettivo

Denormalizzare il regime usando la seguente equazione:

$$\text{Regime effettivo} = \frac{\% \text{ regime}(\text{regime di riferimento} - \text{regime di minimo})}{100} + \text{regime di minimo}$$

Il regime di riferimento ( $n_{\text{ref}}$ ) corrisponde ai valori di regime pari al 100 per cento specificati nella tabella della macchina dinamometrica dell'appendice 3. Esso è definito come segue (cfr. figura 1 del regolamento):

$$n_{\text{ref}} = n_{\text{lo}} + 95 \% \times (n_{\text{hi}} - n_{\text{lo}})$$

dove  $n_{\text{hi}}$  e  $n_{\text{lo}}$  sono specificati secondo il punto 2 del regolamento o determinati secondo l'allegato 4, appendice 1, punto 1.1.

### 2.2. Coppia effettiva

Normalizzare la coppia trasformandola nella coppia massima al regime corrispondente. I valori di coppia del ciclo di riferimento devono essere denormalizzati nel modo seguente utilizzando la curva di mappatura determinata secondo il punto 1.3:

$$\text{Coppia effettiva} = \frac{\% \text{ coppia} \times \text{coppia max}}{100}$$

per il regime effettivo corrispondente determinato al punto 2.1.

Per i valori di coppia negativi dei punti di trascinamento («m»), ai fini della generazione del ciclo di riferimento si devono adottare valori denormalizzati determinati in uno dei modi seguenti:

- 40 per cento negativo della coppia positiva disponibile al punto di regime associato;
- mappatura della coppia negativa richiesta per trascinare il motore dal regime di mappatura minimo al regime di mappatura massimo;
- determinazione della coppia negativa richiesta per trascinare il motore al regime di minimo e al regime di riferimento e interpolazione lineare tra questi due punti.

### 2.3. Esempio della procedura di denormalizzazione

L'esempio che segue illustra l'applicazione della procedura di denormalizzazione ai seguenti punti sperimentali:

% regime = 43

% coppia = 82

Dati i seguenti valori:

regime di riferimento = 2 200 min<sup>-1</sup>

regime di minimo = 600 min<sup>-1</sup>

si ottengono

$$\text{regime effettivo} = \frac{43 \times (2\,200 - 600)}{100} + 600 = 1\,288 \text{ min}^{-1}$$

$$\text{coppia effettiva} = \frac{82 \times 700}{100} = 574 \text{ Nm}$$

dove la coppia massima osservata in base alla curva di mappatura a  $1\,288\text{ min}^{-1}$  è pari a 700 Nm.

### 3. ESECUZIONE DELLA PROVA DELLE EMISSIONI

Su richiesta dei costruttori, si può eseguire una prova senza valore per condizionare il motore e il sistema di scarico prima del ciclo di misurazione.

Condizionare i motori a GN e GPL utilizzando la prova ETC. Sottoporre il motore ad almeno due cicli ETC e proseguire fino a quando le emissioni di CO misurate nell'arco di un ciclo ETC non superano di oltre il 10 per cento le emissioni di CO misurate nel precedente ciclo ETC.

#### 3.1. Preparazione dei filtri di campionamento (se applicabile)

Almeno un'ora prima della prova introdurre ciascun filtro o coppia di filtri in una scatola di Petri chiusa ma non sigillata e porlo in una camera di pesata per la stabilizzazione. Al termine del periodo di stabilizzazione pesare ciascun filtro o coppia di filtri e registrare la tara. In seguito conservare il filtro o coppia di filtri in una scatola di Petri chiusa o in un portafiltri sigillato fino al momento della prova. Se non si utilizza il filtro o coppia di filtri entro otto ore dall'estrazione dalla camera di pesata, condizionarlo e pesarlo nuovamente prima di utilizzarlo.

#### 3.2. Installazione dell'apparecchiatura di misurazione

Installare la strumentazione e le sonde di campionamento nel modo prescritto. Collegare, all'occorrenza, il tubo di scarico al sistema di diluizione a flusso totale.

#### 3.3. Avviamento del sistema di diluizione e del motore

Avviare e riscaldare il sistema di diluizione e il motore fino alla stabilizzazione delle temperature e delle pressioni alla potenza massima secondo le raccomandazioni del costruttore e i principi di buona pratica ingegneristica.

#### 3.4. Avviamento del sistema di campionamento del particolato (se applicabile)

Avviare il sistema di campionamento del particolato e farlo funzionare in derivazione (bypass). Il livello di fondo del particolato dell'aria di diluizione può essere determinato facendo passare aria di diluizione attraverso i filtri del particolato. Se si usa aria di diluizione filtrata, si può effettuare una misurazione unica prima o dopo la prova. Se l'aria di diluizione non è filtrata, è possibile eseguire misurazioni all'inizio e al termine del ciclo e calcolare la media dei valori.

#### 3.5. Regolazione del sistema di diluizione a flusso totale

Il flusso di gas di scarico diluito totale deve essere regolato in modo da eliminare la condensazione d'acqua nel sistema e ottenere una temperatura superficiale massima del filtro di 325 K (52 °C) o minore (cfr. allegato 4, appendice 7, punto 2.3.1, DT).

#### 3.6. Controllo degli analizzatori

Azzerare e calibrare gli analizzatori delle emissioni. Se utilizzati, svuotare i sacchetti di campionamento.

#### 3.7. Procedura di avviamento del motore

Avviare il motore stabilizzato secondo la procedura di avviamento raccomandata dal costruttore nel manuale d'uso utilizzando un motorino di avviamento di serie o il dinamometro. Facoltativamente, la prova può partire direttamente dalla fase di preconditionamento del motore senza spegnere il motore quando questo ha raggiunto il regime minimo.

### 3.8. Ciclo di prova

#### 3.8.1. Sequenza di prova

Se il motore ha raggiunto il regime minimo, avviare la sequenza di prova. Eseguire la prova secondo il ciclo di riferimento di cui al punto 2 della presente appendice. Le regolazioni di comando del regime e della coppia devono essere emesse ad una frequenza equivalente o superiore a 5 Hz (è raccomandata una frequenza di 10 Hz). Registrare almeno una volta al secondo durante il ciclo di prova il regime e la coppia di retroazione; i segnali possono essere filtrati elettronicamente.

#### 3.8.2. Risposta degli analizzatori

All'avviamento del motore o della sequenza di prova, se il ciclo viene avviato direttamente dal precondizionamento, avviare simultaneamente le apparecchiature di misurazione:

- avviare la raccolta o l'analisi dell'aria di diluizione;
- avviare la raccolta o l'analisi del gas di scarico diluito;
- avviare la misurazione della quantità di gas di scarico diluito (CVS) e delle temperature e pressioni prescritte;
- avviare la registrazione dei dati di retroazione (feedback) del regime e della coppia del dinamometro.

Misurare in modo continuo HC e NO<sub>x</sub> nel tunnel di diluizione con una frequenza di 2 Hz. Determinare le concentrazioni medie mediante integrazione dei segnali dell'analizzatore su tutto il ciclo di prova. Il tempo di risposta del sistema deve essere pari o inferiore a 20 s e, all'occorrenza, deve essere coordinato con le fluttuazioni del flusso nel CVS e con gli scarti tra tempo di campionamento e ciclo di prova. Determinare CO, CO<sub>2</sub>, NMHC e CH<sub>4</sub> mediante integrazione o analisi delle concentrazioni nel sacchetto di campionato raccolte nel ciclo. Determinare le concentrazioni degli inquinanti gassosi presenti nell'aria di diluizione mediante integrazione o raccolta nel sacchetto del fondo. Registrare con almeno una misurazione al secondo (1 Hz) tutti gli altri valori.

#### 3.8.3. Campionamento del particolato (se applicabile)

All'avviamento del motore o della sequenza di prova, se il ciclo viene avviato viene avviato direttamente dal precondizionamento, commutare il sistema di campionamento del particolato dal bypass alla raccolta del particolato.

Se non si usa compensazione del flusso, regolare le pompe del campione in modo che la portata attraverso la sonda di campionamento del particolato o il condotto di trasferimento venga mantenuta al valore di portata impostato con un'approssimazione del  $\pm 5$  per cento. Se si usa la compensazione del flusso (vale a dire il controllo proporzionale del flusso del campione), si deve dimostrare che il rapporto tra il flusso nel tunnel principale e il flusso del campione di particolato non devia di oltre il  $\pm 5$  per cento dal valore stabilito (salvo per i primi 10 secondi di campionamento).

*Note:* per operazioni a doppia diluizione, il flusso del campione è la differenza netta tra la portata attraverso i filtri di campionamento e la portata dell'aria di diluizione secondaria.

Registrare la temperatura e la pressione medie all'ingresso dei misuratori del gas o della strumentazione di controllo del flusso. Se la portata impostata non può essere mantenuta per tutto il ciclo (con un'approssimazione di  $\pm 5$  per cento) a causa di un elevato carico di particolato sul filtro, la prova deve essere annullata. Ripetere la prova utilizzando una portata minore e/o un filtro di diametro maggiore.

#### 3.8.4. Arresto del motore

Se il motore si ferma in qualunque momento durante il ciclo di prova, precondizionare e riavviare il motore e ripetere la prova. In caso di malfunzionamento di qualsiasi apparecchiatura di prova prescritta durante il ciclo di prova, annullare la prova.

#### 3.8.5. Operazioni da eseguire dopo la prova

Al completamento della prova, arrestare la misurazione del volume di gas di scarico diluito, il flusso di gas nei sacchetti di raccolta e la pompa di campionamento del particolato. Se si usa un analizzatore integratore, proseguire il campionamento fino a quando sono trascorsi i tempi di risposta del sistema.

Se si usano i sacchetti di raccolta, analizzare le concentrazioni al più presto e in ogni caso non oltre 20 minuti dopo il termine del ciclo di prova.

Dopo la prova delle emissioni, usare un gas di azzeramento e lo stesso gas di calibrazione per ricontrollare gli analizzatori. La prova è considerata valida se la differenza tra i risultati prima e dopo la prova è inferiore al 2 per cento del valore del gas di calibrazione.

Per i soli motori diesel, riportare i filtri del particolato nella camera di pesata non più di un'ora dopo il completamento della prova e condizionarli in una scatola di Petri chiusa ma non sigillata per almeno un'ora e non più di 80 ore prima dell'esecuzione della pesata.

### 3.9. Verifica del ciclo di prova

#### 3.9.1. Spostamento dei dati

Per minimizzare l'effetto distortivo 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, spostare il regime e la coppia nella stessa misura e nella stessa direzione.

#### 3.9.2. Calcolo del lavoro prodotto nel ciclo

Calcolare il lavoro prodotto nel ciclo effettivo  $W_{act}$  (kWh) utilizzando ciascuna coppia di valori di retroazione del regime e della coppia del motore. Questo calcolo deve essere eseguito dopo l'eventuale spostamento dei dati di retroazione, se si sceglie questa opzione. Il lavoro prodotto nel ciclo effettivo  $W_{act}$  è utilizzato per confronto con il lavoro prodotto nel ciclo di riferimento  $W_{ref}$  e per il calcolo delle emissioni specifiche al freno (cfr. punti 4.4 e 5.2). Usare la stessa metodologia per integrare sia la potenza di riferimento che la potenza effettiva del motore. Se si devono determinare valori compresi tra valori di riferimento adiacenti ovvero fra valori misurati adiacenti, impiegare l'interpolazione lineare.

Nell'integrazione del lavoro prodotto nel ciclo di riferimento e in quello effettivo, tutti i valori di coppia negativi vengono posti uguali a zero ed inclusi. Se l'integrazione viene eseguita ad una frequenza minore di 5 Hertz e se durante un dato segmento di tempo il valore di coppia si modifica da positivo a negativo o da negativo a positivo, calcolare la porzione negativa e porla uguale a zero. Includere la porzione positiva nel valore integrato.

$W_{act}$  deve essere tra - 15 % e + 5 % di  $W_{ref}$ .

#### 3.9.3. Analisi statistica di convalida del ciclo di prova

Eseguire regressioni lineari sui valori di retroazione (feedback) e sui valori di riferimento per il regime, la coppia e la potenza. Questo calcolo deve essere eseguito dopo l'eventuale spostamento dei dati di retroazione, se si sceglie questa opzione. Usare il metodo dei minimi quadrati con un'equazione di interpolazione ottimale avente la forma:

$$y = mx + b$$

dove:

y = valore di retroazione (effettivo) del regime ( $\text{min}^{-1}$ ), della coppia (Nm), o della potenza (kW)

m = coefficiente angolare della linea di regressione

x = valore di riferimento del regime ( $\text{min}^{-1}$ ), della coppia (Nm) o della potenza (kW)

b = intercetta su y della linea di regressione

Calcolare l'errore standard della stima (SE) di y su x e il coefficiente di determinazione ( $r^2$ ) per ciascuna linea di regressione.

Si raccomanda di eseguire questa analisi a 1 Hertz. Tutti i valori negativi della coppia di riferimento e i valori di feedback associati devono essere cancellati dal calcolo statistico di convalida della coppia e della potenza del ciclo. La prova è considerata valida se sono rispettati i criteri indicati nella tabella 6.

Tabella 6  
Tolleranze della linea di regressione

	Regime	Coppia	Potenza
Errore standard della stima (SE) di Y su X	max 100 min <sup>-1</sup>	max 13 % (15 %) della coppia massima del motore che risulta dalla mappa di potenza	max 8 % (15 %) della potenza massima del motore che risulta dalla mappa di potenza
Coefficiente angolare della linea di regressione, m	0,95 – 1,03	0,83 – 1,03	0,89 – 1,03 (0,83 – 1,03)
Coefficiente di determinazione, r <sup>2</sup>	min 0,9700 (min 0,9500)	min 0,8800 (min 0,7500)	min 0,9100 (min 0,7500)
Intercetta su Y della linea di regressione, b	± 50 min <sup>-1</sup>	valore più elevato tra ± 20 Nm e ± 2 % (± 20 Nm e ± 3 %) della coppia massima	valore più elevato tra ± 4 kW e ± 2 % (± 4 Kw e ± 3 %) della potenza massima

I valori indicati tra parentesi possono essere utilizzati nella prova di omologazione dei motori a gas fino al 1 ottobre 2005.

Tabella 7  
Cancellazioni ammesse di punti dall'analisi di regressione

Condizioni	Punti da cancellare
Pieno carico e coppia di retroazione ≠ coppia di riferimento	coppia e/o potenza
A vuoto, non al minimo, e coppia di retroazione > coppia di riferimento	coppia e/o potenza
A vuoto/ammissione chiusa, al minimo e regime > regime di riferimento al minimo	regime e/o potenza

#### 4. CALCOLO DELLE EMISSIONI GASSOSE

##### 4.1. Determinazione del flusso di gas di scarico diluito

Determinare il flusso totale di gas di scarico diluito durante il ciclo (kg/prova) in base ai valori delle misurazioni effettuate durante il ciclo e ai corrispondenti dati di taratura del dispositivo di misurazione del flusso ( $V_0$  per PDP o  $K_V$  per CFV, determinato conformemente all'allegato 4, appendice 5, punto 2). Se la temperatura del gas di scarico diluito è mantenuta costante durante tutto il ciclo mediante l'uso di uno scambiatore di calore (± 6 K per PDP-CVS, ± 11 K per CFV-CVS, cfr. allegato 4, appendice 7, punto 2.3), applicare le formule seguenti.

Per il sistema PDP-CVS

$$M_{TOTW} = 1,293 \times V_0 \times N_p \times (p_B - p_1) \times 273 / (101,3 \times T)$$

dove:

$M_{TOTW}$  = massa del gas di scarico diluito, su umido, nell'arco del ciclo, kg

$V_0$  = volume di gas pompato per giro nelle condizioni di prova, m<sup>3</sup>/giro

$N_p$  = giri totali della pompa per prova

$p_B$  = pressione atmosferica nell'ambiente di prova, kPa

$p_1$  = depressione al di sotto della pressione atmosferica all'ingresso della pompa, kPa

$T$  = temperatura media del gas di scarico diluito all'ingresso della pompa nell'arco del ciclo, K

Per il sistema CFV-CVS

$$M_{\text{TOTW}} = 1,293 \times t \times K_v \times p_A / T^{0,5}$$

dove:

- $M_{\text{TOTW}}$  = massa del gas di scarico diluito, su umido, nell'arco del ciclo, kg  
 $t$  = durata del ciclo, s  
 $K_v$  = coefficiente di taratura del tubo di Venturi a flusso critico per le condizioni normali  
 $p_A$  = pressione assoluta all'ingresso del tubo di Venturi, kPa  
 $T$  = temperatura assoluta all'ingresso del tubo di Venturi, K

Se si usa un sistema con compensazione del flusso (ovvero senza scambiatori di calore), calcolare le emissioni massiche istantanee e integrarle nel ciclo. In questo caso calcolare la massa istantanea del gas di scarico diluito nel modo seguente.

Per il sistema PDP-CVS:

$$M_{\text{TOTW},i} = 1,293 \times V_0 \times N_{p,i} \times (p_B - p_1) \times 273 / (101,3 \times T)$$

dove:

- $M_{\text{TOTW},i}$  = massa istantanea del gas di scarico diluito, su umido, kg  
 $N_{p,i}$  = giri totali della pompa per intervallo di tempo

Per il sistema CFV-CVS:

$$M_{\text{TOTW},i} = 1,293 \times \Delta t_i \times K_v \times p_A / T^{0,5}$$

dove:

- $M_{\text{TOTW},i}$  = massa istantanea del gas di scarico diluito, su umido, kg  
 $\Delta t_i$  = intervallo di tempo, s

Se la massa totale del campione di particolato (MSAM) e degli inquinanti gassosi supera lo 0,5 % del flusso totale nel CVS (MTOTW), correggere tale flusso tenendo conto di MSAM oppure rinviare il flusso del campione di particolato nel CVS prima che nel dispositivo di misurazione del flusso (PDP o CFV).

#### 4.2. Correzione del valore di $\text{NO}_x$ in funzione dell'umidità

Poiché l'emissione di  $\text{NO}_x$  dipende dalle condizioni dell'aria ambiente, correggere la concentrazione di  $\text{NO}_x$  per tenere conto della temperatura e dell'umidità dell'aria ambiente applicando i fattori indicati nelle seguenti formule.

a) per motori diesel:

$$K_{\text{H,D}} = \frac{1}{1 - 0,0182 \times (H_a - 10,71)}$$

b) per motori a gas:

$$K_{\text{H,G}} = \frac{1}{1 - 0,0329 \times (H_a - 10,71)}$$

dove:

- $H_a$  = umidità dell'aria di aspirazione, grammi di acqua per kg di aria secca,

in cui:

$$H_a = \frac{6,220 \times R_a \times p_a}{p_B - p_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

$R_a$  = umidità relativa dell'aria di aspirazione, %

$p_a$  = pressione di vapore di saturazione dell'aria di aspirazione, kPa

$p_B$  = pressione barometrica totale, kPa

#### 4.3. Calcolo del flusso massico delle emissioni

##### 4.3.1. Sistemi a flusso massico costante

Per i sistemi con scambiatore di calore, la massa degli inquinanti (g/prova) è determinata mediante le equazioni seguenti:

- |     |                |   |  |                 |
|-----|----------------|---|--|-----------------|
| 1)  | $NO_{x\ mass}$ | = | $0,001587 \cdot NO_{x\ conc} \cdot K_{H,D} \cdot M_{TOTW}$ | (motori diesel) |
| 2)  | $NO_{x\ mass}$ | = | $0,001587 \cdot NO_{x\ conc} \cdot K_{H,G} \cdot M_{TOTW}$ | (motori a gas)  |
| 3)  | $CO_{mass}$    | = | $0,000966 \cdot CO_{conc} \cdot M_{TOTW}$                  |                 |
| 4)  | $HC_{mass}$    | = | $0,000479 \cdot HC_{conc} \cdot M_{TOTW}'$                 | (motori diesel) |
| 5)  | $HC_{mass}$    | = | $0,000502 \cdot HC_{conc} \cdot M_{TOTW}'$                 | (motori a GPL)  |
| 6)  | $HC_{mass}$    | = | $0,000552 \cdot HC_{conc} \cdot M_{TOTW}'$                 | (motori a GN)   |
| 7)  | $NMHC_{mass}$  | = | $0,000479 \cdot NMHC_{conc} \cdot M_{TOTW}'$               | (motori diesel) |
| 8)  | $NMHC_{mass}$  | = | $0,000502 \cdot NMHC_{conc} \cdot M_{TOTW}'$               | (motori a GPL)  |
| 9)  | $NMHC_{mass}$  | = | $0,000516 \times NMHC_{conc} \times M_{TOTW}'$             | (motori a GN)   |
| 10) | $CH_4\ mass$   | = | $0,000552 \times CH_4\ conc \times M_{TOTW}$               | (motori a GN)   |

dove:

$NO_{x\ conc}$ ,  $CO_{conc}$ ,  $HC_{conc}$  <sup>(1)</sup>,  $NMHC_{conc}$ ,  $CH_4\ conc$  = concentrazioni con correzione del fondo, medie sul ciclo ricavate per integrazione (metodo obbligatorio per  $NO_x$  e HC) o misura in sacchetto, ppm

$M_{TOTW}$  = massa totale del gas di scarico diluito nell'arco del ciclo determinata conformemente al punto 4.1, kg

$K_{H,D}$  = fattore di correzione in funzione dell'umidità per motori diesel determinato conformemente al punto 4.2, basato sul valore medio di umidità dell'aria di aspirazione nell'arco del ciclo

$K_{H,G}$  = fattore di correzione in funzione dell'umidità per motori a gas determinato conformemente al punto 4.2, basato sul valore medio di umidità dell'aria di aspirazione nell'arco del ciclo

Le concentrazioni misurate su secco devono essere convertite in valori su umido conformemente all'allegato 4, appendice 1, punto 4.2.

La determinazione di  $NMHC_{conc}$  e  $CH_4\ conc$  dipende del metodo usato (cfr. allegato 4, appendice 4, punto 3.3.4). Per determinare le due concentrazioni si procede nel modo seguente, sottraendo la concentrazione di  $CH_4$  alla concentrazione di HC per la determinazione di  $NMHC_{conc}$ :

a) metodo GC

$$NMHC_{conc} = HC_{conc} - CH_4\ conc$$

$CH_4\ conc$  = concentrazione misurata

<sup>(1)</sup> Su base C1 equivalente.

b) metodo NMC

$$\text{NMHC}_{\text{conc}} = \frac{\text{HC}(\text{w/o Cutter}) \cdot (1 - \text{CE}_M) - \text{HC}(\text{w/Cutter})}{\text{CE}_E - \text{CE}_M}$$

$$\text{CH}_{4,\text{conc}} = \frac{\text{HC}(\text{w/Cutter}) - \text{HC}(\text{w/o Cutter}) \cdot (1 - \text{CE}_E)}{\text{CE}_E - \text{CE}_M}$$

dove:

HC(w/Cutter) = concentrazione di HC quando il campione di gas fluisce attraverso l'NMC

HC(w/o Cutter) = concentrazione di HC quando il campione di gas bypassa l'NMC

CE<sub>M</sub> = efficienza riferita al metano determinata secondo l'allegato 4, appendice 5, punto 1.8.4.1.

CE<sub>E</sub> = efficienza riferita all'etano determinata secondo l'allegato 4, appendice 5, punto 1.8.4.2.

#### 4.3.1.1. *Determinazione delle concentrazioni con correzione del fondo*

Per ottenere le concentrazioni nette degli inquinanti sottrarre la concentrazione di fondo media degli inquinanti gassosi nell'aria di diluizione alle concentrazioni misurate. I valori medi delle concentrazioni di fondo possono essere determinati con il metodo del sacchetto di campionamento oppure mediante misurazione continua con integrazione. Usare la formula seguente:

$$\text{conc} = \text{conc}_e - \text{conc}_d \cdot (1 - (1/\text{DF}))$$

dove:

conc = concentrazione dell'inquinante misurata nel gas di scarico diluito, corretta tenendo conto della quantità dello stesso inquinante contenuta nell'aria di diluizione, ppm

conc<sub>e</sub> = concentrazione dell'inquinante misurata nel gas di scarico diluito, ppm

conc<sub>d</sub> = concentrazione dell'inquinante misurata nell'aria di diluizione, ppm

DF = fattore di diluizione

Calcolare il fattore di diluizione nel modo seguente:

$$\text{DF} = \frac{F_s}{\text{CO}_{2,\text{conce}} + (\text{HC}_{\text{conce}} + \text{CO}_{\text{conce}}) \cdot 10^{-4}}$$

dove:

CO<sub>2,conce</sub> = concentrazione di CO<sub>2</sub> nel gas di scarico diluito, % vol

HC<sub>conce</sub> = concentrazione di HC nel gas di scarico diluito, ppm C1

CO<sub>conce</sub> = concentrazione di CO nel gas di scarico diluito, ppm

F<sub>s</sub> = fattore stechiometrico

Le concentrazioni misurate su secco devono essere convertite nel valore su umido conformemente all'allegato 4, appendice 1, punto 4.2.

Il fattore stechiometrico si calcola nel modo seguente:

$$F_s = 100 \cdot \frac{x}{x + \frac{y}{2} + 3,76 \cdot \left(x + \frac{y}{4}\right)}$$

dove:

x, y = composizione del carburante C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>

In alternativa, se la composizione del carburante non è nota, si possono usare i seguenti fattori stechiometrici:

$$F_S \text{ (diesel)} = 13,4$$

$$F_S \text{ (GPL)} = 11,6$$

$$F_S \text{ (GN)} = 9,5$$

#### 4.3.2. Sistemi con compensazione del flusso

Per i sistemi non provvisti di scambiatore di calore, la massa degli inquinanti (g/prova) deve essere determinata calcolando le emissioni massiche istantanee e integrando i valori istantanei sul ciclo. Inoltre, la correzione del fondo deve essere applicata direttamente al valore di concentrazione istantaneo. Si applicano le formule seguenti:

$$(1) \text{ NO}_{x \text{ mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NO}_{x \text{ conce},i} \times 0,001587 \times K_{\text{H,D}}) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NO}_{x \text{ concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,001587 \times K_{\text{H,D}})$$

(motori diesel)

$$(2) \text{ NO}_{x \text{ mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NO}_{x \text{ conce},i} \times 0,001587 \times K_{\text{H,G}}) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NO}_{x \text{ concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,001587 \times K_{\text{H,G}})$$

(motori a gas)

$$(3) \text{ CO}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{CO}_{\text{conce},i} \times 0,000966) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{CO}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000966)$$

$$(4) \text{ HC}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000479) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000479)$$

(motori diesel)

$$(5) \text{ HC}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000502) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000502)$$

(motori a GPL)

$$(6) \text{ HC}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{HC}_{\text{conce},i} \times 0,000552) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{HC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000552)$$

(motori a GN)

$$(7) \text{ NMHC}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NMHC}_{\text{conce},i} \times 0,000479) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NMHC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000479)$$

(motori diesel)

$$(8) \text{ NMHC}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NMHC}_{\text{conce},i} \times 0,000502) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NMHC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000502)$$

(motori a GPL)

$$(9) \text{ NMHC}_{\text{mass}} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{NMHC}_{\text{conce},i} \times 0,000516) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{NMHC}_{\text{concd}} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000516)$$

(motori a GN)

$$(10) \text{ CH}_4 \text{ mass} = \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \times \text{CH}_4 \text{ conce},i \times 0,000552) - (M_{\text{TOTW}} \times \text{CH}_4 \text{ concd} \times (1 - 1/\text{DF}) \times 0,000552)$$

(motori a GN)

dove:

conce = concentrazione dell'inquinante misurata nel gas di scarico diluito, ppm

concd = concentrazione dell'inquinante misurata nell'aria di diluizione, ppm

M<sub>TOTW,i</sub> = massa istantanea del gas di scarico diluito (cfr. punto 4.1), kg

M<sub>TOTW</sub> = massa totale del gas di scarico diluito nell'arco del ciclo (cfr. punto 4.1), kg

K<sub>H,D</sub> = fattore di correzione in funzione dell'umidità per i motori diesel determinato conformemente al punto 4.2, basato sul valore medio di umidità dell'aria di aspirazione nel ciclo

K<sub>H,G</sub> = fattore di correzione in funzione dell'umidità per i motori a gas determinato conformemente al punto 4.2, basato sul valore medio di umidità dell'aria di aspirazione nel ciclo

DF = fattore di diluizione determinato conformemente al punto 4.3.1.1.

#### 4.4. Calcolo delle emissioni specifiche

Calcolare le emissioni (g/kWh) per tutti i singoli componenti, come prescritto ai punti 5.2.1 e 5.2.2 per le diverse tecnologie di motori, nel modo seguente:

$$\begin{aligned}\overline{\text{NO}}_x &= \text{NO}_{x\text{mass}}/W_{\text{act}} && \text{(motori diesel e a gas)} \\ \overline{\text{CO}} &= \text{CO}_{\text{mass}}/W_{\text{act}} && \text{(motori diesel e a gas)} \\ \overline{\text{HC}} &= \text{HC}_{\text{mass}}/W_{\text{act}} && \text{(motori diesel e a gas)} \\ \overline{\text{NMHC}} &= \text{NMHC}_{\text{mass}}/W_{\text{act}} && \text{(motori diesel e a gas)} \\ \overline{\text{CH}}_4 &= \text{CH}_{4\text{mass}}/W_{\text{act}} && \text{(motori a gas alimentati a GN)}\end{aligned}$$

dove:

$W_{\text{act}}$  = lavoro nel ciclo effettivo determinato conformemente al punto 3.9.2, kWh.

#### 5. CALCOLO DELL'EMISSIONE DI PARTICOLATO (SE APPLICABILE)

##### 5.1. Calcolo del flusso massico

Calcolare la massa di particolato (g/prova) nel modo seguente:

$$PT_{\text{mass}} = \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} \times \frac{M_{\text{TOTW}}}{1\,000}$$

dove:

$M_f$  = massa di particolato campionata nel ciclo, mg

$M_{\text{TOTW}}$  = massa totale del gas di scarico diluito nel ciclo determinata conformemente al punto 4.1, kg

$M_{\text{SAM}}$  = massa del gas di scarico diluito prelevato dal tunnel di diluizione per la raccolta del particolato, kg

e

$M_f$  =  $M_{f,p} + M_{f,b}$ , se pesati separatamente, mg

$M_{f,p}$  = massa di particolato raccolta sul filtro principale, mg

$M_{f,b}$  = massa di particolato raccolta sul filtro di sicurezza, mg

Se si usa un sistema a doppia diluizione, sottrarre la massa dell'aria di diluizione secondaria alla massa totale del gas di scarico sottoposto a doppia diluizione campionato attraverso i filtri di raccolta del particolato.

$$M_{\text{SAM}} = M_{\text{TOT}} - M_{\text{SEC}}$$

dove:

$M_{\text{TOT}}$  = massa del gas di scarico doppiamente diluito che passa attraverso il filtro di raccolta del particolato, kg

$M_{\text{SEC}}$  = massa dell'aria di diluizione secondaria, kg

Se il valore di fondo del particolato nell'aria di diluizione viene determinato secondo il punto 3.4, si può correggere la massa del particolato per tenere conto dei valori di fondo. In questo caso la massa di particolato (g/prova) si calcola nel modo seguente:

$$PT_{\text{mass}} = \left[ \frac{M_f}{M_{\text{SAM}}} - \left( \frac{M_d}{M_{\text{DIL}}} \times \left( 1 - \frac{1}{\text{DF}} \right) \right) \right] \times \frac{M_{\text{TOTW}}}{1\,000}$$

dove:

$M_f, M_{SAM}, M_{TOTW}$	=	cfr. sopra
$M_{DIL}$	=	massa dell'aria di diluizione primaria campionata mediante il campionatore del particolato di fondo, kg
$M_d$	=	massa del particolato di fondo raccolto dall'aria di diluizione primaria, mg
DF	=	fattore di diluizione determinato conformemente al punto 4.3.1.1.

## 5.2. Calcolo delle emissioni specifiche

Calcolare le emissioni di particolato (g/kWh) nel modo seguente:

$$\overline{PT} = PT_{\text{mass}} / W_{\text{act}}$$

dove:

$W_{\text{act}}$  = lavoro nel ciclo effettivo determinato conformemente al punto 3.9.2, kWh.

---

## ALLEGATO 4

## Appendice 3

## TABELLA MACCHINA DINAMOMETRICA ETC

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1	0	0	39	51,3	«m»	77	62,3	99
2	0	0	40	28,5	«m»	78	68,4	91,5
3	0	0	41	29,3	«m»	79	74,5	73,7
4	0	0	42	26,7	«m»	80	38	0
5	0	0	43	20,4	«m»	81	41,8	89,6
6	0	0	44	14,1	0	82	47,1	99,2
7	0	0	45	6,5	0	83	52,5	99,8
8	0	0	46	0	0	84	56,9	80,8
9	0	0	47	0	0	85	58,3	11,8
10	0	0	48	0	0	86	56,2	«m»
11	0	0	49	0	0	87	52	«m»
12	0	0	50	0	0	88	43,3	«m»
13	0	0	51	0	0	89	36,1	«m»
14	0	0	52	0	0	90	27,6	«m»
15	0	0	53	0	0	91	21,1	«m»
16	0,1	1,5	54	0	0	92	8	0
17	23,1	21,5	55	0	0	93	0	0
18	12,6	28,5	56	0	0	94	0	0
19	21,8	71	57	0	0	95	0	0
20	19,7	76,8	58	0	0	96	0	0
21	54,6	80,9	59	0	0	97	0	0
22	71,3	4,9	60	0	0	98	0	0
23	55,9	18,1	61	0	0	99	0	0
24	72	85,4	62	25,5	11,1	100	0	0
25	86,7	61,8	63	28,5	20,9	101	0	0
26	51,7	0	64	32	73,9	102	0	0
27	53,4	48,9	65	4	82,3	103	0	0
28	34,2	87,6	66	34,5	80,4	104	0	0
29	45,5	92,7	67	64,1	86	105	0	0
30	54,6	99,5	68	58	0	106	0	0
31	64,5	96,8	69	50,3	83,4	107	0	0
32	71,7	85,4	70	66,4	99,1	108	11,6	14,8
33	79,4	54,8	71	81,4	99,6	109	0	0
34	89,7	99,4	72	88,7	73,4	110	27,2	74,8
35	57,4	0	73	52,5	0	111	17	76,9
36	59,7	30,6	74	46,4	58,5	112	36	78
37	90,1	«m»	75	48,6	90,9	113	59,7	86
38	82,9	«m»	76	55,2	99,4	114	80,8	17,9

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
115	49,7	0	158	54,5	99,5	201	0	0
116	65,6	86	159	62,7	96,8	202	0	0
117	78,6	72,2	160	62,3	0	203	0	0
118	64,9	«m»	161	46,2	54,2	204	0	0
119	44,3	«m»	162	44,3	83,2	205	0	0
120	51,4	83,4	163	48,2	13,3	206	0	0
121	58,1	97	164	51	«m»	207	0	0
122	69,3	99,3	165	50	«m»	208	0	0
123	72	20,8	166	49,2	«m»	209	0	0
124	72,1	«m»	167	49,3	«m»	210	0	0
125	65,3	«m»	168	49,9	«m»	211	0	0
126	64	«m»	169	51,6	«m»	212	0	0
127	59,7	«m»	170	49,7	«m»	213	0	0
128	52,8	«m»	171	48,5	«m»	214	0	0
129	45,9	«m»	172	50,3	72,5	215	0	0
130	38,7	«m»	173	51,1	84,5	216	0	0
131	32,4	«m»	174	54,6	64,8	217	0	0
132	27	«m»	175	56,6	76,5	218	0	0
133	21,7	«m»	176	58	«m»	219	0	0
134	19,1	0,4	177	53,6	«m»	220	0	0
135	34,7	14	178	40,8	«m»	221	0	0
136	16,4	48,6	179	32,9	«m»	222	0	0
137	0	11,2	180	26,3	«m»	223	0	0
138	1,2	2,1	181	20,9	«m»	224	0	0
139	30,1	19,3	182	10	0	225	21,2	62,7
140	30	73,9	183	0	0	226	30,8	75,1
141	54,4	74,4	184	0	0	227	5,9	82,7
142	77,2	55,6	185	0	0	228	34,6	80,3
143	58,1	0	186	0	0	229	59,9	87
144	45	82,1	187	0	0	230	84,3	86,2
145	68,7	98,1	188	0	0	231	68,7	«m»
146	85,7	67,2	189	0	0	232	43,6	«m»
147	60,2	0	190	0	0	233	41,5	85,4
148	59,4	98	191	0	0	234	49,9	94,3
149	72,7	99,6	192	0	0	235	60,8	99
150	79,9	45	193	0	0	236	70,2	99,4
151	44,3	0	194	0	0	237	81,1	92,4
152	41,5	84,4	195	0	0	238	49,2	0
153	56,2	98,2	196	0	0	239	56	86,2
154	65,7	99,1	197	0	0	240	56,2	99,3
155	74,4	84,7	198	0	0	241	61,7	99
156	54,4	0	199	0	0	242	69,2	99,3
157	47,9	89,7	200	0	0	243	74,1	99,8

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
244	72,4	8,4	287	29,8	«m»	330	46,1	23,1
245	71,3	0	288	20,9	73,4	331	45,7	23,2
246	71,2	9,1	289	36,9	«m»	332	45,5	31,9
247	67,1	«m»	290	35,5	«m»	333	46,4	73,6
248	65,5	«m»	291	20,9	«m»	334	51,3	60,7
249	64,4	«m»	292	49,7	11,9	335	51,3	51,1
250	62,9	25,6	293	42,5	«m»	336	53,2	46,8
251	62,2	35,6	294	32	«m»	337	53,9	50
252	62,9	24,4	295	23,6	«m»	338	53,4	52,1
253	58,8	«m»	296	19,1	0	339	53,8	45,7
254	56,9	«m»	297	15,7	73,5	340	50,6	22,1
255	54,5	«m»	298	25,1	76,8	341	47,8	26
256	51,7	17	299	34,5	81,4	342	41,6	17,8
257	56,2	78,7	300	44,1	87,4	343	38,7	29,8
258	59,5	94,7	301	52,8	98,6	344	35,9	71,6
259	65,5	99,1	302	63,6	99	345	34,6	47,3
260	71,2	99,5	303	73,6	99,7	346	34,8	80,3
261	76,6	99,9	304	62,2	«m»	347	35,9	87,2
262	79	0	305	29,2	«m»	348	38,8	90,8
263	52,9	97,5	306	46,4	22	349	41,5	94,7
264	53,1	99,7	307	47,3	13,8	350	47,1	99,2
265	59	99,1	308	47,2	12,5	351	53,1	99,7
266	62,2	99	309	47,9	11,5	352	46,4	0
267	65	99,1	310	47,8	35,5	353	42,5	0,7
268	69	83,1	311	49,2	83,3	354	43,6	58,6
269	69,9	28,4	312	52,7	96,4	355	47,1	87,5
270	70,6	12,5	313	57,4	99,2	356	54,1	99,5
271	68,9	8,4	314	61,8	99	357	62,9	99
272	69,8	9,1	315	66,4	60,9	358	72,6	99,6
273	69,6	7	316	65,8	«m»	359	82,4	99,5
274	65,7	«m»	317	59	«m»	360	88	99,4
275	67,1	«m»	318	50,7	«m»	361	46,4	0
276	66,7	«m»	319	41,8	«m»	362	53,4	95,2
277	65,6	«m»	320	34,7	«m»	363	58,4	99,2
278	64,5	«m»	321	28,7	«m»	364	61,5	99
279	62,9	«m»	322	25,2	«m»	365	64,8	99
280	59,3	«m»	323	43	24,8	366	68,1	99,2
281	54,1	«m»	324	38,7	0	367	73,4	99,7
282	51,3	«m»	325	48,1	31,9	368	73,3	29,8
283	47,9	«m»	326	40,3	61	369	73,5	14,6
284	43,6	«m»	327	42,4	52,1	370	68,3	0
285	39,4	«m»	328	46,4	47,7	371	45,4	49,9
286	34,7	«m»	329	46,9	30,7	372	47,2	75,7

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
373	44,5	9	416	79,7	99,7	459	51	100
374	47,8	10,3	417	82,5	99,5	460	53,2	99,7
375	46,8	15,9	418	85,3	99,4	461	53,1	99,7
376	46,9	12,7	419	86,6	99,4	462	55,9	53,1
377	46,8	8,9	420	89,4	99,4	463	53,9	13,9
378	46,1	6,2	421	62,2	0	464	52,5	«m»
379	46,1	«m»	422	52,7	96,4	465	51,7	«m»
380	45,5	«m»	423	50,2	99,8	466	51,5	52,2
381	44,7	«m»	424	49,3	99,6	467	52,8	80
382	43,8	«m»	425	52,2	99,8	468	54,9	95
383	41	«m»	426	51,3	100	469	57,3	99,2
384	41,1	6,4	427	51,3	100	470	60,7	99,1
385	38	6,3	428	51,1	100	471	62,4	«m»
386	35,9	0,3	429	51,1	100	472	60,1	«m»
387	33,5	0	430	51,8	99,9	473	53,2	«m»
388	53,1	48,9	431	51,3	100	474	44	«m»
389	48,3	«m»	432	51,1	100	475	35,2	«m»
390	49,9	«m»	433	51,3	100	476	30,5	«m»
391	48	«m»	434	52,3	99,8	477	26,5	«m»
392	45,3	«m»	435	52,9	99,7	478	22,5	«m»
393	41,6	3,1	436	53,8	99,6	479	20,4	«m»
394	44,3	79	437	51,7	99,9	480	19,1	«m»
395	44,3	89,5	438	53,5	99,6	481	19,1	«m»
396	43,4	98,8	439	52	99,8	482	13,4	«m»
397	44,3	98,9	440	51,7	99,9	483	6,7	«m»
398	43	98,8	441	53,2	99,7	484	3,2	«m»
399	42,2	98,8	442	54,2	99,5	485	14,3	63,8
400	42,7	98,8	443	55,2	99,4	486	34,1	0
401	45	99	444	53,8	99,6	487	23,9	75,7
402	43,6	98,9	445	53,1	99,7	488	31,7	79,2
403	42,2	98,8	446	55	99,4	489	32,1	19,4
404	44,8	99	447	57	99,2	490	35,9	5,8
405	43,4	98,8	448	61,5	99	491	36,6	0,8
406	45	99	449	59,4	5,7	492	38,7	«m»
407	42,2	54,3	450	59	0	493	38,4	«m»
408	61,2	31,9	451	57,3	59,8	494	39,4	«m»
409	56,3	72,3	452	64,1	99	495	39,7	«m»
410	59,7	99,1	453	70,9	90,5	496	40,5	«m»
411	62,3	99	454	58	0	497	40,8	«m»
412	67,9	99,2	455	41,5	59,8	498	39,7	«m»
413	69,5	99,3	456	44,1	92,6	499	39,2	«m»
414	73,1	99,7	457	46,8	99,2	500	38,7	«m»
415	77,7	99,8	458	47,2	99,3	501	32,7	«m»

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
502	30,1	«m»	545	70,6	96,1	588	16,2	49,4
503	21,9	«m»	546	72,6	19,6	589	23,6	56
504	12,8	0	547	72	6,3	590	21,1	56,1
505	0	0	548	68,9	0,1	591	23,6	56
506	0	0	549	67,7	«m»	592	46,2	68,8
507	0	0	550	66,8	«m»	593	68,4	61,2
508	0	0	551	64,3	16,9	594	58,7	«m»
509	0	0	552	64,9	7	595	31,6	«m»
510	0	0	553	63,6	12,5	596	19,9	8,8
511	0	0	554	63	7,7	597	32,9	70,2
512	0	0	555	64,4	38,2	598	43	79
513	0	0	556	63	11,8	599	57,4	98,9
514	30,5	25,6	557	63,6	0	600	72,1	73,8
515	19,7	56,9	558	63,3	5	601	53	0
516	16,3	45,1	559	60,1	9,1	602	48,1	86
517	27,2	4,6	560	61	8,4	603	56,2	99
518	21,7	1,3	561	59,7	0,9	604	65,4	98,9
519	29,7	28,6	562	58,7	«m»	605	72,9	99,7
520	36,6	73,7	563	56	«m»	606	67,5	«m»
521	61,3	59,5	564	53,9	«m»	607	39	«m»
522	40,8	0	565	52,1	«m»	608	41,9	38,1
523	36,6	27,8	566	49,9	«m»	609	44,1	80,4
524	39,4	80,4	567	46,4	«m»	610	46,8	99,4
525	51,3	88,9	568	43,6	«m»	611	48,7	99,9
526	58,5	11,1	569	40,8	«m»	612	50,5	99,7
527	60,7	«m»	570	37,5	«m»	613	52,5	90,3
528	54,5	«m»	571	27,8	«m»	614	51	1,8
529	51,3	«m»	572	17,1	0,6	615	50	«m»
530	45,5	«m»	573	12,2	0,9	616	49,1	«m»
531	40,8	«m»	574	11,5	1,1	617	47	«m»
532	38,9	«m»	575	8,7	0,5	618	43,1	«m»
533	36,6	«m»	576	8	0,9	619	39,2	«m»
534	36,1	72,7	577	5,3	0,2	620	40,6	0,5
535	44,8	78,9	578	4	0	621	41,8	53,4
536	51,6	91,1	579	3,9	0	622	44,4	65,1
537	59,1	99,1	580	0	0	623	48,1	67,8
538	66	99,1	581	0	0	624	53,8	99,2
539	75,1	99,9	582	0	0	625	58,6	98,9
540	81	8	583	0	0	626	63,6	98,8
541	39,1	0	584	0	0	627	68,5	99,2
542	53,8	89,7	585	0	0	628	72,2	89,4
543	59,7	99,1	586	0	0	629	77,1	0
544	64,8	99	587	8,7	22,8	630	57,8	79,1

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
631	60,3	98,8	674	54,6	99,1	717	45,6	34,5
632	61,9	98,8	675	56	99	718	45,5	37,1
633	63,8	98,8	676	55,8	99	719	43,8	«m»
634	64,7	98,9	677	58,4	98,9	720	41,9	«m»
635	65,4	46,5	678	59,9	98,8	721	41,3	«m»
636	65,7	44,5	679	60,9	98,8	722	41,4	«m»
637	65,6	3,5	680	63	98,8	723	41,2	«m»
638	49,1	0	681	64,3	98,9	724	41,8	«m»
639	50,4	73,1	682	64,8	64	725	41,8	«m»
640	50,5	«m»	683	65,9	46,5	726	43,2	17,4
641	51	«m»	684	66,2	28,7	727	45	29
642	49,4	«m»	685	65,2	1,8	728	44,2	«m»
643	49,2	«m»	686	65	6,8	729	43,9	«m»
644	48,6	«m»	687	63,6	53,6	730	38	10,7
645	47,5	«m»	688	62,4	82,5	731	56,8	«m»
646	46,5	«m»	689	61,8	98,8	732	57,1	«m»
647	46	11,3	690	59,8	98,8	733	52	«m»
648	45,6	42,8	691	59,2	98,8	734	44,4	«m»
649	47,1	83	692	59,7	98,8	735	40,2	«m»
650	46,2	99,3	693	61,2	98,8	736	39,2	16,5
651	47,9	99,7	694	62,2	49,4	737	38,9	73,2
652	49,5	99,9	695	62,8	37,2	738	39,9	89,8
653	50,6	99,7	696	63,5	46,3	739	42,3	98,6
654	51	99,6	697	64,7	72,3	740	43,7	98,8
655	53	99,3	698	64,7	72,3	741	45,5	99,1
656	54,9	99,1	699	65,4	77,4	742	45,6	99,2
657	55,7	99	700	66,1	69,3	743	48,1	99,7
658	56	99	701	64,3	«m»	744	49	100
659	56,1	9,3	702	64,3	«m»	745	49,8	99,9
660	55,6	«m»	703	63	«m»	746	49,8	99,9
661	55,4	«m»	704	62,2	«m»	747	51,9	99,5
662	54,9	51,3	705	61,6	«m»	748	52,3	99,4
663	54,9	59,8	706	62,4	«m»	749	53,3	99,3
664	54	39,3	707	62,2	«m»	750	52,9	99,3
665	53,8	«m»	708	61	«m»	751	54,3	99,2
666	52	«m»	709	58,7	«m»	752	55,5	99,1
667	50,4	«m»	710	55,5	«m»	753	56,7	99
668	50,6	0	711	51,7	«m»	754	61,7	98,8
669	49,3	41,7	712	49,2	«m»	755	64,3	47,4
670	50	73,2	713	48,8	40,4	756	64,7	1,8
671	50,4	99,7	714	47,9	«m»	757	66,2	«m»
672	51,9	99,5	715	46,2	«m»	758	49,1	«m»
673	53,6	99,3	716	45,6	9,8	759	52,1	46

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
760	52,6	61	803	61,2	57,7	846	61,6	29,7
761	52,9	0	804	62,8	98,8	847	60,3	«m»
762	52,3	20,4	805	63,4	96,1	848	59,2	«m»
763	54,2	56,7	806	64,6	45,4	849	57,3	«m»
764	55,4	59,8	807	64,1	5	850	52,3	«m»
765	56,1	49,2	808	63	3,2	851	49,3	«m»
766	56,8	33,7	809	62,7	14,9	852	47,3	«m»
767	57,2	96	810	63,5	35,8	853	46,3	38,8
768	58,6	98,9	811	64,1	73,3	854	46,8	35,1
769	59,5	98,8	812	64,3	37,4	855	46,6	«m»
770	61,2	98,8	813	64,1	21	856	44,3	«m»
771	62,1	98,8	814	63,7	21	857	43,1	«m»
772	62,7	98,8	815	62,9	18	858	42,4	2,1
773	62,8	98,8	816	62,4	32,7	859	41,8	2,4
774	64	98,9	817	61,7	46,2	860	43,8	68,8
775	63,2	46,3	818	59,8	45,1	861	44,6	89,2
776	62,4	«m»	819	57,4	43,9	862	46	99,2
777	60,3	«m»	820	54,8	42,8	863	46,9	99,4
778	58,7	«m»	821	54,3	65,2	864	47,9	99,7
779	57,2	«m»	822	52,9	62,1	865	50,2	99,8
780	56,1	«m»	823	52,4	30,6	866	51,2	99,6
781	56	9,3	824	50,4	«m»	867	52,3	99,4
782	55,2	26,3	825	48,6	«m»	868	53	99,3
783	54,8	42,8	826	47,9	«m»	869	54,2	99,2
784	55,7	47,1	827	46,8	«m»	870	55,5	99,1
785	56,6	52,4	828	46,9	9,4	871	56,7	99
786	58	50,3	829	49,5	41,7	872	57,3	98,9
787	58,6	20,6	830	50,5	37,8	873	58	98,9
788	58,7	«m»	831	52,3	20,4	874	60,5	31,1
789	59,3	«m»	832	54,1	30,7	875	60,2	«m»
790	58,6	«m»	833	56,3	41,8	876	60,3	«m»
791	60,5	9,7	834	58,7	26,5	877	60,5	6,3
792	59,2	9,6	835	57,3	«m»	878	61,4	19,3
793	59,9	9,6	836	59	«m»	879	60,3	1,2
794	59,6	9,6	837	59,8	«m»	880	60,5	2,9
795	59,9	6,2	838	60,3	«m»	881	61,2	34,1
796	59,9	9,6	839	61,2	«m»	882	61,6	13,2
797	60,5	13,1	840	61,8	«m»	883	61,5	16,4
798	60,3	20,7	841	62,5	«m»	884	61,2	16,4
799	59,9	31	842	62,4	«m»	885	61,3	«m»
800	60,5	42	843	61,5	«m»	886	63,1	«m»
801	61,5	52,5	844	63,7	«m»	887	63,2	4,8
802	60,9	51,4	845	61,9	«m»	888	62,3	22,3

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
889	62	38,5	932	52,1	32	975	50,9	100
890	61,6	29,6	933	52,3	33,4	976	50,4	99,8
891	61,6	26,6	934	52,2	34,9	977	49,8	99,7
892	61,8	28,1	935	52,8	60,1	978	49,1	99,5
893	62	29,6	936	53,7	69,7	979	50,4	99,8
894	62	16,3	937	54	70,7	980	49,8	99,7
895	61,1	«m»	938	55,1	71,7	981	49,3	99,5
896	61,2	«m»	939	55,2	46	982	49,1	99,5
897	60,7	19,2	940	54,7	12,6	983	49,9	99,7
898	60,7	32,5	941	52,5	0	984	49,1	99,5
899	60,9	17,8	942	51,8	24,7	985	50,4	99,8
900	60,1	19,2	943	51,4	43,9	986	50,9	100
901	59,3	38,2	944	50,9	71,1	987	51,4	99,9
902	59,9	45	945	51,2	76,8	988	51,5	99,9
903	59,4	32,4	946	50,3	87,5	989	52,2	99,7
904	59,2	23,5	947	50,2	99,8	990	52,8	74,1
905	59,5	40,8	948	50,9	100	991	53,3	46
906	58,3	«m»	949	49,9	99,7	992	53,6	36,4
907	58,2	«m»	950	50,9	100	993	53,4	33,5
908	57,6	«m»	951	49,8	99,7	994	53,9	58,9
909	57,1	«m»	952	50,4	99,8	995	55,2	73,8
910	57	0,6	953	50,4	99,8	996	55,8	52,4
911	57	26,3	954	49,7	99,7	997	55,7	9,2
912	56,5	29,2	955	51	100	998	55,8	2,2
913	56,3	20,5	956	50,3	99,8	999	56,4	33,6
914	56,1	«m»	957	50,2	99,8	1 000	55,4	«m»
915	55,2	«m»	958	49,9	99,7	1 001	55,2	«m»
916	54,7	17,5	959	50,9	100	1 002	55,8	26,3
917	55,2	29,2	960	50	99,7	1 003	55,8	23,3
918	55,2	29,2	961	50,2	99,8	1 004	56,4	50,2
919	55,9	16	962	50,2	99,8	1 005	57,6	68,3
920	55,9	26,3	963	49,9	99,7	1 006	58,8	90,2
921	56,1	36,5	964	50,4	99,8	1 007	59,9	98,9
922	55,8	19	965	50,2	99,8	1 008	62,3	98,8
923	55,9	9,2	966	50,3	99,8	1 009	63,1	74,4
924	55,8	21,9	967	49,9	99,7	1 010	63,7	49,4
925	56,4	42,8	968	51,1	100	1 011	63,3	9,8
926	56,4	38	969	50,6	99,9	1 012	48	0
927	56,4	11	970	49,9	99,7	1 013	47,9	73,5
928	56,4	35,1	971	49,6	99,6	1 014	49,9	99,7
929	54	7,3	972	49,4	99,6	1 015	49,9	48,8
930	53,4	5,4	973	49	99,5	1 016	49,6	2,3
931	52,3	27,6	974	49,8	99,7	1 017	49,9	«m»

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1 018	49,3	«m»	1 061	47,3	49,8	1 104	56	«m»
1 019	49,7	47,5	1 062	46,9	23,9	1 105	54,7	«m»
1 020	49,1	«m»	1 063	46,7	44,6	1 106	53,3	«m»
1 021	49,4	«m»	1 064	46,8	65,2	1 107	52,6	23,2
1 022	48,3	«m»	1 065	46,9	60,4	1 108	53,4	84,2
1 023	49,4	«m»	1 066	46,7	61,5	1 109	53,9	99,4
1 024	48,5	«m»	1 067	45,5	«m»	1 110	54,9	99,3
1 025	48,7	«m»	1 068	45,5	«m»	1 111	55,8	99,2
1 026	48,7	«m»	1 069	44,2	«m»	1 112	57,1	99
1 027	49,1	«m»	1 070	43	«m»	1 113	56,5	99,1
1 028	49	«m»	1 071	42,5	«m»	1 114	58,9	98,9
1 029	49,8	«m»	1 072	41	«m»	1 115	58,7	98,9
1 030	48,7	«m»	1 073	39,9	«m»	1 116	59,8	98,9
1 031	48,5	«m»	1 074	39,9	38,2	1 117	61	98,8
1 032	49,3	31,3	1 075	40,1	48,1	1 118	60,7	19,2
1 033	49,7	45,3	1 076	39,9	48	1 119	59,4	«m»
1 034	48,3	44,5	1 077	39,4	59,3	1 120	57,9	«m»
1 035	49,8	61	1 078	43,8	19,8	1 121	57,6	«m»
1 036	49,4	64,3	1 079	52,9	0	1 122	56,3	«m»
1 037	49,8	64,4	1 080	52,8	88,9	1 123	55	«m»
1 038	50,5	65,6	1 081	53,4	99,5	1 124	53,7	«m»
1 039	50,3	64,5	1 082	54,7	99,3	1 125	52,1	«m»
1 040	51,2	82,9	1 083	56,3	99,1	1 126	51,1	«m»
1 041	50,5	86	1 084	57,5	99	1 127	49,7	25,8
1 042	50,6	89	1 085	59	98,9	1 128	49,1	46,1
1 043	50,4	81,4	1 086	59,8	98,9	1 129	48,7	46,9
1 044	49,9	49,9	1 087	60,1	98,9	1 130	48,2	46,7
1 045	49,1	20,1	1 088	61,8	48,3	1 131	48	70
1 046	47,9	24	1 089	61,8	55,6	1 132	48	70
1 047	48,1	36,2	1 090	61,7	59,8	1 133	47,2	67,6
1 048	47,5	34,5	1 091	62	55,6	1 134	47,3	67,6
1 049	46,9	30,3	1 092	62,3	29,6	1 135	46,6	74,7
1 050	47,7	53,5	1 093	62	19,3	1 136	47,4	13
1 051	46,9	61,6	1 094	61,3	7,9	1 137	46,3	«m»
1 052	46,5	73,6	1 095	61,1	19,2	1 138	45,4	«m»
1 053	48	84,6	1 096	61,2	43	1 139	45,5	24,8
1 054	47,2	87,7	1 097	61,1	59,7	1 140	44,8	73,8
1 055	48,7	80	1 098	61,1	98,8	1 141	46,6	99
1 056	48,7	50,4	1 099	61,3	98,8	1 142	46,3	98,9
1 057	47,8	38,6	1 100	61,3	26,6	1 143	48,5	99,4
1 058	48,8	63,1	1 101	60,4	«m»	1 144	49,9	99,7
1 059	47,4	5	1 102	58,8	«m»	1 145	49,1	99,5
1 060	47,3	47,4	1 103	57,7	«m»	1 146	49,1	99,5

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1 147	51	100	1 191	59,8	73,3	1 235	56,9	71,3
1 148	51,5	99,9	1 192	59,8	77,9	1 236	57	77,3
1 149	50,9	100	1 193	59,8	73,9	1 237	57,4	78,2
1 150	51,6	99,9	1 194	60	76,5	1 238	57,3	70,6
1 151	52,1	99,7	1 195	59,5	82,3	1 239	57,7	64
1 152	50,9	100	1 196	59,9	82,8	1 240	57,5	55,6
1 153	52,2	99,7	1 197	59,8	65,8	1 241	58,6	49,6
1 154	51,5	98,3	1 198	59	48,6	1 242	58,2	41,1
1 155	51,5	47,2	1 199	58,9	62,2	1 243	58,8	40,6
1 156	50,8	78,4	1 200	59,1	70,4	1 244	58,3	21,1
1 157	50,3	83	1 201	58,9	62,1	1 245	58,7	24,9
1 158	50,3	31,7	1 202	58,4	67,4	1 246	59,1	24,8
1 159	49,3	31,3	1 203	58,7	58,9	1 247	58,6	«m»
1 160	48,8	21,5	1 204	58,3	57,7	1 248	58,8	«m»
1 161	47,8	59,4	1 205	57,5	57,8	1 249	58,8	«m»
1 162	48,1	77,1	1 206	57,2	57,6	1 250	58,7	«m»
1 163	48,4	87,6	1 207	57,1	42,6	1 251	59,1	«m»
1 164	49,6	87,5	1 208	57	70,1	1 252	59,1	«m»
1 165	51	81,4	1 209	56,4	59,6	1 253	59,4	«m»
1 166	51,6	66,7	1 210	56,7	39	1 254	60,6	2,6
1 167	53,3	63,2	1 211	55,9	68,1	1 255	59,6	«m»
1 168	55,2	62	1 212	56,3	79,1	1 256	60,1	«m»
1 169	55,7	43,9	1 213	56,7	89,7	1 257	60,6	«m»
1 170	56,4	30,7	1 214	56	89,4	1 258	59,6	4,1
1 171	56,8	23,4	1 215	56	93,1	1 259	60,7	7,1
1 172	57	«m»	1 216	56,4	93,1	1 260	60,5	«m»
1 173	57,6	«m»	1 217	56,7	94,4	1 261	59,7	«m»
1 174	56,9	«m»	1 218	56,9	94,8	1 262	59,6	«m»
1 175	56,4	4	1 219	57	94,1	1 263	59,8	«m»
1 176	57	23,4	1 220	57,7	94,3	1 264	59,6	4,9
1 177	56,4	41,7	1 221	57,5	93,7	1 265	60,1	5,9
1 178	57	49,2	1 222	58,4	93,2	1 266	59,9	6,1
1 179	57,7	56,6	1 223	58,7	93,2	1 267	59,7	«m»
1 180	58,6	56,6	1 224	58,2	93,7	1 268	59,6	«m»
1 181	58,9	64	1 225	58,5	93,1	1 269	59,7	22
1 182	59,4	68,2	1 226	58,8	86,2	1 270	59,8	10,3
1 183	58,8	71,4	1 227	59	72,9	1 271	59,9	10
1 184	60,1	71,3	1 228	58,2	59,9	1 272	60,6	6,2
1 185	60,6	79,1	1 229	57,6	8,5	1 273	60,5	7,3
1 186	60,7	83,3	1 230	57,1	47,6	1 274	60,2	14,8
1 187	60,7	77,1	1 231	57,2	74,4	1 275	60,6	8,2
1 188	60	73,5	1 232	57	79,1	1 276	60,6	5,5
1 189	60,2	55,5	1 233	56,7	67,2	1 277	61	14,3
1 190	59,7	54,4	1 234	56,8	69,1	1 278	61	12

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1 279	61,3	34,2	1 323	63,2	8,7	1 367	59,4	41,4
1 280	61,2	17,1	1 324	63,3	21,6	1 368	59,6	38,9
1 281	61,5	15,7	1 325	62,9	19,7	1 369	59,4	32,9
1 282	61	9,5	1 326	63	22,1	1 370	59,3	30,6
1 283	61,1	9,2	1 327	63,1	20,3	1 371	59,4	30
1 284	60,5	4,3	1 328	61,8	19,1	1 372	59,4	25,3
1 285	60,2	7,8	1 329	61,6	17,1	1 373	58,8	18,6
1 286	60,2	5,9	1 330	61	0	1 374	59,1	18
1 287	60,2	5,3	1 331	61,2	22	1 375	58,5	10,6
1 288	59,9	4,6	1 332	60,8	40,3	1 376	58,8	10,5
1 289	59,4	21,5	1 333	61,1	34,3	1 377	58,5	8,2
1 290	59,6	15,8	1 334	60,7	16,1	1 378	58,7	13,7
1 291	59,3	10,1	1 335	60,6	16,6	1 379	59,1	7,8
1 292	58,9	9,4	1 336	60,5	18,5	1 380	59,1	6
1 293	58,8	9	1 337	60,6	29,8	1 381	59,1	6
1 294	58,9	35,4	1 338	60,9	19,5	1 382	59,4	13,1
1 295	58,9	30,7	1 339	60,9	22,3	1 383	59,7	22,3
1 296	58,9	25,9	1 340	61,4	35,8	1 384	60,7	10,5
1 297	58,7	22,9	1 341	61,3	42,9	1 385	59,8	9,8
1 298	58,7	24,4	1 342	61,5	31	1 386	60,2	8,8
1 299	59,3	61	1 343	61,3	19,2	1 387	59,9	8,7
1 300	60,1	56	1 344	61	9,3	1 388	61	9,1
1 301	60,5	50,6	1 345	60,8	44,2	1 389	60,6	28,2
1 302	59,5	16,2	1 346	60,9	55,3	1 390	60,6	22
1 303	59,7	50	1 347	61,2	56	1 391	59,6	23,2
1 304	59,7	31,4	1 348	60,9	60,1	1 392	59,6	19
1 305	60,1	43,1	1 349	60,7	59,1	1 393	60,6	38,4
1 306	60,8	38,4	1 350	60,9	56,8	1 394	59,8	41,6
1 307	60,9	40,2	1 351	60,7	58,1	1 395	60	47,3
1 308	61,3	49,7	1 352	59,6	78,4	1 396	60,5	55,4
1 309	61,8	45,9	1 353	59,6	84,6	1 397	60,9	58,7
1 310	62	45,9	1 354	59,4	66,6	1 398	61,3	37,9
1 311	62,2	45,8	1 355	59,3	75,5	1 399	61,2	38,3
1 312	62,6	46,8	1 356	58,9	49,6	1 400	61,4	58,7
1 313	62,7	44,3	1 357	59,1	75,8	1 401	61,3	51,3
1 314	62,9	44,4	1 358	59	77,6	1 402	61,4	71,1
1 315	63,1	43,7	1 359	59	67,8	1 403	61,1	51
1 316	63,5	46,1	1 360	59	56,7	1 404	61,5	56,6
1 317	63,6	40,7	1 361	58,8	54,2	1 405	61	60,6
1 318	64,3	49,5	1 362	58,9	59,6	1 406	61,1	75,4
1 319	63,7	27	1 363	58,9	60,8	1 407	61,4	69,4
1 320	63,8	15	1 364	59,3	56,1	1 408	61,6	69,9
1 321	63,6	18,7	1 365	58,9	48,5	1 409	61,7	59,6
1 322	63,4	8,4	1 366	59,3	42,9	1 410	61,8	54,8

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1 411	61,6	53,6	1 455	59,3	15,7	1 499	58,8	21,7
1 412	61,3	53,5	1 456	59	7,5	1 500	58,8	38,9
1 413	61,3	52,9	1 457	58,8	7,1	1 501	59,4	26,2
1 414	61,2	54,1	1 458	58,7	16,5	1 502	59,1	25,5
1 415	61,3	53,2	1 459	59,2	50,7	1 503	59,1	26
1 416	61,2	52,2	1 460	59,7	60,2	1 504	59	39,1
1 417	61,2	52,3	1 461	60,4	44	1 505	59,5	52,3
1 418	61	48	1 462	60,2	35,3	1 506	59,4	31
1 419	60,9	41,5	1 463	60,4	17,1	1 507	59,4	27
1 420	61	32,2	1 464	59,9	13,5	1 508	59,4	29,8
1 421	60,7	22	1 465	59,9	12,8	1 509	59,4	23,1
1 422	60,7	23,3	1 466	59,6	14,8	1 510	58,9	16
1 423	60,8	38,8	1 467	59,4	15,9	1 511	59	31,5
1 424	61	40,7	1 468	59,4	22	1 512	58,8	25,9
1 425	61	30,6	1 469	60,4	38,4	1 513	58,9	40,2
1 426	61,3	62,6	1 470	59,5	38,8	1 514	58,8	28,4
1 427	61,7	55,9	1 471	59,3	31,9	1 515	58,9	38,9
1 428	62,3	43,4	1 472	60,9	40,8	1 516	59,1	35,3
1 429	62,3	37,4	1 473	60,7	39	1 517	58,8	30,3
1 430	62,3	35,7	1 474	60,9	30,1	1 518	59	19
1 431	62,8	34,4	1 475	61	29,3	1 519	58,7	3
1 432	62,8	31,5	1 476	60,6	28,4	1 520	57,9	0
1 433	62,9	31,7	1 477	60,9	36,3	1 521	58	2,4
1 434	62,9	29,9	1 478	60,8	30,5	1 522	57,1	«m»
1 435	62,8	29,4	1 479	60,7	26,7	1 523	56,7	«m»
1 436	62,7	28,7	1 480	60,1	4,7	1 524	56,7	5,3
1 437	61,5	14,7	1 481	59,9	0	1 525	56,6	2,1
1 438	61,9	17,2	1 482	60,4	36,2	1 526	56,8	«m»
1 439	61,5	6,1	1 483	60,7	32,5	1 527	56,3	«m»
1 440	61	9,9	1 484	59,9	3,1	1 528	56,3	«m»
1 441	60,9	4,8	1 485	59,7	«m»	1 529	56	«m»
1 442	60,6	11,1	1 486	59,5	«m»	1 530	56,7	«m»
1 443	60,3	6,9	1 487	59,2	«m»	1 531	56,6	3,8
1 444	60,8	7	1 488	58,8	0,6	1 532	56,9	«m»
1 445	60,2	9,2	1 489	58,7	«m»	1 533	56,9	«m»
1 446	60,5	21,7	1 490	58,7	«m»	1 534	57,4	«m»
1 447	60,2	22,4	1 491	57,9	«m»	1 535	57,4	«m»
1 448	60,7	31,6	1 492	58,2	«m»	1 536	58,3	13,9
1 449	60,9	28,9	1 493	57,6	«m»	1 537	58,5	«m»
1 450	59,6	21,7	1 494	58,3	9,5	1 538	59,1	«m»
1 451	60,2	18	1 495	57,2	6	1 539	59,4	«m»
1 452	59,5	16,7	1 496	57,4	27,3	1 540	59,6	«m»
1 453	59,8	15,7	1 497	58,3	59,9	1 541	59,5	«m»
1 454	59,6	15,7	1 498	58,3	7,3	1 542	59,6	0,5

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1 543	59,3	9,2	1 587	59,5	84,6	1 631	62,8	21,9
1 544	59,4	11,2	1 588	59,8	77,5	1 632	62,2	22,2
1 545	59,1	26,8	1 589	60,6	67,9	1 633	62,5	31
1 546	59	11,7	1 590	59,3	47,3	1 634	62,3	31,3
1 547	58,8	6,4	1 591	59,3	43,1	1 635	62,6	31,7
1 548	58,7	5	1 592	59,4	38,3	1 636	62,3	22,8
1 549	57,5	«m»	1 593	58,7	38,2	1 637	62,7	12,6
1 550	57,4	«m»	1 594	58,8	39,2	1 638	62,2	15,2
1 551	57,1	1,1	1 595	59,1	67,9	1 639	61,9	32,6
1 552	57,1	0	1 596	59,7	60,5	1 640	62,5	23,1
1 553	57	4,5	1 597	59,5	32,9	1 641	61,7	19,4
1 554	57,1	3,7	1 598	59,6	20	1 642	61,7	10,8
1 555	57,3	3,3	1 599	59,6	34,4	1 643	61,6	10,2
1 556	57,3	16,8	1 600	59,4	23,9	1 644	61,4	«m»
1 557	58,2	29,3	1 601	59,6	15,7	1 645	60,8	«m»
1 558	58,7	12,5	1 602	59,9	41	1 646	60,7	«m»
1 559	58,3	12,2	1 603	60,5	26,3	1 647	61	12,4
1 560	58,6	12,7	1 604	59,6	14	1 648	60,4	5,3
1 561	59	13,6	1 605	59,7	21,2	1 649	61	13,1
1 562	59,8	21,9	1 606	60,9	19,6	1 650	60,7	29,6
1 563	59,3	20,9	1 607	60,1	34,3	1 651	60,5	28,9
1 564	59,7	19,2	1 608	59,9	27	1 652	60,8	27,1
1 565	60,1	15,9	1 609	60,8	25,6	1 653	61,2	27,3
1 566	60,7	16,7	1 610	60,6	26,3	1 654	60,9	20,6
1 567	60,7	18,1	1 611	60,9	26,1	1 655	61,1	13,9
1 568	60,7	40,6	1 612	61,1	38	1 656	60,7	13,4
1 569	60,7	59,7	1 613	61,2	31,6	1 657	61,3	26,1
1 570	61,1	66,8	1 614	61,4	30,6	1 658	60,9	23,7
1 571	61,1	58,8	1 615	61,7	29,6	1 659	61,4	32,1
1 572	60,8	64,7	1 616	61,5	28,8	1 660	61,7	33,5
1 573	60,1	63,6	1 617	61,7	27,8	1 661	61,8	34,1
1 574	60,7	83,2	1 618	62,2	20,3	1 662	61,7	17
1 575	60,4	82,2	1 619	61,4	19,6	1 663	61,7	2,5
1 576	60	80,5	1 620	61,8	19,7	1 664	61,5	5,9
1 577	59,9	78,7	1 621	61,8	18,7	1 665	61,3	14,9
1 578	60,8	67,9	1 622	61,6	17,7	1 666	61,5	17,2
1 579	60,4	57,7	1 623	61,7	8,7	1 667	61,1	«m»
1 580	60,2	60,6	1 624	61,7	1,4	1 668	61,4	«m»
1 581	59,6	72,7	1 625	61,7	5,9	1 669	61,4	8,8
1 582	59,9	73,6	1 626	61,2	8,1	1 670	61,3	8,8
1 583	59,8	74,1	1 627	61,9	45,8	1 671	61	18
1 584	59,6	84,6	1 628	61,4	31,5	1 672	61,5	13
1 585	59,4	76,1	1 629	61,7	22,3	1 673	61	3,7
1 586	60,1	76,9	1 630	62,4	21,7	1 674	60,9	3,1

Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.	Tempo	Regime norm.	Coppia norm.
s	%	%	s	%	%	s	%	%
1 675	60,9	4,7	1 717	59,6	4,9	1 759	59	4,1
1 676	60,6	4,1	1 718	59,4	22,7	1 760	58,2	4,9
1 677	60,6	6,7	1 719	59,6	22	1 761	57,9	10,1
1 678	60,6	12,8	1 720	60,1	17,4	1 762	58,5	7,5
1 679	60,7	11,9	1 721	60,2	16,6	1 763	57,4	7
1 680	60,6	12,4	1 722	59,4	28,6	1 764	58,2	6,7
1 681	60,1	12,4	1 723	60,3	22,4	1 765	58,2	6,6
1 682	60,5	12	1 724	59,9	20	1 766	57,3	17,3
1 683	60,4	11,8	1 725	60,2	18,6	1 767	58	11,4
1 684	59,9	12,4	1 726	60,3	11,9	1 768	57,5	47,4
1 685	59,6	12,4	1 727	60,4	11,6	1 769	57,4	28,8
1 686	59,6	9,1	1 728	60,6	10,6	1 770	58,8	24,3
1 687	59,9	0	1 729	60,8	16	1 771	57,7	25,5
1 688	59,9	20,4	1 730	60,9	17	1 772	58,4	35,5
1 689	59,8	4,4	1 731	60,9	16,1	1 773	58,4	29,3
1 690	59,4	3,1	1 732	60,7	11,4	1 774	59	33,8
1 691	59,5	26,3	1 733	60,9	11,3	1 775	59	18,7
1 692	59,6	20,1	1 734	61,1	11,2	1 776	58,8	9,8
1 693	59,4	35	1 735	61,1	25,6	1 777	58,8	23,9
1 694	60,9	22,1	1 736	61	14,6	1 778	59,1	48,2
1 695	60,5	12,2	1 737	61	10,4	1 779	59,4	37,2
1 696	60,1	11	1 738	60,6	«m»	1 780	59,6	29,1
1 697	60,1	8,2	1 739	60,9	«m»	1 781	50	25
1 698	60,5	6,7	1 740	60,8	4,8	1 782	40	20
1 699	60	5,1	1 741	59,9	«m»	1 783	30	15
1 700	60	5,1	1 742	59,8	«m»	1 784	20	10
1 701	60	9	1 743	59,1	«m»	1 785	10	5
1 702	60,1	5,7	1 744	58,8	«m»	1 786	0	0
1 703	59,9	8,5	1 745	58,8	«m»	1 787	0	0
1 704	59,4	6	1 746	58,2	«m»	1 788	0	0
1 705	59,5	5,5	1 747	58,5	14,3	1 789	0	0
1 706	59,5	14,2	1 748	57,5	4,4	1 790	0	0
1 707	59,5	6,2	1 749	57,9	0	1 791	0	0
1 708	59,4	10,3	1 750	57,8	20,9	1 792	0	0
1 709	59,6	13,8	1 751	58,3	9,2	1 793	0	0
1 710	59,5	13,9	1 752	57,8	8,2	1 794	0	0
1 711	60,1	18,9	1 753	57,5	15,3	1 795	0	0
1 712	59,4	13,1	1 754	58,4	38	1 796	0	0
1 713	59,8	5,4	1 755	58,1	15,4	1 797	0	0
1 714	59,9	2,9	1 756	58,8	11,8	1 798	0	0
1 715	60,1	7,1	1 757	58,3	8,1	1 799	0	0
1 716	59,6	12	1 758	58,3	5,5	1 800	0	0

«m» = trascinato

La figura 5 mostra una rappresentazione grafica della tabella dinamometrica ETC.

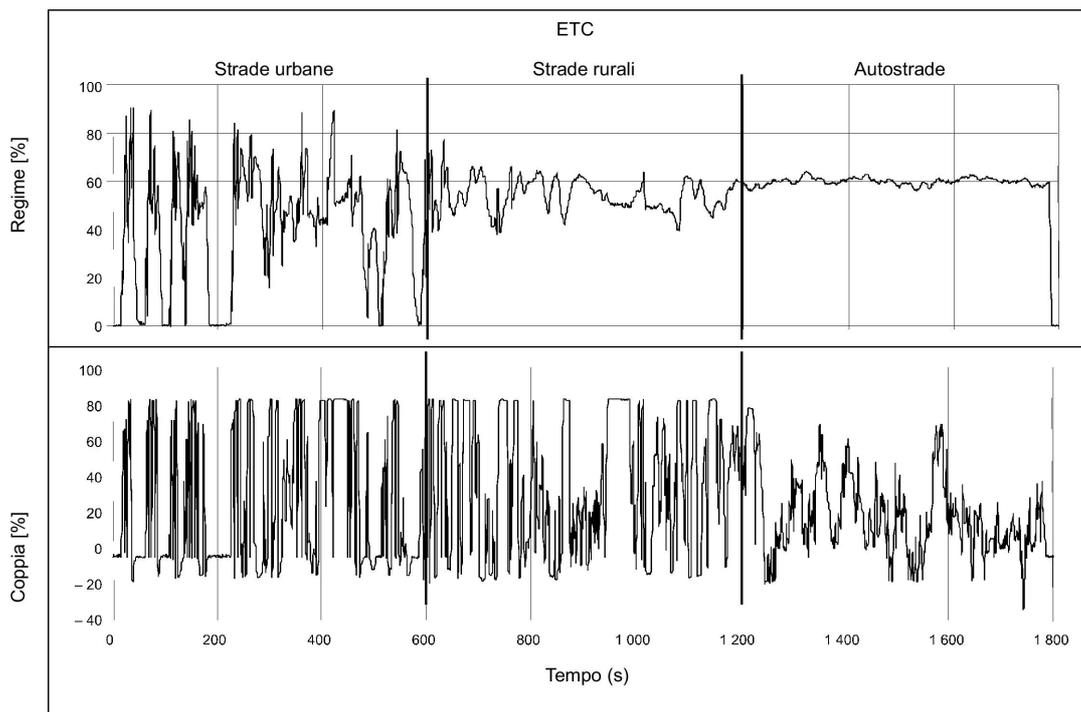


Figura 5: tabella dinamometrica ETC

## ALLEGATO 4

## Appendice 4

**PROCEDIMENTO DI MISURAZIONE E CAMPIONAMENTO**

## 1. INTRODUZIONE

I componenti gassosi, il particolato e il fumo emessi dal motore sottoposto alla prova sono misurati con i metodi definiti nell'allegato 4, appendice 7, che descrive nei rispettivi punti i sistemi analitici raccomandati per le emissioni gassose (punto 1), i sistemi raccomandati di diluizione e campionamento del particolato (punto 2) e gli opacimetri raccomandati per la misurazione del fumo (punto 3).

Per il metodo ESC i componenti gassosi sono determinati nel gas di scarico grezzo. Facoltativamente possono essere determinati nel gas di scarico diluito se per la determinazione del particolato si usa un sistema di diluizione a flusso totale. Il particolato è determinato con un sistema di diluizione a flusso parziale o a flusso totale.

Per il metodo ETC, la determinazione delle emissioni gassose e di particolato può essere effettuata unicamente con un sistema di diluizione a flusso totale, considerato sistema di riferimento. Tuttavia il servizio tecnico può approvare sistemi di diluizione a flusso parziale se ne viene dimostrata l'equivalenza secondo il punto 6.2 del regolamento e a condizione che gli venga fornita una descrizione dettagliata delle procedure di calcolo e di valutazione dei dati.

## 2. BANCO DINAMOMETRICO E APPARECCHIATURE DELLA SALA PROVA

Per le prove di emissione dei motori al banco dinamometrico si usano le seguenti apparecchiature.

2.1. **Dinamometro**

Usare un dinamometro con caratteristiche adeguate per eseguire i cicli di prova descritti nelle appendici 1 e 2 di questo allegato. Il sistema di misurazione del regime deve avere una accuratezza pari a  $\pm 2\%$  del valore indicato. Il sistema di misurazione della coppia deve avere una accuratezza pari a  $\pm 3\%$  del valore indicato nel campo  $> 20$  per cento del fondo scala e un'accuratezza pari a  $\pm 0,6\%$  del fondo scala nel campo  $\leq 20\%$  del fondo scala.

2.2. **Altri strumenti**

Usare gli strumenti necessari per misurare il consumo di carburante, il consumo d'aria, la temperatura del refrigerante e del lubrificante, la pressione del gas di scarico e la depressione al collettore di aspirazione, la temperatura del gas di scarico, la temperatura dell'aria aspirata, la pressione atmosferica, l'umidità e la temperatura del carburante. Questi strumenti devono essere conformi alle prescrizioni di cui alla tabella 8.

Tabella 8

Accuratezza degli strumenti di misura

Strumento di misura	Accuratezza
Consumo di carburante	$\pm 2\%$ del valore massimo del motore
Consumo d'aria	$\pm 2\%$ del valore massimo del motore
Temperature $\leq 600$ K (327 °C)	$\pm 2$ K assoluti
Temperature $\geq 600$ K (327 °C)	$\pm 1\%$ del valore indicato
Pressione atmosferica	$\pm 0,1$ kPa assoluti
Pressione del gas di scarico	$\pm 0,2$ kPa assoluti
Depressione all'aspirazione	$\pm 0,05$ kPa assoluti
Altre pressioni	$\pm 0,1$ kPa assoluti
Umidità relativa	$\pm 3\%$ assoluti
Umidità assoluta	$\pm 5\%$ del valore indicato

### 2.3. Flusso di gas di scarico

Per il calcolo delle emissioni contenute nel gas di scarico grezzo, è necessario conoscere il flusso di gas di scarico (cfr. punto 4.4 dell'appendice 1). Per la determinazione del flusso di gas di scarico si può usare uno dei metodi seguenti:

misurazione diretta del flusso di gas di scarico mediante boccaglio di misurazione del flusso o sistema equivalente;

misurazione del flusso d'aria e del flusso di carburante mediante idonei sistemi di misurazione e calcolo del flusso di gas di scarico mediante l'equazione seguente:

$$G_{\text{EXHW}} = G_{\text{AIRW}} + G_{\text{FUEL}} \quad (\text{per la massa di gas di scarico umido})$$

L'accuratezza della determinazione del flusso di gas di scarico deve essere  $\pm 2,5\%$  del valore indicato o migliore.

### 2.4. Flusso di gas di scarico diluito

Per il calcolo delle emissioni contenute nel gas di scarico diluito con l'uso del sistema di diluizione a flusso totale (obbligatorio per l'ETC), è necessario conoscere la portata del gas di scarico diluito (cfr. punto 4.3 dell'appendice 2). Misurare la portata massica totale del gas di scarico diluito ( $G_{\text{TOTW}}$ ) o la massa totale del gas di scarico diluito nell'arco del ciclo ( $M_{\text{TOTW}}$ ) con una PDP o un CFV (allegato 4, appendice 7, punto 2.3.1). L'accuratezza deve essere di  $\pm 2\%$  del valore indicato o migliore, e si determina come prescritto nell'allegato 4, appendice 5, punto 2.4.

## 3. DETERMINAZIONE DEI COMPONENTI GASSOSI

### 3.1. Specifiche generali degli analizzatori

Gli analizzatori devono avere un intervallo di misurazione appropriato in funzione dell'accuratezza richiesta per misurare le concentrazioni dei componenti del gas di scarico (punto 3.1.1). Si raccomanda di utilizzare gli analizzatori in modo tale che la concentrazione misurata sia compresa tra il 15 per cento e il 100 per cento del fondo scala.

Se sistemi di estrazione dati (computer, registratori di dati) sono in grado di assicurare un livello sufficiente di accuratezza e risoluzione al di sotto del 15 per cento del fondo scala, sono accettabili anche misure al di sotto del 15 per cento del fondo scala. In tal caso, si devono eseguire tarature addizionali su almeno quattro punti diversi da zero nominalmente equidistanti per garantire l'accuratezza delle curve di taratura conformemente all'allegato 4, appendice 5, punto 1.5.5.2.

La compatibilità elettromagnetica (CEM) dell'apparecchiatura deve essere tale da minimizzare altri errori.

#### 3.1.1. Errore di misura

L'errore totale di misura, inclusa la sensibilità incrociata con altri gas (cfr. allegato 4, appendice 5, punto 1.9), non deve superare il valore minore tra il  $\pm 5\%$  del valore letto e il  $\pm 3,5\%$  del fondo scala. Per concentrazioni minori di 100 ppm, l'errore di misura non deve essere superiore a  $\pm 4$  ppm.

#### 3.1.2. Ripetibilità

La ripetibilità, definita come 2,5 volte la deviazione standard di dieci risposte ripetitive ad un dato gas di taratura o calibrazione, non deve essere superiore a  $\pm 1\%$  del fondo scala per ciascun campo utilizzato al di sopra di 155 ppm (o ppm di C) o a  $\pm 2\%$  del fondo scala per ciascun campo utilizzato al di sotto di 155 ppm (o ppm di C).

#### 3.1.3. Rumore

La risposta dell'analizzatore da picco a picco ai gas di azzeramento e di taratura o calibrazione su qualsiasi periodo di 10 secondi non deve superare il 2 per cento del fondo scala su tutti i campi utilizzati.

#### 3.1.4. Deriva dello zero

La deriva dello zero su un periodo di un'ora deve essere inferiore al 2 per cento del fondo scala sul campo più basso utilizzato. La risposta di zero è definita come la risposta media, incluso il rumore, ad un gas di azzeramento su un intervallo di tempo di 30 secondi.

### 3.1.5 *Deriva di calibrazione*

La deriva di calibrazione su un periodo di un'ora deve essere inferiore al 2 per cento del fondo scala sul campo più basso utilizzato. La calibrazione è definita come la differenza tra la risposta di calibrazione e la risposta zero. La risposta di calibrazione è definita come la risposta media, incluso il rumore, ad un gas di calibrazione su un intervallo di tempo di 30 secondi.

### 3.2. **Essiccazione del gas**

Il dispositivo facoltativo di essiccazione del gas deve avere effetti trascurabili sulla concentrazione dei gas misurati. Non è ammesso l'uso di essiccatori chimici per rimuovere l'acqua dal campione.

### 3.3. **Analizzatori**

I punti da 3.3.1. a 3.3.4 descrivono i principi di misurazione da applicare. Una descrizione dettagliata dei sistemi di misurazione figura nell'allegato 4, appendice 7. I gas da misurare devono essere analizzati con gli strumenti seguenti. Per gli analizzatori non lineari è ammesso l'uso di circuiti di linearizzazione.

#### 3.3.1. *Analisi del monossido di carbonio (CO)*

L'analizzatore del monossido di carbonio deve essere del tipo ad assorbimento non dispersivo nell'infrarosso (NDIR).

#### 3.3.2. *Analisi del biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>)*

L'analizzatore del biossido di carbonio deve essere del tipo ad assorbimento non dispersivo nell'infrarosso (NDIR).

#### 3.3.3. *Analisi degli idrocarburi (HC)*

Per i motori diesel e a GPL l'analizzatore degli idrocarburi deve essere del tipo con rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato (HFID) in cui il rivelatore, le valvole, le tubature, ecc. sono riscaldati in modo da mantenere il gas ad una temperatura di  $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$  ( $190 \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$ ). Per i motori a GN l'analizzatore degli idrocarburi può essere del tipo con rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID) non riscaldato, a seconda del metodo usato (cfr. allegato 4, appendice 7, punto 1.3).

#### 3.3.4. *Analisi degli idrocarburi diversi dal metano (NMHC) (solo per motori a GN)*

Per la determinazione degli idrocarburi diversi dal metano si utilizza uno dei metodi seguenti.

##### 3.3.4.1. **Metodo gascromatografico (GC)**

La determinazione degli idrocarburi diversi dal metano si effettua sottraendo il metano analizzato con un gascromatografo (GC) condizionato a  $423\text{ K}$  ( $150\text{ }^\circ\text{C}$ ) agli idrocarburi misurati secondo il punto 3.3.3.

##### 3.3.4.2. **Metodo del separatore (cutter) della frazione diversa dal metano (NMC)**

La determinazione della frazione non costituita da metano si effettua con un NMC riscaldato disposto in linea con un FID secondo il punto 3.3.3 sottraendo il metano agli idrocarburi.

#### 3.3.5. *Analisi degli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)*

L'analizzatore degli ossidi di azoto deve essere del tipo con rivelatore a chemiluminescenza (CLD) o con rivelatore a chemiluminescenza riscaldato (HCLD) con un convertitore NO<sub>2</sub>/NO se la misurazione viene effettuata sul secco. Se la misurazione viene effettuata su umido, usare un HCLD con convertitore mantenuto al di sopra di  $328\text{ K}$  ( $55\text{ }^\circ\text{C}$ ), a condizione che il controllo dell'estinzione causata dall'acqua rientri nella norma (cfr. allegato 4, appendice 5, punto 1.9.2.2).

### 3.4. Campionamento delle emissioni gassose

#### 3.4.1. Gas di scarico grezzo (solo ESC)

Disporre le sonde di campionamento delle emissioni gassose ad una distanza non inferiore al valore più elevato tra 0,5 m e il triplo del diametro del condotto di scarico a monte dell'uscita del sistema dei gas di scarico, ma sufficientemente vicino al motore da assicurare una temperatura del gas di scarico di almeno 343 K (70 °C) in corrispondenza della sonda.

Nel caso di un motore multicilindrico con collettore di scarico ramificato spostare l'ingresso della sonda sufficientemente verso valle in modo da assicurare che il campione sia rappresentativo delle emissioni medie allo scarico di tutti i cilindri. In motori multicilindrici con gruppi di collettori distinti, come nel caso dei motori a «V», è consentito acquisire un campione da ciascun gruppo e calcolare un'emissione media di gas di scarico. È ammesso anche l'uso di altri metodi dimostratisi corrispondenti ai metodi suddetti. Per il calcolo delle emissioni di gas di scarico usare il flusso massico totale di scarico.

Se il motore è dotato di un sistema di post-trattamento dei gas di scarico, prelevare il campione di gas di scarico a valle del sistema di post-trattamento.

#### 3.4.2. Gas di scarico diluito (obbligatorio per l'ETC, facoltativo per l'ESC)

Il condotto di scarico tra il motore e il sistema di diluizione a flusso totale deve essere conforme all'allegato 4, appendice 7, punto 2.3.1, EP.

Le sonde per il campionamento delle emissioni gassose devono essere installate nel tunnel di diluizione in un punto in cui l'aria di diluizione e il gas di scarico sono ben miscelati, e in stretta vicinanza della sonda di campionamento del particolato.

Per l'ETC, in linea di massima il campionamento può essere eseguito in due modi:

- campionamento degli inquinanti in un sacchetto di campionamento nell'arco di tutto il ciclo e loro misurazione dopo il completamento della prova;
- campionamento in continuo degli inquinanti e loro integrazione nell'arco del ciclo; questo metodo è obbligatorio per HC e NO<sub>x</sub>.

## 4. DETERMINAZIONE DEL PARTICOLATO

La determinazione del particolato richiede l'uso di un sistema di diluizione. La diluizione può essere realizzata mediante un sistema di diluizione a flusso parziale (solo per l'ESC) o un sistema di diluizione a flusso totale (obbligatorio per l'ETC). La portata del sistema di diluizione deve essere sufficientemente elevata da eliminare completamente la condensazione dell'acqua nei sistemi di diluizione e campionamento e mantenere la temperatura del gas di scarico diluito a un valore pari o inferiore a 325 K (52 °C) immediatamente a monte dei portafiltri. La deumidificazione dell'aria di diluizione prima dell'ingresso nel sistema di diluizione è ammessa ed è particolarmente utile se l'umidità è elevata. La temperatura dell'aria di diluizione deve essere di 298 K ± 5 K (25 °C ± 5 °C). Se la temperatura ambiente è inferiore a 293 K (20 °C), si raccomanda di preriscaldare l'aria di diluizione al di sopra del limite superiore di temperatura di 303 K (30 °C). La temperatura dell'aria di diluizione non deve però superare i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione del gas di scarico nel tunnel di diluizione.

Il sistema di diluizione a flusso parziale deve essere progettato in modo da suddividere la corrente di gas di scarico in due frazioni, la più piccola delle quali viene diluita con aria e successivamente utilizzata per la misura del particolato. Ne consegue che il rapporto di diluizione deve essere determinato con estrema precisione. Si possono applicare vari metodi di divisione e il tipo di divisione usato determina in misura significativa i materiali e le procedure di campionamento da impiegare (allegato 4, appendice 7, punto 2.2). La sonda di campionamento del particolato deve essere montata in stretta vicinanza della sonda di campionamento delle emissioni gassose conformemente al disposto del punto 3.4.1.

Per determinare la massa del particolato è necessario utilizzare un sistema di campionamento del particolato, filtri di campionamento del particolato, una bilancia precisa al microgrammo e una camera di pesata a temperatura e umidità controllate.

Per il campionamento del particolato applicare il metodo a filtro unico che utilizza una coppia di filtri (cfr. punto 4.1.3) per l'intero ciclo di prova. Per l'ESC prestare molta attenzione ai tempi di campionamento e ai flussi durante la fase di campionamento della prova.

#### 4.1. Filtri di campionamento del particolato

##### 4.1.1. Specifiche dei filtri

Utilizzare filtri in fibra di vetro ricoperta di fluorocarburi o filtri a membrana a base di fluorocarburi. I filtri di tutti i tipi devono avere un'efficienza di raccolta del DOP (di-ottilftalato) da 0,3 µm pari ad almeno il 95 % ad una velocità frontale del gas compresa tra 35 e 80 cm/s.

##### 4.1.2. Dimensioni dei filtri

Utilizzare filtri per particolato di diametro non inferiore a 47 mm (37 mm di diametro della macchia). Sono accettabili anche filtri di diametro maggiore (punto 4.1.5).

##### 4.1.3. Filtro principale e filtro di sicurezza

Durante la sequenza di prova, il gas di scarico diluito deve essere raccolto mediante una coppia di filtri (un filtro principale e un filtro di sicurezza) disposti in serie. Il filtro di sicurezza deve essere posto non più di 100 mm a valle del filtro principale e non deve essere in contatto con esso. I filtri possono essere pesati separatamente o in coppia, con i filtri disposti lato macchiato contro lato macchiato.

##### 4.1.4. Velocità frontale alla superficie del filtro

Si deve ottenere una velocità frontale del gas attraverso il filtro compresa fra 35 e 80 cm/s. Fra l'inizio e la fine della prova la perdita di carico non deve registrare un aumento superiore a 25 kPa.

##### 4.1.5. Carico sui filtri

Il carico minimo raccomandato depositato sui filtri deve essere di 0,5 mg/1 075 mm<sup>2</sup> di area della macchia. Per i filtri delle dimensioni più comuni, i valori sono mostrati in tabella 9.

Tabella 9

Carichi sul filtro raccomandati

Diametro del filtro (mm)	Diametro raccomandato della macchia	Carico minimo raccomandato
47	37	0,5
70	60	1,3
90	80	2,3
110	100	3,6

#### 4.2. Specifiche della camera di pesata e della bilancia analitica

##### 4.2.1. Condizioni della camera di pesata

La temperatura della camera (o locale) in cui sono condizionati e pesati i filtri del particolato deve essere mantenuta a 295 K ± 3 K (22 °C ± 3 °C) durante tutto il condizionamento e la pesata dei filtri. L'umidità deve essere mantenuta ad una temperatura di rugiada di 282,5 K ± 3 K (9,5 °C ± 3 °C) e un'umidità relativa del 45 % ± 8 %.

##### 4.2.2. Pesata del filtro di riferimento

L'ambiente della camera (o locale) deve essere esente da qualsiasi contaminante ambientale (come la polvere) che possa depositarsi sui filtri del particolato durante la loro stabilizzazione. Sono ammessi disturbi delle caratteristiche della camera di pesata indicate al punto 4.2.1 purché la durata del disturbo non superi i 30 minuti. La camera di pesata deve essere conforme alle caratteristiche richieste prima dell'ingresso del personale nella camera di pesata. Entro 4 ore dalla pesata del filtro campione, ma preferibilmente allo stesso momento, pesare almeno due filtri di riferimento non utilizzati. Questi devono essere delle stesse dimensioni e dello stesso materiale dei filtri campione.

Se il peso medio dei filtri di riferimento o delle coppie di filtri di riferimento varia di oltre il  $\pm 5$  per cento ( $\pm 7,5$  per cento per le coppie di filtri) rispetto al carico minimo raccomandato sul filtro (punto 4.1.5), tra le pesate del filtro campione, tutti i filtri campione devono essere scartati e le prove di emissione ripetute.

Se non sono soddisfatti i criteri di stabilità della camera di pesata di cui al punto 4.2.1, ma le pesate dei filtri o coppie di filtri di riferimento sono conformi ai criteri sopraindicati, il costruttore del motore può accettare i pesi del filtro campione o annullare le prove, riparando il sistema di controllo della camera di pesata e ripetendo la prova.

#### 4.2.3. Bilancia analitica

La bilancia analitica utilizzata per determinare il peso del filtro deve avere una precisione (deviazione standard) di almeno  $2 \mu\text{g}$  e una risoluzione di almeno  $1 \mu\text{g}$  (1 divisione della scala =  $1 \mu\text{g}$ ). Per i filtri di diametro inferiore a 70 mm, la precisione e la risoluzione devono essere rispettivamente di  $2 \mu\text{g}$  e  $1 \mu\text{g}$ .

#### 4.2.4. Eliminazione degli effetti dell'elettricità statica

Per eliminare gli effetti dell'elettricità statica, i filtri devono essere neutralizzati prima della pesata, ad esempio mediante un neutralizzatore al polonio o un dispositivo con effetto simile.

### 4.3. Specifiche supplementari per la misura del particolato

Tutte le parti del sistema di diluizione e del sistema di campionamento comprese tra il condotto di scarico e il supporto dei filtri che vengono a contatto con gas di scarico grezzi e diluiti devono essere progettate in modo da minimizzare la deposizione o l'alterazione del particolato. 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.

## 5. DETERMINAZIONE DELL'OPACITÀ DEL FUMO

In questo punto sono indicate le specifiche per le apparecchiature prescritte e facoltative da usare per la prova ELR. Per la misurazione del fumo si utilizza un opacimetro avente una scala di lettura dell'opacità e una scala di lettura del coefficiente di assorbimento della luce. La modalità di indicazione dell'opacità è usata solo per la taratura e il controllo dell'opacimetro. Gli indici di fumo del ciclo di prova sono misurati nella modalità di indicazione del coefficiente di assorbimento della luce.

### 5.1. Prescrizioni generali

L'ELR richiede l'uso di un sistema di misurazione del fumo e di elaborazione dati comprendente tre unità funzionali, che possono essere integrate in un unico componente o costituire un sistema di componenti collegati fra loro. Le tre unità funzionali sono:

- un opacimetro conforme alle specifiche dell'allegato 4, appendice 7, punto 3.
- un'unità di elaborazione dati in grado di eseguire le funzioni descritte nell'allegato 4, appendice 1, punto 6.
- una stampante e/o un supporto di memorizzazione elettronica per registrare e fornire gli indici di fumo specificati nell'allegato 4, appendice 1, punto 6.3.

### 5.2. Prescrizioni specifiche

#### 5.2.1. Linearità

La linearità deve essere compresa entro il  $\pm 2$  per cento dell'opacità.

#### 5.2.2. Deriva dello zero

La deriva dello zero su un periodo di un'ora non deve superare il  $\pm 1$  per cento dell'opacità.

#### 5.2.3. *Quadrante dell'opacimetro e campo*

Per l'indicazione in opacità, la scala deve essere dello 0-100 per cento di opacità e la risoluzione dello 0,1 per cento di opacità. Per l'indicazione in coefficiente di assorbimento della luce, la scala deve essere di 0-30  $\text{m}^{-1}$  di coefficiente di assorbimento della luce, e la risoluzione di 0,01  $\text{m}^{-1}$  di coefficiente di assorbimento della luce.

#### 5.2.4. *Tempo di risposta dello strumento*

Il tempo di risposta fisica dell'opacimetro non deve superare 0,2 secondi. Il tempo di risposta fisica è il tempo che trascorre tra gli istanti in cui l'uscita di un ricevitore a risposta rapida raggiunge il 10 e il 90 per cento della deviazione piena quando l'opacità del gas misurato viene modificata in meno di 0,1 s.

Il tempo di risposta elettrica dell'opacimetro non deve superare 0,05 s. Il tempo di risposta elettrica è il tempo che trascorre tra gli istanti in cui l'uscita dell'opacimetro raggiunge il 10 e il 90 per cento del fondo scala quando la sorgente di luce viene interrotta o spenta completamente in meno di 0,01 s.

#### 5.2.5. *Filtri di densità neutra*

Il valore di eventuali filtri di densità neutra usati in combinazione con la taratura dell'opacimetro, le misure di linearità o la regolazione della calibrazione deve essere noto con una precisione dello 1,0 per cento di opacità. L'accuratezza del valore nominale del filtro deve essere controllata almeno una volta l'anno utilizzando un sistema di riferimento riferibile a una norma nazionale o internazionale.

I filtri di densità neutra sono dispositivi di precisione e possono facilmente essere danneggiati durante l'uso. La manipolazione deve essere minima e, quando necessaria, eseguita con cura per evitare di graffiare o sporcare il filtro.

---

## ALLEGATO 4

## Appendice 5

## PROCEDIMENTO DI TARATURA

## 1. TARATURA DEGLI STRUMENTI ANALITICI

1.1. **Introduzione**

Ciascun analizzatore deve essere tarato con la frequenza necessaria per soddisfare i requisiti di accuratezza della presente direttiva. In questo punto è descritto il metodo di taratura da utilizzare per gli analizzatori indicati nell'allegato 4, appendice 4, punto 3 e nell'allegato 4, appendice 7, punto 1.

1.2. **Gas di taratura**

Rispettare la durata di conservazione di tutti i gas di taratura.

Registrare la data di scadenza dei gas di taratura dichiarata dal produttore.

1.2.1. *Gas puri*

La purezza dei gas richiesta è definita dai limiti di contaminazione sottoindicati. Devono essere disponibili i seguenti gas:

azoto purificato  
(contaminazione  $\leq 1$  ppm C1,  $\leq 1$  ppm CO,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>,  $\leq 0,1$  ppm NO)

ossigeno purificato  
(purezza  $> 99,5$  % vol O<sub>2</sub>)

miscela idrogeno-elio  
( $40 \pm 2$  % idrogeno, resto elio)  
(contaminazione  $\leq 1$  ppm C1,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>)

aria sintetica purificata  
(contaminazione  $\leq 1$  ppm C1,  $\leq 1$  ppm CO,  $\leq 400$  ppm CO<sub>2</sub>,  $\leq 0,1$  ppm NO)  
(tenore di ossigeno 18-21 % vol.)

propano purificato o CO per la verifica del CVS

1.2.2. *Gas di taratura e di calibrazione*

Devono essere disponibili miscele di gas aventi le seguenti composizioni chimiche:

C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> e aria sintetica purificata (cfr. punto 1.2.1);

CO e azoto purificato;

NO<sub>x</sub> e azoto purificato (la quantità di NO<sub>2</sub> contenuta in questo gas di taratura non deve essere superiore al 5 per cento del tenore di NO);

CO<sub>2</sub> e azoto purificato

CH<sub>4</sub> e aria sintetica purificata

C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> e aria sintetica purificata

*Nota:* sono ammesse combinazioni di altri gas, purché i gas non reagiscano uno con l'altro.

La concentrazione effettiva dei gas di taratura e di calibrazione deve corrispondere alla concentrazione nominale con un'approssimazione massima del  $\pm 2$  per cento. Tutte le concentrazioni dei gas di taratura devono essere indicate in volume (percentuale in volume o ppm in volume).

I gas utilizzati per la taratura e per la calibrazione possono essere ottenuti anche mediante un divisore di gas effettuando la diluizione con N<sub>2</sub> purificato o con aria sintetica purificata. L'accuratezza del dispositivo di miscelazione deve essere tale che la concentrazione dei gas di taratura diluiti possa essere determinata con un errore non superiore al  $\pm 2$  per cento.

### 1.3. **Procedura operativa per gli analizzatori e per il sistema di campionamento**

La procedura operativa per gli analizzatori deve seguire le istruzioni di avviamento e esecuzione dell'analisi del costruttore dello strumento. Devono essere rispettati i requisiti minimi presentati nei punti da 1.4 a 1.9.

### 1.4. **Prova di tenuta**

Eeguire una prova di trafilamento del sistema. La sonda deve essere disinserita dal sistema di scarico e l'estremità chiusa. Mettere in funzione la pompa dell'analizzatore. Dopo un periodo iniziale di stabilizzazione, tutti i flussimetri devono indicare zero; in caso contrario, controllare le linee di campionamento e rimediare ai difetti.

Il trafilamento massimo ammissibile sul lato in depressione è pari allo 0,5 per cento della portata di utilizzo per la porzione di sistema controllata. Si possono usare le portate attraverso l'analizzatore e attraverso il bypass per stimare le portate di utilizzo.

Un altro metodo è l'introduzione di un cambiamento di concentrazione a gradino all'inizio della linea di campionamento passando dal gas di azzeramento a quello di calibrazione. Se, dopo un congruo periodo di tempo, il valore letto indica una concentrazione inferiore a quella introdotta, esistono problemi di taratura o di trafilamento.

### 1.5. **Procedimento di taratura**

#### 1.5.1. *Strumentazione*

Tarare la strumentazione e controllare le curve di taratura rispetto ai gas campione, impiegando le stesse portate di gas utilizzate per il campionamento dei gas di scarico.

#### 1.5.2. *Tempo di riscaldamento*

Per il tempo di riscaldamento seguire le raccomandazioni del costruttore. In assenza di indicazioni, si raccomanda un tempo di riscaldamento degli analizzatori di almeno due ore.

#### 1.5.3. *Analizzatori NDIR e HFID*

Regolare opportunamente l'analizzatore NDIR e ottimizzare la fiamma di combustione dell'analizzatore HFID (punto 1.8.1).

#### 1.5.4. *Taratura*

Tarare ciascun campo di lavoro normalmente usato.

Azzerare gli analizzatori di CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> e HC con aria sintetica purificata (o azoto).

Introdurre negli analizzatori gli opportuni gas di taratura, registrare i valori e tracciare le curve di taratura conformemente al punto 1.5.5.

All'occorrenza, ricontrollare la regolazione dello zero e ripetere la procedura di taratura.

#### 1.5.5. *Determinazione della curva di taratura*

##### 1.5.5.1. **Indicazioni generali**

Determinare la curva di taratura mediante almeno cinque punti di taratura (escluso lo zero) distribuiti in modo il più possibile uniforme. La concentrazione nominale massima deve essere pari o superiore al 90 per cento del fondo scala.

Calcolare la curva di taratura con il metodo dei minimi quadrati. Se il grado della polinomiale risultante è maggiore di 3, il numero dei punti di taratura (incluso lo zero) non deve essere inferiore al grado di questa polinomiale aumentato di 2.

La curva di taratura non deve differire di oltre il  $\pm 2$  per cento dal valore nominale di ciascun punto di taratura né di oltre il  $\pm 1$  per cento del fondo scala a zero.

In base alla curva di taratura e ai punti di taratura è possibile verificare se la taratura è stata eseguita correttamente. Devono essere indicati i differenti parametri caratteristici dell'analizzatore e in particolare:

- il campo di misura;
- la sensibilità;
- la data di esecuzione della taratura.

#### 1.5.5.2. Taratura al di sotto del 15 per cento del fondo scala

Determinare la curva di taratura dell'analizzatore mediante almeno 4 punti di taratura addizionali, escluso lo zero, nominalmente equidistanti al di sotto del 15 per cento del fondo scala.

Calcolare la curva di taratura con il metodo dei minimi quadrati.

La curva di taratura non deve differire di oltre il  $\pm 4$  per cento dal valore nominale di ciascun punto di taratura né di oltre il  $\pm 1$  per cento del fondo scala a zero.

#### 1.5.5.3. Metodi alternativi

È possibile utilizzare tecniche alternative (ad esempio computer, commutatore di campo a comando elettronico, ecc.) purché si possa dimostrare che tali tecniche sono in grado di assicurare un'accuratezza equivalente.

### 1.6. Verifica della taratura

Ciascun campo di lavoro normalmente utilizzato deve essere controllato prima di ogni analisi secondo la procedura seguente.

Controllare la taratura utilizzando un gas di azzeramento e un gas di calibrazione il cui valore nominale sia superiore all'80 per cento del fondo scala campo di misura.

Se, per i due punti considerati, il valore trovato non differisce di oltre il  $\pm 4$  per cento del fondo scala dal valore di riferimento dichiarato, si possono modificare i parametri di aggiustamento. In caso contrario, determinare una nuova curva di taratura secondo il punto 1.5.5.

### 1.7. Prova di efficienza del convertitore di NO<sub>x</sub>

Controllare l'efficienza del convertitore usato per la conversione degli NO<sub>2</sub> in NO nel modo indicato nei punti da 1.7.1 a 1.7.8 (figura 6).

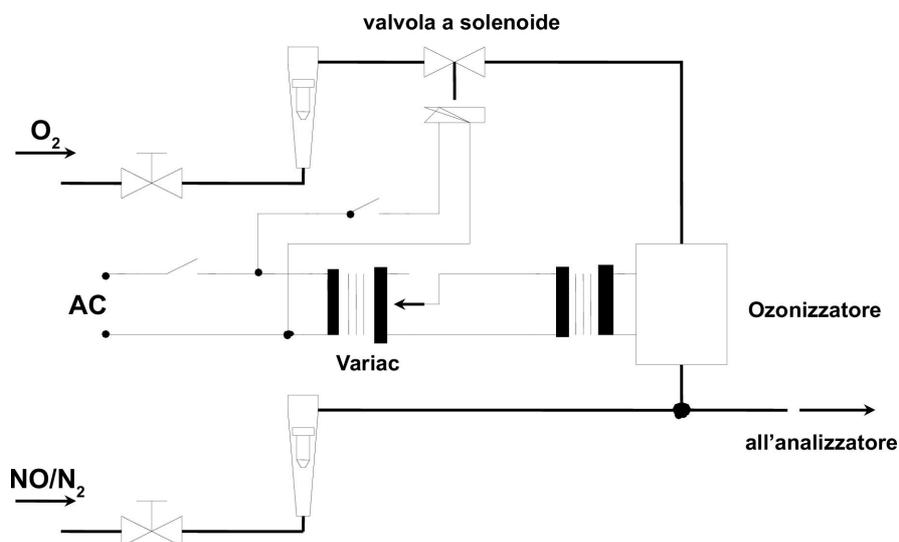


Figura 6: schema del dispositivo di determinazione dell'efficienza del convertitore di NO<sub>2</sub>

1.7.1. *Impianto di prova*

L'efficienza dei convertitori può essere controllata con un ozonizzatore utilizzando l'impianto di prova illustrato in figura 6 (cfr. anche allegato 4, appendice 4, punto 3.3.5) e il procedimento descritto di seguito.

1.7.2. *Taratura*

Il CLD e l'HCLD devono essere tarati secondo le specifiche del costruttore nel campo di lavoro più comune, utilizzando un gas di azzeramento e un gas di calibrazione (con un tenore di NO pari circa all'80 per cento del campo di lavoro e una concentrazione di NO<sub>2</sub> della miscela di gas inferiore al 5 per cento della concentrazione di NO). L'analizzatore di NO<sub>x</sub> deve essere regolato nella posizione NO, in modo che il gas di calibrazione non passi attraverso il convertitore. Registrare la concentrazione indicata.

1.7.3. *Calcolo*

Calcolare l'efficienza del convertitore di NO<sub>x</sub> nel modo seguente:

$$\text{Efficienza (\%)} = \left( 1 + \frac{a-b}{c-d} \right) \times 100$$

dove:

a è la concentrazione di NO<sub>x</sub> conformemente al punto 1.7.6

b è la concentrazione di NO<sub>x</sub> conformemente al punto 1.7.7

c è la concentrazione di NO conformemente al punto 1.7.4

d è la concentrazione di NO conformemente al punto 1.7.5.

1.7.4. *Aggiunta di ossigeno*

Attraverso un raccordo a T, aggiungere in continuo ossigeno o aria di azzeramento al flusso di gas fino a quando la concentrazione indicata risulti inferiore di circa il 20 per cento alla concentrazione di taratura indicata al punto 1.7.2 (analizzatore in posizione NO). Registrare la concentrazione c indicata. Mantenere disattivato l'ozonizzatore durante tutto il processo.

1.7.5. *Attivazione dell'ozonizzatore*

Attivare quindi l'ozonizzatore per generare una quantità di ozono sufficiente a ridurre la concentrazione di NO a circa il 20 per cento (minimo 10 per cento) della concentrazione di taratura di cui al punto 1.7.2. Registrare la concentrazione d indicata (analizzatore in posizione NO).

1.7.6. *Posizione NO<sub>x</sub>*

Commutare quindi l'analizzatore di NO sulla posizione NO<sub>x</sub> in modo che la miscela gassosa (costituita da NO, NO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>) passi attraverso il convertitore. Registrare la concentrazione a indicata (analizzatore in posizione NO<sub>x</sub>).

1.7.7. *Disattivazione dell'ozonizzatore*

Disattivare quindi l'ozonizzatore. La miscela di gas descritta al punto 1.7.6 entra nel rivelatore passando attraverso il convertitore. Registrare la concentrazione b indicata (analizzatore in posizione NO<sub>x</sub>).

1.7.8. *Posizione NO*

Dopo commutazione sulla posizione NO con l'ozonizzatore disattivato, chiudere anche il flusso di ossigeno o aria sintetica. Il valore di NO<sub>x</sub> letto sull'analizzatore non deve deviare di oltre il ± 5 per cento dal valore misurato conformemente al punto 1.7.2 (analizzatore in posizione NO).

1.7.9. *Intervallo di prova*

Verificare l'efficienza del convertitore prima di ciascuna taratura dell'analizzatore di NO<sub>x</sub>.

1.7.10. *Efficienza*

L'efficienza del convertitore non deve essere inferiore al 90 per cento, ma è vivamente raccomandata un'efficienza del 95 per cento.

*Nota:* se, con l'analizzatore campo più comune, l'ozonizzatore non è in grado di assicurare una riduzione dall'80 per cento al 20 per cento conformemente al punto 1.7.5, utilizzare il campo più elevato che consente tale riduzione.

1.8. **Regolazione del FID**1.8.1. *Ottimizzazione della risposta del rivelatore*

Il rivelatore FID deve essere regolato come specificato dal costruttore dello strumento. Come gas di calibrazione, utilizzare propano in aria per ottimizzare la risposta nel campo di lavoro più comune.

Con le portate di carburante e di aria raccomandate dal costruttore, introdurre nell'analizzatore un gas di calibrazione contenente  $350 \pm 75$  ppm di C. Determinare la risposta ad una data portata di carburante in base alla differenza tra la risposta al gas di calibrazione e la risposta al gas di azzeramento. Il flusso del carburante deve essere regolato per incrementi al di sopra e al di sotto del valore specificato dal costruttore. Registrare le risposte di calibrazione e azzeramento a questi flussi di carburante. Riportare in grafico la differenza tra la risposta di calibrazione e la risposta di azzeramento e regolare il flusso di carburante sul lato ricco della curva.

1.8.2. *Fattori di risposta degli idrocarburi*

Tarare l'analizzatore utilizzando propano in aria e aria sintetica purificata conformemente al punto 1.5.

Quando un analizzatore viene messo in servizio e dopo interruzioni di funzionamento piuttosto lunghe, determinare i fattori di risposta. Il fattore di risposta ( $R_f$ ) per una particolare specie idrocarburica è il rapporto tra il valore di C1 letto sul FID e la concentrazione del gas nella bombola espressa in ppm di C1.

La concentrazione del gas di prova deve essere ad un livello tale da assicurare una risposta pari approssimativamente all'80 per cento del fondo scala. La concentrazione deve essere nota con un'accuratezza del  $\pm 2$  per cento riferita ad uno standard gravimetrico espresso in volume. Inoltre, la bombola del gas deve essere preconditionata per 24 ore ad una temperatura di  $298 \text{ K} \pm 5 \text{ K}$  ( $25 \text{ °C} \pm 5 \text{ °C}$ ).

I gas di prova e gli intervalli raccomandati per i fattori di risposta relativi sono i seguenti:

metano e aria sintetica purificata	$1,00 \leq R_f \leq 1,15$ (motori diesel e a GPL)
metano e aria sintetica purificata	$1,00 \leq R_f \leq 1,07$ (motori a GN)
propilene e aria sintetica purificata	$0,90 \leq R_f \leq 1,1$
toluene e aria sintetica purificata	$0,90 \leq R_f \leq 1,10$

Questi valori sono relativi al fattore di risposta ( $R_f$ ) di 1,00 per propano e aria sintetica purificata.

1.8.3. *Controllo dell'interferenza dell'ossigeno*

Quando si mette in servizio un analizzatore e dopo interruzioni di funzionamento piuttosto lunghe, controllare l'interferenza dell'ossigeno.

Il fattore di risposta è definito e deve essere determinato come descritto nel punto 1.8.2. Il gas di prova e l'intervallo raccomandato del fattore di risposta relativo sono i seguenti:

$$\text{propano e azoto} \quad 0,95 \leq R_f \leq 1,05$$

Questo valore è relativo al fattore di risposta ( $R_f$ ) di 1,00 per propano e aria sintetica purificata.

La concentrazione dell'ossigeno nell'aria del bruciatore FID deve essere uguale, con un'approssimazione non superiore a  $\pm 1$  mol per cento, alla concentrazione dell'ossigeno nell'aria del bruciatore utilizzata nell'ultimo controllo dell'interferenza dell'ossigeno. Se la differenza è maggiore, controllare l'interferenza dell'ossigeno e regolare se necessario l'analizzatore.

1.8.4. *Efficienza del dispositivo di eliminazione («cutter») degli idrocarburi diversi dal metano (NMC, solo per motori a GN)*

L'NMC viene usato per eliminare gli idrocarburi diversi dal metano dal gas campione mediante ossidazione di tutti gli idrocarburi escluso il metano. L'ideale sarebbe che la conversione del metano fosse dello 0 % e quella degli altri idrocarburi rappresentati dall'etano del 100 %. Per una misura accurata degli NMHC, si devono determinare le due efficienze e usarle per il calcolo della portata massica dell'emissione di NMHC (cfr. allegato 4, appendice 2, punto 4.3.).

1.8.4.1. **Efficienza riferita al metano**

Far fluire il gas di taratura del metano attraverso il FID, con e senza bypass dell'NMC, e registrare le due concentrazioni. L'efficienza si determina come segue:

$$CE_M = 1 - \frac{\text{conc}_w}{\text{conc}_{w/o}}$$

dove:

$\text{conc}_w$  = concentrazione di HC quando il  $\text{CH}_4$  attraversa l'NMC

$\text{conc}_{w/o}$  = concentrazione di HC quando il  $\text{CH}_4$  bypassa l'NMC

1.8.4.2. **Efficienza riferita all'etano**

Far fluire il gas di taratura dell'etano attraverso il FID, con e senza bypass dell'NMC, e registrare le due concentrazioni. L'efficienza si determina come segue:

$$CE_E = 1 - \frac{\text{conc}_w}{\text{conc}_{w/o}}$$

dove:

$\text{conc}_w$  = concentrazione di HC quando il  $\text{C}_2\text{H}_6$  attraversa l'NMC

$\text{conc}_{w/o}$  = concentrazione di HC quando il  $\text{C}_2\text{H}_6$  bypassa l'NMC

1.9. **Effetti di interferenza con gli analizzatori di CO, CO<sub>2</sub> e NO<sub>x</sub>**

La presenza nel gas di scarico di gas diversi da quello analizzato può interferire in vari modi col valore letto. Si verifica un'interferenza positiva negli analizzatori NDIR quando il gas interferente produce, in minor misura, lo stesso effetto del gas misurato. Si verifica invece una interferenza negativa negli analizzatori NDIR quando il gas interferente amplia la banda di assorbimento del gas misurato e, nei rivelatori CLD, quando il gas interferente estingue la radiazione. Eseguire i controlli di interferenza descritti nei punti 1.9.1 e 1.9.2 prima dell'utilizzo iniziale dell'analizzatore e dopo periodi di inutilizzo prolungati.

1.9.1. *Controllo dell'interferenza sull'analizzatore di CO*

Acqua e CO<sub>2</sub> possono interferire con le prestazioni dell'analizzatore di CO. Pertanto, far gorgogliare attraverso acqua a temperatura ambiente un gas di calibrazione del CO<sub>2</sub> avente una concentrazione compresa tra l'80 e il 100 per cento del fondo scala del campo di lavoro massimo usato durante la prova e registrare la risposta dell'analizzatore. La risposta dell'analizzatore non deve essere superiore all'1 per cento del fondo scala per campi uguali o superiori a 300 ppm, e non deve essere superiore a 3 ppm per campi al di sotto di 300 ppm.

1.9.2. *Controlli dell'estinzione sull'analizzatore di NO<sub>x</sub>*

I due gas che possono dare problemi sugli analizzatori CLD (e HCLD) sono CO<sub>2</sub> e vapore acqueo. Le risposte di estinzione a questi gas sono proporzionali alle concentrazioni degli stessi e richiedono pertanto tecniche di analisi per determinare l'estinzione alle più elevate concentrazioni prevedibili durante la prova.

1.9.2.1. **Controllo dell'estinzione causata da CO<sub>2</sub>**

Far passare attraverso l'analizzatore NDIR un gas di calibrazione del CO<sub>2</sub> avente una concentrazione compresa tra l'80 e il 100 per cento del fondo scala del campo di lavoro massimo e registrare come A il valore del CO<sub>2</sub>. Diluirlo poi approssimativamente al 50 per cento con gas di calibrazione dell'NO e farlo passare attraverso gli analizzatori NDIR e CLD (o HCLD), registrando come B e C rispettivamente i valori di CO<sub>2</sub> e NO. Chiudere poi il CO<sub>2</sub>, e far passare solo il gas di calibrazione dell'NO attraverso l'analizzatore CLD (o HCLD) e registrare come D il valore di NO.

L'estinzione viene calcolata come segue e non deve essere maggiore del 3 per cento del fondo scala:

$$\% \text{ Quench} = \left[ 1 - \left( \frac{C \times A}{(D \times A) - (D \times B)} \right) \right] \times 100$$

dove:

A è la concentrazione di CO<sub>2</sub> non diluito misurata con l'NDIR, in %

B è la concentrazione di CO<sub>2</sub> diluito misurata con l'NDIR, in %

C è la concentrazione di NO diluito misurata con il CLD (o HCLD), in ppm

D è la concentrazione di NO non diluito misurata con il CLD (o HCLD), in ppm

È ammesso l'uso di metodi alternativi di diluizione e quantificazione dei valori dei gas di calibrazione di CO<sub>2</sub> e NO, come la miscelazione dinamica.

#### 1.9.2.2. **Controllo dell'estinzione causata dall'acqua**

Il controllo si applica solo alle misure della concentrazione dei gas umidi. Il calcolo dell'estinzione provocata dall'acqua deve considerare la diluizione del gas di calibrazione dell'NO con vapore acqueo e scalare la concentrazione di vapore acqueo nella miscela in proporzione a quella prevista durante l'esecuzione delle prove.

Far passare attraverso l'analizzatore CLD (o HCLD) un gas di calibrazione dell'NO avente una concentrazione compresa tra l'80 e il 100 per cento del fondo scala del normale campo di lavoro e registrare come D il valore di NO. Far gorgogliare poi attraverso acqua a temperatura ambiente il gas di calibrazione dell'NO e farlo passare attraverso l'analizzatore CLD (o HCLD) registrando come C il valore di NO. Determinare e registrare rispettivamente come E ed F la pressione assoluta di funzionamento dell'analizzatore e la temperatura dell'acqua. Determinare e registrare come G la pressione di vapore di saturazione della miscela che corrisponde alla temperatura dell'acqua nel gorgogliatore F. Calcolare la concentrazione di vapore acqueo (H, in %) della miscela come segue:

$$H = 100 \times (G / E)$$

Calcolare la concentrazione attesa (D<sub>e</sub>) del gas di calibrazione dell'NO diluito (in vapore acqueo) come segue:

$$D_e = D \times (1 - H / 100)$$

Per lo scarico di motori diesel, stimare la concentrazione massima del vapore acqueo nel gas di scarico (H<sub>m</sub>, in %) attesa durante le prove assumendo un rapporto tra gli atomi H e C del carburante pari a 1,8:1, in base alla concentrazione del gas di calibrazione del CO<sub>2</sub> non diluito (A, misurato conformemente al punto 1.9.2.1) come segue:

$$H_m = 0,9 \times A$$

Calcolare nel modo seguente l'estinzione provocata dall'acqua, che non deve essere superiore al 3 per cento del fondo scala:

$$\% \text{ estinzione} = 100 \times ((D_e - C) / D_e) \times (H_m / H)$$

dove:

D<sub>e</sub> è la concentrazione attesa di NO diluito, in ppm

C è la concentrazione di NO diluito, in ppm

H<sub>m</sub> è la concentrazione massima di vapore acqueo, in %

H è la concentrazione effettiva di vapore acqueo, in %

Note: è importante che per questa prova il gas di calibrazione dell'NO contenga una concentrazione minima di NO<sub>2</sub> perché nei calcoli dell'estinzione non si è tenuto conto dell'assorbimento di NO<sub>2</sub> in acqua.

#### 1.10. **Frequenza di taratura**

Tarare gli analizzatori conformemente al punto 1.5 almeno una volta ogni tre mesi o tutte le volte che sul sistema vengono effettuate riparazioni o modifiche in grado di influire sulla taratura.

## 2. TARATURA DEL SISTEMA CVS

2.1. **Introduzione**

Per tarare il sistema CVS si utilizzano un flussimetro accurato riferibile a norme nazionali e/o internazionali e un dispositivo di limitazione. Il flusso attraverso il sistema viene misurato in corrispondenza di differenti regolazioni del limitatore, misurando i parametri di controllo del sistema e mettendoli in relazione al flusso.

Si possono usare vari tipi di flussimetro, per esempio tubo di Venturi tarato, flussimetro laminare tarato, flussimetro a turbina tarato.

2.2. **Taratura della pompa volumetrica (PDP)**

Misurare tutti i parametri relativi alla pompa contemporaneamente ai parametri relativi al flussimetro collegato in serie con la pompa. Tracciare il grafico della portata calcolata (in m<sup>3</sup>/min all'ingresso della pompa, a pressione e temperature assolute) rispetto a una funzione di correlazione che è il valore di una combinazione specifica di parametri della pompa. Determinare poi l'equazione lineare che indica la relazione tra la mandata della pompa e la funzione di correlazione. Se un CVS è dotato di comando a velocità multiple, eseguire la taratura per ogni campo usato. Durante la taratura la temperatura deve essere mantenuta stabile.

2.2.1. *Analisi dei dati*

La portata dell'aria (Q<sub>s</sub>) a ciascuna regolazione del limitatore (minimo 6 punti) viene calcolata in m<sup>3</sup> normali al minuto in base ai dati del flussimetro usando il metodo prescritto dal costruttore. La portata d'aria viene poi convertita in mandata della pompa (V<sub>0</sub>) in m<sup>3</sup>/giro alla temperatura e pressione assolute all'ingresso della pompa nel modo seguente:

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101,3}{P_A}$$

dove:

Q<sub>s</sub> = portata d'aria in condizioni normali (101,3 kPa, 273 K), m<sup>3</sup>/s

T = temperatura all'ingresso della pompa, K

P<sub>A</sub> = pressione assoluta all'ingresso della pompa (p<sub>B</sub> - p<sub>1</sub>), kPa

n = velocità della pompa, giri/s

Per tener conto dell'interazione tra le variazioni di pressione sulla pompa e il grado di scorrimento della pompa, calcolare la funzione di correlazione (X<sub>0</sub>) 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 come segue:

$$X_0 = \frac{1}{n} \times \sqrt{\frac{\Delta p_p}{P_A}}$$

dove:

Δp<sub>p</sub> = differenziale di pressione tra l'ingresso e l'uscita della pompa, kPa

P<sub>A</sub> = pressione di mandata assoluta all'uscita della pompa, kPa

Ricavare l'equazione di taratura mediante interpolazione lineare secondo il metodo dei minimi quadrati come segue:

$$V_0 = D_0 - m \times (X_0)$$

D<sub>0</sub> e m sono le costanti intercetta e coefficiente angolare, rispettivamente, che descrivono le linee di regressione.

Per un sistema CVS con velocità multiple, le curve di taratura generate nei vari intervalli di mandata della pompa devono essere approssimativamente parallele e i valori dell'intercetta (D<sub>0</sub>) devono crescere al ridursi dell'intervallo di mandata della pompa.

I valori calcolati in base all'equazione devono corrispondere con un'approssimazione di  $\pm 0,5$  per cento al valore misurato di  $V_0$ . I valori di  $m$  variano da pompa a pompa. L'ingresso di particolato provoca nel tempo una riduzione dello scorrimento della pompa che si riflette in valori più bassi per  $m$ . Pertanto, la taratura deve essere eseguita all'avviamento della pompa, dopo importanti interventi di manutenzione e se la verifica complessiva del sistema (punto 2.4) indica una variazione del grado di scorrimento.

### 2.3. Taratura del 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 di gas è una funzione della pressione e temperatura di ingresso, come mostrato qui sotto:

$$Q_s = \frac{K_v \times p_A}{\sqrt{T}}$$

dove:

$K_v$  = coefficiente di taratura

$p_A$  = pressione assoluta all'ingresso del tubo di Venturi, kPa

$T$  = temperatura all'ingresso del tubo di Venturi, K

#### 2.3.1. Analisi dei dati

La portata dell'aria ( $Q_s$ ) in corrispondenza di ciascuna regolazione del limitatore (minimo 8 punti) è calcolata in normal  $m^3/min$  in base ai dati del flussimetro usando il metodo prescritto dal costruttore. Il coefficiente di taratura si calcola come segue in base ai dati di taratura per ciascuna regolazione:

$$K_v = \frac{Q_s \times \sqrt{T}}{p_A}$$

dove:

$Q_s$  = portata d'aria in condizioni normali (101,3 kPa, 273 K),  $m^3/s$

$T$  = temperatura all'ingresso del tubo di Venturi, K

$p_A$  = pressione assoluta all'ingresso del tubo di Venturi, kPa

Per determinare il campo di flusso critico, tracciare  $K_v$  in funzione della pressione di ingresso nel tubo di Venturi. Al 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, indicando che il CFV funziona al di fuori del campo ammesso.

Calcolare il  $K_v$  medio e la deviazione standard per almeno 8 punti nella regione di flusso critico. La deviazione standard non deve superare  $\pm 0,3$  per cento del  $K_v$  medio.

### 2.4. Verifica complessiva del sistema

L'accuratezza totale del sistema di campionamento CVS e del sistema analitico viene determinata introducendo una massa nota di un gas inquinante nel sistema funzionante nella maniera normale. Analizzare l'inquinante e calcolare la massa secondo l'allegato 4, appendice 2, punto 4.3, salvo nel caso del propano per il quale si usa un fattore di 0,000472 anziché 0,000479 per HC. Utilizzare una delle due tecniche seguenti.

#### 2.4.1. Misurazione con un orifizio a flusso critico

Alimentare nel sistema CVS una quantità nota di gas puro (monossido di carbonio o propano) attraverso un orifizio tarato critico. 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 ( $\equiv$  flusso critico). Il sistema CVS viene fatto funzionare come nella normale analisi delle emissioni di scarico per circa 5-10 minuti. Analizzare un campione di gas con l'apparecchiatura usuale (sacchetto di campionamento o metodo di integrazione) e calcolare la massa del gas. La massa così determinata deve corrispondere con un'approssimazione del  $\pm 3$  per cento alla massa nota del gas iniettato.

#### 2.4.2. *Misurazione mediante tecnica gravimetrica*

Determinare, con una precisione di  $\pm 0,01$  grammi, il peso di una piccola bombola riempita di monossido di carbonio o propano. Far funzionare per circa 5-10 minuti il sistema CVS come nella normale analisi delle emissioni allo scarico iniettando monossido di carbonio o propano nel sistema. Determinare la quantità di gas puro scaricato mediante pesata differenziale. Analizzare un campione di gas con l'apparecchiatura usuale (sacchetto di campionamento o metodo di integrazione) e calcolare la massa del gas. La massa così determinata deve corrispondere con un'approssimazione del  $\pm 3$  per cento alla massa nota del gas iniettato.

### 3. TARATURA DEL SISTEMA PER LA DETERMINAZIONE DEL PARTICOLATO

#### 3.1. *Introduzione*

Tarare ciascun componente con la frequenza necessaria per rispettare i requisiti di accuratezza del presente regolamento. Il metodo di taratura da usare è descritto in questo punto per i componenti indicati nell'allegato 4, appendice 4, punto 4 e nell'allegato 4, appendice 7, punto 2.

#### 3.2. **Misurazione del flusso**

La taratura dei flussimetri per gas o della strumentazione per la misura dei flussi deve essere riferibile a campioni nazionali e/o internazionali. L'errore massimo del valore misurato non deve eccedere il  $\pm 2$  per cento del valore letto.

Se il flusso di gas viene determinato mediante misura differenziale di flusso, l'errore massimo della differenza deve essere tale che l'accuratezza di  $G_{EDF}$  sia compresa entro il  $\pm 4$  per cento (cfr. anche allegato 4, appendice 7, punto 2.2.1, EGA). Questo valore può essere calcolato in base alla radice quadrata dell'errore quadratico medio di ciascuno strumento.

#### 3.3. **Controllo delle condizioni di flusso parziale**

Controllare il campo di velocità e le oscillazioni della pressione dei gas di scarico e regolarli secondo i requisiti dell'allegato 4, appendice 7, punto 2.2.1, EP, se applicabile.

#### 3.4. **Intervallo di taratura**

La strumentazione di misura del flusso deve essere tarata almeno una volta ogni 3 mesi o tutte le volte che sul sistema vengono effettuate modifiche o riparazioni in grado di influire sulla taratura.

### 4. TARATURA DELL'APPARECCHIATURA DI MISURAZIONE DEL FUMO

#### 4.1. **Introduzione**

Tarare l'opacimetro con la frequenza necessaria per rispettare i requisiti di accuratezza della presente direttiva. In questo punto è descritto il metodo di taratura da usare per i componenti indicati nell'allegato 4, appendice 4, punto 5 e nell'allegato 4, appendice 7, punto 3.

#### 4.2. **Procedimento di taratura**

##### 4.2.1. *Tempo di riscaldamento*

Riscaldare e stabilizzare l'opacimetro secondo le raccomandazioni del costruttore. Se l'opacimetro è provvisto di un sistema aria di spurgo per evitare depositi di fuliggine sulle parti ottiche dello strumento, attivare anche questo sistema e regolarlo secondo le raccomandazioni del costruttore.

##### 4.2.2. *Determinazione della risposta di linearità*

Controllare la linearità dell'opacimetro nella modalità di lettura dell'opacità secondo le raccomandazioni del costruttore. Introdurre nell'opacimetro tre filtri di densità neutra con trasmittanza nota conformi ai requisiti dell'allegato 4, appendice 4, punto 5.2.5, e registrare i valori. I filtri di densità neutra devono avere opacità nominali approssimativamente del 10 %, 20 % e 40 %.

La linearità non deve differire di oltre il  $\pm 2$  per cento di opacità dal valore nominale del filtro di densità neutra. Eventuali deviazioni dalla linearità superiori a tale valore devono essere corrette prima di eseguire la prova.

4.3. **Frequenza di taratura**

Tarare l'opacimetro secondo quanto indicato al punto 4.2.2 almeno ogni 3 mesi o tutte le volte che sul sistema vengono effettuate modifiche o riparazioni in grado di influire sulla taratura.

---

## ALLEGATO 4

## Appendice 6

## SISTEMI ANALITICI E DI CAMPIONAMENTO

## 1. DETERMINAZIONE DELLE EMISSIONI GASSOSE

## 1.1. Introduzione

Il punto 1.2 e le figure 7 e 8 contengono la descrizione dettagliata dei sistemi di campionamento e analisi raccomandati. Poiché varie configurazioni possono fornire risultati equivalenti, non è richiesta una stretta conformità a queste figure. Componenti aggiuntivi come strumenti, valvole, solenoidi, pompe e interruttori possono essere usati per ricavare informazioni aggiuntive e coordinare le funzioni dei sistemi componenti. Altri componenti che non sono necessari per mantenere l'accuratezza su alcuni sistemi possono essere esclusi se la loro esclusione è basata su criteri di buona valutazione ingegneristica.

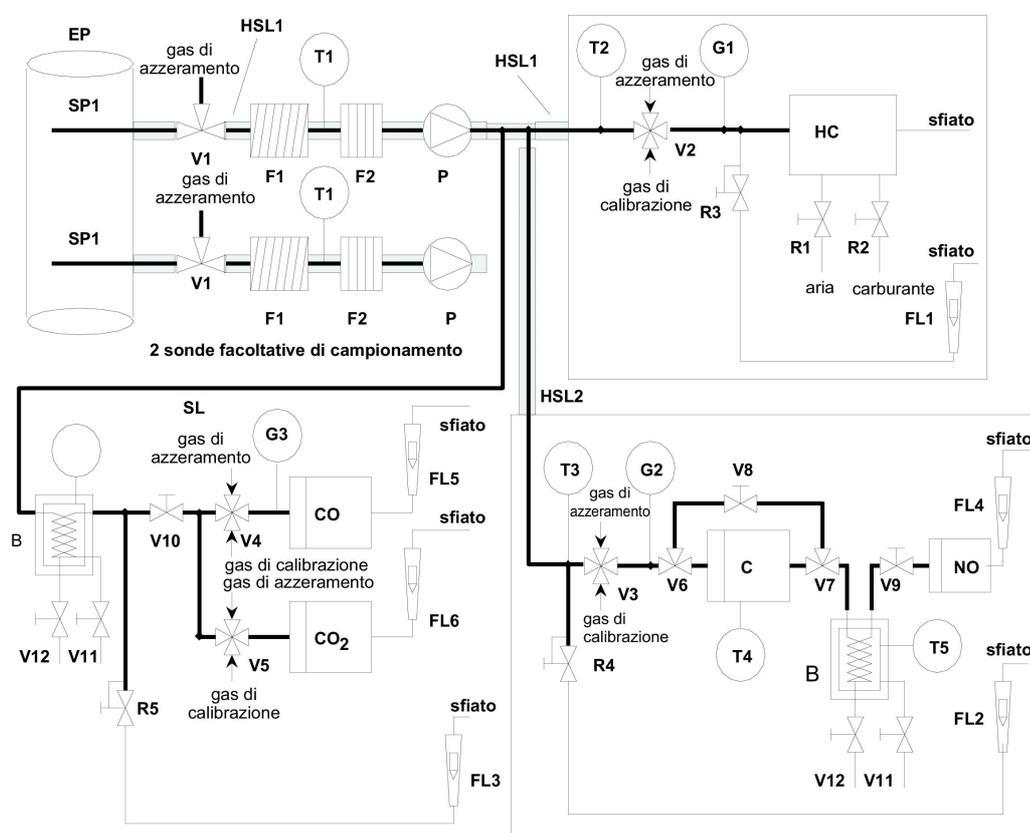


Figura 7: Schema di flusso del sistema di analisi dei gas di scarico grezzi per CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC (solo ESC)

## 1.2. Descrizione del sistema analitico

Viene descritto un sistema analitico per la determinazione delle emissioni gassose nel gas di scarico grezzo (figura 7, solo ESC) o diluito (figura 8, ETC e ESC) basato sull'uso di:

- analizzatore HFID per la misura degli idrocarburi;
- analizzatori NDIR per la misura del monossido di carbonio e del biossido di carbonio;
- analizzatore HCLD o equivalente per la misura degli ossidi di azoto.

Per il prelievo del campione dei vari componenti è possibile utilizzare una sola sonda di campionamento oppure due sonde disposte in stretta vicinanza e suddivise internamente verso i differenti analizzatori. Aver cura che in nessun punto del sistema di analisi si verifichino condensazioni dei componenti dello scarico (comprendenti acqua e acido solforico).

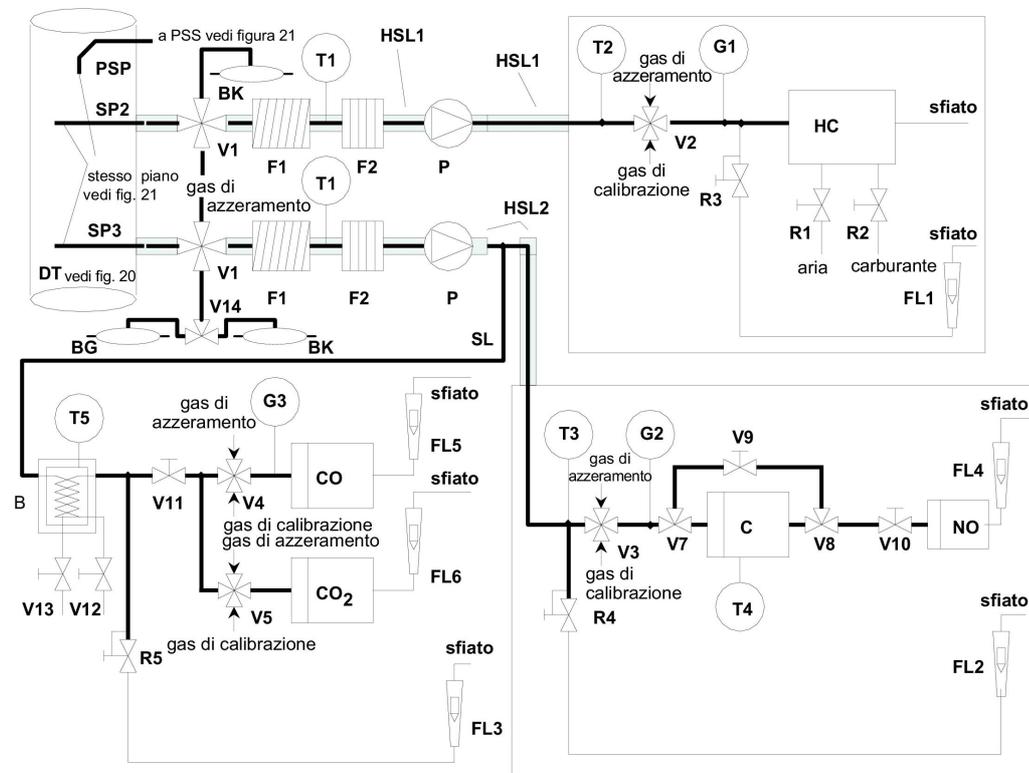


Figura 8: Schema di flusso del sistema di analisi dei gas di scarico diluiti per CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC (ETC, facoltativo per la prova ESC)

#### 1.2.1. Componenti delle figure 7 e 8

<b>EP</b>	Condotto di scarico
<b>SP1</b>	Sonda di campionamento del gas di scarico (solo figura 7)

Si raccomanda l'uso di una sonda diritta di acciaio inossidabile con l'estremità chiusa e a fori multipli. Il diametro interno non deve essere maggiore del diametro interno della linea di campionamento. Lo spessore di parete della sonda deve essere non superiore a 1 mm. Prevedere almeno 3 fori in 3 differenti piani radiali, dimensionati in modo da campionare flussi approssimativamente uguali. La sonda deve coprire almeno l'80 per cento del diametro del tubo di scarico. Si possono usare una o due sonde di campionamento.

<b>SP2</b>	Sonda di campionamento per HC nel gas di scarico diluito (solo figura 8)
------------	--

La sonda deve:

- essere definita come primo tratto, lungo da 254 mm a 762 mm, della linea di campionamento riscaldata HSL1;
- avere un diametro interno non inferiore a 5 mm;
- essere installata nel tunnel di diluizione DT (cfr. punto 2.3, figura 20) in un punto in cui l'aria di diluizione e il gas di scarico sono ben miscelati (cioè circa 10 diametri del tunnel a valle del punto in cui il gas di scarico entra nel tunnel di diluizione);
- essere sufficientemente distante (radialmente) da altre sonde e dalla parete del tunnel per non subire l'influenza di scie o elementi vorticosi;

- essere riscaldata in modo da innalzare la temperatura della corrente gassosa a  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ ) all'uscita della sonda.

**SP3** Sonda di campionamento per CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> nel gas di scarico diluito (solo figura 8)

La sonda deve:

- essere nello stesso piano di SP2;
- essere sufficientemente distante (radialmente) da altre sonde e dalla parete del tunnel per non subire l'influenza di scie o elementi vorticosi;
- essere isolata e riscaldata sulla sua intera lunghezza ad una temperatura non inferiore a  $328 \text{ K}$  ( $55 \text{ °C}$ ) per impedire la condensazione dell'acqua.

**HSL1** Linea di campionamento riscaldata

Attraverso la linea di campionamento il campione di gas prelevato da una singola sonda viene inviato al punto o ai punti di divisione e all'analizzatore di HC.

La linea di campionamento deve:

- avere un diametro interno non inferiore a 5 mm e non superiore a 13,5 mm;
- essere di acciaio inossidabile o PTFE;
- mantenere una temperatura di parete di  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ ) misurata su ciascuna sezione riscaldata separatamente controllata, se la temperatura del gas di scarico in corrispondenza della sonda di campionamento è uguale o minore di  $463 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C}$ );
- mantenere una temperatura di parete maggiore di  $453 \text{ K}$  ( $180 \text{ °C}$ ), se la temperatura del gas di scarico in corrispondenza della sonda di campionamento è maggiore di  $463 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C}$ );
- mantenere una temperatura del gas di  $463 \text{ K} \pm 10 \text{ K}$  ( $190 \text{ °C} \pm 10 \text{ °C}$ ) immediatamente a monte del filtro riscaldato F2 e dell'analizzatore HFID.

**HSL2** Linea di campionamento riscaldata per NO<sub>x</sub>

La linea di campionamento deve:

- mantenere una temperatura di parete tra  $328 \text{ K}$  e  $473 \text{ K}$  ( $55 \text{ °C}$ - $200 \text{ °C}$ ) fino al convertitore C se si usa un bagno di raffreddamento B, o fino all'analizzatore se non si usa il bagno di raffreddamento B;
- essere di acciaio inossidabile o PTFE.

**SL** Linea di campionamento per CO e CO<sub>2</sub>

La linea deve essere realizzata in PTFE o acciaio inossidabile e può essere riscaldata o non riscaldata.

**BK** Sacchetto per il campionamento del fondo (facoltativo; solo figura 8)

Per la misura delle concentrazioni di fondo.

**BG** Sacchetto del campione (facoltativo; figura 8 solo per CO e CO<sub>2</sub>)

Per la misura delle concentrazioni del campione.

**F1** Prefiltro riscaldato (facoltativo)

La temperatura deve essere uguale a quella di HSL1.

**F2** Filtro riscaldato

Il filtro deve estrarre eventuali particelle solide dal campione di gas prima dell'analizzatore. La temperatura deve essere uguale a quella di HSL1. Cambiare il filtro quando necessario.

**P** Pompa di campionamento riscaldata

La pompa deve essere riscaldata alla temperatura di HSL1.

**HC** Rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato (HFID) per la determinazione degli idrocarburi

La temperatura deve essere mantenuta tra 453 K e 473 K (180 °C-200 °C).

**CO, CO<sub>2</sub>** Analizzatori NDIR per la determinazione del monossido di carbonio e del biossido di carbonio (facoltativi per la determinazione del rapporto di diluizione per la misura del PT)

**NO** Analizzatore CLD o HCLD per la determinazione degli ossidi di azoto

Se si utilizza un HCLD, mantenerlo ad una temperatura compresa fra 328 K e 473 K (55 °C-200 °C).

**C** Convertitore

Usare un convertitore per la riduzione catalitica di NO<sub>2</sub> a NO prima dell'analisi nel CLD o HCLD.

**B** Bagno di raffreddamento (facoltativo)

Per raffreddare e condensare l'acqua del campione di gas di scarico. Il bagno deve essere mantenuto ad una temperatura compresa fra 273 K e 277 K (0 °C-4 °C) mediante ghiaccio o mediante refrigerazione. Il bagno di raffreddamento è facoltativo se il vapore acqueo non crea interferenze nell'analizzatore, secondo quanto indicato nell'allegato 4, appendice 5, punti 1.9.1 e 1.9.2. Se l'acqua viene rimossa mediante condensazione, sorvegliare la temperatura del gas campione o la temperatura di rugiada all'interno della trappola dell'acqua o a valle di essa. Il valore massimo consentito per la temperatura del gas campione o la sua temperatura di rugiada è 280 K (7 °C). Non è ammesso l'uso di essiccatori chimici per rimuovere l'acqua dal campione.

**T1, T2, T3** Sensore di temperatura

Per il controllo della temperatura della corrente gassosa.

**T4** Sensore di temperatura

Per il controllo della temperatura del convertitore NO<sub>2</sub>-NO.

**T5** Sensore di temperatura

Per il controllo della temperatura del bagno di raffreddamento.

**G1, G2, G3** Manometro

Per la misura della pressione nelle linee di campionamento.

**R1, R2** Regolatore di pressione

Per il controllo della pressione dell'aria e del carburante, rispettivamente, per l'HFID.

**R3, R4, R5** Regolatore di pressione

Per il controllo della pressione nelle linee di campionamento e nel flusso diretto agli analizzatori.

**FL1, FL2, FL3** Flussimetro

Per il controllo del flusso di bypass del campione.

**FL4-FL6** Flussimetro (facoltativo)

Per il controllo della portata attraverso gli analizzatori.

**V1-V5** Valvola di selezione

Per la selezione del flusso di gas campione, gas di calibrazione o gas di azzeramento agli analizzatori.

**V6, V7** Valvola a solenoide

Per l'esclusione (bypass) del convertitore NO<sub>2</sub>-NO.

**V8** Valvola ad ago

Per il bilanciamento del flusso attraverso il convertitore NO<sub>2</sub>-NO C e il bypass.

**V9, V10** Valvola ad ago

Per la regolazione dei flussi agli analizzatori.

**V11, V12** Valvola a scatto (facoltativa)

Per lo scarico della condensa dal bagno B.

### 1.3. Analisi degli NMHC (solo motori a GN)

#### 1.3.1. Metodo gascromatografico (GC, figura 9)

Quando si usa il metodo GC, un piccolo volume misurato del campione viene iniettato in una colonna analitica in cui viene sottoposto al flusso di un gas di trasporto inerte. La colonna separa i vari componenti in base ai rispettivi punti di ebollizione in modo che eluiscano dalla colonna in momenti differenti. I componenti poi passano attraverso un rivelatore che produce un segnale elettrico che dipende dalla loro concentrazione. Poiché non si tratta di una tecnica di analisi in continuo, può essere utilizzata solo in combinazione con il metodo di campionamento a sacchetto descritto nell'allegato 4, appendice 4, punto 3.4.2.

Per gli NMHC si usa un GC automatico con FID. Il gas di scarico deve essere campionato in un sacchetto di campionamento dal quale viene prelevata una parte che viene iniettata nel GC. Il campione viene separato in due parti ( $\text{CH}_4$ /aria/ $\text{CO}$  e NMHC/ $\text{CO}_2$ / $\text{H}_2\text{O}$ ) sulla colonna Porapak. La colonna a setacci molecolari separa il  $\text{CH}_4$  dall'aria e dal  $\text{CO}$  prima di inviarli al FID dove viene misurata la concentrazione. Un ciclo completo, dall'iniezione di un campione a quella di un secondo campione, può essere realizzato in 30 s. Per determinare gli NMHC, sottrarre la concentrazione di  $\text{CH}_4$  alla concentrazione di HC totali (cfr. allegato 4, appendice 2, punto 4.3.1).

La figura 9 mostra un GC tipico assemblato per la determinazione di routine del  $\text{CH}_4$ . Si possono usare anche altri metodi GC purché tali metodi siano scelti sulla base di una buona valutazione ingegneristica.

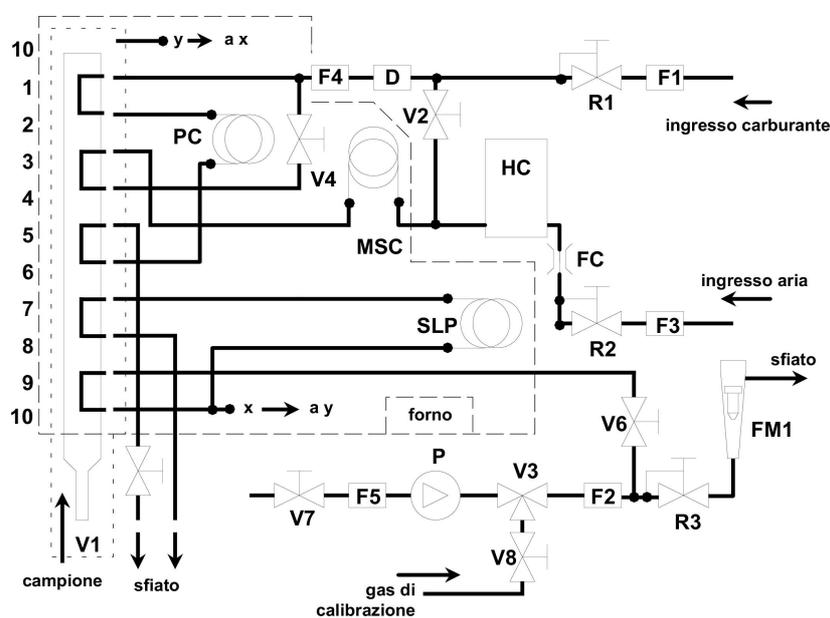


Figura 9: Schema di flusso per l'analisi del metano (metodo GC)

Componenti della figura 9

**PC** Colonna Porapak

Usare una colonna Porapak N, 180/300  $\mu\text{m}$  (50/80 mesh), 610 mm lunghezza  $\times$  2,16 mm DI e condizionarla per almeno 12 ore a 423 K (150 °C) con gas di trasporto prima dell'uso iniziale.

**MSC** Colonna a setaccio molecolare

Usare una colonna di tipo 13X, 250/350  $\mu\text{m}$  (45/60 mesh), 1 220 mm lunghezza  $\times$  2,16 mm DI e condizionarla per almeno 12 ore a 423 K (150 °C) con gas di trasporto prima dell'uso iniziale.

**OV** Forno

Per il mantenimento di colonne e valvole ad una temperatura stabile per il funzionamento dell'analizzatore, e per il condizionamento delle colonne a 423 K (150 °C).

**SLP** Ansa di iniezione del campione

Tubazione d'acciaio inossidabile di lunghezza sufficiente ad ottenere un volume di circa 1  $\text{cm}^3$ .

**P** Pompa

Per il trasferimento del campione al gascromatografo.

- D** Essiccatore  
Usare un essiccatore contenente setaccio molecolare per rimuovere l'acqua ed altri contaminanti che potrebbero essere presenti nel gas di trasporto.
- HC** Rivelatore a ionizzazione di fiamma (FID) per la misura della concentrazione del metano.
- V1** Valvola di iniezione del campione  
Per l'iniezione del campione prelevato dal sacchetto di campionamento attraverso SL di figura 8. Deve essere di piccolo volume morto, a tenuta di gas e riscaldabile a 423 K (150 °C).
- V3** Valvola di selezione  
Per la selezione del gas di calibrazione, campione o flusso nullo.
- V2, V4, V5, V6, V7, V8** Valvola ad ago  
Per la regolazione dei flussi nel sistema.
- R1, R2, R3** Regolatore di pressione  
Per il controllo dei flussi di carburante (= gas di trasporto), campione e aria rispettivamente.
- FC** Capillare di flusso  
Per il controllo della portata d'aria al FID.
- G1, G2, G3** Manometro  
Per il controllo dei flussi di carburante (= gas di trasporto), campione, e aria rispettivamente.
- F1, F2, F3, F4, F5** Filtro  
Filtri di metallo sinterizzato utilizzati per impedire l'ingresso di polveri grossolane nella pompa o nello strumento.
- FL1** Flussimetro  
Per la misura della portata di bypass del campione.

### 1.3.2. Metodo del dispositivo di eliminazione degli idrocarburi diversi dal metano (NMC, figura 10)

Il dispositivo di eliminazione (cutter) ossida tutti gli idrocarburi escluso il  $\text{CH}_4$  a  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ , in modo che facendo passare il campione attraverso l'NMC il FID riveli solo il  $\text{CH}_4$ . Se si usa il campionamento a sacchetto, installare un sistema deviatore di flusso su SL (cfr. punto 1.2, figura 8) così da poter far passare il flusso attraverso il cutter oppure in parallelo ad esso secondo la parte superiore della figura 10. Per le misure di NMHC, osservare ambedue i valori (HC e  $\text{CH}_4$ ) sul FID e registrarli. Se si usa il metodo di integrazione, installare un NMC in linea con un secondo FID in parallelo al FID normale in HSL1 (cfr. punto 1.2, figura 8) secondo la parte inferiore della figura 10. Per la misurazione di NMHC, osservare i valori dei due FID (HC e  $\text{CH}_4$ ) e registrarli.

Caratterizzare il cutter a 600 K (327 °C) o temperatura superiore prima di controllare il suo effetto catalitico su  $\text{CH}_4$  e  $\text{C}_2\text{H}_6$  a valori di  $\text{H}_2\text{O}$  rappresentativi delle condizioni della corrente di scarico. Il punto di rugiada e il livello di  $\text{O}_2$  della corrente di scarico campionata devono essere noti. Registrare la risposta relativa del FID al  $\text{CH}_4$  (cfr. allegato 4, appendice 5, punto 1.8.2.).

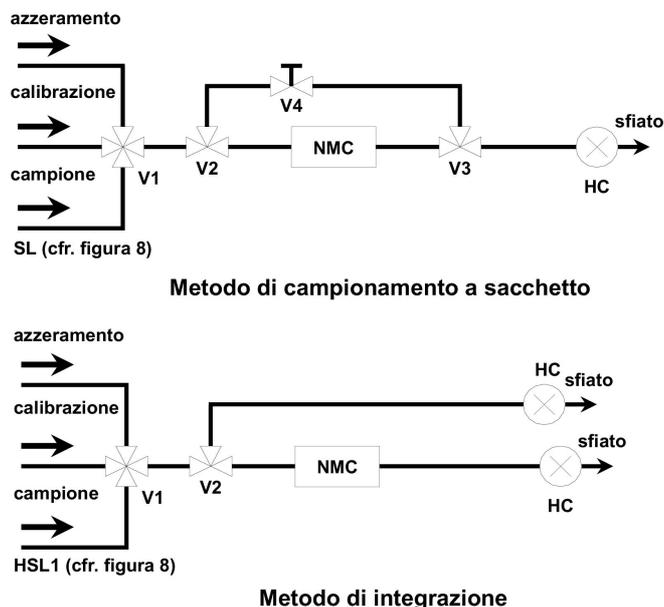


Figura 10: Schema di flusso per l'analisi del metano con il dispositivo di eliminazione degli idrocarburi diversi dal metano (NMC)

Componenti della figura 10

**NMC** Cutter idrocarburi diversi dal metano

Per l'ossidazione di tutti gli idrocarburi tranne il metano.

**HC** Rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato (HFID)

Per la misura delle concentrazioni di HC e CH<sub>4</sub>. La temperatura deve essere mantenuta tra 453 K e 473 K (180 °C-200 °C).

**V1** Valvola di selezione

Per la selezione del campione, gas di azzeramento o gas di calibrazione. V1 è identica a V2 della figura 8.

**V2, V3** Valvola a solenoide

Per il bypass dell'NMC.

**V4** Valvola ad ago

Per il bilanciamento del flusso attraverso l'NMC e il bypass.

**R1** Regolatore di pressione

Per il controllo della pressione nella linea di campionamento e del flusso verso HFID. R1 è identico a R3 della figura 8.

**FL1** Flussimetro

Per la misura della portata di bypass del campione. FL1 è identico a FL1 della figura 8.

## 2. DILUIZIONE DEL GAS DI SCARICO E DETERMINAZIONE DEL PARTICOLATO

### 2.1. Introduzione

I punti 2.2, 2.3 e 2.4 e le figure da 11 a 22 contengono la descrizione dettagliata dei sistemi di diluizione e campionamento raccomandati. Poiché varie configurazioni possono fornire risultati equivalenti, non è richiesta una stretta conformità a queste figure. Componenti addizionali come strumenti, valvole, solenoidi, pompe ed interruttori possono essere usati per ricavare informazioni aggiuntive e coordinare le funzioni dei sistemi componenti. Altri componenti che non sono necessari per mantenere l'accuratezza su alcuni sistemi possono essere esclusi se la loro esclusione è basata su criteri di buona valutazione ingegneristica.

### 2.2. Sistema di diluizione a flusso parziale

Nelle figure da 11 a 19 è descritto un sistema di diluizione basato sulla diluizione di una parte della corrente di gas di scarico. La divisione della corrente di gas di scarico e il successivo processo di diluizione possono essere effettuati mediante sistemi di diluizione di vario tipo. Per la successiva raccolta del particolato, si può trasferire al sistema di campionamento del particolato tutto il gas di scarico diluito o solo una frazione dello stesso (punto 2.4, figura 21). Il primo metodo è detto metodo di campionamento totale, il secondo metodo di campionamento frazionario.

Il calcolo del rapporto di diluizione dipende dal tipo di sistema usato. Sono raccomandati i tipi seguenti.

Sistemi isocinetici (figure 11, 12)

Con questi sistemi, il flusso che entra nel condotto di trasferimento deve corrispondere, per quanto riguarda la velocità e/o la pressione del gas, con il flusso principale di gas di scarico e pertanto è necessario che il gas di scarico abbia un flusso uniforme e non disturbato in corrispondenza della sonda di campionamento. Normalmente questo si ottiene utilizzando un risonatore e un condotto di avvicinamento rettilineo a monte del punto di campionamento. Il rapporto di divisione viene poi calcolato in base a valori facilmente misurabili, come i diametri dei tubi. Si noti che le condizioni isocinetiche vengono usate solo per far concordare le condizioni di flusso, ma non la distribuzione granulometrica. Tipicamente questa ultima condizione non è necessaria perché il particolato è sufficientemente piccolo da seguire i filetti fluidi.

Sistemi a controllo di flusso con misura della concentrazione (figure 13-17)

Con questi sistemi, si preleva un campione dalla massa della corrente di gas di scarico regolando il flusso dell'aria di diluizione e il flusso totale del gas di scarico diluito. Il rapporto di diluizione viene determinato in base alle concentrazioni di gas traccianti, come CO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub>, presenti naturalmente nel gas di scarico del motore. Le concentrazioni nel gas di scarico diluito e nell'aria di diluizione sono misurate, mentre la concentrazione nel gas di scarico grezzo può essere misurata direttamente o determinata in base al flusso di carburante e all'equazione del bilancio del carbonio, se è nota la composizione del carburante. I sistemi possono essere controllati in base al rapporto di diluizione calcolato (figure 13, 14) oppure in base al flusso entrante nel condotto di trasferimento (figure 12, 13, 14).

Sistemi a controllo di flusso con misura di portata (figure 18, 19)

Con questi sistemi, si preleva un campione dalla massa della corrente di gas di scarico fissando la portata dell'aria di diluizione e la portata totale del gas di scarico diluito. Il rapporto di diluizione viene determinato in base alla differenza delle due portate. È necessaria una taratura accurata dei flussimetri uno rispetto all'altro perché la grandezza relativa delle due portate può essere causa di errori significativi a rapporti di diluizione elevati (15 o più). Il controllo della portata è molto semplice se si mantiene costante la portata del gas di scarico diluito e si varia secondo necessità la portata dell'aria di diluizione.

Quando si usano sistemi di diluizione a flusso parziale, occorre fare attenzione al fine di evitare potenziali problemi di perdita di particolato nel condotto di trasferimento e di assicurare che venga prelevato un campione rappresentativo dallo scarico del motore; occorre inoltre porre cura nella determinazione del rapporto di divisione. Nei sistemi descritti questi punti critici sono attentamente considerati.

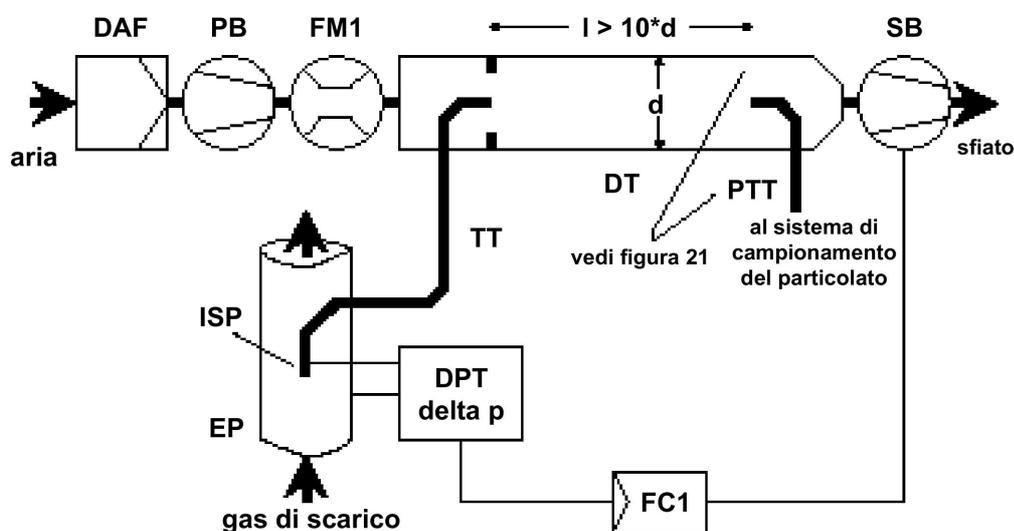


Figura 11: Sistema di diluizione a flusso parziale con sonda isocinetica e campionamento frazionario (controllo tramite SB)

Il gas di scarico grezzo viene prelevato con la sonda di campionamento isocinetico ISP e trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT facendolo passare attraverso il condotto di trasferimento TT. La pressione differenziale del gas di scarico tra il condotto di scarico e l'ingresso della sonda viene misurata con il trasduttore di pressione DPT. Questo segnale viene trasmesso al controllore di flusso FC1 che controlla l'aspiratore dinamico SB in modo da mantenere una pressione differenziale pari a zero all'estremità della sonda. In queste condizioni, le velocità del gas di scarico in EP e ISP sono uguali e la portata attraverso ISP e TT è una frazione costante della portata di gas di scarico. Il rapporto di divisione è determinato in base alle aree delle sezioni ortogonali di EP e ISP. La portata dell'aria di diluizione viene misurata con il dispositivo di misurazione della portata FM1. Il rapporto di diluizione è calcolato in base alla portata dell'aria di diluizione e al rapporto di divisione.

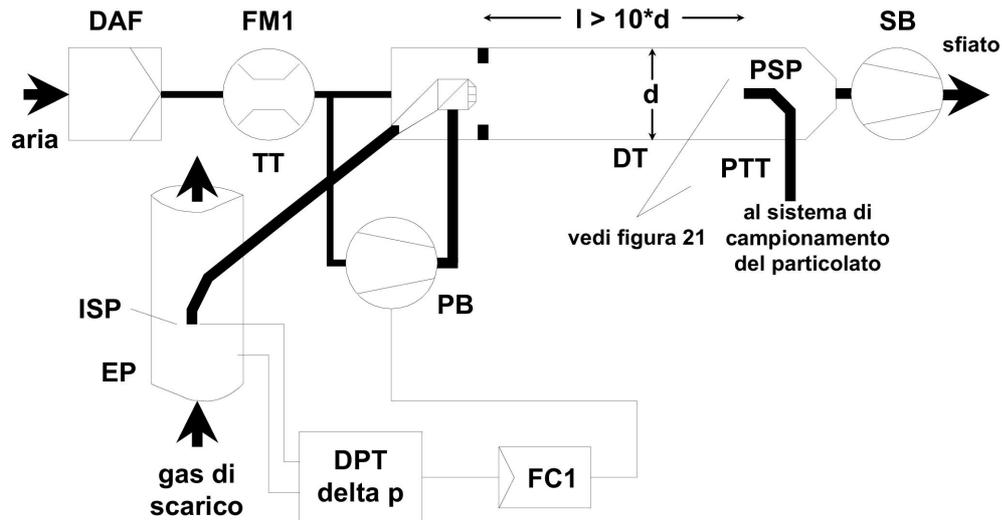


Figura 12 Sistema di diluizione a flusso parziale con sonda isocinetica e campionamento frazionario (controllo tramite PB)

Il gas di scarico grezzo viene prelevato con la sonda di campionamento isocinetico ISP e trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT attraverso il condotto di trasferimento TT. La pressione differenziale del gas di scarico tra il condotto di scarico e l'ingresso della sonda viene misurata con il trasduttore di pressione DPT. Questo segnale viene trasmesso al controllore di flusso FC1 che controlla il compressore dinamico PB per mantenere una pressione differenziale pari a zero all'estremità della sonda. A questo scopo si preleva una piccola frazione dell'aria di diluizione, la cui portata è già stata misurata con il dispositivo di misurazione della portata FM1, e la si invia a TT mediante un orifizio pneumatico. In queste condizioni, le velocità del gas di scarico in EP e ISP sono uguali e la portata attraverso ISP e TT è una frazione costante della portata di gas di scarico. Il rapporto di diluizione viene calcolato in base alle aree delle sezioni ortogonali di EP e ISP. L'aria di diluizione viene aspirata attraverso DT mediante l'aspiratore dinamico SB, e la portata viene misurata con FM1 all'ingresso di DT. Il rapporto di diluizione viene calcolato in base alla portata dell'aria di diluizione e al rapporto di divisione.

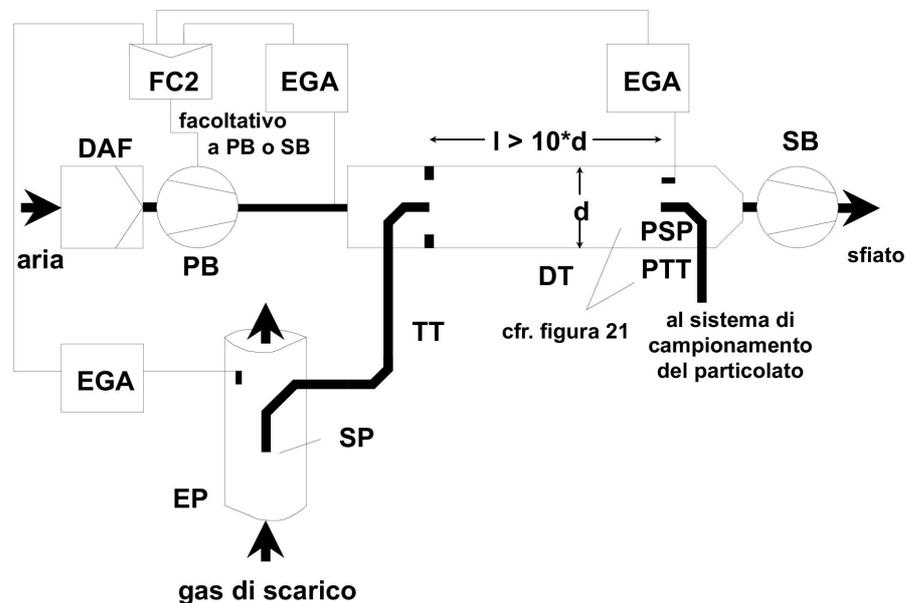


Figura 13: Sistema di diluizione a flusso parziale con misura della concentrazione di  $\text{CO}_2$  o  $\text{NO}_x$  e campionamento frazionario

Il gas di scarico grezzo viene trasferito dal condotto di scarico EP al tunnel di diluizione DT facendolo passare attraverso la sonda di campionamento SP e il condotto di trasferimento TT. Le concentrazioni di un gas tracciante ( $\text{CO}_2$  o  $\text{NO}_x$ ) vengono misurate nel gas di scarico grezzo, in quello diluito e nell'aria di diluizione con l'analizzatore o gli analizzatori dei gas di scarico EGA. Questi segnali vengono trasmessi al controllore di flusso FC2 che controlla il compressore dinamico PB o l'aspiratore dinamico SB per mantenere la desiderata divisione dello scarico e il rapporto di diluizione in DT. Il rapporto di diluizione viene calcolato in base alle concentrazioni del gas tracciante nel gas di scarico grezzo, nel gas di scarico diluito e nell'aria di diluizione.







### 2.2.1. Componenti delle figure da 11 a 19

#### **EP** Condotto di scarico

Il condotto di scarico può essere isolato. Allo scopo di ridurre l'inerzia termica del condotto di scarico, si raccomanda un rapporto spessore/diametro pari o inferiore a 0,015. L'uso di sezioni flessibili deve essere limitato ad un rapporto lunghezza/diametro pari o inferiore a 12. Minimizzare le curve per ridurre la deposizione per inerzia. Se il sistema include un silenziatore del banco di prova, anche il silenziatore può essere isolato.

Per un sistema isocinetico, il condotto di scarico non deve avere gomiti, curve né cambiamenti bruschi di diametro per almeno sei diametri del condotto a monte e tre diametri del condotto a valle dell'estremità della sonda. La velocità del gas nella zona di campionamento deve essere maggiore di 10 m/s, salvo al minimo. Le oscillazioni di pressione del gas di scarico non devono superare in media  $\pm 500$  Pa. Qualsiasi misura attuata per ridurre le oscillazioni di pressione a parte l'utilizzo di un sistema di scarico del tipo a telaio (comprendente il silenziatore e il dispositivo di post-trattamento) non deve modificare le prestazioni del motore né provocare la deposizione di particolato.

Per sistemi senza sonda isocinetica, si raccomanda un condotto rettilineo di lunghezza pari a 6 diametri del condotto a monte e 3 diametri del condotto a valle dell'estremità della sonda.

#### **SP** Sonda di campionamento (figure 10, 14, 15, 16, 18, 19)

Il diametro interno minimo è di 4 mm. Il rapporto minimo tra il diametro del condotto di scarico e quello della sonda è 4. La sonda deve essere un condotto aperto rivolto verso monte sull'asse del condotto di scarico, oppure una sonda a fori multipli come descritto sotto SP1 nel punto 1.2.1, figura 5.

#### **ISP** Sonda di campionamento isocinetico (figure 11, 12)

La sonda di campionamento isocinetico deve essere installata rivolta verso monte sull'asse del condotto di scarico dove sono rispettate le condizioni di flusso indicate nel punto EP e progettata in modo da assicurare un campione proporzionale del gas di scarico grezzo. Il diametro interno minimo è di 12 mm.

È necessario un sistema di controllo per realizzare la divisione isocinetica dello scarico mantenendo una pressione differenziale pari a zero tra EP e ISP. In queste condizioni, la velocità dei gas di scarico in EP e quella in ISP sono identiche e la portata massica attraverso ISP è una frazione costante della portata del gas di scarico. L'ISP deve essere collegata ad un trasduttore di pressione differenziale DPT. Per ottenere una pressione differenziale pari a zero tra EP e ISP, si agisce sul controllore di flusso FC1.

#### **FD1, FD2** Divisore di flusso (figura 16)

Nel condotto di scarico EP e nel condotto di trasferimento TT, rispettivamente, è installata una serie di tubi di Venturi o di orifizi attraverso cui si ottiene un campione proporzionale del gas di scarico grezzo. Per la divisione proporzionale mediante il controllo delle pressioni in EP e DT è necessario un sistema di controllo costituito da due valvole di controllo della pressione PCV1 e PCV2.

#### **FD3** Divisore di flusso (figura 17)

Nel condotto di scarico EP è installata una serie di tubi (unità a tubi multipli) attraverso cui si ottiene un campione proporzionale del gas di scarico grezzo. Uno dei tubi alimenta il gas di scarico al tunnel di diluizione DT, mentre gli altri trasferiscono il gas di scarico in una camera di attenuazione DC. I tubi devono avere le stesse dimensioni (diametro, lunghezza e raggio di curvatura uguali) in modo che la divisione dello scarico dipenda dal numero totale di tubi. Un sistema di controllo provvede alla divisione proporzionale mantenendo una pressione differenziale pari a zero tra l'uscita dell'unità a tubi multipli in DC e l'uscita di TT. In queste condizioni, la velocità dei gas di scarico in EP e quella in FD3 sono proporzionali e il flusso in TT è una frazione costante del flusso di gas di scarico. I due punti devono essere collegati ad un trasduttore di pressione differenziale DPT. Il controllo necessario per assicurare una pressione differenziale pari a zero è assicurato dal controllore di flusso FC1.

#### **EGA** Analizzatore dei gas di scarico (figure 13, 14, 15, 16, 17)

Si possono utilizzare analizzatori di  $\text{CO}_2$  o  $\text{NO}_x$  (con il metodo del bilancio del carbonio solo  $\text{CO}_2$ ). Gli analizzatori devono essere tarati come gli analizzatori per la misura delle emissioni gassose. Si possono usare uno o più analizzatori per determinare le differenze di concentrazione. L'accuratezza dei sistemi di misurazione deve essere tale che l'accuratezza di  $G_{\text{EDFW},i}$  sia compresa entro  $\pm 4$  per cento.

**TT** Condotto di trasferimento (figure da 11 a 19)

Il condotto di trasferimento deve:

- essere il più breve possibile e comunque non più lungo di 5 m;
- avere un diametro uguale o maggiore della sonda, ma non superiore a 25 mm;
- uscire sull'asse del tunnel di diluizione ed essere rivolto verso valle.

Se la lunghezza del tubo è di 1 metro o inferiore, il condotto deve essere isolato con materiale avente una conducibilità termica non superiore a  $0,05 \text{ W/m} \times \text{K}$ ; lo spessore radiale dell'isolamento deve essere pari al diametro della sonda. Se il condotto è più lungo di 1 metro, deve essere isolato e riscaldato ad una temperatura minima di parete di 523 K (250 °C).

**DPT** Trasduttore di pressione differenziale (figure 11, 12, 17)

Il trasduttore di pressione differenziale deve coprire un campo di  $\pm 500 \text{ Pa}$  o minore.

**FC1** Controllore di flusso (figure 11, 12, 17)

Per i sistemi isocinetici (figure 11, 12), è necessario impiegare un controllore di flusso per mantenere una pressione differenziale pari a zero tra EP e ISP. La regolazione può essere effettuata:

- a) controllando la velocità o la portata nell'aspiratore dinamico SB e mantenendo costante la velocità o la portata nel compressore dinamico PB durante ciascuna modalità (figura 11),

oppure

- b) regolando l'aspiratore dinamico SB su una portata massica costante del gas di scarico diluito e controllando la portata nel compressore dinamico PB, e quindi il flusso del campione di gas di scarico in una regione all'estremità del condotto di trasferimento TT (figura 12).

Nel caso di un sistema a controllo di pressione, l'errore residuo nell'anello di regolazione non deve superare i  $\pm 3 \text{ Pa}$ . Le oscillazioni di pressione nel tunnel di diluizione non devono essere in media superiori a  $\pm 250 \text{ Pa}$ .

Per un sistema a tubi multipli (figura 17), è necessario un controllore di flusso per realizzare la divisione proporzionale dello scarico allo scopo di mantenere una pressione differenziale pari a zero tra l'uscita dell'unità a tubi multipli e l'uscita di TT. L'aggiustamento viene effettuato controllando la portata nell'aria di iniezione in DT all'uscita di TT.

**PCV1, PCV2** Valvola di controllo della pressione (figura 16)

Occorrono due valvole di controllo della pressione per il sistema a tubi di Venturi gemelli od orifizi gemelli per la divisione proporzionale del flusso mediante controllo della contropressione di EP e della pressione in DT. Le valvole devono essere poste a valle di SP in EP e tra PB e DT.

**DC** Camera di attenuazione (figura 17)

Installare una camera di attenuazione all'uscita dell'unità a tubi multipli per minimizzare le oscillazioni di pressione nel condotto di scarico EP.

**VN** Tubo di Venturi (figura 15)

Nel tunnel di diluizione DT è installato un tubo di Venturi per creare una pressione negativa nella regione all'uscita del condotto di trasferimento TT. La portata di gas attraverso TT è determinata dallo scambio di quantità di moto nella zona del tubo di Venturi ed è fondamentalmente proporzionale alla portata del compressore dinamico PB che determina un rapporto di diluizione costante. Poiché lo scambio di quantità di moto è influenzato dalla temperatura all'uscita di TT e dalla differenza di pressione tra EP e DT, l'effettivo rapporto di diluizione è leggermente inferiore a basso carico che a carico elevato.

**FC2**            Controllore di flusso (figure 13, 14, 18, 19, facoltativo)

Per controllare il flusso del compressore dinamico PB e/o dell'aspiratore dinamico SB si può usare un controllore di flusso. Esso può essere collegato al segnale di portata relativo allo scarico, all'aria di aspirazione o al carburante e/o al segnale differenziale di CO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub>.

Quando si alimenta con aria pressurizzata (figura 18), FC2 controlla direttamente il flusso d'aria.

**FM1**            Dispositivo di misurazione della portata (figure 11, 12, 18, 19)

Contatore di gas o altro strumento per la misurazione della portata dell'aria di diluizione. FM1 è facoltativo se il compressore dinamico PB è tarato per misurare la portata.

**FM2**            Dispositivo di misurazione della portata (figura 19)

Contatore di gas o altro strumento per la misurazione della portata del gas di scarico diluito. FM2 è facoltativo se l'aspiratore dinamico PB è tarato per misurare la portata.

**PB**              Compressore dinamico (figure 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19)

Per il controllo della portata d'aria di diluizione, PB può essere collegato ai controllori di flusso FC1 o FC2. PB non è necessario se si usa una valvola a farfalla. Se è tarato, PB può essere usato per misurare la portata dell'aria di diluizione.

**SB**              Aspiratore dinamico (figure 11, 12, 13, 16, 17, 19)

Solo per sistemi di campionamento frazionario. Se è tarato, SB può essere usato per misurare la portata del gas di scarico diluito.

**DAF**            Filtro dell'aria di diluizione (figure da 11 a 19)

Si raccomanda di filtrare l'aria di diluizione e di depurarla su carbone vegetale per eliminare gli idrocarburi di fondo. Su richiesta dei costruttori dei motori, l'aria di diluizione deve essere prelevata seguendo principi di buona pratica ingegneristica per determinare i livelli di fondo del particolato, che possono poi essere sottratti ai valori misurati nel gas di scarico diluito.

**DT**              Tunnel di diluizione (figure da 11 a 19)

Il tunnel di diluizione:

- deve essere di lunghezza sufficiente a provocare una miscelazione completa dello scarico e dell'aria di diluizione in condizioni di flusso turbolento;
- deve essere costruito in acciaio inossidabile con:
  - un rapporto tra spessore e diametro non superiore a 0,025 per tunnel con diametro interno maggiore di 75 mm;
  - uno spessore nominale non inferiore a 1,5 mm per tunnel con diametro interno uguale o minore di 75 mm;
- deve avere un diametro di almeno 75 mm per il tipo a campionamento frazionario;
- dovrebbe avere un diametro di almeno 25 mm per il tipo a campionamento totale;
- può essere riscaldato ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto o mediante preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione dello scarico nel tunnel di diluizione;
- può essere isolato.

Il gas di scarico del motore deve essere accuratamente miscelato con l'aria di diluizione. Per i sistemi a campionamento frazionario, la qualità della miscelazione deve essere controllata dopo l'immissione in circolazione mediante un profilo di CO<sub>2</sub> del tunnel con il motore in funzione (almeno quattro punti di misura equidistanti). Se necessario, è ammesso l'uso di un orifizio di miscelazione.

*Nota:* se la temperatura ambiente in prossimità del tunnel di diluizione (DT) è inferiore a 293 K (20 °C), occorrono precauzioni per evitare perdite di particolato sulle pareti fredde del tunnel. Pertanto, si raccomanda di riscaldare e/o isolare il tunnel entro i limiti indicati.

Ad elevati carichi del motore, il tunnel può essere raffreddato mediante mezzi non aggressivi, come una ventola di circolazione, sempreché la temperatura del fluido di raffreddamento non sia inferiore a 293 K (20 °C).

**HE** Scambiatore di calore (figure 16, 17)

Lo scambiatore di calore deve avere una capacità sufficiente per mantenere la temperatura all'ingresso dell'aspiratore dinamico SB entro un intervallo di  $\pm 11$  K dalla temperatura di funzionamento media osservata durante la prova.

### 2.3. Sistema di diluizione a flusso totale

In figura 20 è descritto un sistema di diluizione basato sulla diluizione dello scarico totale secondo il concetto di CVS (campionamento a volume costante). Con questo tipo di sistema si misura il volume totale della miscela di gas di scarico e aria di diluizione. Si può utilizzare un sistema PDP o un sistema CFV.

Per la successiva raccolta del particolato, trasferire un campione del gas di scarico diluito al sistema di campionamento del particolato (punto 2.4, figure 21 e 22). Se l'operazione viene effettuata direttamente, si parla di diluizione singola. Se il campione viene diluito ancora una volta nel tunnel di diluizione secondaria, si parla di doppia diluizione, utile quando non è possibile rispettare il requisito di temperatura sulla faccia del filtro con la diluizione singola. Benché si tratti in parte di un sistema di diluizione, il sistema di doppia diluizione è descritto come modifica di un sistema di campionamento del particolato nel punto 2.4, figura 22, perché i suoi elementi sono per la maggior parte comuni a quelli di un tipico sistema di campionamento del particolato.

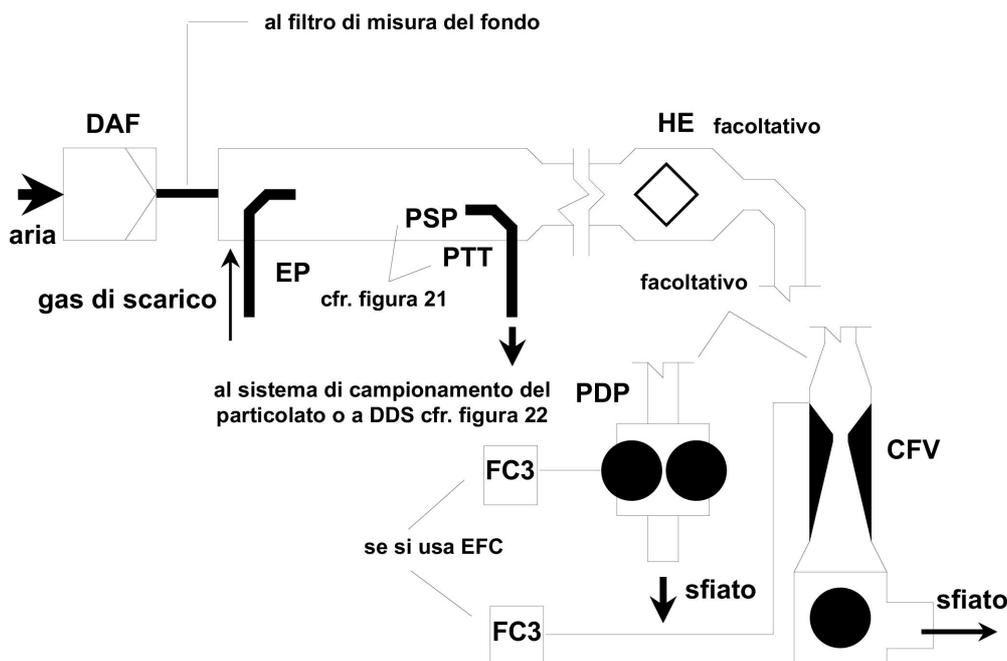


Figura 20: Sistema di diluizione a flusso totale

Tutto il gas di scarico grezzo viene miscelato nel tunnel di diluizione DT con l'aria di diluizione. La portata del gas di scarico diluito viene misurata con una pompa volumetrica PDP o con un tubo di Venturi a flusso critico CFV. Per il campionamento proporzionale del particolato e per la determinazione del flusso si può usare uno scambiatore di calore HE o la compensazione elettronica della portata EFC. Poiché la determinazione della massa di particolato è basata sul flusso di gas di scarico diluito totale, non è necessario calcolare il rapporto di diluizione.

### 2.3.1. Componenti della figura 20

**EP** Condotta di scarico

La lunghezza del condotto di scarico dall'uscita del collettore di scarico del motore, dello scarico di un turbocompressore o del dispositivo di post-trattamento al tunnel di diluizione non deve essere superiore a 10 m. Se il condotto di scarico a valle del collettore di scarico del motore, dello scarico del turbocompressore o del dispositivo di post-trattamento supera i 4 m di lunghezza, tutta la tubatura eccedente i 4 metri deve essere isolata, salvo per un misuratore dei fumi in linea, se usato. Lo spessore radiale dell'isolamento non deve essere inferiore a 25 mm. La conducibilità termica del materiale isolante deve avere un valore non superiore a 0,1 W/mK misurato a 673 K. Per ridurre l'inerzia termica del condotto di scarico, si raccomanda un rapporto spessore/diametro uguale o inferiore a 0,015. L'uso di sezioni flessibili deve essere limitato ad un rapporto lunghezza/diametro uguale o inferiore a 12.

**PDP** Pompa volumetrica

La PDP misura il flusso totale di gas di scarico diluito in base al numero di giri della pompa e alla sua cilindrata. La contropressione del sistema di scarico non deve essere abbassata artificialmente dalla PDP o dal sistema di immissione dell'aria di diluizione. La contropressione statica allo scarico misurata con la PDP in funzione non deve discostarsi di oltre  $\pm 1,5$  kPa della pressione statica misurata senza collegamento alla PDP a pari regime e carico del motore. La temperatura della miscela gassosa immediatamente a monte della PDP deve essere pari, con un'approssimazione di  $\pm 6$  K, alla temperatura media di funzionamento osservata durante la prova, senza compensazione del flusso. La compensazione del flusso può essere usata solo se la temperatura all'entrata della PDP non supera i 323 K (50 °C).

**CFV** Tubo di Venturi a flusso critico

Il CFV misura il flusso totale di gas di scarico diluito mantenendo il flusso in condizioni strozzate (flusso critico). La contropressione statica allo scarico misurata con il sistema CFV in funzione deve corrispondere, con un'approssimazione di  $\pm 1,5$  kPa, alla pressione statica misurata senza collegamento al CFV a pari regime e carico del motore. La temperatura della miscela gassosa immediatamente a monte del CFV deve essere pari, con un'approssimazione di  $\pm 11$  K, alla temperatura media di funzionamento osservata durante la prova, senza compensazione del flusso.

**HE** Scambiatore di calore (facoltativo se si usa l'EFC)

Lo scambiatore di calore deve avere una capacità sufficiente a mantenere la temperatura entro i limiti sopraindicati.

**EFC** Compensazione elettronica della portata (facoltativa, se si usa l'HE)

Se la temperatura all'ingresso della PDP o del CFV non viene mantenuta entro i limiti sopraindicati, è necessario utilizzare un sistema di compensazione della portata per la misura in continuo della portata e per il controllo del campionamento proporzionale nel sistema per la determinazione del particolato. A questo scopo, si usano i segnali di portata misurati in continuo per correggere la portata del campione attraverso i filtri del particolato del sistema di campionamento dello stesso (cfr. punto 2.4, figure 21, 22).

**DT** Tunnel di diluizione

Il tunnel di diluizione:

- deve essere di diametro sufficientemente piccolo da provocare un flusso turbolento (numero di Reynolds maggiore di 4 000) e di lunghezza sufficiente a produrre una miscelazione completa del gas di scarico con l'aria di diluizione; si può usare un orifizio di miscelazione;
- deve avere un diametro non inferiore a 460 mm con un sistema a diluizione singola;
- deve avere un diametro non inferiore a 210 mm con un sistema a diluizione doppia;
- può essere isolato.

I gas di scarico del motore devono essere diretti a valle del punto in cui vengono introdotti nel tunnel di diluizione e accuratamente miscelati.

Quando si utilizza la diluizione singola, un campione prelevato dal tunnel di diluizione viene trasferito al sistema di campionamento del particolato (punto 2.4, figura 21). La portata della PDP o del CFV deve essere sufficiente a mantenere il gas di scarico diluito ad una temperatura minore o uguale a 325 K (52 °C) immediatamente a monte del filtro principale del particolato.

Quando si usa la doppia diluizione, un campione prelevato dal tunnel di diluizione viene trasferito al tunnel di diluizione secondaria dove viene sottoposto a un'ulteriore diluizione e poi fatto passare attraverso i filtri di campionamento (punto 2.4, figura 22). La portata della PDP o del CFV deve essere sufficiente a mantenere la corrente di gas di scarico diluiti nel DT ad una temperatura minore o uguale a 464 K (191 °C) in corrispondenza della zona di campionamento. Il sistema di diluizione secondaria deve assicurare una quantità di aria di diluizione secondaria sufficiente per mantenere la corrente di gas di scarico sottoposto a doppia diluizione ad una temperatura minore o uguale a 325 K (52 °C) immediatamente a monte del filtro principale del particolato.

**DAF** Filtro dell'aria di diluizione

Si raccomanda di filtrare l'aria di diluizione e di depurarla su carbone vegetale per eliminare gli idrocarburi di fondo. Su richiesta dei costruttori dei motori, l'aria di diluizione deve essere prelevata seguendo principi di buona pratica ingegneristica per determinare i livelli di fondo del particolato, che possono poi essere sottratti ai valori misurati nel gas di scarico diluito.

**PSP** Sonda di campionamento del particolato

La sonda è la sezione iniziale di PTT e:

- deve essere installata rivolta verso monte in un punto in cui l'aria di diluizione e i gas di scarico sono ben miscelati, cioè sull'asse del tunnel di diluizione (DT), approssimativamente a 10 diametri del tunnel a valle del punto in cui il gas di scarico entra nel tunnel di diluizione;
- deve avere un diametro interno non inferiore a 12 mm;
- può essere riscaldata ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto o preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione del gas di scarico nel tunnel di diluizione;
- può essere isolata.

#### 2.4. Sistema di campionamento del particolato

Il sistema di campionamento del particolato è necessario per raccogliere il particolato sul filtro del particolato. Se si utilizza la diluizione a flusso parziale con campionamento totale, che consiste nel far passare l'intero campione di gas di scarico diluito attraverso i filtri, il sistema di diluizione (punto 2.2, figure 14, 18) e quello di campionamento formano di norma un'unità integrata. Se si utilizza la diluizione a flusso totale o a flusso parziale con campionamento frazionario, che consiste nel far passare attraverso i filtri solo una frazione del gas di scarico diluito, il sistema di diluizione (punto 2.2, figure 11, 12, 13, 15, 16, 17, 19; punto 2.3, figura 20) e quello di campionamento costituiscono di norma unità differenti.

Nel presente regolamento, il sistema di doppia diluizione (figura 22) di un sistema di diluizione a flusso totale è considerato una modifica specifica di un sistema di campionamento del particolato tipico quale illustrato nella figura 21. Il sistema di doppia diluizione include tutte le parti importanti del sistema di campionamento del particolato, come portafiltri e pompa di campionamento, e in più alcuni dispositivi di diluizione, come un dispositivo per l'erogazione dell'aria di diluizione e un tunnel di diluizione secondaria.

Allo scopo di evitare qualsiasi impatto sugli anelli di regolazione, si raccomanda di tenere in funzione la pompa di campionamento durante l'intera procedura di prova. Per il metodo a filtro singolo, usare un sistema di bypass per far passare il campione attraverso i filtri di campionamento nei momenti desiderati. Si deve minimizzare l'interferenza della procedura di commutazione sugli anelli di regolazione.

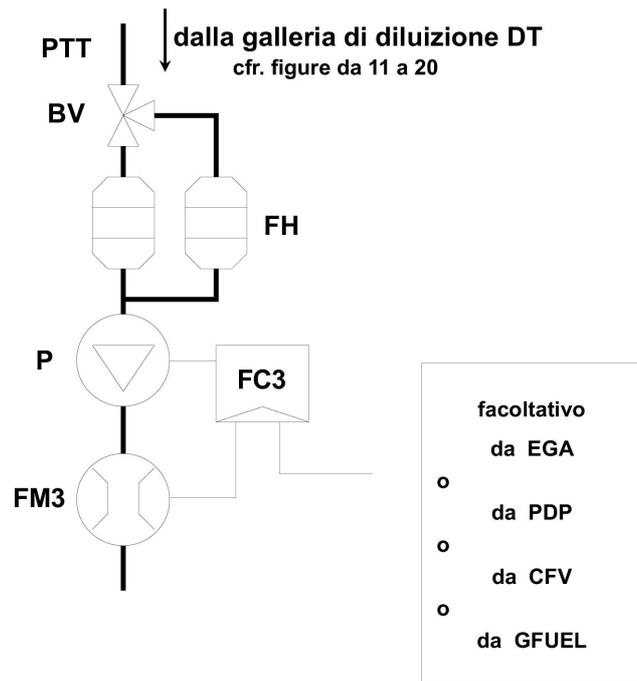


Figura 21: Sistema di campionamento del particolato

Un campione del gas di scarico diluito viene prelevato dal tunnel di diluizione DT di un sistema di diluizione a flusso parziale o a flusso totale facendolo passare attraverso la sonda di campionamento del particolato PSP e il condotto di trasferimento del particolato PTT mediante la pompa di campionamento P. Il campione viene fatto passare attraverso il portafiltro o i portafiltri FH contenenti i filtri di campionamento del particolato. La portata del campione viene controllata mediante il controllore di flusso FC3. Se si usa la compensazione elettronica di portata EFC (cfr. figura 20) il flusso di gas di scarico diluito è utilizzato come segnale di comando per FC3.

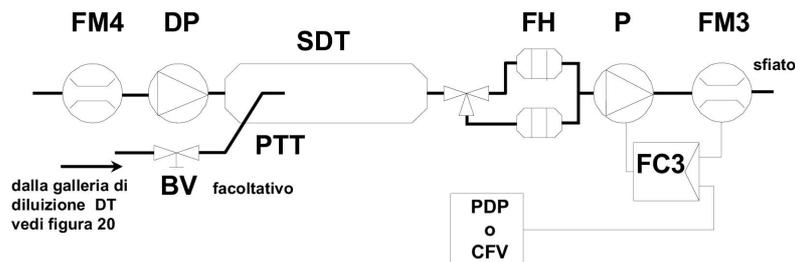


Figura 22: Sistema di doppia diluizione (solo sistema a flusso totale)

Un campione del gas di scarico diluito viene trasferito dal tunnel di diluizione DT di un sistema di diluizione a flusso totale facendolo passare attraverso la sonda di campionamento del particolato PSP e il condotto di trasferimento del particolato PTT al tunnel di diluizione secondaria SDT, dove è sottoposto a un'ulteriore diluizione. Il campione viene poi fatto passare attraverso il portafiltro o i portafiltri FH che contengono i filtri di campionamento del particolato. La portata dell'aria di diluizione in genere è costante, mentre la portata del campione viene controllata mediante il controllore di flusso FC3. Se si usa la compensazione elettronica di portata EFC (cfr. figura 20) il flusso totale di gas di scarico diluito è utilizzato come segnale di comando per FC3.

#### 2.4.1. Componenti delle figure 21 e 22

##### **PTT** Condotta di trasferimento del particolato (figure 21, 22)

La lunghezza del condotto di trasferimento del particolato deve essere non superiore a 1 020 mm e deve essere minimizzata ogniqualvolta possibile. Se applicabile (cioè per i sistemi di campionamento frazionario con diluizione a flusso parziale e per i sistemi di diluizione a flusso totale), deve essere inclusa la lunghezza delle sonde di campionamento (SP, ISP, PSP, rispettivamente, cfr. punti 2.2 e 2.3).

Le dimensioni sono valide per:

- il tipo a campionamento frazionario con diluizione del flusso parziale e il sistema di diluizione singola a flusso totale: dall'estremità della sonda (SP, ISP, PSP, rispettivamente) al portafiltri;
- il tipo a campionamento totale con diluizione del flusso parziale: dalla fine del tunnel di diluizione al portafiltri;
- il sistema di doppia diluizione a flusso totale: dall'estremità della sonda (PSP) al tunnel di diluizione secondaria.

Il condotto di trasferimento:

- può essere riscaldato ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto oppure mediante preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione del gas di scarico nel tunnel di diluizione;
- può essere isolato.

##### **SDT** Tunnel di diluizione secondaria (figura 22)

Il tunnel di diluizione secondaria deve avere un diametro non inferiore a 75 mm e una lunghezza sufficiente ad assicurare un tempo di residenza pari ad almeno 0,25 secondi per il campione sottoposto a doppia diluizione. Il portafiltri principale FH deve essere posto entro 300 mm dall'uscita di SDT.

Il tunnel di diluizione secondaria:

- può essere riscaldato ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto o mediante preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione dello scarico nel tunnel di diluizione;
- può essere isolato.

##### **FH** Portafiltri (figure 21, 22)

Per i filtri principale e di sicurezza è possibile usare un alloggiamento unico o alloggiamenti separati. Devono essere soddisfatti i requisiti dell'allegato 4, appendice 4, punto 4.1.3.

I portafiltri:

- possono essere riscaldati ad una temperatura di parete non superiore a 325 K (52 °C) mediante riscaldamento diretto o preriscaldamento dell'aria di diluizione, purché la temperatura dell'aria non superi i 325 K (52 °C) prima dell'introduzione dello scarico nel tunnel di diluizione;
- possono essere isolati.

##### **P** Pompa di campionamento (figure 21, 22)

La pompa di campionamento del particolato deve essere posta ad una distanza sufficiente dal tunnel perché la temperatura del gas all'ingresso sia mantenuta costante ( $\pm 3$  K), salvo si applichi la correzione di portata mediante FC3.

**DP** Pompa dell'aria di diluizione (figura 22)

La pompa dell'aria di diluizione deve essere posizionata in modo tale che l'aria di diluizione secondaria venga fornita ad una temperatura di  $298\text{ K} \pm 5\text{ K}$  ( $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ ), se non è preriscaldata.

**FC3** Controllore di flusso (figure 21, 22)

Usare un controllore di flusso per compensare le variazioni di portata del campione di particolato dovute alle variazioni di temperatura e di contropressione nel percorso del campione, sempreché non siano disponibili altri mezzi. Il controllore di flusso è necessario se si applica la compensazione elettronica di portata EFC (cfr. figura 20).

**FM3** Dispositivo di misurazione della portata (figure 21, 22)

Il contatore di gas o lo strumento per la misurazione della portata del campione di particolato devono essere posti a distanza sufficiente dalla pompa di campionamento P perché la temperatura del gas all'ingresso rimanga costante ( $\pm 3\text{ K}$ ), salvo si applichi la correzione di portata mediante FC3.

**FM4** Dispositivo di misurazione della portata (figura 22)

Il contatore di gas o lo strumento per la misurazione della portata dell'aria di diluizione devono essere posizionati in modo che la temperatura del gas all'ingresso rimanga a  $298\text{ K} \pm 5\text{ K}$  ( $25\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ ).

**BV** Valvola a sfera (facoltativa)

La valvola a sfera deve avere un diametro interno non inferiore al diametro interno del condotto di trasferimento del particolato PTT, e un tempo di commutazione inferiore a 0,5 secondi.

*Nota:* se la temperatura ambiente in prossimità di PSP, PTT, SDT e FH è inferiore a  $293\text{ K}$  ( $20\text{ °C}$ ), prendere opportune precauzioni per evitare perdite di particolato sulle pareti fredde di questi componenti. Pertanto, si raccomanda di riscaldare e/o isolare questi componenti nei limiti indicati nelle rispettive descrizioni. Si raccomanda anche di mantenere la temperatura della faccia del filtro durante il campionamento ad un livello non inferiore a  $293\text{ K}$  ( $20\text{ °C}$ ).

Ad elevati carichi del motore, i componenti sopraindicati possono essere raffreddati mediante mezzi non aggressivi, come una ventola di circolazione, sempreché la temperatura del fluido di raffreddamento non sia inferiore a  $293\text{ K}$  ( $20\text{ °C}$ ).

### 3. DETERMINAZIONE DELL'OPACITÀ DEL FUMO

#### 3.1. Introduzione

I punti 3.2 e 3.3 e le figure 23 e 24 contengono la descrizione dettagliata dei sistemi opacimetrici raccomandati. Poiché diverse configurazioni possono fornire risultati equivalenti, non è richiesta una stretta conformità con le figure 23 e 24. Componenti addizionali come strumenti, valvole, solenoidi, pompe ed interruttori possono essere usati per ricavare informazioni aggiuntive e coordinare le funzioni dei sistemi componenti. Altri componenti che non sono necessari per mantenere l'accuratezza su alcuni sistemi possono essere esclusi se la loro esclusione è basata su criteri di buona valutazione ingegneristica.

Il principio di misura si basa sulla trasmissione della luce attraverso un tratto di lunghezza specifica del fumo da misurare e sull'uso della proporzione della luce incidente che raggiunge un ricevitore per valutare le proprietà di oscuramento della luce del materiale. La misurazione del fumo dipende dalle caratteristiche progettuali dell'apparecchio e può essere eseguita nel condotto di scarico (opacimetro a flusso totale in linea), al termine del condotto di scarico (opacimetro a flusso totale a fine linea), oppure prelevando un campione dal condotto di scarico (opacimetro a flusso parziale). Per la determinazione del coefficiente di assorbimento della luce in base al segnale di opacità, la lunghezza del cammino ottico dello strumento deve essere indicata dal costruttore dello strumento stesso.

#### 3.2. Opacimetro a flusso totale

Si possono usare due tipi di opacimetro generalmente definibili a flusso totale (figura 23). Con l'opacimetro in linea, si misura l'opacità del flusso di gas di scarico totale nel condotto di scarico. Con questo tipo di opacimetro, la lunghezza efficace del cammino ottico dipende dalle caratteristiche progettuali dell'opacimetro.

Con l'opacimetro a fine linea, l'opacità dell'intero pennacchio di scarico viene misurata all'uscita del condotto di scarico. Con questo tipo di opacimetro, la lunghezza efficace del cammino ottico dipende dalle caratteristiche progettuali del condotto di scarico e della distanza tra la sua estremità e l'opacimetro.

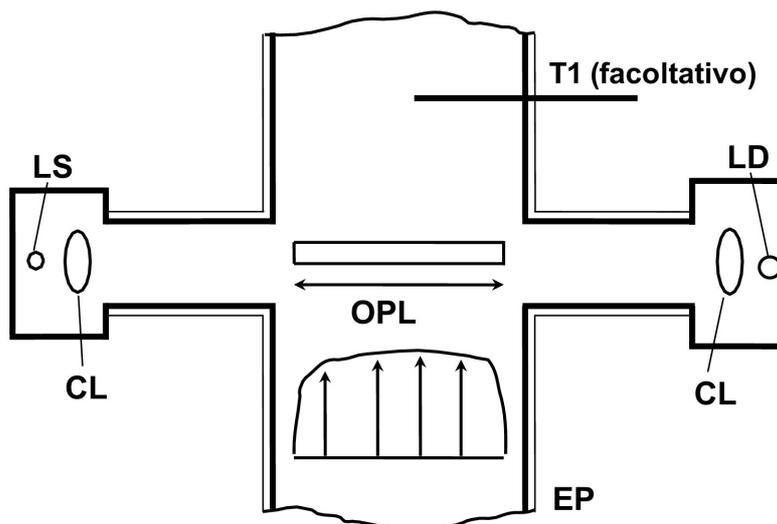


Figura 23: Opacimetro a flusso totale

### 3.2.1. Componenti della figura 23

**EP** Condotto di scarico

Con un opacimetro in linea non vi devono essere variazioni del diametro del condotto di scarico entro tre diametri del condotto di scarico prima o dopo la zona di misurazione. Se il diametro della zona di misurazione è maggiore del diametro del condotto di scarico, si raccomanda di usare un condotto convergente gradualmente prima della zona di misurazione.

Con un opacimetro a fine linea, gli 0,6 m terminali del condotto di scarico devono avere sezione trasversale circolare e non contenere gomiti o curve. L'estremità del condotto di scarico deve essere tagliata ortogonalmente. Montare l'opacimetro al centro del pennacchio ad una distanza di  $25 \pm 5$  mm dall'estremità del condotto di scarico.

**OPL** Lunghezza del cammino ottico

La lunghezza del cammino ottico oscurato dal fumo, tra la sorgente di luce dell'opacimetro e il ricevitore, deve essere tale da tener conto di disuniformità dovute a gradienti di densità e effetto frangia. La lunghezza del cammino ottico deve essere indicata dal costruttore dello strumento tenendo conto di eventuali misure contro la deposizione di fuliggine (per esempio aria di spurgo). Se la lunghezza del cammino ottico non è nota, deve essere determinata secondo la norma ISO IDS 11614, punto 11.6.5. Per una corretta determinazione della lunghezza del cammino ottico è necessaria una velocità minima del gas di scarico di 20 m/s.

**LS** Sorgente di luce

La sorgente di luce deve essere una lampada a incandescenza con una temperatura di colore compresa fra 2 800 e 3 250 K, oppure un diodo fotoemettitore (LED) verde con un picco spettrale compreso tra 550 e 570 nm. La sorgente di luce deve essere protetta contro la deposizione di fuliggine mediante mezzi che non influiscano sulla lunghezza del cammino ottico in misura superiore alle specifiche del costruttore.

**LD** Rivelatore di luce

Il rivelatore è una fotocellula o un fotodiodo (con filtro se necessario). Nel caso di una sorgente di luce a incandescenza, il ricevitore deve avere una risposta spettrale di picco simile alla curva fototopica dell'occhio umano (risposta massima) nell'intervallo da 550 a 570 nm, con una deviazione minore del 4 per cento di tale risposta massima al di sotto di 430 nm e al di sopra di 680 nm. Il rivelatore della luce deve essere protetto contro la deposizione di fuliggine mediante mezzi che non influiscano sulla lunghezza del cammino ottico in misura superiore alle specifiche del costruttore.

**CL** Lente di collimazione

La luce emessa deve essere collimata in un fascio di diametro non superiore a 30 mm. I raggi del fascio luminoso devono essere paralleli all'asse ottico con una tolleranza di 3°.

**T1** Sensore di temperatura (facoltativo)

Durante la prova può essere controllata la temperatura del gas di scarico.

### 3.3. Opacimetro a flusso parziale

Con l'opacimetro a flusso parziale (figura 24), si preleva un campione di gas di scarico rappresentativo dal condotto di scarico e attraverso una linea di trasferimento lo si invia nella camera di misurazione. Con questo tipo di opacimetro, la lunghezza efficace del cammino ottico dipende dalle caratteristiche progettuali dell'opacimetro. I tempi di risposta indicati nel punto seguente valgono per la portata minima dell'opacimetro specificata dal costruttore dello strumento.

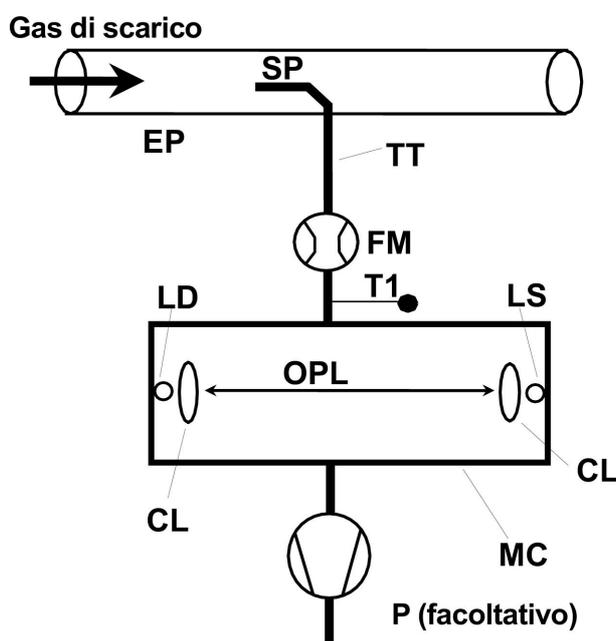


Figura 24: Opacimetro a flusso parziale

#### 3.3.1. Componenti della figura 24

**EP** Condotto di scarico

Il condotto di scarico deve essere un tubo rettilineo che si estende almeno 6 diametri del tubo a monte e 3 diametri del tubo a valle dell'estremità della sonda.

**SP** Sonda di campionamento

La sonda di campionamento deve essere un tubo aperto rivolto verso monte sull'asse o approssimativamente sull'asse del condotto di scarico. La distanza dalla parete del condotto di scarico deve essere di almeno 5 mm. Il diametro della sonda deve essere tale da garantire un campionamento rappresentativo e un flusso sufficiente attraverso l'opacimetro.

**TT** Condotto di trasferimento

Il condotto di trasferimento:

- deve essere il più breve possibile e garantire una temperatura del gas di scarico di  $373 \pm 30$  K ( $100 \text{ °C} \pm 30 \text{ °C}$ ) all'ingresso della camera di misurazione;
- deve avere una temperatura di parete sufficientemente al di sopra della temperatura di rugiada del gas di scarico da impedire la condensazione;

- deve essere uguale al diametro della sonda di campionamento su tutta la lunghezza;
- deve avere un tempo di risposta minore di 0,05 s al flusso minimo attraverso lo strumento determinato secondo l'allegato 4, appendice 4, punto 5.2.4;
- non deve avere effetti significativi sul picco di fumo.

**FM** Dispositivo di misurazione della portata

Strumento utilizzato per rilevare quando il flusso entrante nella camera di misurazione è corretto. Le portate minima e massima devono essere specificate dal costruttore dello strumento ed essere tali da rispettare le prescrizioni riguardanti il tempo di risposta di TT e le specifiche relative alla lunghezza del cammino ottico. Il dispositivo di misurazione della portata può essere adiacente alla pompa di campionamento P, se usata.

**MC** Camera di misurazione

La camera di misurazione deve avere una superficie interna non riflettente, o un ambiente ottico equivalente. L'incidenza della luce diffusa sul rivelatore dovuta a riflessioni interne o effetti di diffusione deve essere ridotta al minimo.

La pressione del gas nella camera di misurazione non deve differire più di 0,75 kPa dalla pressione atmosferica. Ove ciò non sia possibile per le caratteristiche di progetto, il valore indicato dall'opacimetro deve essere ricalcolato a pressione atmosferica.

La temperatura di parete della camera di misurazione deve essere regolata con una precisione di  $\pm 5$  K tra 343 K (70 °C) e 373 K (100 °C), e in ogni caso sufficientemente al di sopra della temperatura di rugiada del gas di scarico da impedire la condensazione. La camera di misurazione deve essere equipaggiata di appropriati dispositivi per la misura della temperatura.

**OPL** Lunghezza del cammino ottico

Lunghezza del cammino ottico oscurato dal fumo tra la sorgente di luce dell'opacimetro e il ricevitore, corretta tenendo conto di disuniformità dovute a gradienti di densità e effetto frangia. La lunghezza del cammino ottico deve essere indicata dal costruttore dello strumento tenendo conto di eventuali misure contro il deposito di fuliggine (per esempio aria di spurgo). Se la lunghezza del cammino ottico non è nota, deve essere determinata secondo la norma ISO IDS 11614, punto 11.6.5.

**LS** Sorgente di luce

La sorgente di luce deve essere una lampada a incandescenza con una temperatura di colore compresa tra 2 800 e 3 250 K o un diodo fotoemettitore (LED) verde con un picco spettrale compreso tra 550 e 570 nm. La sorgente di luce deve essere protetta contro la deposizione di fuliggine mediante mezzi che non influiscano sulla lunghezza del cammino ottico in misura superiore alle specifiche del costruttore.

**LD** Rivelatore di luce

Il rivelatore è una fotocellula o un fotodiodo (con filtro se necessario). Nel caso di una sorgente di luce a incandescenza, il ricevitore deve avere una risposta spettrale di picco simile alla curva fototopica dell'occhio umano (risposta massima) nell'intervallo da 550 a 570 nm, con una deviazione minore del 4 per cento di tale risposta massima al di sotto di 430 nm e al di sopra di 680 nm. Il rivelatore di luce deve essere protetto contro la deposizione di fuliggine mediante mezzi che non influiscano sulla lunghezza del cammino ottico in misura superiore alle specifiche del costruttore.

**CL** Lente di collimazione

La luce emessa deve essere collimata in un fascio di diametro massimo di 30 mm. I raggi del fascio luminoso devono essere paralleli all'asse ottico con una tolleranza di 3°.

**T1** Sensore di temperatura

Per il controllo della temperatura del gas di scarico all'ingresso della camera di misurazione.

**P** Pompa di campionamento (facoltativa)

Si può usare una pompa di campionamento a valle della camera di misurazione per trasferire il gas campione attraverso la camera di misurazione.

## ALLEGATO 5

**CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CARBURANTE DI RIFERIMENTO PER MOTORI AD ACCENSIONE  
SPONTANEA PRESCRITTO PER LE PROVE DI OMOLOGAZIONE E PER LA VERIFICA DELLA  
CONFORMITÀ DELLA PRODUZIONE**

1. CARBURANTE DIESEL <sup>(1)</sup>

Parametro	Unità	Limiti <sup>(1)</sup>		Metodo di prova <sup>(2)</sup>	Pubblicazione
		Minimo	Massimo		
Numero di cetano <sup>(3)</sup>		52	54	ISO 5165	1998 <sup>(4)</sup>
Densità a 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	833	837	ISO 3675	1995
Distillazione:					
— punto 50 %	°C	245		ISO 3405	1998
— punto 95 %	°C	345	350	ISO 3405	1998
— punto di ebollizione finale	°C	—	370	ISO 3405	1998
Punto di infiammabilità	°C	55	—	EN 27719	1993
CFPP	°C	—	- 5	EN 116	1981
Viscosità a 40 °C	mm <sup>2</sup> /s	2,5	3,5	EN-ISO 3104	1996
Idrocarburi aromatici policiclici	% m/m	3,0	6,0	IP 391 (*)	1995
Tenore di zolfo <sup>(5)</sup>	mg/kg	—	300	pr. EN-ISO/DIS 14596	1998 <sup>(4)</sup>
Corrosione del rame		—	1	EN-ISO 2160	1995
Residuo carbonioso Conradson (10 % DR)	% m/m	—	0,2	EN-ISO 10370	
Tenore di ceneri	% m/m	—	0,01	EN-ISO 6245	1995
Tenore di acqua	% m/m	—	0,05	EN-ISO 12937	1995
Numero di neutralizzazione (acido forte)	mg OH/g	—	0,02	ASTM D 974-95	1998 <sup>(4)</sup>
Stabilità all'ossidazione <sup>(6)</sup>	mg/ml	—	0,025	EN-ISO 12205	1996

<sup>(1)</sup> Se è richiesto per il calcolo dell'efficienza termica di un motore o veicolo, il potere calorifico del carburante può essere calcolato con la seguente formula:

$$\text{Energia specifica (potere calorifico) (netto) in MJ/kg} = (46,423 - 8,792d^2 + 3,170d) (1 - (x + y + s)) + 9,420s - 2,499x$$

dove:

d = densità a 15 °C

x = percentuale di acqua in massa (% diviso 100)

y = percentuale di ceneri in massa (% diviso 100)

s = percentuale di zolfo in massa (% diviso 100).

<sup>(2)</sup> I valori indicati nella specifica sono «valori effettivi». Per stabilire i valori limite sono state applicate le condizioni indicate nella norma UNI EN 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 statistiche, il produttore di un carburante deve comunque mirare ad un valore zero quando il valore massimo stabilito è 2R e al valore medio quando sono indicati i limiti massimo e minimo. In caso di dubbi circa la conformità di un carburante alle specifiche, si applicano le condizioni della norma UNI EN ISO 4259.

<sup>(3)</sup> Il campo di variazione del numero di cetano non è conforme al requisito di un campo di variazione minimo di 4R. Tuttavia, eventuali controversie tra il fornitore e l'utilizzatore del carburante possono essere risolte applicando le condizioni della norma UNI EN ISO 4259 ed eseguendo misurazioni ripetute fino ad ottenere la necessaria precisione, anziché ricorrere a determinazioni singole.

<sup>(4)</sup> Il mese di pubblicazione sarà inserito a tempo debito.

<sup>(5)</sup> Deve essere indicato il tenore effettivo di zolfo del carburante di prova. Inoltre il carburante di riferimento utilizzato per l'omologazione di un veicolo o motore in base ai valori limite di cui alla riga B della tabella al punto 5.2.1 del presente regolamento deve avere un tenore massimo di zolfo pari a 50 ppm.

<sup>(6)</sup> Anche se la stabilità all'ossidazione è controllata, è probabile che la durata di conservazione sia limitata. Per le condizioni e la durata di immagazzinaggio chiedere istruzioni al fornitore.

2. ETANOLO PER MOTORI DIESEL <sup>(1)</sup>

Parametro	Unità	Limiti <sup>(2)</sup>		Metodo di prova <sup>(3)</sup>
		Minimo	Massimo	
Alcol, massa	% m/m	92,4	—	ASTM D 5501
Alcol diverso dall'etanolo contenuto nell'alcol totale, massa	% m/m	—	2	ASTM D 5501
Densità a 15 °C	kg/m <sup>3</sup>	795	815	ASTM D 4052
Tenore di ceneri	% m/m		0,001	ISO 6245
Punto di infiammabilità	°C	10		ISO 2719
Acidità calcolata come acido acetico	% m/m	—	0,0025	ISO 1388-2
Numero di neutralizzazione (acido forte)	KOH mg/1	—	1	
Colore	in base alla scala	—	10	ASTM D 1209
Residuo secco a 100 °C	mg/kg		15	ISO 759
Tenore di acqua	% m/m		6,5	ISO 760
Aldeidi calcolate come acido acetico	% m/m		0,0025	ISO 1388-4
Tenore di zolfo	mg/kg	—	10	ASTM D 5453
Esteri calcolati come etilacetato	% m/m	—	0,1	ASTM D 1617

<sup>(1)</sup> Può essere utilizzato un additivo per migliorare l'indice di cetano dell'etanolo, conformemente a quanto specificato dal costruttore del motore. La quantità massima ammessa è 10 % m/m.

<sup>(2)</sup> I valori indicati nella specifica sono «valori effettivi». Per stabilire i valori limite è stata applicata la norma UNI EN ISO 4259, «Prodotti petroliferi. Determinazione e applicazione dei dati di precisione in relazione ai metodi di prova» e, per 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 statistiche, il produttore di un carburante deve comunque mirare ad un valore zero quando il valore massimo stabilito è 2R e al valore medio quando sono indicati i limiti massimo e minimo. In caso di dubbi circa la conformità di un carburante alle specifiche, si applicano le condizioni della norma UNI EN ISO 4259

<sup>(3)</sup> Quando saranno pubblicati metodi ISO equivalenti, questi verranno adottati per tutte le proprietà sopra elencate.

## ALLEGATO 6

**CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CARBURANTE DI RIFERIMENTO DI TIPO GAS NATURALE  
PRESCRITTO PER LE PROVE DI OMOLOGAZIONE E PER LA VERIFICA DELLA CONFORMITÀ DELLA  
PRODUZIONE**

Tipo: GAS NATURALE (GN)

Sul mercato europeo sono disponibili due gruppi di carburanti:

- il gruppo H, i cui carburanti di riferimento estremi sono GR e G23;
- il gruppo L, i cui carburanti estremi di riferimento sono G23 e G25.

Le caratteristiche dei carburanti di riferimento GR, G23 e G25 sono riassunte qui di seguito.

*Carburante di riferimento GR*

Caratteristiche	Unità	Base	Limiti		Metodo di prova
			Min	Max	
Composizione:					
Metano	% mol	87	84	89	
Etano	% mol	13	11	15	
Resto (*)	% mol	—	—	1	ISO 6974
Tenore di zolfo	mg/m <sup>3</sup> (**)	—	—	10	ISO 6326-5

(\*) Inerti + C<sub>2+</sub>

(\*\*) Valore da determinare in condizioni normali (293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa).

*Carburante di riferimento G23*

Caratteristiche	Unità	Base	Limiti		Metodo di prova
			Min	Max	
Composizione:					
Metano	% mol	92,5	91,5	93,5	
Resto (*)	% mol	—	—	1	ISO 6974
N <sub>2</sub>	% mol	7,5	6,5	8,5	
Tenore di zolfo	mg/m <sup>3</sup> (**)	—	—	10	ISO 6326-5

(\*) Inerti (diversi da N<sub>2</sub>) + C<sub>2</sub>/C<sub>2+</sub>.

(\*\*) Valore da determinare in condizioni normali (293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa).

*Carburante di riferimento G25*

Caratteristiche	Unità	Base	Limiti		Metodo di prova
			Min	Max	
Composizione:					
Metano	% mol	86	84	88	
Resto (*)	% mol	—	—	1	ISO 6974
N <sub>2</sub>	% mol	14	12	16	
Tenore di zolfo	mg/m <sup>3</sup> (**)	—	—	10	ISO 6326-5

(\*) Inerti (diversi da N<sub>2</sub>) + C<sub>2</sub>/C<sub>2+</sub>.

(\*\*) Valore da determinare in condizioni normali (293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa).

## ALLEGATO 7

**CARATTERISTICHE TECNICHE DEL CARBURANTE DI RIFERIMENTO DI TIPO GAS DI PETROLIO LIQUEFATTO (GPL) PRESCRITTO PER LE PROVE DI OMOLOGAZIONE E PER LA VERIFICA DELLA CONFORMITÀ DELLA PRODUZIONE**

Parametro	Unità	Limiti	Carburante A	Limiti	Carburante B	Metodo di prova
		Min	Max	Min	Max	
Numero di ottano motore		92,5 <sup>(1)</sup>		92,5		EN 589 Allegato B
Composizione:						
Tenore C3	% vol	48	52	83	87	
Tenore C4	% vol	48	52	13	17	ISO 7941
Olefine	% vol		12		14	
Residuo all'evaporazione	mg/kg		50		50	NFM 41015
Tenore totale di zolfo	ppm massa <sup>(1)</sup>		50		50	EN 24260
Solfuro di idrogeno	—		assente		assente	ISO 8819
Corrosione striscia di rame	valutazione		classe 1		classe 1	ISO 6251 <sup>(2)</sup>
Acqua a 0 °C			assente		assente	esame visivo

<sup>(1)</sup> Valore da determinare in condizioni normali 293,2 K (20 °C) e 101,3 kPa.

<sup>(2)</sup> La determinazione della presenza di materiali corrosivi secondo questo metodo può risultare imprecisa se il campione contiene inibitori della corrosione o altri prodotti chimici che diminuiscono la corrosività del campione nei confronti della striscia di rame. È pertanto vietata l'aggiunta di tali composti al solo scopo di falsare il metodo di prova.

## ALLEGATO 8

## ESEMPIO DI PROCEDIMENTO DI CALCOLO

## 1. PROVA ESC

## 1.1. Emissioni gassose

Di seguito sono riportati i dati di misura per il calcolo dei risultati nelle singole modalità. In questo esempio, CO e NO<sub>x</sub> sono misurati su secco, HC su umido. La concentrazione di HC è indicata in propano equivalente (C3) e deve essere moltiplicata per 3 per ottenere il C1 equivalente. Il procedimento di calcolo è identico per le altre modalità.

P (kW)	T <sub>a</sub> (K)	H <sub>a</sub> (g/kg)	G <sub>EXH</sub> (kg)	G <sub>AIRW</sub> (kg)	G <sub>FUEL</sub> (kg)	HC (ppm)	CO (ppm)	NO <sub>x</sub> (ppm)
82,9	294,8	7,81	563,38	545,29	18,09	6,3	41,2	495

Calcolo del fattore di correzione da secco a umido K<sub>w,r</sub> (allegato 4, appendice 1, punto 4.2):

$$F_{FH} = \frac{1,969}{\left(1 + \frac{18,09}{545,29}\right)} = 1,9058 \text{ and } K_{w2} = \frac{1,608 \times 7,81}{1\,000 + (1,608 \times 7,81)} = 0,0124$$

$$K_{w,r} = \left(1 - 1,9058 \times \frac{18,09}{541,06}\right) - 0,0124 = 0,9239$$

Calcolo delle concentrazioni a umido:

$$CO = 41,2 \times 0,9239 = 38,1 \text{ ppm}$$

$$NO_x = 495 \times 0,9239 = 457 \text{ ppm}$$

Calcolo del fattore di correzione di NO<sub>x</sub> K<sub>H,D</sub> in funzione dell'umidità (allegato 4, appendice 1, punto 4.3):

$$A = 0,309 \times 18,09 / 541,06 - 0,0266 = -0,0163$$

$$B = -0,209 \times 18,09 / 541,06 + 0,00954 = 0,0026$$

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 - 0,0163 \times (7,81 - 10,71) + 0,0026 \times (294,8 - 298)} = 0,9625$$

Calcolo delle portate massiche delle emissioni (allegato 4, appendice 1, punto 4.4):

$$NO_x = 0,001587 \times 457 \times 0,9625 \times 563,38 = 393,27 \text{ g/h}$$

$$CO = 0,000966 \times 38,1 \times 563,38 = 20,735 \text{ g/h}$$

$$HC = 0,000479 \times 6,3 \times 3 \times 563,38 = 5,100 \text{ g/h}$$

Calcolo delle emissioni specifiche (allegato 4, appendice 1, punto 4.5):

Il seguente esempio è riferito al calcolo di CO; il procedimento di calcolo è identico per gli altri componenti.

Le portate massiche delle emissioni delle singole modalità vengono moltiplicate per i rispettivi fattori di ponderazione come indicato nell'allegato 4, appendice 1, punto 2.7.1, e sommate per ottenere la portata massica media delle emissioni nel ciclo:

$$CO = (6,7 \times 0,15) + (24,6 \times 0,08) + (20,5 \times 0,10) + (20,7 \times 0,10) + (20,6 \times 0,05) + (15,0 \times 0,05) + (19,7 \times 0,05) + (74,5 \times 0,09) + (31,5 \times 0,10) + (81,9 \times 0,08) + (34,8 \times 0,05) + (30,8 \times 0,05) + (27,3 \times 0,05) = 30,91 \text{ g/h}$$

La potenza del motore delle singole modalità viene moltiplicata per i rispettivi fattori di ponderazione come indicato nell'allegato 4, appendice 1, punto 2.7.1, e sommata per ottenere la potenza media sul ciclo:

$$P(n) = (0,1 \times 0,15) + (96,8 \times 0,08) + (55,2 \times 0,10) + (82,9 \times 0,10) + (46,8 \times 0,05) + (70,1 \times 0,05) + (23,0 \times 0,05) + (114,3 \times 0,09) + (27,0 \times 0,10) + (122,0 \times 0,08) + (28,6 \times 0,05) + (87,4 \times 0,05) + (57,9 \times 0,05) = 60,006 \text{ kW}$$

$$\overline{\text{CO}} = \frac{30,91}{60,006} = 0,015 \text{ g/kWh}$$

Calcolo delle emissioni specifiche di  $\text{NO}_x$  del punto casuale (allegato 4, appendice 1, punto 4.6.1):

Si assuma di aver determinato i seguenti valori sul punto casuale:

$$\begin{aligned} n_Z &= 1\,600 \text{ min}^{-1} \\ M_Z &= 495 \text{ Nm} \\ \text{NO}_{x \text{ mass},Z} &= 487,9 \text{ g/h} \quad (\text{calcolata secondo le formule precedenti}) \\ P(n)_Z &= 83 \text{ kW} \\ \text{NO}_{x,Z} &= 487,9/83 = 5,878 \text{ g/kWh} \end{aligned}$$

Determinazione del valore di emissione in base al ciclo di prova (allegato 4, appendice 1, punto 4.6.2)

Si assuma che i valori delle quattro modalità di inviluppo nell'ESC siano i seguenti:

$n_{RT}$	$n_{SU}$	$E_R$	$E_S$	$E_T$	$E_U$	$M_R$	$M_S$	$M_T$	$M_U$
1 368	1 785	5,943	5,565	5,889	4,973	515	460	681	610

$$E_{TU} = 5,889 + (4,973 - 5,889) \times (1\,600 - 1\,368) / (1\,785 - 1\,368) = 5,377 \text{ g/kWh}$$

$$E_{RS} = 5,943 + (5,565 - 5,943) \times (1\,600 - 1\,368) / (1\,785 - 1\,368) = 5,732 \text{ g/kWh}$$

$$M_{TU} = 681 + (601 - 681) \times (1\,600 - 1\,368) / (1\,785 - 1\,368) = 641,3 \text{ Nm}$$

$$M_{RS} = 515 + (460 - 515) \times (1\,600 - 1\,368) / (1\,785 - 1\,368) = 484,3 \text{ Nm}$$

$$E_Z = 5,732 + (5,377 - 5,732) \times (495 - 484,3) / (641,3 - 484,3) = 5,708 \text{ g/kWh}$$

Confronto dei valori di emissione di  $\text{NO}_x$  (allegato 4, appendice 1, punto 4.6.3):

$$\text{NO}_{x \text{ diff}} = 100 \times (5,878 - 5,708) / 5,708 = 2,98 \%$$

## 1.2. Emissioni di particolato

La misura del particolato prevede il campionamento del particolato in tutto l'arco del ciclo; il campione e le portate ( $M_{SAM}$  e  $G_{EDF}$ ) vengono però determinati durante le singole modalità. Il calcolo di  $G_{EDF}$  dipende dal sistema usato. Negli esempi che seguono, vengono usati un sistema con misurazione del  $\text{CO}_2$  e metodo del bilancio del carbonio e un sistema con misurazione del flusso. Quando si utilizza un sistema di diluizione a flusso totale,  $G_{EDF}$  viene misurata direttamente mediante l'apparecchiatura CVS.

Calcolo di  $G_{EDF}$  (allegato 4, appendice 1, punti 5.2.3 e 5.2.4).

Si assumano i seguenti dati di misura relativi alla modalità 4. Il procedimento di calcolo è identico per le altre modalità.

$G_{EXH}$ (kg/h)	$G_{FUEL}$ (kg/h)	$G_{DILW}$ (kg/h)	$G_{TOTW}$ (kg/h)	$\text{CO}_{2D}$ (%)	$\text{CO}_{2A}$ (%)
334,02	10,76	5,4435	6,0	0,657	0,040

a) metodo del bilancio del carbonio

$$G_{EDFW} = \frac{206,5 \times 10,76}{0,657 - 0,040} = 3601,2 \text{ kg/h}$$

b) metodo di misurazione del flusso

$$q = \frac{6,0}{(6,0 - 5,4435)} = 10,78$$

$$G_{EDFW} = 334,02 \times 10,78 = 3\,600,7 \text{ kg/h}$$

Calcolo della portata massica (allegato 4, appendice 1, punto 5.4):

Moltiplicare le portate  $G_{EDFW}$  relative alle singole modalità per i rispettivi fattori di ponderazione, come indicato nell'allegato 4, appendice 1, punto 2.7.1, e sommare i valori così ottenuti per ottenere la  $G_{EDF}$  media sul ciclo. La portata totale del campione  $M_{SAM}$  si ottiene sommando le portate del campione nelle singole modalità.

$$\overline{G_{EDFW}} = (3\,567 \times 0,15) + (3\,592 \times 0,08) + (3\,611 \times 0,10) + (3\,600 \times 0,10) + (3\,618 \times 0,05) + (3\,600 \times 0,05) + (3\,640 \times 0,05) + (3\,614 \times 0,09) + (3\,620 \times 0,10) + (3\,601 \times 0,08) + (3\,639 \times 0,05) + (3\,582 \times 0,05) + (3\,635 \times 0,05) = 3\,604,6 \text{ kg/h}$$

$$M_{SAM} = 0,226 + 0,122 + 0,151 + 0,152 + 0,076 + 0,076 + 0,076 + 0,136 + 0,151 + 0,121 + 0,076 + 0,076 + 0,075 = 1,515 \text{ kg}$$

Si assuma che la massa del particolato sui filtri sia pari a 2,5 mg, allora

$$PT_{mass} = \frac{2,5}{1,515} \times \frac{3\,604,6}{1\,000} = 5,948 \text{ g/h}$$

Correzione del fondo (facoltativa)

Si assuma una misurazione del fondo con i valori seguenti. Il calcolo del fattore di diluizione DF è identico al punto 3.1 del presente allegato e non è riportato.

$$M_d = 0,1 \text{ mg}; M_{DIL} = 1,5 \text{ kg}$$

Sommatoria di DF =  $[(1^{-1} / 119,15) \times 0,15] + [(1^{-1} / 8,89) \times 0,08] + [(1^{-1} / 14,75) \times 0,10] + [(1^{-1} / 10,10) \times 0,10] + [(1^{-1} / 18,02) \times 0,05] + [(1^{-1} / 12,33) \times 0,05] + [(1^{-1} / 32,18) \times 0,05] + [(1^{-1} / 6,94) \times 0,09] + [(1^{-1} / 25,19) \times 0,10] + [(1^{-1} / 6,12) \times 0,08] + [(1^{-1} / 20,87) \times 0,05] + [(1^{-1} / 8,77) \times 0,05] + [(1^{-1} / 12,59) \times 0,05] = 0,923$

$$PT_{mass} = \frac{2,5}{1,515} - \left( \frac{0,1}{1,5} \times 0,923 \right) \times \frac{3\,604,6}{1\,000} = 5,726 \text{ g/h}$$

Calcolo delle emissioni specifiche (allegato 4, appendice 1, punto 5.5):

$$P(n) = (0,1 \times 0,15) + (96,8 \times 0,08) + (55,2 \times 0,10) + (82,9 \times 0,10) + (46,8 \times 0,05) + (70,1 \times 0,05) + (23,0 \times 0,05) + (114,3 \times 0,09) + (27,0 \times 0,10) + (122,0 \times 0,08) + (28,6 \times 0,05) + (87,4 \times 0,05) + (57,9 \times 0,05) = 60,006 \text{ kW}$$

$$PT = \frac{5,948}{60,006} = 0,099 \text{ g/kWh con correzione del fondo}$$

$$PT = \frac{5,726}{60,006} = 0,095 \text{ g/kWh}$$

Calcolo del fattore di ponderazione specifico (allegato 4, appendice 1, punto 5.6):

Si assumono i valori calcolati per la modalità 4 di cui sopra. Ne consegue

$$WF_{EI} = \frac{0,152 \times 3\,604,6}{1,515 \times 3\,600,7} = 0,1004$$

Questo valore è conforme al valore prescritto di  $0,10 \pm 0,003$ .

## 2. PROVA ELR

Poiché la filtrazione di Bessel è un procedimento di calcolo della media completamente nuovo nella legislazione europea concernente gli scarichi, nel seguito vengono forniti una spiegazione del filtro di Bessel, un esempio di costruzione di un algoritmo di Bessel e un esempio di calcolo dell'indice finale di fumo. Le costanti dell'algoritmo di Bessel dipendono solo dalle caratteristiche progettuali dell'opacimetro e dalla frequenza di campionamento del sistema di acquisizione dei dati. Il costruttore dell'opacimetro dovrebbe fornire le costanti di filtrazione di Bessel finali per varie frequenze di campionamento e il cliente dovrebbe usare queste costanti per sviluppare l'algoritmo di Bessel e calcolare gli indici di fumo.

### 2.1. Note generali sul filtro di Bessel

A motivo delle distorsioni ad alta frequenza, il segnale di opacità grezzo mostra di solito un tracciato molto disperso. Per eliminare queste distorsioni ad alta frequenza, per la prova ELR è necessario un filtro di Bessel. Il filtro di Bessel è un filtro passa-basso di secondo ordine ricorsivo che garantisce la più rapida salita del segnale senza eccesso di correzione.

Assumendo un pennacchio di scarico grezzo in tempo reale nel condotto di scarico, ciascun opacimetro mostra una traccia di opacità ritardata e misurata in modo differente. Il ritardo e l'ampiezza della traccia di opacità misurata dipendono principalmente dalla geometria della camera di misurazione dell'opacimetro, incluse le linee di campionamento dello scarico, e dal tempo necessario per elaborare il segnale nei circuiti elettronici dell'opacimetro. I valori che caratterizzano questi due effetti sono detti tempo di risposta fisica ed elettrica e sono specifici di un singolo filtro per ciascun tipo di opacimetro.

L'obiettivo dell'applicazione di un filtro di Bessel è di garantire una caratteristica di filtrazione complessiva uniforme dell'intero sistema opacimetrico, comprendente:

- tempo di risposta fisica dell'opacimetro ( $t_p$ )
- tempo di risposta elettrica dell'opacimetro ( $t_e$ )
- tempo di risposta del filtro di Bessel applicato ( $t_f$ ).

Il tempo di risposta complessivo risultante del sistema  $t_{Aver}$  è dato dalla relazione:

$$t_{Aver} = \sqrt{t_F^2 + t_p^2 + t_e^2},$$

e deve essere uguale per tutti i tipi di opacimetro allo scopo di ottenere lo stesso indice di fumo. Pertanto, un filtro di Bessel deve essere creato in modo tale che il tempo di risposta del filtro ( $t_f$ ) insieme con il tempo di risposta fisica ( $t_p$ ) ed elettrica ( $t_e$ ) del singolo opacimetro diano il tempo di risposta complessivo ( $t_{Aver}$ ) prescritto. Poiché  $t_p$  e  $t_e$  sono valori dati per ogni singolo opacimetro e  $t_{Aver}$  nel presente regolamento è definito pari a 1,0,  $t_f$  può essere calcolato come segue:

$$t_f = \sqrt{t_{Aver}^2 + t_p^2 + t_e^2}$$

Per definizione, il tempo di risposta del filtro  $t_f$  è il tempo di risalita dal 10 % al 90 % di un segnale in uscita filtrato a seguito di un segnale in ingresso a gradino. Pertanto, la frequenza di taglio del filtro di Bessel deve essere iterata in modo tale che il tempo di risposta del filtro di Bessel concordi con il tempo di risalita prescritto.

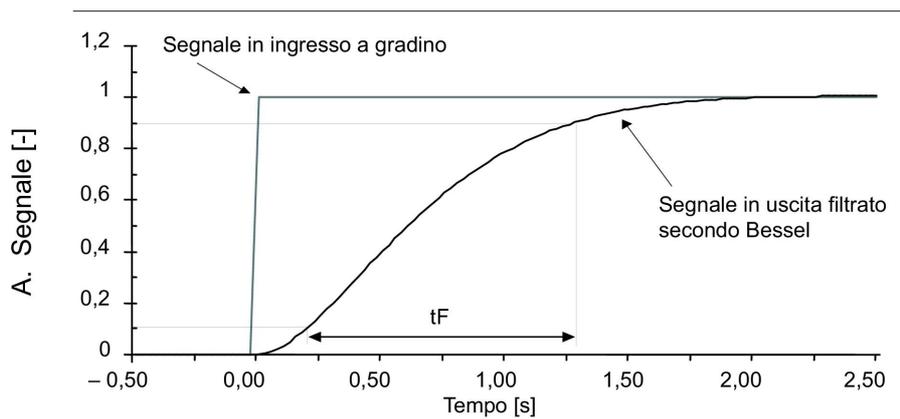
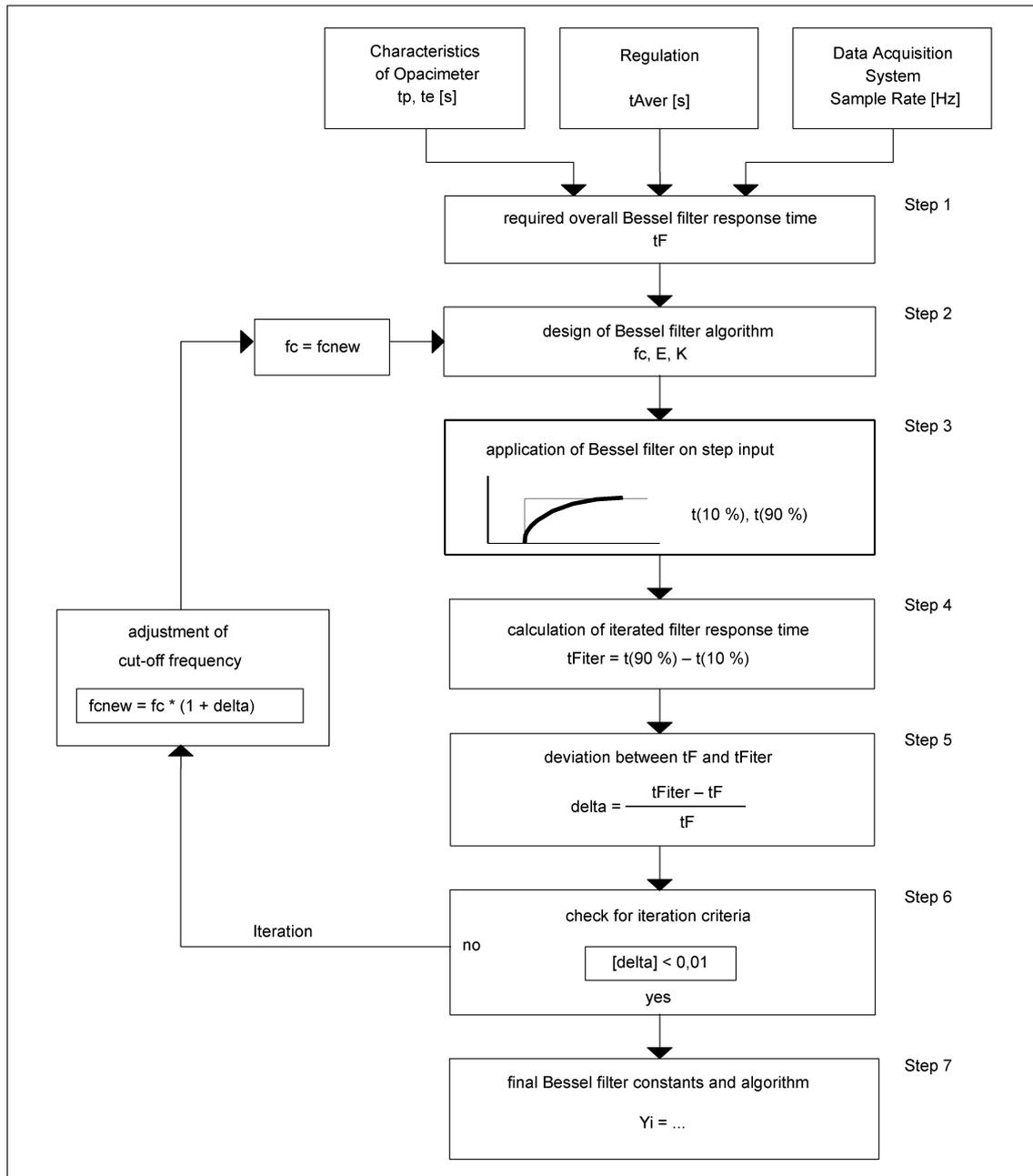


Figura a: Tracciati del segnale in ingresso a gradino e del segnale in uscita filtrato

In figura a, sono mostrati i tracciati di un segnale in ingresso a gradino e del segnale in uscita filtrato secondo Bessel nonché il tempo di risposta del filtro di Bessel ( $t_f$ ).

La costruzione dell'algoritmo di filtrazione di Bessel finale è un processo in più fasi che richiede parecchi cicli di iterazione. Lo schema del procedimento di iterazione è presentato di seguito.



Characteristics of opacimeter	=	Caratteristiche dell'opacimetro
Regulation	=	Regolazione
Data acquisition system sample rate	=	Frequenza di campionamento del sistema di acquisizione
Step	=	Fase
Required overall Bessel filter response time	=	Tempo complessivo richiesto di risposta del filtro di Bessel
Design of Bessel filter algorithm	=	Costruzione dell'algoritmo del filtro di Bessel
Application of Bessel filter on step input	=	Applicazione del filtro di Bessel all'ingresso a gradino
Calculation of iterated filter response time	=	Calcolo del tempo di risposta del filtro iterato
Adjustment of cut-off frequency	=	Regolazione della frequenza di taglio
Deviation between $t_F$ and $t_{F,iter}$	=	Deviazione tra $t_F$ e $t_{F,iter}$
Iteration	=	Iterazione
Check for iteration criteria	=	Controllo del criterio di iterazione
yes, no	=	sì, no
Final Bessel filter constants and algorithm	=	Costanti e algoritmo finali del filtro di Bessel

## 2.2. Calcolo dell'algoritmo di Bessel

In questo esempio un algoritmo di Bessel viene sviluppato in più fasi secondo il procedimento iterativo di cui sopra basato sull'allegato 4, appendice 1, punto 6.1.

Per l'opacimento e il sistema di acquisizione dei dati, si assumano le seguenti caratteristiche:

- tempo di risposta fisica  $t_p$  0,15 s
- tempo di risposta elettrica  $t_e$  0,05 s
- tempo di risposta complessivo  $t_{Aver}$  1,00 s (per definizione del presente regolamento)
- frequenza del campionamento 150 Hz

Fase 1: tempo di risposta richiesto del filtro di Bessel  $t_F$

$$t_F = \sqrt{1^2 - (0,15^2 + 0,05^2)} = 0,987421 \text{ s}$$

Fase 2: stima della frequenza di taglio e calcolo delle costanti di Bessel E, K per la prima iterazione

$$f_c = 3,1415 / (10 \times 0,987421) = 0,318152 \text{ Hz}$$

$$\Delta t = 1/150 = 0,006667 \text{ s}$$

$$\Omega = 1 / [\tan (3,1415 \times 0,006667 \times 0,318152)] = 150,076644$$

$$E = \frac{1}{1 + 150,076644 \times \sqrt{3 \times 0,618034 + 0,618034 \times 150,076644^2}} = 7,07948 \times 10^{-5}$$

$$K = 2 \times 7,07948 \times 10^{-5} \times (0,618034 \times 150,076644 - 1) = 0,970783$$

Si ricava così l'algoritmo di Bessel:

$$Y_i = Y_{i-1}^{-1} + 7,07948 \times 10^{-5} \times (S_i + 2 \times S_{i-1}^{-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + 0,970783 \times (Y_{i-1}^{-1} - Y_{i-2})$$

dove  $S_i$  rappresenta i valori del segnale in ingresso a gradino («0» o «1»), e  $Y_i$  rappresenta i valori filtrati del segnale in uscita.

Fase 3: applicazione del filtro di Bessel ad un ingresso a gradino

Il tempo di risposta  $t_F$  del filtro di Bessel è definito come il tempo di risalita dal 10 % al 90 % del segnale in uscita filtrato a seguito di un segnale in ingresso a gradino. Per la determinazione dei tempi di 10 % ( $t_{10}$ ) e 90 % ( $t_{90}$ ) del segnale di uscita, si deve applicare un filtro di Bessel ad un ingresso a gradino utilizzando i valori di  $f_c$ , E e K visti sopra.

I numeri indice, il tempo e i valori di un segnale in ingresso a gradino e i valori conseguenti del segnale in uscita filtrato per la prima e la seconda iterazione sono mostrati in tabella B. I punti adiacenti a  $t_{10}$  e  $t_{90}$  sono indicati in grassetto. In tabella B, prima iterazione, il valore del 10 % si incontra tra i numeri indice 30 e 31, e il valore del 90 % tra i numeri indice 191 e 192. Per il calcolo di  $t_{F,iter}$  si determinano i valori esatti di  $t_{10}$  e  $t_{90}$  mediante interpolazione lineare tra i punti di misurazione adiacenti, come segue:

$$t_{10} = t_{i_{lower}} + \Delta t \times (0,1 - out_{i_{lower}}) / (out_{i_{upper}} - out_{i_{lower}})$$

$$t_{90} = t_{i_{lower}} + \Delta t \times (0,9 - out_{i_{lower}}) / (out_{i_{upper}} - out_{i_{lower}})$$

dove  $out_{i_{upper}}$  e  $out_{i_{lower}}$  rispettivamente sono i punti adiacenti dei segnali in uscita filtrati secondo Bessel, e  $t_{i_{lower}}$  è il tempo del punto di tempo adiacente, come indicato in tabella B.

$$t_{10} = 0,200000 + 0,006667 \times (0,1 - 0,099208) / (0,104794 - 0,099208) = 0,200945 \text{ s}$$

$$t_{90} = 1,273333 + 0,006667 \times (0,9 - 0,899147) / (0,901168 - 0,899147) = 1,276147 \text{ s}$$

Fase 4: tempo di risposta del filtro per il primo ciclo di iterazione

$$t_{F,iter} = 1,276147 - 0,200945 = 1,075202 \text{ s}$$

Fase 5: deviazione tra il tempo di risposta del filtro richiesto e quello ottenuto nel primo ciclo di iterazione

$$\Delta = (1,075202 - 0,987421) / 0,987421 = 0,081641$$

Fase 6: controllo del criterio di iterazione

Si richiede  $|\Delta| \leq 0,01$ . Poiché  $0,081641 > 0,01$ , il criterio di iterazione non è rispettato e bisogna avviare un ulteriore ciclo di iterazione. Per questo ciclo di iterazione, si calcola una nuova frequenza di taglio da  $f_c$  e  $\Delta$  come segue:

$$f_{c,new} = 0,318152 \times (1 + 0,081641) = 0,344126 \text{ Hz}$$

Questa nuova frequenza di taglio viene utilizzata nel secondo ciclo di iterazione iniziando di nuovo dalla fase 2. L'iterazione deve essere ripetuta fino a quando si rientra nel criterio di iterazione. I valori ottenuti nella prima e nella seconda iterazione sono riassunti in tabella A

Tabella A

Valori della prima e della seconda iterazione

Parametro	Prima iterazione	Seconda iterazione
$f_c$ (Hz)	0,318152	0,344126
E (-)	$7,07948 \times 10^{-5}$	$8,272777 \times 10^{-5}$
K (-)	0,970783	0,968410
$t_{10}$ (s)	0,200945	0,185523
$t_{90}$ (s)	1,276147	1,179562
$t_{F,iter}$ (s)	1,075202	0,994039
$\Delta$ (-)	0,081641	0,006657
$f_{c,new}$ (Hz)	0,344126	0,346417

Fase 7: algoritmo finale di Bessel

Non appena si rientra nel criterio di iterazione, si calcolano le costanti finali del filtro di Bessel e l'algoritmo finale di Bessel secondo la fase 2. In questo esempio, il criterio di iterazione è stato rispettato dopo la seconda iterazione ( $\Delta = 0,006657 \leq 0,01$ ). L'algoritmo finale viene poi usato per determinare gli indici di fumo medi (cfr. il successivo punto 2.3).

$$Y_i = Y_{i-1}^{-1} + 8,272777 \times 10^{-5} \times (S_i + 2 \times S_{i-1}^{-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + 0,968410 \times (Y_{i-1}^{-1} - Y_{i-2})$$

Tabella B

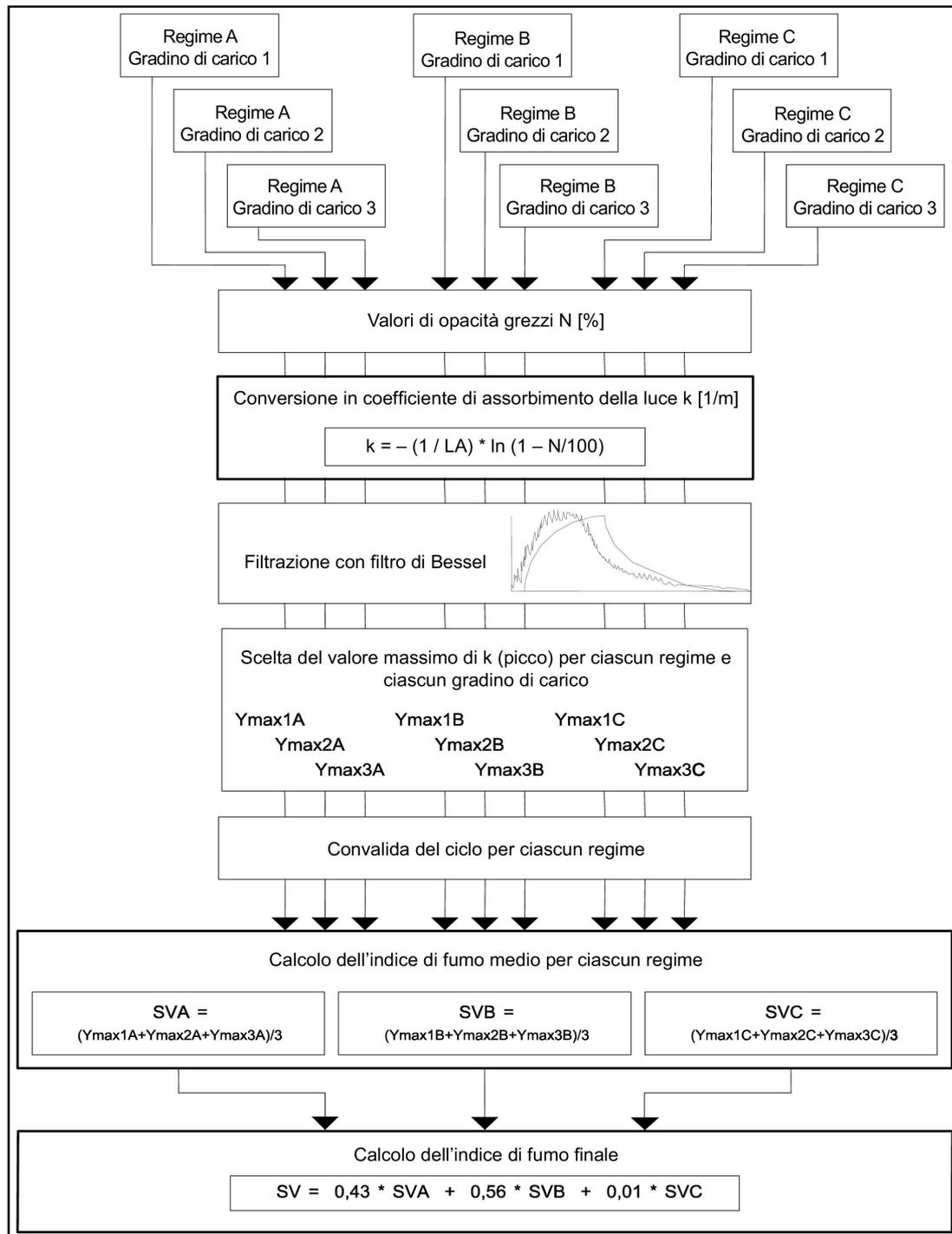
Valori del segnale in ingresso a gradino e del segnale in uscita filtrato secondo Bessel per il primo e il secondo ciclo di iterazione

Indice I [-]	Tempo [s]	Segnale in ingresso a gradino $S_i$ [-]	Segnale in uscita filtrato $Y_i$ [-]	
			Prima iterazione	Seconda iterazione
- 2	- 0,013333	0	0,000000	0,000000
- 1	- 0,006667	0	0,000000	0,000000
0	0,000000	1	0,000071	0,000083
1	0,006667	1	0,000352	0,000411
2	0,013333	1	0,000908	0,001060
3	0,020000	1	0,001731	0,002019

Indice I [-]	Tempo [s]	Segnale in ingresso a gradino $S_i$ [-]	Segnale in uscita filtrato $Y_i$ [-]	
			Prima iterazione	Seconda iterazione
4	0,026667	1	0,002813	0,003278
5	0,033333	1	0,004145	0,004828
~	~	~	~	~
24	0,160000	1	0,067877	0,077876
25	0,166667	1	0,072816	0,083476
26	0,173333	1	0,077874	0,089205
27	0,180000	1	0,083047	0,095056
28	0,186667	1	0,088331	0,101024
29	0,193333	1	0,093719	0,107102
30	0,200000	1	0,099208	0,113286
31	0,206667	1	0,104794	0,119570
32	0,213333	1	0,110471	0,125949
33	0,220000	1	0,116236	0,132418
34	0,226667	1	0,122085	0,138972
35	0,233333	1	0,128013	0,145605
36	0,240000	1	0,134016	0,152314
37	0,246667	1	0,140091	0,159094
~	~	~	~	~
175	1,166667	1	0,862416	0,895701
176	1,173333	1	0,864968	0,897941
177	1,180000	1	0,867484	0,900145
178	1,186667	1	0,869964	0,902312
179	1,193333	1	0,872410	0,904445
180	1,200000	1	0,874821	0,906542
181	1,206667	1	0,877197	0,908605
182	1,213333	1	0,879540	0,910633
183	1,220000	1	0,881849	0,912628
184	1,226667	1	0,884125	0,914589
185	1,233333	1	0,886367	0,916517
186	1,240000	1	0,888577	0,918412
187	1,246667	1	0,890755	0,920276
188	1,253333	1	0,892900	0,922107
189	1,260000	1	0,895014	0,923907
190	1,266667	1	0,897096	0,925676
191	1,273333	1	0,899147	0,927414
192	1,280000	1	0,901168	0,929121
193	1,286667	1	0,903158	0,930799
194	1,293333	1	0,905117	0,932448
195	1,300000	1	0,907047	0,934067
~	~	~	~	~

### 2.3. Calcolo degli indici di fumo

Nello schema seguente è presentato un procedimento generale per la determinazione dell'indice finale di fumo.



In figura b, sono mostrati i tracciati del segnale di opacità grezzo misurato e dei coefficienti di assorbimento della luce (k) non filtrato e filtrato del primo gradino di carico di una prova ELR ed è indicato il valore massimo  $Y_{max1,A}$  (picco) del tracciato di k filtrato. In maniera corrispondente, la tabella C contiene i valori numerici dell'indice i, del tempo (frequenza di campionamento 150 Hz), dell'opacità grezza, di k non filtrato e di k filtrato. La filtrazione è stata condotta utilizzando le costanti dell'algoritmo di Bessel sviluppato al punto 2.2 del presente allegato. Data la grande quantità di dati, sono riportate in tabella solo le parti del tracciato di fumo intorno all'inizio e al picco.

Il valore del picco (i = 272) è calcolato assumendo i seguenti dati della tabella C. Tutti gli altri singoli indici di fumo sono calcolati allo stesso modo. All'inizio dell'algoritmo  $s_{-1}$ ,  $s_{-2}$ ,  $y_{-1}$  e  $y_{-2}$  sono riportati a zero.

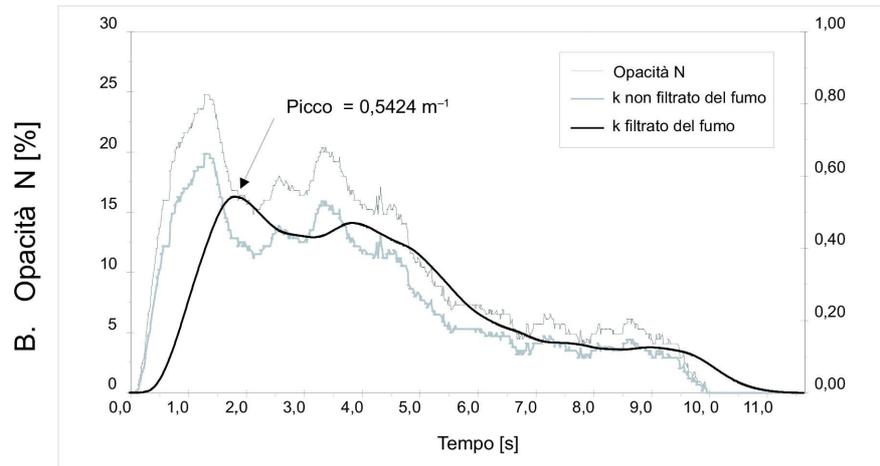


Figura b: Tracciati dell'opacità misurata N, del k del fumo non filtrato e del k del fumo filtrato

Calcolo del valore di k (allegato 4, appendice 1, punto 6.3.1):

$L_A$ (m)	0,430
Indice I	272
N (%)	16,783
$S_{271}$ ( $m^{-1}$ )	0,427392
$S_{270}$ ( $m^{-1}$ )	0,427532
$Y_{271}$ ( $m^{-1}$ )	0,542383
$Y_{270}$ ( $m^{-1}$ )	0,542337

$$k = -\frac{1}{0,430} \times \ln\left(1 - \frac{16,783}{100}\right) = 0,427252 \text{ m}^{-1}$$

Questo valore corrisponde a  $S_{272}$  nell'equazione seguente.

Calcolo del valore medio di fumo secondo Bessel (allegato 4, appendice 1, punto 6.3.2)

Nell'equazione che segue si usano le costanti di Bessel del precedente punto 2.2. Il valore effettivo di k non filtrato calcolato sopra corrisponde a  $S_{272}$  ( $S_i$ ).  $S_{271}$  ( $S_{i-1}$ ) e  $S_{270}$  ( $S_{i-2}$ ) sono i due precedenti valori non filtrati di k,  $Y_{271}$  ( $Y_{i-1}$ ) e  $Y_{270}$  ( $Y_{i-2}$ ) sono i due precedenti valori filtrati di k.

$$Y_{272} = 0,542383 + 8,272777 \times 10^{-5} \times (0,427252 + 2 \times 0,427392 + 0,427532 - 4 \times 0,542337) + 0,968410 \times (0,542383 - 0,542337) = 0,542389 \text{ m}^{-1}$$

Questo valore corrisponde a  $Y_{\max 1,A}$  nell'equazione seguente.

Calcolo dell'indice di fumo finale (allegato 4, appendice 1, punto 6.3.3):

Da ciascun tracciato del fumo si ricava il valore massimo filtrato di k per il calcolo ulteriore. Si assumano i valori seguenti:

Regime	$Y_{\max}$ ( $m^{-1}$ )		
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3
A	0,5424	0,5435	0,5587
B	0,5596	0,5400	0,5389
C	0,4912	0,5207	0,5177

$$\begin{aligned}
 SV_A &= (0,5424 + 0,5435 + 0,5587) / 3 &= 0,5482 \text{ m}^{-1} \\
 SV_B &= (0,5596 + 0,5400 + 0,5389) / 3 &= 0,5462 \text{ m}^{-1} \\
 SV_C &= (0,4912 + 0,5207 + 0,5177) / 3 &= 0,5099 \text{ m}^{-1} \\
 SV &= (0,43 \times 0,5482) + (0,56 \times 0,5462) + (0,01 \times 0,5099) &= 0,5467 \text{ m}^{-1}
 \end{aligned}$$

Convalida del ciclo (allegato 4, appendice 1, punto 3.4)

Prima di calcolare SV, il ciclo deve essere convalidato mediante calcolo delle deviazioni standard relative del fumo dei tre cicli per ciascun regime.

Regime	SV medio (m <sup>-1</sup> )	Deviazione standard assoluta (m <sup>-1</sup> )	Deviazione standard relativa (%)
A	0,5482	0,0091	1,7
B	0,5462	0,0116	2,1
C	0,5099	0,0162	3,2

In questo esempio, il criterio di convalida del 15 per cento è rispettato per tutti e tre i regimi.

Tabella C

Valore dell'opacità N, k non filtrato e k filtrato all'inizio del gradino di carico

Indice I [-]	Tempo [s]	Opacità N [%]	non filtrato Valore di k [m <sup>-1</sup> ]	filtrato Valore di k [m <sup>-1</sup> ]
-2	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
-1	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
0	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
1	0,006667	0,020000	0,000465	0,000000
2	0,013333	0,020000	0,000465	0,000000
3	0,020000	0,020000	0,000465	0,000000
4	0,026667	0,020000	0,000465	0,000001
5	0,033333	0,020000	0,000465	0,000002
6	0,040000	0,020000	0,000465	0,000002
7	0,046667	0,020000	0,000465	0,000003
8	0,053333	0,020000	0,000465	0,000004
9	0,060000	0,020000	0,000465	0,000005
10	0,066667	0,020000	0,000465	0,000006
11	0,073333	0,020000	0,000465	0,000008
12	0,080000	0,020000	0,000465	0,000009
13	0,086667	0,020000	0,000465	0,000011
14	0,093333	0,020000	0,000465	0,000012
15	0,100000	0,192000	0,004469	0,000014
16	0,106667	0,212000	0,004935	0,000018
17	0,113333	0,212000	0,004935	0,000022
18	0,120000	0,212000	0,004935	0,000028
19	0,126667	0,343000	0,007990	0,000036
20	0,133333	0,566000	0,013200	0,000047
21	0,140000	0,889000	0,020767	0,000061
22	0,146667	0,929000	0,021706	0,000082

Indice I [-]	Tempo [s]	Opacità N [%]	non filtrato Valore di k [m <sup>-1</sup> ]	filtrato Valore di k [m <sup>-1</sup> ]
23	0,153333	0,929000	0,021706	0,000109
24	0,160000	1,263000	0,029559	0,000143
25	0,166667	1,455000	0,034086	0,000185
26	0,173333	1,697000	0,039804	0,000237
27	0,180000	2,030000	0,047695	0,000301
28	0,186667	2,081000	0,048906	0,000378
29	0,193333	2,081000	0,048906	0,000469
30	0,200000	2,424000	0,057067	0,000573
31	0,206667	2,475000	0,058282	0,000693
32	0,213333	2,475000	0,058282	0,000827
33	0,220000	2,808000	0,066237	0,000977
34	0,226667	3,010000	0,071075	0,001144
35	0,233333	3,253000	0,076909	0,001328
36	0,240000	3,606000	0,085410	0,001533
37	0,246667	3,960000	0,093966	0,001758
38	0,253333	4,455000	0,105983	0,002007
39	0,260000	4,818000	0,114836	0,002283
40	0,266667	5,020000	0,119776	0,002587
~	~	~	~	~

Tabella C (continuazione)

Valori dell'opacità N, k non filtrato e k filtrato intorno a  $Y_{\max 1,A}$ 

(= picco, indicato in grassetto)

Indice i [-]	Tempo [s]	Opacità N [%]	non filtrato Valore di k [m <sup>-1</sup> ]	filtrato Valore di k [m <sup>-1</sup> ]
~	~	~	~	~
259	1,726667	17,182000	0,438429	0,538856
260	1,733333	16,949000	0,431896	0,539423
261	1,740000	16,788000	0,427392	0,539936
262	1,746667	16,798000	0,427671	0,540396
263	1,753333	16,788000	0,427392	0,540805
264	1,760000	16,798000	0,427671	0,541163
265	1,766667	16,798000	0,427671	0,541473
266	1,773333	16,788000	0,427392	0,541735
267	1,780000	16,788000	0,427392	0,541951
268	1,786667	16,798000	0,427671	0,542123
269	1,793333	16,798000	0,427671	0,542251
270	1,800000	16,793000	0,427532	0,542337
271	1,806667	16,788000	0,427392	0,542383
272	1,813333	16,783000	0,427252	0,542389
273	1,820000	16,780000	0,427168	0,542357
274	1,826667	16,798000	0,427671	0,542288
275	1,833333	16,778000	0,427112	0,542183

Indice i [-]	Tempo [s]	Opacità N [%]	non filtrato Valore di k [m <sup>-1</sup> ]	filtrato Valore di k [m <sup>-1</sup> ]
276	1,840000	16,808000	0,427951	0,542043
277	1,846667	16,768000	0,426833	0,541870
278	1,853333	16,010000	0,405750	0,541662
279	1,860000	16,010000	0,405750	0,541418
280	1,866667	16,000000	0,405473	0,541136
281	1,873333	16,010000	0,405750	0,540819
282	1,880000	16,000000	0,405473	0,540466
283	1,886667	16,010000	0,405750	0,540080
284	1,893333	16,394000	0,416406	0,539663
285	1,900000	16,394000	0,416406	0,539216
286	1,906667	16,404000	0,416685	0,538744
287	1,913333	16,394000	0,416406	0,538245
288	1,920000	16,394000	0,416406	0,537722
289	1,926667	16,384000	0,416128	0,537175
290	1,933333	16,010000	0,405750	0,536604
291	1,940000	16,010000	0,405750	0,536009
292	1,946667	16,000000	0,405473	0,535389
293	1,953333	16,010000	0,405750	0,534745
294	1,960000	16,212000	0,411349	0,534079
295	1,966667	16,394000	0,416406	0,533394
296	1,973333	16,394000	0,416406	0,532691
297	1,980000	16,192000	0,410794	0,531971
298	1,986667	16,000000	0,405473	0,531233
299	1,993333	16,000000	0,405473	0,530477
300	2,000000	16,000000	0,405473	0,529704
~	~	~	~	~

### 3. PROVA ETC

#### 3.1. Emissioni gassose (motore diesel)

Si assumano i seguenti risultati di prova per un sistema PDP-CVS.

V <sub>0</sub>	(m <sup>3</sup> /giro)	0,1776
N <sub>p</sub>	(giri)	23 073
p <sub>B</sub>	(kPa)	98,0
p <sub>1</sub>	(kPa)	2,3
T	(K)	322,5
H <sub>a</sub>	(g/kg)	12,8
NO <sub>x conce</sub>	(ppm)	53,7
NO <sub>x concd</sub>	(ppm)	0,4
CO <sub>conce</sub>	(ppm)	38,9

CO <sub>concd</sub>	(ppm)	1,0
HC <sub>conce</sub>	(ppm) senza cutter	9,00
HC <sub>concd</sub>	(ppm) senza cutter	3,02
HC <sub>conce</sub>	(ppm) con cutter	1,20
HC <sub>concd</sub>	(ppm) con cutter	0,65
CO <sub>2,conce</sub>	(%)	0,723
W <sub>act</sub>	(kWh)	62,72

Calcolo del flusso di gas di scarico diluito (allegato 4, appendice 2, punto 4.1):

$$M_{\text{TOTW}} = 1,293 \times 0,1776 \times 23\,073 \times (98,0 - 2,3) \times 273 / (101,3 \times 322,5) \\ = 4\,237,2 \text{ kg}$$

Calcolo del fattore di correzione di NO<sub>x</sub> (allegato 4, appendice 2, punto 4.2)

$$K_{\text{H,D}} = \frac{1}{1 - 0,0182 \cdot (12,8 - 10,71)} = 1,039$$

Calcolo della concentrazione di NMHC con il metodo NMC (allegato 4, appendice 2, punto 4.3.1), assumendo un'efficienza riferita al metano pari a 0,04 e un'efficienza riferita all'etano pari a 0,98:

$$\text{NMHC}_{\text{conce}} = \frac{9,0 \times (1 - 0,04) - 1,2}{0,98 - 0,04} = 7,91 \text{ ppm}$$

$$\text{NMHC}_{\text{concd}} = \frac{3,02 \times (1 - 0,04) - 0,65}{0,98 - 0,04} = 2,39 \text{ ppm}$$

Calcolo delle concentrazioni con correzione del fondo (allegato 4, appendice 2, punto 4.3.1.1):

Assumendo un carburante diesel di composizione C<sub>1</sub>H<sub>1,8</sub>

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + (1,8 / 2) + (3,76 \cdot (1 + (1,8 / 4)))} = 13,6$$

$$\text{DF} = \frac{13,6}{0,723 + (9,00 + 38,9) \cdot 10^{-4}} = 18,69$$

$$\text{NO}_{x \text{ conc}} = 53,7 - 0,4 \cdot (1 - (1 / 18,69)) = 53,3 \text{ ppm}$$

$$\text{CO}_{\text{conc}} = 38,9 - 1,0 \cdot (1 - (1 / 18,69)) = 37,9 \text{ ppm}$$

$$\text{HC}_{\text{conc}} = 9,00 - 3,02 \cdot (1 - (1 / 18,69)) = 6,14 \text{ ppm}$$

$$\text{NMHC}_{\text{conc}} = 7,91 - 2,39 \cdot (1 - (1 / 18,69)) = 5,65 \text{ ppm}$$

Calcolo del flusso massico delle emissioni (allegato 4, appendice 2, punto 4.3.1):

$$\text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \cdot 53,3 \cdot 1,039 \cdot 4\,237,2 = 372,391 \text{ g}$$

$$\text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \cdot 37,9 \cdot 4\,237,2 = 155,129 \text{ g}$$

$$\text{HC}_{\text{mass}} = 0,000479 \cdot 6,14 \cdot 4\,237,2 = 12,462 \text{ g}$$

$$\text{NMHC}_{\text{mass}} = 0,000479 \cdot 5,65 \cdot 4\,237,2 = 11,467 \text{ g}$$

Calcolo delle emissioni specifiche (allegato 4, appendice 2, punto 4.4):

$$\overline{\text{NO}}_x = 372,391 / 62,72 = 5,94 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{CO}} = 155,129 / 62,72 = 2,47 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{HC}} = 12,462 / 62,72 = 0,199 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{NMHC}} = 11,467 / 62,72 = 0,183 \text{ g/kWh}$$

### 3.2. Emissioni di particolato (motore diesel)

Si assumano i seguenti risultati di prova per un sistema PDP-CVS con doppia diluizione

$M_{\text{TOTW}}$ (kg)	4 237,2
$M_{\text{f,p}}$ (mg)	3,030
$M_{\text{f,b}}$ (mg)	0,044
$M_{\text{TOT}}$ (kg)	2,159
$M_{\text{SEC}}$ (kg)	0,909
$M_{\text{d}}$ (mg)	0,341
$M_{\text{DIL}}$ (kg)	1,245
DF	18,69
$W_{\text{act}}$ (kWh)	62,72

Calcolo delle emissioni massiche (allegato 4, appendice 2, punto 5.1):

$$M_{\text{f}} = 3,030 + 0,044 = 3,074 \text{ mg}$$

$$M_{\text{SAM}} = 2,159 - 0,909 = 1,250 \text{ kg}$$

$$PT_{\text{mass}} = \frac{3,074}{1,250} \times \frac{4\ 237,2}{1\ 000} = 10,42\text{g}$$

Calcolo delle emissioni massiche con correzione del fondo (allegato 4, appendice 2, punto 5.1):

$$PT_{\text{mass}} = \left[ \frac{3,074}{1,250} - \left( \frac{0,341}{1,245} \times \left( 1 - \frac{1}{18,69} \right) \right) \right] \times \frac{4\ 237,2}{1\ 000} = 9,32 \text{ g}$$

Calcolo delle emissioni specifiche (allegato 4, appendice 2, punto 5.2):

$$\overline{\text{NO}}_x = 372,391 / 62,72 = 5,94 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{CO}} = 155,129 / 62,72 = 2,47 \text{ g/kWh}$$

$$\overline{\text{HC}} = 12,462 / 62,72 = 0,199 \text{ g/kWh}$$

### 3.3. Emissioni gassose (motore a GN)

Si assumano i seguenti risultati di prova per un sistema PDP-CVS

$M_{\text{TOTW}}$ (kg)	4 237,2
$H_{\text{a}}$ (g/kg)	12,8
$\text{NO}_x_{\text{conce}}$ (ppm)	17,2
$\text{NO}_x_{\text{concd}}$ (ppm)	0,4
$\text{CO}_{\text{conce}}$ (ppm)	44,3
$\text{CO}_{\text{concd}}$ (ppm)	1,0
$\text{HC}_{\text{conce}}$ (ppm) senza cutter	27,0

HC <sub>concd</sub>	(ppm) senza cutter	2,02
HC <sub>conce</sub>	(ppm) senza cutter	18,0
HC <sub>concd</sub>	(ppm) con cutter	0,65
CH <sub>4</sub> conce	(ppm)	18,0
CH <sub>4</sub> concd	(ppm)	1,1
CO <sub>2,conce</sub>	(%)	0,723
W <sub>act</sub>	(kWh)	62,72

Calcolo del fattore di correzione di NO<sub>x</sub> (allegato 4, appendice 2, punto 4.2):

$$K_{H,G} = \frac{1}{1 - 0,0329 \times (12,8 - 10,71)} = 1,074$$

Calcolo della concentrazione di NMHC (allegato 4, appendice 2, punto 4.3.1):

a) metodo GC

$$NMHC_{conce} = 27,0 - 18,0 = 9,0 \text{ ppm}$$

b) metodo NMC

Assumendo un'efficienza riferita al metano pari a 0,04 e un'efficienza riferita all'etano pari a 0,98 (cfr. allegato 4, appendice 5, punto 1.8.4)

$$NMHC_{conce} = \frac{27,0 \cdot (1 - 0,04) - 18,0}{0,98 - 0,04} = 8,4 \text{ ppm}$$

$$NMHC_{concd} = \frac{2,02 \cdot (1 - 0,04) - 0,65}{0,98 - 0,04} = 1,37 \text{ ppm}$$

Calcolo delle concentrazioni con correzione del fondo (allegato 4, appendice 2, punto 4.3.1.1):

Assumendo un carburante 100 % metano di composizione C<sub>1</sub>H<sub>4</sub>

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + (4/2) + (3,76 \times (1 + (4/4)))} = 9,5$$

$$DF = \frac{9,5}{0,723 + (27,0 + 44,3) \cdot 10^{-4}} = 13,01$$

Per gli NMHC con il metodo GC, la concentrazione di fondo è la differenza tra HC<sub>concd</sub> e CH<sub>4</sub> concd

$$\begin{aligned} NO_{x\ conc} &= 17,2 - 0,4 \cdot (1 - (1/13,01)) = 16,8 \text{ ppm} \\ CO_{conc} &= 44,3 - 1,0 \cdot (1 - (1/13,01)) = 43,4 \text{ ppm} \\ NMHC_{conc} &= 8,4 - 1,37 \cdot (1 - (1/13,01)) = 7,13 \text{ ppm} \quad (\text{metodo NMC}) \\ NMHC_{conc} &= 9,0 - 0,92 \cdot (1 - (1/13,01)) = 8,15 \text{ ppm} \quad (\text{metodo GC}) \\ CH_{4\ conc} &= 18,0 - 1,1 \cdot (1 - (1/13,01)) = 17,0 \text{ ppm} \quad (\text{metodo GC}) \end{aligned}$$

Calcolo del flusso massico delle emissioni (allegato 4, appendice 2, punto 4.3.1):

$$\begin{aligned} NO_{x\ mass} &= 0,001587 \cdot 16,8 \cdot 1,074 \cdot 4\ 237,2 = 121,330 \text{ g} \\ CO_{mass} &= 0,000966 \cdot 43,4 \cdot 4\ 237,2 = 177,642 \text{ g} \\ NMHC_{mass} &= 0,000516 \cdot 7,13 \cdot 4\ 237,2 = 15,589 \text{ g} \quad (\text{metodo NMC}) \\ NMHC_{mass} &= 0,000516 \cdot 8,15 \cdot 4\ 237,2 = 17,819 \text{ g} \quad (\text{metodo GC}) \\ CH_{4\ mass} &= 0,000552 \cdot 17,0 \cdot 4\ 237,2 = 39,762 \text{ g} \quad (\text{metodo GC}) \end{aligned}$$

Calcolo delle emissioni specifiche (allegato 4, appendice 2, punto 4.4):

$\overline{\text{NO}}_x$	= 121,330 / 62,72	= 1,93 g/kWh	
$\overline{\text{CO}}$	= 177,642 / 62,72	= 2,83 g/kWh	
$\overline{\text{NMHC}}$	= 15,589 / 62,72	= 0,249 g/kWh	(metodo NMC)
$\overline{\text{NMHC}}$	= 17,819 / 62,72	= 0,284 g/kWh	(metodo GC)
$\overline{\text{CH}}_4$	= 39,762 / 62,72	= 0,634 g/kWh	(metodo GC)

#### 4. FATTORE DI SPOSTAMENTO $\lambda$ ( $S_\lambda$ )

##### 4.1. Calcolo del fattore di spostamento $\lambda$ ( $S_\lambda$ ) <sup>(1)</sup>

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert \%}}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{\text{O}_2^*}{100}}$$

dove:

$S_\lambda$  = fattore di spostamento  $\lambda$

inert % = % in volume di gas inerti nel carburante (cioè  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , He, ecc.)

$\text{O}_2^*$  = % in volume dell'ossigeno originale nel carburante

n e m = sono riferiti al  $\text{C}_n\text{H}_m$  medio rappresentativo degli idrocarburi del carburante, cioè

$$n = \frac{1 \times \left[\frac{\text{CH}_4 \%}{100}\right] + 2 \times \left[\frac{\text{C}_2 \%}{100}\right] + 3 \times \left[\frac{\text{C}_3 \%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{\text{C}_4 \%}{100}\right] + 5 \times \left[\frac{\text{C}_5 \%}{100}\right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent \%}}{100}}$$

$$m = \frac{4 \times \left[\frac{\text{CH}_4 \%}{100}\right] + 4 \times \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_4 \%}{100}\right] + 6 \times \left[\frac{\text{C}_2\text{H}_6 \%}{100}\right] + 8 \times \left[\frac{\text{C}_3\text{H}_8 \%}{100}\right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent \%}}{100}}$$

dove:

$\text{CH}_4$  = % in volume di metano nel carburante

$\text{C}_2$  = % in volume di tutti gli idrocarburi  $\text{C}_2$  (per es.  $\text{C}_2\text{H}_6$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , ecc.) nel carburante;

$\text{C}_3$  = % in volume di tutti gli idrocarburi  $\text{C}_3$  (per es.  $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_3\text{H}_6$ , ecc.) nel carburante;

$\text{C}_4$  = % in volume di tutti gli idrocarburi  $\text{C}_4$  (per es.  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ,  $\text{C}_4\text{H}_8$ , ecc.) nel carburante;

$\text{C}_5$  = % in volume di tutti gli idrocarburi  $\text{C}_5$  (per es.  $\text{C}_5\text{H}_{12}$ ,  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ , ecc.) nel carburante;

diluent = % in volume di gas di diluizione nel carburante (per es.  $\text{O}_2^*$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , He, ecc.).

<sup>(1)</sup> 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» (pagine 68-72).

4.2. Esempio del calcolo del fattore di spostamento  $\lambda S_\lambda$ :Esempio 1: G<sub>25</sub>: CH<sub>4</sub> = 86 %, N<sub>2</sub> = 14 % (in volume)

$$n = \frac{1 \times \left[ \frac{\text{CH}_4 \%}{100} \right] + 2 \times \left[ \frac{\text{C}_2 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} = \frac{1 \times 0,86}{1 - \frac{14}{100}} = \frac{0,86}{0,86} = 1$$

$$m = \frac{4 \times \left[ \frac{\text{CH}_4 \%}{100} \right] + 4 \times \left[ \frac{\text{C}_2\text{H}_4 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} = \frac{4 \times 0,86}{0,86} = 4$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{\text{O}_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{14}{100}\right) \times \left(1 + \frac{4}{4}\right)} = 1,16$$

Esempio 2: GR: CH<sub>4</sub> = 87 %, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> = 13 % (in volume)

$$n = \frac{1 \times \left[ \frac{\text{CH}_4 \%}{100} \right] + 2 \times \left[ \frac{\text{C}_2 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} = \frac{1 \times 0,87 + 2 \times 0,13}{1 - \frac{0}{100}} = \frac{1,13}{1} = 1,13$$

$$m = \frac{4 \times \left[ \frac{\text{CH}_4 \%}{100} \right] + 6 \times \left[ \frac{\text{C}_2\text{H}_6 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} = \frac{4 \times 0,87 + 6 \times 0,13}{1} = 4,26$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{\text{O}_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{0}{100}\right) \times \left(1,13 + \frac{4,26}{4}\right)} = 0,911$$

Esempio 3: USA: CH<sub>4</sub> = 89 %, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> = 4,5 %, C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> = 2,3 %, C<sub>6</sub>H<sub>14</sub> = 0,2 %, O<sub>2</sub> = 0,6 %, N<sub>2</sub> = 4 %

$$n = \frac{1 \times \left[ \frac{\text{CH}_4 \%}{100} \right] + 2 \times \left[ \frac{\text{C}_2 \%}{100} \right] + \dots}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} = \frac{1 \times 0,89 + 2 \times 0,045 + 3 \times 0,023 + 4 \times 0,002}{1 - \frac{(0,64 + 4)}{100}} = 1,11$$

$$m = \frac{4 \times \left[ \frac{\text{CH}_4 \%}{100} \right] + 4 \times \left[ \frac{\text{C}_2\text{H}_4 \%}{100} \right] + 6 \times \left[ \frac{\text{C}_2\text{H}_6 \%}{100} \right] + \dots + 8 \times \left[ \frac{\text{C}_3\text{H}_8 \%}{100} \right]}{1 - \frac{\text{diluent}\%}{100}} =$$

$$= \frac{4 \times 0,89 + 4 \times 0,045 + 8 \times 0,023 + 14 \times 0,002}{1 - \frac{0,6 + 4}{100}} = 4,24$$

$$S_\lambda = \frac{2}{\left(1 - \frac{\text{inert}\%}{100}\right) \left(n + \frac{m}{4}\right) - \frac{\text{O}_2^*}{100}} = \frac{2}{\left(1 - \frac{4}{100}\right) \times \left(1,11 + \frac{4,24}{4}\right) - \frac{0,6}{100}} = 0,96$$

## ALLEGATO 9

## REQUISITI TECNICI SPECIFICI RELATIVI AI MOTORI DIESEL ALIMENTATI A ETANOLO

Nel caso dei motori diesel a etanolo, ai procedimenti di prova di cui all'allegato 4 del presente regolamento devono essere applicate le seguenti modifiche specifiche dei punti, delle equazioni e dei fattori appropriati.

**Nell'allegato 4, appendice 1****4.2. Correzione secco/umido**

$$F_{FH} = \frac{1,877}{\left(1 + 2,577 \cdot \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRW}}\right)}$$

**4.3. Correzione del valore di NO<sub>x</sub> in funzione dell'umidità e della temperatura**

$$K_{H,D} = \frac{1}{1 + A \cdot (H_a - 10,71) + B \cdot (T_a - 298)}$$

in cui:

$$A = 0,181 \cdot G_{FUEL}/G_{AIRD} - 0,0266$$

$$B = -0,123 \cdot G_{FUEL}/G_{AIRD} + 0,00954$$

$$T_a = \text{temperatura dell'aria, K}$$

$$H_a = \text{umidità dell'aria di aspirazione, g di acqua per kg di aria secca}$$

**4.4. Calcolo delle portate massiche di emissione**

Le portate massiche di emissione (g/h) per ciascuna modalità si calcolano come segue, assumendo per la densità del gas di scarico un valore di 1 272 kg/m<sup>3</sup> a 273 K (0 °C) e 101,3 kPa:

$$1) \text{ NO}_{x \text{ mass}} = 0,001613 \cdot \text{NO}_{x \text{ conc}} \cdot K_{H,D} \cdot G_{EXHW}$$

$$2) \text{ CO}_{\text{mass}} = 0,000982 \cdot \text{CO}_{\text{conc}} \cdot G_{EXHW}$$

$$3) \text{ HC}_{\text{mass}} = 0,000809 \cdot \text{HC}_{\text{conc}} \cdot K_{H,D} \cdot G_{EXHW}$$

dove NO<sub>x conc</sub>, CO<sub>conc</sub>, HC<sub>conc</sub> (¹) sono le concentrazioni medie (ppm) nel gas di scarico grezzo, determinate secondo il punto 4.1.

Se, in alternativa, le emissioni gassose vengono determinate con un sistema di diluizione a flusso totale, si applicano le formule seguenti:

$$1) \text{ NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \cdot \text{NO}_{x \text{ conc}} \cdot K_{H,D} \cdot G_{TOTW}$$

$$2) \text{ CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \cdot \text{CO}_{\text{conc}} \cdot G_{TOTW}$$

$$3) \text{ HC}_{\text{mass}} = 0,000795 \cdot \text{HC}_{\text{conc}} \cdot G_{TOTW}$$

dove NO<sub>x conc</sub>, CO<sub>conc</sub>, HC<sub>conc</sub> (¹) sono le concentrazioni medie con correzione del fondo (ppm) per ciascuna modalità nel gas di scarico diluito, determinate secondo l'allegato 4, appendice 2, punto 4.3.1.1.

**Nell'allegato 4, appendice 2**

I punti 3.1, 3.4, 3.8.3 e 5 dell'appendice 2 non si applicano solo ai motori diesel, ma anche ai motori diesel alimentati con etanolo.

(¹) Su base C1 equivalente.

- 4.2. Le condizioni della prova devono essere predisposte in modo che la temperatura e l'umidità dell'aria misurate all'aspirazione del motore siano regolate per le condizioni normali durante lo svolgimento della prova. Il valore normale deve essere  $6 \pm 0,5$  g di acqua per kg di aria secca ad un intervallo di temperatura di  $298 \pm 3$  K. Entro questi limiti, non è necessaria un'ulteriore correzione di  $\text{NO}_x$ . La prova è nulla se queste condizioni non sono soddisfatte.

#### 4.3. Calcolo del flusso massico delle emissioni

##### 4.3.1. Sistemi a flusso massico costante

Per sistemi con scambiatore di calore, la massa degli inquinanti (g/prova) viene determinata con le equazioni seguenti:

- 1)  $\text{NO}_{x \text{ mass}} = 0,001587 \cdot \text{NO}_{x \text{ conc}} \cdot K_{\text{H,D}} \cdot M_{\text{TOTW}}$  (motori a etanolo)
- 2)  $\text{CO}_{\text{mass}} = 0,000966 \cdot \text{CO}_{\text{conc}} \cdot M_{\text{TOTW}}$  (motori a etanolo)
- 3)  $\text{HC}_{\text{mass}} = 0,000794 \cdot \text{HC}_{\text{conc}} \cdot M_{\text{TOTW}}$  (motori a etanolo)

dove:

$\text{NO}_{x \text{ conc}}$ ,  $\text{CO}_{\text{conc}}$ ,  $\text{HC}_{\text{conc}}$  (<sup>1</sup>),  $\text{NMHC}_{\text{conc}}$  = concentrazioni medie con correzione del fondo ricavate nell'arco del ciclo mediante integrazione (metodo obbligatorio per  $\text{NO}_x$  e HC) o misura in sacchetto, ppm.

$M_{\text{TOTW}}$  = massa totale del gas di scarico diluito su tutto il ciclo come determinata al punto 4.1, kg.

##### 4.3.1.1. Determinazione delle concentrazioni con correzione del fondo

La concentrazione di fondo media degli inquinanti gassosi nell'aria di diluizione deve essere sottratta alle concentrazioni misurate per ottenere le concentrazioni nette degli inquinanti. I valori medi delle concentrazioni di fondo possono essere determinati mediante il metodo del sacchetto di campionamento oppure mediante misurazione continua e integrazione. Usare la formula seguente.

$$\text{conc} = \text{conc}_e - \text{conc}_d \times (1 - (1/\text{DF}))$$

dove:

- $\text{conc}$  = concentrazione dell'inquinante nel gas di scarico diluito, corretta tenendo conto della quantità dello stesso inquinante contenuta nell'aria di diluizione, ppm
- $\text{conc}_e$  = concentrazione dell'inquinante misurata nel gas di scarico diluito, ppm
- $\text{conc}_d$  = concentrazione dell'inquinante misurata nell'aria di diluizione, ppm
- $\text{DF}$  = fattore di diluizione

Il fattore di diluizione si calcola nel modo seguente:

$$\text{DF} = \frac{F_s}{\text{CO}_{2,\text{conce}} + (\text{HC}_{\text{conce}} + \text{CO}_{\text{conce}}) \times 10^{-4}}$$

dove:

- $\text{CO}_{2,\text{conce}}$  = concentrazione di  $\text{CO}_2$  nel gas di scarico diluito, % vol
- $\text{HC}_{\text{conce}}$  = concentrazione di HC nel gas di scarico diluito, ppm C1
- $\text{CO}_{\text{conce}}$  = concentrazione di CO nel gas di scarico diluito, ppm
- $F_s$  = fattore stechiometrico

Le concentrazioni misurate su secco devono essere convertite nel valore su umido conformemente all'allegato 4, appendice 1, punto 4.2.

(<sup>1</sup>) Su base C1 equivalente.

Il fattore stechiometrico per la composizione del carburante generale  $\text{CH}_a\text{O}_b\text{N}_y$  si calcola nel modo seguente:

$$F_s = 100 \cdot \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + 3,76 \cdot \left(1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\beta}{2}\right) + \frac{y}{2}}$$

In alternativa, se la composizione del carburante non è nota, si può usare il fattore stechiometrico seguente:

$$F_s (\text{etanolo}) = 12,3$$

#### 4.3.2. Sistemi con compensazione del flusso

Per sistemi senza scambiatore di calore, la massa degli inquinanti (g/prova) deve essere determinata calcolando le emissioni massiche istantanee e integrando i valori istantanei nell'arco del ciclo. La correzione del fondo deve essere applicata direttamente al valore di concentrazione istantaneo. Si applicano le formule seguenti:

$$\begin{aligned} 1) \quad \text{NO}_{x \text{ mass}} &= \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \cdot \text{NO}_{x \text{ conce},i} \cdot 0,001587) - (M_{\text{TOTW}} \cdot \text{NO}_{x \text{ concd}} \cdot (1 - 1/\text{DF}) \cdot 0,001587) \\ 2) \quad \text{CO}_{\text{mass}} &= \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \cdot \text{CO}_{\text{conce},i} \cdot 0,000966) - (M_{\text{TOTW}} \cdot \text{CO}_{\text{concd}} \cdot (1 - 1/\text{DF}) \cdot 0,000966) \\ 3) \quad \text{HC}_{\text{mass}} &= \sum_{i=1}^n (M_{\text{TOTW},i} \cdot \text{HC}_{\text{conce},i} \cdot 0,000479) - (M_{\text{TOTW}} \cdot \text{HC}_{\text{concd}} \cdot (1 - 1/\text{DF}) \cdot 0,000479) \end{aligned}$$

dove:

- $\text{conc}_e$  = concentrazione dell'inquinante misurata nel gas di scarico diluito, ppm
- $\text{conc}_d$  = concentrazione dell'inquinante misurata nell'aria di diluizione, ppm
- $M_{\text{TOTW},i}$  = massa istantanea del gas di scarico diluito (cfr. punto 4.1), kg
- $M_{\text{TOTW}}$  = massa totale di gas di scarico diluito nell'arco del ciclo (cfr. punto 4.1), kg
- DF = fattore di diluizione determinato conformemente al punto 4.3.1.1.

#### 4.4. Calcolo delle emissioni specifiche

Calcolare le emissioni (g/kWh) per tutti i singoli componenti nel modo seguente:

$$\overline{\text{NO}}_x = \text{NO}_{x \text{ mass}} / W_{\text{act}}$$

$$\overline{\text{CO}} = \text{CO}_{\text{mass}} / W_{\text{act}}$$

$$\overline{\text{HC}} = \text{HC}_{\text{mass}} / W_{\text{act}}$$

dove:

$W_{\text{act}}$  = lavoro nel ciclo effettivo determinato conformemente al punto 3.9.2, kWh