

Allegato I

Campo di applicazione, definizioni, simboli e abbreviazioni, marcatura del motore, specifiche e prove, conformità della produzione, parametri per la definizione della famiglia, scelta del motore capostipite

1. CAMPO DI APPLICAZIONE

La direttiva si applica ai motori destinati ad essere montati sulle macchine mobili non stradali.

Essa non si applica ai motori che azionano:

- i veicoli definiti nella direttiva 70/156/CEE (*a*), e della direttiva 92/61/CEE (*b*),
- i trattori agricoli definiti nella direttiva 74/150/CEE (*c*).

Per rientrare nel campo d'applicazione della presente direttiva, i motori devono inoltre essere montati su macchine conformi ai seguenti requisiti specifici:

A. macchine destinate o idonee a far muovere, o a essere mosse, su terreno con o senza strada, con un motore ad accensione per compressione avente una potenza netta conformemente al punto 2.4, compresa tra 18 kW e 560 kW (*d*), e che funzionano a velocità intermittente più che ad una sola velocità costante.

Sono compresi in questa definizione i motori delle seguenti macchine (elenco non limitativo):

- impianti industriali di perforazione, compressori, ecc,
- macchine da cantiere, comprendenti pale caricatrici ed apripista a ruote, trattori e pale caricatrici cingolati, caricatori su autocarro, autocarri fuoristrada, escavatori idraulici, ecc.,
- macchine agricole e motocoltivatori,
- macchine forestali,
- macchine agricole semoventi (esclusi i trattori sopra definiti),
- apparecchiature per la movimentazione dei materiali,
- elevatori a forza semoventi,
- macchine per la manutenzione stradale semoventi (motolivellatrici, rulli compressori, asfaltatrici),
- spazzaneve,
- attrezzature di supporto aeroportuali,
- piattaforme elevabili,
- autogru.

La presente direttiva non si applica ai seguenti veicoli:

- B. navi
- C. locomotive ferroviarie
- D. aeromobili
- E. gruppi elettrogeni

(*a*) G.U.C.E. 23 febbraio 1970, n. L 42. Direttiva modificata da ultimo dalla direttiva 93/81/CEE (G.U.C.E. 23 ottobre 1993, n. L 264).

(*b*) G.U.C.E. 10 agosto 1992, n. L 225.

(*c*) G.U.C.E. 28 marzo 1974, n. L 84. Direttiva modificata da ultimo dalla direttiva 88/297/CEE (G.U.C.E. 20 maggio 1988, n. L 126).

(*d*) L'omologazione concessa in base al regolamento n. 49 della Commissione economica per l'Europa, serie di modifiche 02, corrigenda 1/2 è considerata equivalente all'omologazione concessa in base alla direttiva 88/77/CEE (cfr. direttiva 92/53/CEE, allegato IV, parte II).

2. DEFINIZIONI, SIMBOLI E ABBREVIAZIONI

Ai fini della presente direttiva, si intendono per:

- 2.1.** motore ad accensione per compressione, un motore che funziona secondo il principio dell'accensione per compressione (per esempio il motore diesel);
- 2.2.** inquinanti gassosi, il monossido di carbonio, gli idrocarburi (considerando un rapporto $C_1:H_{1,85}$) e gli ossidi di azoto espressi in biossido di azoto (NO_2) equivalente;
- 2.3.** particolato inquinante, qualsiasi materiale raccolto mediante determinati filtri dopo aver diluito i gas di scarico del motore ad accensione per compressione con aria filtrata pulita ad una temperatura massima di 52 °C (325 K);
- 2.4.** potenza netta, la potenza in "kW CEE" ottenuta al banco di prova all'estremità dell'albero a gomiti, o al suo equivalente, misurata secondo il metodo CEE per la misura della potenza dei motori a combustione interna per i veicoli stradali stabilito dalla direttiva 80/1269/CEE (**a**), esclusa la potenza assorbita dalla ventola di raffreddamento del motore (**b**); la prova viene eseguita nelle condizioni e con il carburante di riferimento specificati nella presente direttiva;

(a) G.U.C.E. 31 dicembre 1980, n. L 375. Direttiva modificata da ultimo dalla direttiva 89/49/CEE (G.U.C.E. 15 agosto 1989, n. L 238).

(b) Ciò significa che, contrariamente a quanto disposto al punto 5.1.1.1 dell'allegato I della direttiva 80/1269/CEE, la ventola di raffreddamento del motore non deve essere montata durante la prova di controllo della potenza netta, se invece il costruttore esegue la prova con la ventola montata sul motore, alla potenza così misurata va aggiunta la potenza assorbita dalla ventola stessa.

2.5. regime nominale, la velocità massima di rotazione a pieno carico ammessa dal regolatore, specificata dal costruttore;

2.6. carico percentuale, la frazione della coppia massima disponibile ad una data velocità del motore;

2.7. regime di coppia massima, la velocità del motore alla quale si ottiene dal motore la coppia massima, specificata dal costruttore;

2.8. regime intermedio, la velocità del motore che soddisfa uno dei seguenti requisiti:

- per motori progettati per funzionare a varie velocità lungo una curva di coppia a pieno carico, il regime intermedio è il regime di coppia massima dichiarato se questo è compreso tra il 60% e il 75% del regime nominale;
- se il regime di coppia massima è minore del 60% del regime nominale, il regime intermedio è il 60% del regime nominale;
- se il regime di coppia massima dichiarato è maggiore del 75% del regime nominale, il regime intermedio è il 75% del regime nominale.

2.9. Simboli e abbreviazioni

2.9.1. Simboli per i parametri di prova

Simbolo	Unità	Termine
A_p	m^2	Sezione trasversale della sonda di campionamento isocinetico

A_t	m^2	Sezione trasversale del condotto di scarico
aver		Valori medi ponderati per:
	m^3/h	- portata volumetrica
	kg/h	- portata massica
C1	-	Idrocarburo a 1 carbonio equivalente
conc	ppm Vol%	Concentrazione (col suffisso del componente qualificante)
conc _e	ppm Vol%	Concentrazione depurata del fondo
conc _d	ppm Vol%	Concentrazione dell'aria di diluizione
DF	-	Fattore di diluizione
f_a	-	Fattore atmosferico di laboratorio
F_{FH}	-	Fattore specifico del carburante utilizzato per i calcoli delle concentrazioni a umido dal rapporto delle concentrazioni di idrogeno su carbonio a secco
G_{AIRW}	kg/h	Portata massica dell'aria aspirata su umido
G_{AIRD}	kg/h	Portata massica dell'aria aspirata sul secco
G_{DILW}	kg/h	Portata massica dell'aria di diluizione su umido
G_{EDFW}	kg/h	Portata massica del gas di scarico diluito equivalente su umido
G_{EXHW}	kg/h	Portata massica del gas di scarico su umido
G_{FUEL}	kg/h	Portata massica di carburante
G_{TOTW}	kg/h	Portata massica del gas di scarico diluito su umido
H_{REF}	g/kg	Valore di riferimento dell'umidità assoluta 10,71 g/kg per il calcolo dei fattori di correzione di NO _x e particolato per l'umidità
H_a	g/kg	Umidità assoluta dell'aria aspirata
H_d	g/kg	Umidità assoluta dell'aria di respirazione
i	-	Pedice indicante una singola modalità
K_h	-	Fattore di correzione dell'umidità per NO _x
K_p	-	Fattore di correzione dell'umidità per il particolato
$K_{w,a}$	-	Fattore di correzione da secco a umido per l'aria aspirata
$K_{w,d}$	-	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 tal quale
L	%	Coppia percentuale riferita alla coppia massima per la velocità di prova

mass	g/h	Pedice che denota la portata di massa delle emissioni
M _{DIL}	kg	Massa del campione di aria di diluizione passata attraverso i filtri di campionamento del particolato
M _{SAM}	kg	Massa del campione di scappamento diluito passata attraverso i filtri di campionamento del particolato
M _d	mg	Massa del campione di particolato dell'aria di diluizione raccolta
M _f	mg	Massa del campione di particolato raccolto
P _a	kPa	Pressione di vapore di saturazione dell'aria di aspirazione del vapore (ISO 3046; P _{sy} =PSY ambiente di prova)
P _B	kPa	Presione barometrica totale (ISO 3046: P _x = PX pressione totale ambiente industriale P _y = PY pressione totale ambiente di prova)
P _d	kPa	Pressione di saturazione del vapore nell'aria di diluizione
P _s	kPa	Pressione atmosferica a secco
P	kW	Potenza al freno non corretta
P _{AE}	kW	Potenza totale dichiarata assorbita dagli impianti ausiliari applicati per la prova ma non prescritti al punto 2.4 del presente allegato
P _M	kW	Potenza massima misurata alla velocità di prova nelle condizioni di prova (vedi allegato VI, appendice 1)
P _m	kW	Potenza misurata con le differenti modalità di prova
q	-	Rapporto di diluizione
r	-	Rapporto tra le sezioni trasversali della sonda isocinetica e del condotto di scarico
R _a	%	Umidità relativa dell'aria aspirata
R _d	%	Umidità relativa dell'aria di diluizione
R _f	-	Fattore di risposta del FID
S	kW	Regolazione del dinamometro
T _a	K	Temperatura assoluta dell'aria aspirata
T _D	K	Temperatura assoluta del punto di rugiada
T _{ref}	K	Temperatura di riferimento (dell'aria di combustione: 298 K)
V _{AIRD}	m ³ /h	Portata dell'aria aspirata, sul secco
V _{AIRW}	m ³ /h	Portata dell'aria aspirata, su umido
V _{DIL}	m ³	Volume del campione di aria di diluizione passato attraverso i filtri di campionamento del particolato
V _{DILW}	m ³ /h	Portata volumetrica dell'aria di diluizione, su umido
V _{EDFW}	m ³ /h	Portata volumetrica del gas di scarico diluito equivalente, su umido
V _{EXHD}	m ³ /h	Portata volumetrica del gas di scarico, sul secco

V _{EXHW}	m ³ /h	Portata volumetrica del gas di scarico, su umido
V _{SAM}	m ³	Volume del campione passato attraverso i filtri del campionamento del particolato
V _{TOTW}	m ³ /h	Portata volumetrica del gas di scarico diluito, su umido
WF	-	Fattore di ponderazione
V _{FE}	-	Fattore di ponderazione efficace

2.9.2 Simboli dei componenti chimici

CO	Monossido di carbonio
CO ₂	Biossido di carbonio
HC	Idrocarburi
NO _x	Ossidi d'azoto
NO	Ossido nitrico
NO ₂	Biossido d'azoto
O ₂	Ossigeno
C ₂ H ₆	Etano
PT	Particolato
DOP	Di-ottilftalato
CH ₄	Metano
C ₃ H ₈	Propano
H ₂ O	Acqua
PTFE	Politetrafluoroetilene

2.9.3. Abbreviazioni

FID	Rivelatore a ionizzazione di fiamma
HFID	Rivelatore a ionizzazione di fiamma riscaldato
NDIR	Analizzatore a infrarossi non dispersivo
CLD	Rivelatore a chemiluminescenza
HCLD	Rivelatore a chemiluminescenza riscaldato
PDP	Pompa volumetrica
CFV	Tubo di Venturi a portata critica

3. MARCATURE DEL MOTORE

3.1. Il motore omologato in quanto entità tecnica deve recare:

- 3.1.1.** il marchio di fabbrica o la ragione sociale del costruttore del motore;
- 3.1.2.** il tipo di motore, la famiglia di motori (se applicabile) e un numero di identificazione unico del motore;
- 3.1.3.** il numero di omologazione CE descritto nell'allegato VII.

3.2. Le marcature devono avere una durata pari alla vita utile del motore e devono essere chiaramente leggibili e indelebili. Se si utilizzano etichette o targhette, queste devono essere apposte in maniera tale che anche il fissaggio abbia una durata pari alla vita utile del motore e non devono poter essere rimosse senza essere distrutte o cancellate.

3.3. La marcatura deve essere apposta su una parte del motore necessaria per il normale funzionamento dello stesso e che non deve, in linea di massima, essere sostituita per tutta la vita del motore.

3.3.1. La marcatura deve trovarsi in una posizione facilmente visibile per una persona di altezza media dopo che il motore è stato completato con tutti i dispositivi ausiliari occorrenti per il suo funzionamento.

3.3.2. Ogni motore deve essere munito di una targhetta supplementare amovibile, in materiale durevole, recante tutti i dati specificati al punto 3.1. e, se necessario, collocata in modo tale che le marcature di cui al medesimo punto risultino facilmente visibili per una persona di altezza media e facilmente accessibili quando il motore è montato su una macchina.

3.4. La codifica dei motori nel contesto dei numeri di identificazione deve permettere la determinazione inequivocabile della sequenza di produzione.

3.5. Prima di uscire dalla linea di produzione, il motore deve recare tutte le marcature.

3.6. La posizione esatta delle marcature del motore deve essere dichiarata nell'allegato VI, parte 1.

4. SPECIFICHE E PROVE

4.1. Informazioni generali

Gli elementi che possono influire sull'emissione di inquinanti gassosi e di particolato devono essere progettati, costruiti e montati in modo che il motore, in condizioni normali d'uso e nonostante le vibrazioni alle quali può essere sottoposto, soddisfi le disposizioni della presente direttiva.

I provvedimenti tecnici presi dal costruttore devono garantire che le emissioni suddette siano effettivamente limitate in conformità con la presente direttiva, per la normale durata di vita del motore e nelle normali condizioni d'uso. Queste disposizioni sono considerate soddisfatte se sono soddisfatte rispettivamente le disposizioni dei punti 4.2.1, 4.2.3 e 5.3.2.1.

Se si utilizza un convertitore catalitico e/o una trappola del particolato, il costruttore deve dimostrare, mediante prove di durata, che possono essere eseguite dal costruttore stesso secondo buona pratica ingegneristica, e mediante corrispondente documentazione, che questi dispositivi di post-trattamento sono praticamente in grado di funzionare correttamente per tutta la durata della vita del motore. I documenti devono essere presentati in conformità con i requisiti del punto 5.2. e in particolare del punto 5.2.3. Una corrispondente garanzia deve essere assicurata al cliente. È ammessa la sostituzione programmata del dispositivo dopo un certo periodo di funzionamento del motore. Qualsiasi intervento di regolazione, riparazione, smontaggio, pulitura o sostituzione di componenti del motore o di sistemi, eseguito regolarmente allo scopo di evitare un funzionamento difettoso del motore nel contesto del dispositivo di post-trattamento, verrà effettuato solo nella misura tecnicamente necessaria per assicurare un corretto funzionamento del sistema di controllo

delle emissioni. Di conseguenza, i requisiti di manutenzione programmata devono essere inclusi nel manuale per l'utente e devono essere coperti dalle disposizioni di garanzia succitate e approvati prima della concessione dell'omologazione. Nella scheda informativa che figura nell'allegato II della presente direttiva deve essere incluso un estratto del manuale relativo alla manutenzione e alla sostituzione del dispositivo o dei dispositivi di trattamento e alle condizioni di garanzia.

4.2 Specifiche relative alle emissioni di inquinanti

Gli inquinanti gassosi e il particolato emessi dal motore sottoposto a prova devono essere misurati con i metodi descritti nell'allegato V.

Sono accettati altri sistemi o analizzatori, purché essi forniscano risultati equivalenti ai seguenti sistemi di riferimento:

- per le emissioni gassose misurate sullo scarico tal quale, il sistema illustrato nella figura 2 dell'allegato V;
- per le emissioni gassose misurate sullo scarico diluito di un sistema di diluizione a portata piena, il sistema illustrato nella figura 3 dell'allegato V;
- per le emissioni di particolato, il sistema di diluizione a portata piena funzionante con un filtro separato per ciascuna modalità oppure con il metodo del filtro singolo illustrato nella figura 13 dell'allegato V.

La determinazione dell'equivalenza del sistema deve essere basata su uno studio di correlazione su sette (o più) cicli di prova tra il sistema in considerazione e uno o più dei sistemi di riferimento di cui sopra.

Il criterio di equivalenza è definito come concordanza, nei limiti del $\pm 5\%$, tra le medie dei valori pesati delle emissioni del ciclo. Il ciclo da impiegare è quello indicato nell'allegato III, punto 3.6.1. Per introdurre un nuovo sistema nella direttiva, la determinazione dell'equivalenza deve essere basata sul calcolo di ripetibilità e riproducibilità descritto nella norma ISO 5725.

4.2.1. Le emissioni di monossido di carbonio, idrocarburi, ossido d'azoto e particolato non devono superare, per la fase I, i valori indicati nella tabella seguente:

Potenza netta (P) (kW)	Monossido di carbonio (CO) (g/kWh)	Idrocarburi (HC) (g/kWh)	Ossidi di azoto (NOx) (g/kWh)	Particolato (PT) (g/kWh)
$130 \leq P \leq 560$	5,0	1,3	9,2	0,54
$75 \leq P < 130$	5,0	1,3	9,2	0,70
$37 \leq P < 75$	6,5	1,3	9,2	0,85

4.2.2. I limiti di emissione di cui al punto 4.2.1 sono misurati all'uscita del motore e devono essere raggiunti prima di applicare un qualsiasi dispositivo di postrattamento dello scarico.

4.2.3. Le emissioni di monossido di carbonio, idrocarburi, ossidi d'azoto e particolato non devono superare, per la fase II, i valori indicati nella tabella seguente:

Potenza netta (P) (kW)	Monossido di carbonio (CO) (g/kWh)	Idrocarburi (HC) (g/kWh)	Ossidi di azoto (NOx) (g/kWh)	Particolato (PT) (g/kWh)
$130 \leq P \leq 560$	3,5	1,0	6,0	0,2
$75 \leq P < 130$	5,0	1,0	7,0 6,0	0,3

$37 \leq P < 75$	5,0	1,3	7,0	0,4
$18 \leq P < 37$	5,5	1,5	8,0	0,8

4.2.4. Nel caso in cui, come definito nel punto 6 in combinato disposto con l'allegato II, appendice 2, una famiglia di motori copra più di una fascia di potenza, i valori delle emissioni del motore capostipite (omologazione) e di tutti i tipi di motore che rientrano nella stessa famiglia devono essere conformi ai requisiti più severi della fascia di potenza superiore. Il richiedente può, per sua libera scelta, limitare la definizione delle famiglie di motori a singole fasce di potenza e richiedere la relativa omologazione.

4.3. Installazione sulle macchine mobili

L'installazione del motore sulla macchina mobile deve essere conforme alle limitazioni enunciate, nell'ambito dell'omologazione. Inoltre, devono essere sempre soddisfatte le seguenti caratteristiche in merito all'omologazione del motore:

4.3.1. la depressione all'aspirazione non deve superare quella specificata per il motore omologato nell'allegato II, appendice 1 o 3 rispettivamente;

4.3.2. la contropressione allo scarico non deve superare quella specificata per il motore omologato nell'allegato II, appendice 1 o 3 rispettivamente.

5. CONFORMITÀ DELLA PRODUZIONE

5.1. Per quanto riguarda la verifica dell'esistenza di disposizioni e procedure atte ad assicurare un controllo efficace della conformità della produzione prima di concedere l'omologazione, l'autorità che rilascia l'omologazione deve accettare anche la conformità del costruttore in base alla norma armonizzata EN 29002 (nel cui ambito ricadono i motori in oggetto) o ad una norma equivalente. Il costruttore deve fornire i dettagli della registrazione e impegnarsi ad informare l'autorità che rilascia l'omologazione di qualsiasi revisione della sua validità o del campo di applicazione. Per verificare la costante conformità coi requisiti del punto 4.2, devono essere eseguiti idonei controlli della produzione.

5.2. Il detentore dell'omologazione deve in particolare:

5.2.1. garantire l'esistenza di procedure efficaci di controllo della qualità del prodotto;

5.2.2. avere accesso alle apparecchiature di controllo necessarie per controllare la conformità con ciascun tipo omologato;

5.2.3. assicurare che i dati dei risultati delle prove siano registrati e che i documenti allegati rimangano a disposizione per un periodo di tempo che sarà determinato in accordo con l'autorità che rilascia l'omologazione.

5.2.4. analizzare i risultati di ciascun tipo di prova allo scopo di verificare e assicurare la stabilità delle caratteristiche del motore, tenendo conto delle variazioni del processo industriale di produzione;

5.2.5. assicurare che tutte le volte che un campionamento di motori o loro componenti rivela una non conformità con il tipo di prova considerato si eseguano un altro campionamento e un'altra prova. Devono essere attuati tutti i provvedimenti necessari per ristabilire la conformità della corrispondente produzione.

5.3. L'autorità competente che ha concesso l'omologazione può in qualunque momento verificare i metodi di controllo della conformità applicati a ciascuna unità di produzione.

5.3.1. Ad ogni ispezione, devono essere presentati all'ispettore i registri delle prove e il registro di

controllo della produzione.

5.3.2. Se il livello di qualità è insoddisfacente o se si ritiene necessario verificare la validità dei dati presentati in applicazione del punto 4.2., si adotta la seguente procedura:

5.3.2.1. un motore viene prelevato dalla serie e sottoposto alle prove descritte nell'allegato III. Le emissioni di ossido di carbonio, idrocarburi, ossidi d'azoto e particolato non devono superare rispettivamente i valori indicati nella tabella del punto 4.2.1., ottenuti nelle condizioni del punto 4.2.2, o nella tabella del punto 4.2.3.

5.3.2.2. se il motore prelevato non soddisfa i requisiti del punto 5.3.2.1., il costruttore può chiedere che vengano eseguite misurazioni su un campione di motori corrispondenti alla stessa specifica prelevati dalla serie e comprendente il motore prelevato inizialmente. Il costruttore fissa l'entità del campione in accordo con il servizio tecnico. I motori, tranne quello prelevato inizialmente, vengono sottoposti ad una prova. Per ciascun inquinante viene quindi determinata la media aritmetica (\bar{x}) dei risultati ottenuti sul campione. La produzione della serie sarà considerata conforme se è soddisfatta la seguente condizione:

$$\bar{x} + k \cdot S_t \leq L \quad (a)$$

dove:

L: è il valore limite stabilito nel punto 4.2.1/4.2.3 per ciascun inquinante considerato;

k: è un fattore statistico che dipende da n e che è dato dalla tabella seguente:

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k	0,973	0,613	0,489	0,421	0,376	0,342	0,317	0,296	0,279
n	11	12	13	14	15	16	17	18	19
k	0,265	0,253	0,242	0,233	0,224	0,216	0,210	0,203	0,198

$$\text{se } n \geq 20, \quad k = \frac{0,860}{\sqrt{n}}$$

5.3.3. L'autorità che rilascia l'omologazione o il servizio tecnico incaricato di verificare la conformità della produzione esegue prove su motori parzialmente o completamente rodati, secondo le specifiche del costruttore.

5.3.4. La frequenza normale delle ispezioni autorizzate dalle autorità competenti è di una all'anno. Se non sono soddisfatti i requisiti del punto 5.3.2, l'autorità competente deve assicurare che vengano intraprese tutte le azioni necessarie per ristabilire la conformità della produzione quanto più rapidamente possibile.

$$(a) \quad S_t^2 = \sum \frac{(x - \bar{x})^2}{n - 1} \quad \text{dove } x \text{ è qualsiasi dei singoli risultati ottenuti sul campione } n.$$

6. PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLA FAMIGLIA DI MOTORI

La famiglia di motori può essere definita in base a parametri fondamentali di progetto che devono essere comuni a tutti i motori della famiglia. In alcuni casi, l'interazione tra parametri è ammessa. È necessario tener conto anche di questi effetti per assicurare che all'interno di una famiglia di motori siano inclusi solo motori con caratteristiche simili di emissioni allo scarico.

Affinché due motori siano considerati appartenenti alla stessa famiglia di motori, devono avere in comune i seguenti parametri fondamentali:

6.1. Ciclo di combustione:

- 2 tempi
- 4 tempi

6.2. Fluido di raffreddamento:

- aria
- acqua
- olio

6.3. Cilindrata unitaria:

- i motori devono rientrare in una fascia totale di variazione del 15%
- numero dei cilindri per motori con dispositivo di post-trattamento

6.4. Metodo di aspirazione dell'aria:

- aspirazione naturale
- con sovralimentazione

6.5. Tipo/disegno della camera di combustione:

- pre-camera
- camera di turbolenza
- camera aperta

6.6. Valvole e luci: configurazione, dimensioni e numero:

- testata cilindri
- parete cilindri
- basamento motore

6.7. Sistema di alimentazione carburante:

- iniettore a pompa
- pompa in linea
- pompa distributore
- elemento singolo
- iniettore unitario

6.8. Caratteristiche varie:

- ricircolo dei gas di scarico
- iniezione d'acqua/emulsione
- iniezione d'aria
- sistema di raffreddamento della sovralimentazione

6.9. Post-trattamento dello scarico

- catalizzatore di ossidazione
- catalizzatore di riduzione
- reattore termico
- trappola del particolato

7. SCELTA DEL MOTORE CAPOSTIPITE

7.1 Il motore capostipite della famiglia deve essere selezionato in base al criterio principale della

quantità massima di carburante erogata per ogni corsa al regime dichiarato di coppia massima. Nel caso in cui due o più motori condividano questo criterio principale, il motore capostipite sarà 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 venga caratterizzato meglio provando un secondo motore. Pertanto, l'autorità omologante può selezionare 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.

7.2. 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.

Allegato II

SCHEMA INFORMATIVA N.

concernente l'omologazione e relativa ai provvedimenti contro l'emissione di inquinanti gassosi e di particolato prodotti dai motori a combustione interna destinati all'installazione su macchine mobili non stradali

(Direttiva 97/68/CE, modificata da ultimo dalla direttiva ../.../CE)

Capostipite del/Tipi di motore (a):

PARTE

1

DATI GENERALI

0.

Dati generali

0.1.

Marca denominazione commerciale):.....

0.2.

Tipo e designazione commerciale del motore/dei motori capostipite e (se applicabile) della famiglia di motori:
(a).....

0.3.

Codice di identificazione del tipo marcato dal costruttore sul motore/i:
.....

0.4.

Descrizione delle macchine azionate dal motore (b):.....
.....

0.5.

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

0.6.

Posizione, codifica e metodo di apposizione del numero di identificazione del motore:.....

0.7.

Posizione e metodo di apposizione del marchio di omologazione CE:....
.....

0.8. Indirizzo dello o degli stabilimenti di montaggio:
.....

(a) Cancellare la dicitura inutile.

(b) Definite nell'allegato I, parte 1 (ad es.: "a")

Allegati

- 1.1. Caratteristiche fondamentali del motore o dei motori capostipite (vedi appendice 1)
- 1.2. Caratteristiche fondamentali della famiglia di motori (vedi appendice 2)
- 1.3. Caratteristiche fondamentali dei tipi di motore appartenenti ad una famiglia (vedi appendice 3)
2. Caratteristiche delle parti correlate al motore della macchina mobile (se applicabile)
3. Fotografie del motore capostipite
4. Elenco degli altri eventuali allegati

Data e numero di pratica

Appendice 1

CARATTERISTICHE FONDAMENTALI DEL MOTORE (CAPOSTIPITE) (a)

1. DESCRIZIONE DEL MOTORE
 - 1.1. Costruttore:.....
 - 1.2. Codice assegnato al motore dal costruttore:.....
 - 1.3. Ciclo: quattro tempi/due tempi (**b**)
 - 1.4. Alesaggio:.....mm
 - 1.5. Corsa:.....mm
 - 1.6. Numero e disposizione dei cilindri:.....
 - 1.7. Cilindrata:.....cm³
 - 1.8. Regime nominale:.....giri/min
 - 1.9. Regime di coppia massima:.....giri/min
 - 1.10. Rapporto volumetrico di compressione
(c):.....
 - 1.11. Descrizione del sistema di combustione:.....
 - 1.12. Disegno(i) della camera di combustione e della testa del pistone:.....
 - 1.13. Sezione minima delle luci di aspirazione e di scarico:.....
.....
 - 1.14. Sistema di raffreddamento
 - 1.14.1. Liquido
 - 1.14.1.1. Natura del liquido:.....
 - 1.14.1.2. Pompa(e) di circolazione: si/no (**b**)

- 1.14.1.3. Caratteristiche o marca (marche) e tipo (i) (se del caso):.....
 - 1.14.1.4. Rapporto/i di trasmissione (se del caso):.....
 - 1.14.2. Ad aria
 - 1.14.2.1. Ventola: si/no (**a**)
 - 1.14.2.2. Caratteristiche o marca (marche) e tipo (i) (se del caso):.....
 - 1.14.2.3. Rapporto (i) di trasmissione (se del caso):.....
 - 1.15. Temperatura consentita dal costruttore
 - 1.15.1. Raffreddamento a liquido: temperatura massima all'uscita:.....K
 - 1.15.2. Raffreddamento ad aria: punto di riferimento:.....
Temperatura massima in corrispondenza del punto di riferimento:K
 - 1.15.3. Temperatura massima del refrigeratore intermedio di immissione all'uscita dell'aria dal compressore (se applicabile):K
 - 1.15.4. Temperatura massima dei gas di scarico nel punto del tubo o dei tubi di scarico adiacente alla flangia o alle flange d'uscita del collettore o dei collettori di scarico:.....K
 - 1.15.5. Temperatura del lubrificante: min.:.....K
Temperatura del lubrificante: max.:.....K
 - 1.16. Sovralimentatore: si/no (**b**)
 - 1.16.1. Marca:.....
 - 1.16.2. Tipo:.....
 - 1.16.3. Descrizione del sistema (ad esempio, pressione massima di sovralimentazione, eventuale presenza di valvola limitatrice della pressione di sovralimentazione):.....
 - 1.16.4. Refrigeratore intermedio: si/no (**a**)
 - 1.17. Sistema di aspirazione: depressione massima ammissibile all'aspirazione al regime nominale del motore e sotto carico del 100% :kPa
 - 1.18. Sistema di scarico: contropressione massima ammissibile allo scarico al regime nominale del motore sotto carico del 100%:.....kPa
2. DISPOSITIVI SUPPLEMENTARI CONTRO L'INQUINAMENTO (se presenti e se non sono trattati sotto altre voci)
- Descrizione e/o diagramma/i:

3. ALIMENTAZIONE DEL CARBURANTE

3.1. Pompa di alimentazione

Pressione (**c**) o diagramma
caratteristico:.....kPa

3.2. Sistema di iniezione

3.2.1. Pompa

3.2.1.1. Marca:.....

3.2.1.2. Tipo/i:.....

3.2.1.3. Mandata:...e...mm³(**c**) per corsa o ciclo a iniezione massima alla
velocità della pompa di:.....giri/min (nominali) e.....giri/min
(coppia massima) rispettivamente, o diagramma caratteristico.

Indicare il metodo utilizzato: su motore/su banco prova pompe (**b**)

3.2.1.4. Anticipo dell'iniezione

3.2.1.4.1. Curva dell'anticipo di iniezione
(**c**):.....

3.2.1.4.2. Fasatura (**c**):.....

3.2.2. Condotti di iniezione

3.2.2.1. Lunghezza:.....mm

3.2.2.2. Diametro interno:.....mm

3.2.3. Iniettore/i

3.2.3.1. Marca (marche):.....

3.2.3.2. Tipo/i:.....

3.2.3.3. Pressione di apertura (**c**) o diagramma
caratteristico:.....kPa

3.2.4. Regolatore

3.2.4.1. Marca (marche):.....

3.2.4.2. Tipo/i:.....

3.2.4.3. Regime d'inizio dell'interruzione a pieno carico
(**c**):.....giri/min

3.2.4.4. Regime massimo a vuoto
(**c**):.....giri/min

3.2.4.5. Regime al minimo
(**c**):.....giri/min

3.3. Sistema di avviamento al freddo

3.3.1. Marca (marche):.....

3.3.2. Tipo/i:.....

3.3.3. Descrizione:.....

4. DISTRIBUZIONE

4.1. Alzata massima e angoli di apertura e chiusura riferiti ai punti
morti o dati
equivalenti:.....

4.2. Intervalli di riferimento e/o di regolazione (*b*)

(*a*) Presentare per ciascun motore nel caso di più motori capostipite.

(*b*) Cancellare la dicitura inutile:

(*c*) Specificare la tolleranza.

Appendice 2

CARATTERISTICHE FONDAMENTALI DELLA FAMIGLIA DI MOTORI

1. PARAMETRI COMUNI (*a*):

- 1.1. Ciclo di combustione:.....
 - 1.2. Fluido di raffreddamento:.....
 - 1.3. Metodo di aspirazione dell'aria:.....
 - 1.4. Tipo o disegno della camera di combustione:.....
 - 1.5. Valvole e luci: configurazione, dimensioni e numero:.....
 - 1.6. Sistema di alimentazione carburante:.....
 - 1.7. Sistemi di gestione del motore:
 - Prova di identità in base ai numeri del disegno:.....
 - sistema di raffreddamento sovralimentazione:.....
 - riciclo dei gas di scarico (*b*):.....
 - iniezione/emulsione d'acqua (*b*):.....
 - iniezione d'aria (*b*):.....
 - 1.8. Dispositivo di post-trattamento dello scarico (*b*):.....

Dimostrazione di rapporto identico (o minimo per il motore capostipite): capacità del dispositivo/erogazione di carburante per corsa in base ai numeri di diagramma:.....
- ##### 2. ELENCO DELLA FAMIGLIA DI MOTORI
- 2.1. Nome della famiglia di motori:.....

2.2. Specifiche dei motori della famiglia:

(a) Compilare con le specifiche di cui ai punti 6 e 7 dell'allegato 1.

(b) Se non applicabile, indicare n.a.

					Motore capostipite (a)
Tipo di motore					
N. cilindri					
Regime nominale (giri/min)					
Erogazione carburante per corsa (mm ³)					
Potenza netta nominale (kW)					
Regime di coppia massima (giri/min)					
Erogazione carburante per corsa (mm ³)					
Coppia massima (Nm)					
Regime di minimo (giri/min)					
Cilindrata del motore (in % del motore capostipite)					100

(a) Per la descrizione, vedi appendice 1.

Appendice 3

CARATTERISTICHE FONDAMENTALI DEI TIPI DI MOTORE APPARTENENTI AD UNA FAMIGLIA (a)

1. DESCRIZIONE DEL MOTORE

1.1. Costruttore:.....

1.2. Codice assegnato al motore dal costruttore:.....

1.3. Ciclo: quattro tempi/due tempi (b)

1.4. Alesaggio:.....mm

1.5. Corsa:.....mm

1.6. Numero e disposizione dei cilindri:.....

1.7. Cilindrata:.....cm³

- 1.8. Regime nominale:.....giri/min
- 1.9. Regime di coppia massima:.....giri/min
- 1.10. Rapporto volumetrico di compressione
(*c*):.....
- 1.11. Descrizione del sistema di
combustione:.....
- 1.12. Disegno(i) della camera di combustione e della testa del
pistone:.....
- 1.13. Sezione minima delle luci di aspirazione e di
scarico:.....
.....
- 1.14. Sistema di raffreddamento
 - 1.14.1. A liquido
 - 1.14.1.1. Natura del liquido:.....
 - 1.14.1.2. Pompa(e) di circolazione: si/no (*b*)
 - 1.14.1.3. Caratteristiche o marca (marche) e tipo (i) (se del
caso):.....
 - 1.14.1.4. Rapporto/i di trasmissione (se del caso):.....
 - 1.14.2. Ad aria
 - 1.14.2.1. Ventola: si/no (*a*)
 - 1.14.2.2. Caratteristiche o marca (marche) e tipo (i) (se del
caso):.....
 - 1.14.2.3. Rapporto (i) di trasmissione (se del
caso):.....
- 1.15. Temperatura consentita dal costruttore
 - 1.15.1. Raffreddamento a liquido: temperatura massima
all'uscita:.....K
 - 1.15.2. Raffreddamento ad aria: punto di
riferimento:.....
Temperatura massima in corrispondenza del punto di riferimento:
.....K
 - 1.15.3. Temperatura massima del refrigeratore intermedio di immissione
all'uscita dell'aria dal compressore (se applicabile):
.....K
 - 1.15.4. Temperatura massima dei gas di scarico nel punto del condotto o
dei condotti di scarico adiacente alla flangia o alle flange d'uscita
del collettore o dei collettori di scarico:.....K
 - 1.15.5. Temperatura del lubrificante: min.:.....K
Temperatura del lubrificante: max.:.....K
- 1.16. Sovralimentatore: si/no (*b*)
 - 1.16.1. Marca:.....
 - 1.16.2. Tipo:.....

- 1.16.3. Descrizione del sistema (ad esempio, pressione massima di sovralimentazione, eventuale presenza di valvola limitatrice della pressione di sovralimentazione):.....
- 1.16.4. Refrigeratore intermedio: si/no (**a**)
- 1.17. Sistema di aspirazione: depressione massima ammissibile all'aspirazione al regime nominale del motore e sotto carico del 100%:kPa
- 1.18. Sistema di scarico: contropressione massima ammissibile allo scarico al regime nominale del motore sotto carico del 100%:.....kPa

2. DISPOSITIVI SUPPLEMENTARI CONTRO L'INQUINAMENTO (se presenti e se non sono trattati sotto altre voci)

- Descrizione e/o diagramma/i:

3. ALIMENTAZIONE DEL CARBURANTE

- 3.1. Pompa di alimentazione
 - Pressione (**c**) o diagramma caratteristico:.....kPa
- 3.2. Sistema di iniezione
 - 3.2.1. Pompa
 - 3.2.1.1. Costruttore:.....
 - 3.2.1.2. Tipo/i:.....
 - 3.2.1.3. Mandata:....e...mm³(**c**) per corsa o ciclo a iniezione massima alla velocità della pompa di:.....giri/min (nominali) e.....giri/min (coppia massima) rispettivamente, o diagramma caratteristico.
Indicare il metodo utilizzato: su motore/su banco prova pompe (**b**)
 - 3.2.1.4. Anticipo dell'iniezione
 - 3.2.1.4.1. Curva dell'anticipo di iniezione (**c**):.....
 - 3.2.1.4.2. Fasatura (**c**):.....
 - 3.2.2. Condotti di iniezione
 - 3.2.2.1. Lunghezza:.....mm
 - 3.2.2.2. Diametro interno:.....mm
 - 3.2.3. Iniettore/i
 - 3.2.3.1. Marca (marche):.....
 - 3.2.3.2. Tipo/i:.....
 - 3.2.3.3. Pressione di apertura (**c**) o diagramma caratteristico:.....kPa
 - 3.2.4. Regolatore
 - 3.2.4.1. Marca (marche):.....

- 3.2.4.2. Tipo/i:.....
- 3.2.4.3. Regime d'inizio dell'interruzione a pieno carico
(c):.....giri/min
- 3.2.4.4. Regime massimo a vuoto
(c):.....giri/min
- 3.2.4.5. Regime al minimo
(c):.....giri/min
- 3.3. Sistema di avviamento al freddo
 - 3.3.1. Marca (marche):.....
 - 3.3.2. Tipo/i:.....
 - 3.3.3. Descrizione:.....
- 4. DISTRIBUZIONE
 - 4.1. Alzata massima e angoli di apertura e chiusura riferiti ai punti morti o dati equivalenti:.....
 - 4.2. Intervalli di riferimento e/o di regolazione (b)

-
- (a) Presentare per ciascun motore della famiglia.
 - (b) Cancellare la dicitura inutile.
 - (c) Specificare la tolleranza.
-

Allegato III

PROCEDIMENTO DI PROVA

1. INTRODUZIONE

1.1. Il presente allegato descrive il metodo per la determinazione delle emissioni di inquinanti gassosi e particolato prodotte dai motori sottoposti a prova.

1.2. La prova viene eseguita con il motore montato su banco di prova e collegato ad un dinamometro.

2. CONDIZIONI DI PROVA

2.1. Requisiti generali

Tutti i volumi e le portate volumetriche devono essere riferiti a 273 K (0° C) e 101,3 kPa.

2.2. Condizioni di prova del motore

2.2.1. Misurare la temperatura assoluta T_a dell'aria di alimentazione del motore espressa in Kelvin, e la pressione atmosferica riferita al secco p_s espressa in kPa, determinare il parametro f_a come segue:
Motori ad aspirazione naturale e con sovralimentatore meccanico:

$$f_a = (99 / p_s) (T / 298)^{0,7}$$

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

$$f_a = (99 / p_s)^{0,7} \times (T / 298)^{1,5}$$

2.2.2. Validità della prova

Perché una prova sia riconosciuta valida, il parametro f_a deve soddisfare la relazione:

$$0,98 \leq f_a \leq 1,02$$

$$0,96 < f_a \leq 1,06$$

2.2.3. Motori con raffreddamento dell'aria di sovralimentazione

Registrare la temperatura del fluido di raffreddamento e la temperatura dell'aria di alimentazione.

2.3 Sistema di immissione aria nel motore

Il motore di prova deve essere munito di un sistema di immissione dell'aria che presenti una restrizione dell'immissione corrispondente al limite superiore specificato dal costruttore per un depuratore per aria pulita alle condizioni di funzionamento del motore, specificata dal costruttore, che determinano il massimo flusso d'aria.

Si può utilizzare un sistema da officina di prova purché esso riproduca le effettive condizioni di funzionamento del motore.

2.4. Sistema di scarico nel motore

Il motore sottoposto alla prova deve essere munito di un sistema di scarico che presenti una contropressione allo scarico corrispondente al limite superiore specificato dal costruttore per le condizioni di funzionamento del motore che producono la potenza massima dichiarata.

2.5. Sistema di raffreddamento

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 specifiche dell'olio lubrificante utilizzato per la prova devono essere registrate e presentate con i risultati della prova.

2.7. Carburante di prova

Il carburante è quello di riferimento specificato nell'allegato IV.

Il numero di cetano e il contenuto di zolfo del carburante di riferimento utilizzato per la prova devono essere registrati rispettivamente ai punti 1.1.1. e 1.1.2. dell'allegato IV appendice 1.

La temperatura del carburante all'ingresso della pompa di iniezione deve essere di 306-316 K (33-43°C).

2.8. Determinazione delle regolazioni al dinamometro

Le regolazioni della restrizione sull'immissione e della contropressione sul condotto di scarico devono corrispondere ai limiti superiori specificati dal costruttore, conformemente ai punti 2.3. e 2.4.

I valori della coppia massima ai regimi di prova specificati vengono determinati sperimentalmente allo scopo di calcolare i valori della coppia per le modalità di prova specificate. Per motori che non sono progettati per funzionare su più regimi lungo la curva di coppia a pieno carico, la coppia massima ai regimi di prova deve essere dichiarata dal costruttore.

La regolazione del motore per ciascuna modalità di prova viene calcolata mediante la formula:

$$S = [(P_M + P_{AE}) (L/100)] - P_{AE}$$

Se il rapporto,

$$P_{AE}/P_M > 0 = 0,03$$

il valore di P_{AE} può essere verificato dall'autorità tecnica che concede l'omologazione.

3. ESECUZIONE DELLA PROVA

3.1. Preparazione dei filtri di campionamento

Almeno un'ora prima del collaudo, ciascuna coppia di filtri viene introdotta in una scatola di Petri chiusa ma non sigillata e posta in una camera di pesata per la stabilizzazione. Al termine del periodo di stabilizzazione, ciascuna coppia di filtri viene pesata e se ne registra la tara. La coppia di filtri viene poi conservata in una scatola di Petri chiusa o in un portafiltri fino al momento della prova. Se la coppia di filtri non viene utilizzata entro otto ore dalla rimozione dalla camera di pesata, deve essere pesata nuovamente prima dell'uso.

3.2. Installazione dell'apparecchiatura di misurazione

La strumentazione e le sonde di campionamento devono essere installate come prescritto. Quando si utilizza un sistema di diluizione a flusso pieno per la diluizione dei gas di scarico, il condotto di scarico deve essere collegato al sistema.

3.3. Avviamento del sistema di diluizione e del motore

Il sistema di diluizione e il motore vengono avviati e riscaldati fino alla stabilizzazione delle temperature e delle pressioni al regime nominale e a pieno carico (punto 3.6.2.).

3.4. Regolazione del rapporto di diluizione

Con il metodo a filtro singolo (facoltativo con il metodo a filtri multipli), il sistema di campionamento del particolato deve essere in funzione su bypass. Il livello di fondo delle particelle nell'aria di diluizione può essere determinato facendo passare l'aria di diluizione attraverso i filtri del particolato. Se si utilizza aria di diluizione filtrata, si può effettuare una misura in qualsiasi momento prima, durante o dopo il collaudo. Se l'aria di diluizione non è filtrata, si devono effettuare le misure in almeno tre punti, dopo l'avviamento, prima dell'arresto e in un punto in prossimità della metà del ciclo, e si deve calcolare la media dei valori ottenuti.

L'aria di diluizione viene regolata in modo da ottenere in ciascuna modalità una temperatura massima della superficie del filtro non superiore a 325 K (52°C). Il rapporto totale di diluizione non deve essere inferiore a quattro.

Per il metodo a filtro singolo, in tutte le modalità la portata di massa del campione attraverso il filtro deve essere in un rapporto costante rispetto alla portata di massa dello scarico diluito per sistemi a flusso pieno. Questo rapporto di massa non deve presentare variazioni superiori a $\pm 5\%$, salvo per primi 10 secondi di ciascuna modalità nei sistemi non dotati di bypass. Per sistemi a diluizione parziale del flusso nel metodo a filtro singolo, la portata di massa attraverso il filtro deve essere costante con un'approssimazione del $\pm 5\%$ durante ciascuna modalità, salvo per i primi 10 secondi in ciascuna modalità per sistemi senza possibilità di bypass.

Per sistemi a concentrazione controllata di CO_2 e NO_x , il contenuto di CO_2 o NO_x dell'aria di diluizione deve essere misurato all'inizio e al termine di ciascuna prova. Le misure della concentrazione di fondo di CO_2 o NO_x prima e dopo la prova sull'aria di diluizione non devono variare di oltre 100 ppm o 5 ppm rispettivamente.

Quando si utilizza un sistema di analisi dei gas di scarico diluiti, le concentrazioni di fondo pertinenti vengono determinate campionando l'aria di diluizione in un sacco di campionamento

lungo l'intera sequenza di prova.

Una concentrazione di fondo continua (determinata senza l'uso del sacco) può essere rilevata in almeno tre punti, all'inizio, al termine e in un punto prossimo alla metà del ciclo, determinando poi la media dei valori. A richiesta del costruttore, si può omettere la misurazione dei valori di fondo:

3.5. Controllo degli analizzatori

Gli analizzatori delle emissioni devono essere azzerati e calibrati.

3.6. Ciclo di prova

3.6.1. Specifica A delle macchine conformemente all'allegato I, parte 1:

3.6.1.1. Il motore sottoposto alla prova viene fatto funzionare al dinamometro conformemente al seguente ciclo (a) di 8 modalità:

Modalità numero	Regime motore	Carico percentuale	Fattore di ponderazione
1	Nominale	100	0,15
2	Nominale	75	0,15
3	Nominale	50	0,15
4	Nominale	10	0,1
5	Intermedio	100	0,1
6	Intermedio	75	0,1
7	Intermedio	50	0,1
8	Minimo	-	0,15

(a) Identico al ciclo C1 del progetto di norma ISO 8178-4.

3.6.2. Condizionamento del motore

Il riscaldamento del motore e del sistema deve essere effettuato al regime massimo e alla coppia massima allo scopo di stabilizzare i parametri del motore secondo le raccomandazioni del costruttore.

Nota: Il periodo di condizionamento serve anche ad eliminare l'influenza dei depositi lasciati nel sistema di scarico da una precedente prova. È richiesto anche un certo periodo di stabilizzazione tra le varie fasi della prova, allo scopo di minimizzare le influenze di una fase su quella successiva.

3.6.3. Sequenza di prova

Avviare la sequenza di prova. La prova viene eseguita in ordine di numero delle modalità sopraindicate per il ciclo di prova.

Durante ciascuna modalità del ciclo di prova, dopo il periodo iniziale di transizione, il regime specificato deve essere mantenuto entro il maggiore dei due seguenti limiti: $\pm 1\%$ del regime nominale o $\pm 3 \text{ min}^{-1}$, salvo per la marcia al minimo per la quale valgono limiti di tolleranza dichiarati dal costruttore. La coppia specificata deve essere mantenuta in modo che, durante il periodo nel quale vengono effettuate le misure, la media sia compresa tra $\pm 2\%$ della coppia massima al regime di prova.

Per ciascun punto di misurazione sono necessari almeno 10 minuti. Se per la prova di un motore

occorrono tempi di campionamento più lunghi allo scopo di ottenere una sufficiente massa di particolato sul filtro di misurazione, la durata della modalità di prova può essere nella misura necessaria.

La durata della modalità deve essere registrata nel documento di prova.

I valori di concentrazione delle emissioni gassose allo scarico vengono misurati e registrati durante gli ultimi tre minuti della modalità.

Il campionamento del particolato e la misurazione delle emissioni gassose non devono iniziare prima che si sia ottenuta la stabilizzazione del motore, come definito dal costruttore, e il completamento deve coincidere.

La temperatura del carburante viene misurata sull'aspirazione della pompa di iniezione del carburante o dove specificato dal costruttore, e la posizione di misurazione viene registrata.

3.6.4. Risposta dell'analizzatore

I dati forniti dall'analizzatore vengono registrati su un registratore scrivente o misurati con un sistema equivalente mentre il gas di scarico fluisce attraverso gli analizzatori almeno durante gli ultimi tre minuti di ciascuna modalità. Se si applica il campionamento a sacco per la misura di CO e CO₂ diluiti (vedi appendice 1, punto 1.4.4.), viene raccolto un campione nel sacco durante gli ultimi tre minuti di ciascuna modalità e viene poi analizzato e registrato.

3.6.5. Campionamento del particolato

Il campionamento del particolato può essere effettuato sia con il metodo a filtro singolo, sia con il metodo a filtri multipli (appendice 1, punto 1.5.). Poiché i risultati dei metodi possono differire leggermente, insieme ai risultati deve essere dichiarato il metodo utilizzato.

Nel metodo a filtro singolo, si terrà conto dei fattori di ponderazione modali specificati nella procedura del ciclo di prova durante il campionamento, regolando in modo opportuno la portata del campione e/o il tempo di campionamento.

Il campionamento deve essere condotto il più tardi possibile in ciascuna modalità. Il tempo di campionamento per ogni modalità deve essere di almeno 20 secondi per il metodo a filtro singolo e di almeno 60 secondi per il metodo a filtri multipli. Per sistema senza possibilità di bypass, il tempo di campionamento per ogni modalità deve essere di almeno 60 secondi sia per il metodo a filtro singolo sia per quello a filtri multipli.

3.6.6. Condizioni del motore

In ciascuna modalità, il regime e il carico del motore, la temperatura dell'aria di aspirazione, la portata del carburante e la portata dell'aria o del gas di scarico devono essere misurati dopo la stabilizzazione del motore.

Se la misura della portata del gas di scarico o la misura del consumo di aria di combustione e di carburante non sono possibili, questi valori possono essere calcolati col metodo del bilancio di carbonio e ossigeno (vedi appendice 1, punto 1.2.3.).

Qualsiasi dato ulteriore occorrente per il calcolo deve essere registrato (vedi appendice 3, punti 1.1 e 1.2).

3.7 Controllo dell'analizzatore al termine della prova

Dopo il controllo delle emissioni, l'analizzatore viene ricontrollato con un gas di azzeramento e lo stesso gas di calibrazione. La prova è considerata accettabile se la differenza tra i risultati delle due misurazioni è inferiore al 2%.

Appendice 1

1. PROCEDURE DI MISURAZIONE E CAMPIONAMENTO

I componenti gassosi e il particolato emessi dal motore sottoposto alla prova vengono misurati con i metodi descritti nell'allegato V. Questi metodi descrivono i sistemi analitici raccomandati per le

emissioni gassose (punto 1.1.) e i sistemi raccomandati di diluizione e campionamento del particolato (punto 1.2.).

1.1. Specifiche del dinamometro

Usare un dinamometro per motori avente caratteristiche adeguate per svolgere il ciclo di prova descritto nell'allegato III, punto 3.6.1. La strumentazione per la misura della coppia e della velocità di rotazione permette di misurare la potenza all'albero entro i limiti dati. Possono essere necessari calcoli aggiuntivi.

La precisione dell'apparecchiatura di misurazione deve essere tale da non eccedere le tolleranze massime indicate nel punto 1.3.

1.2. Flusso del gas di scarico

Il flusso del gas di scarico viene determinato con uno dei metodi citati nei punti da 1.2.1. a 1.2.4.

1.2.1. Metodo di misura diretta

Misura diretta del flusso dei gas di scarico mediante boccaglio di misurazione o sistema di misurazione equivalente (per dettagli vedi ISO 5167).

Nota: La misura diretta del flusso gassoso è difficile. Prendere idonee precauzioni allo scopo di evitare errori di misura che influirebbero sugli errori dei valori di emissione.

1.2.2. Metodo di misurazione dell'aria e del carburante

Misura del flusso d'aria e del flusso di carburante.

Usare flussimetri per aria e flussimetri per carburante con la precisione definita al punto 1.3.

Il calcolo del flusso di gas di scarico e il seguente:

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

o:

$$V_{EXHD} = V_{AIRD} - 0,766 \times G_{FUEL} \text{ (per la massa dello scarico secco)}$$

o:

$$V_{EXHW} = V_{AIRW} + 0,746 \times G_{FUEL} \text{ (per il volume dello scarico umido)}$$

1.2.3. Metodo del bilancio del carbonio

Calcolo della massa dei gas di scarico in base al consumo di carburante e alle concentrazioni dei gas di scarico con il metodo del bilancio del carbonio (vedi allegato III, appendice 3).

1.2.4. Flusso totale dei gas di scarico diluiti

Quando si utilizza un sistema di diluizione a flusso pieno, il flusso totale del gas di scarico diluito (G_{TOTW} , V_{TOTW}) deve essere misurato con un PDP o CFV allegato V, punto 1.2.1.2. La precisione deve essere conforme alle disposizioni dell'allegato III, appendice 2, punto 2.2.

1.3. Precisione

La taratura di tutti gli strumenti di misura deve essere riconducibile a norme nazionali o internazionali ed essere conforme ai seguenti requisiti:

Numero	Voce	Deviazione ammissibile (all'incirca in base ai valori)	Deviazione ammissibile (all'incirca)	Intervalli di taratura (mesi)
--------	------	---	---	----------------------------------

		massimi dei motori)	in base a ISO 3046)	
1	Velocità rotazione motore	2 %	2 %	3
2	Coppia	2 %	2 %	3
3	Potenza	2 % (<i>a</i>)	3 %	non applicabile
4	Consumo di carburante	2 % (<i>a</i>)	3 %	6
5	Consumo specifico di carburante	non applicabile	3 %	non applicabile
6	Consumo d'aria	2 % (<i>a</i>)	5 %	6
7	Flusso dei gas di scarico	4 % (<i>a</i>)	non applicabile	6
8	Temperatura del refrigerante	2 K	2 K	3
9	Temperatura del lubrificante	2 K	2 K	3
10	Pressione dei gas di scarico	5 % del massimo	5 %	3
11	Depressioni al collettore di ammissione	5 % del massimo	5 %	3
12	Temperatura dei gas di scarico	15 K	15 K	3
13	Temperatura all'ingresso dell'aria (aria di combustione)	2 K	2 K	3
14	Pressione atmosferica	0,5 % del valore letto	0,5 %	3
15	Umidità (relativa) dell'aria di aspirazione	3 %	non applicabile	1
16	Temperatura del carburante	2 K	5 K	3
17	Temperatura della galleria di diluizione	1,5 K	non applicabile	3
18	Umidità dell'aria di diluizione	3 %	non applicabile	1
19	Flusso dei gas di scarico diluiti	2 % del valore letto	non applicabile	24 (flusso parziale) (flusso pieno) (<i>b</i>)

(a) I calcoli delle emissioni allo scarico descritti nella presente direttiva sono in alcuni casi basati su differenti metodi di misura e/o calcolo. Date le limitate tolleranze totali per il calcolo delle emissioni dovute ai gas di scarico, i valori ammissibili per alcune voci, utilizzati nelle appropriate equazioni, devono essere inferiori alle tolleranze ammesse dalla norma ISO 3046-3.

(b) Sistemi a flusso pieno - La pompa volumetrica CVS o il tubo di Venturi a portata critica devono essere calibrati dopo l'installazione iniziale o dopo interventi di manutenzione importanti oppure quando indicato dalla verifica del sistema CVS descritta nell'allegato V.

1.4. Determinazione dei componenti gassosi

1.4.1. Specifiche generali degli analizzatori

Gli analizzatori devono avere un intervallo di misurazione appropriato alla precisione richiesta per misurare le concentrazioni dei componenti dei gas di scarico (punto 1.4.1.1.). Si raccomanda di utilizzare gli analizzatori in modo tale che la concentrazione misurata sia compresa tra il 15% e il 100% del fondo scala.

Se il valore a fondo scala è di 155 ppm (o ppm C) o minore, oppure se si utilizzano sistemi di lettura (elaboratori, registratori dei dati di misurazione) che forniscono una sufficiente precisione e risoluzione al di sotto del 15% del fondo scala, sono ammesse anche concentrazioni al di sotto del 15% del fondo scala. In tal caso, si devono eseguire tarature aggiuntive per assicurare la precisione delle curve di taratura, vedi allegato III, appendice 2, punto 1.5.5.2.

Il livello di compatibilità elettromagnetica (CEM) dell'apparecchiatura deve permettere di minimizzare errori aggiuntivi.

1.4.1.1. Errori di misura

L'errore totale di misura, inclusa la sensibilità crociata con altri gas - vedi allegato III, appendice 2, paragrafo 1.9. - non deve superare il valore minore tra il $\pm 5\%$ del valore letto e il 3,5% del fondo scala. Per concentrazioni minori di 100 ppm, l'errore di misura non deve essere superiore a ± 4 ppm.

1.4.1.2. 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 maggiore del $\pm 1\%$ della concentrazione di fondo scala per ciascun intervallo utilizzato al di sopra di 155 ppm (o ppm C) o del $\pm 2\%$ di ciascun intervallo utilizzato al di sotto di 155 ppm (o ppm C).

1.4.1.3. Rumore

La risposta da picco a picco ai gas di azzeramento e di calibrazione su qualsiasi periodo di 10 secondi non deve superare il 2% del fondo scala su tutti gli intervalli utilizzati.

1.4.1.4. Deriva dello zero

La deriva dello zero per un periodo di un'ora deve essere inferiore al 2% del fondo scala sull'intervallo 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.

1.4.1.5. Deriva di calibrazione

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

1.4.2. Essiccazione del gas

Il dispositivo facoltativo di essiccazione del gas deve avere effetti trascurabili sulla concentrazione

dei gas misurati. Gli essiccatori chimici non sono ammessi per rimuovere l'acqua dal campione.

1.4.3. Analizzatori

I punti da 1.4.3.1. a 1.4.3.5. della presente appendice descrivono i principi di misura da applicare. Una descrizione dettagliata dei sistemi di misurazione figura nell'allegato V.

I gas da misurare devono essere analizzati con gli strumenti seguenti. Per analizzatori non lineari, è ammesso l'uso di circuiti di linearizzazione.

1.4.3.1. Analisi dell'ossido di carbonio (CO)

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

1.4.3.2. Analisi del biossido di carbonio (CO₂)

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

1.4.3.3. Analisi degli idrocarburi (HC)

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 K (190 °C) ± 10 K.

1.4.3.4. Analisi degli ossidi d'azoto (NO_x)

L'analizzatore degli ossidi d'azoto deve essere del tipo con rivelatore a chemiluminescenza (CLD) o con rivelatore a chemiluminescenza riscaldato (HCLD) con un convertitore NO₂/NO se la misura viene effettuata sul secco. Se la misura viene effettuata su umido, si deve usare un HCLD con convertitore mantenuto al di sopra di 333 K (60 °C), a condizione che il controllo dell'estinzione causata dall'acqua rientri nella norma (allegato III, appendice 2, punto 1.9.2.2.).

1.4.4. Campionamento delle emissioni gassose

Le sonde di campionamento delle emissioni gassose devono essere disposte 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, se applicabile, e 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, l'ingresso della sonda deve essere sufficientemente spostato verso valle 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 di un motore con configurazione a "V", è consentito acquisire un campione da ciascun gruppo e calcolare un'emissione media degli scarichi. Si possono utilizzare anche altri metodi che forniscano risultati correlati con i metodi suddetti. Per il calcolo delle emissioni allo scarico usare il flusso totale di massa allo scarico del motore.

Se la composizione del gas di scarico è influenzata da dispositivi di post-trattamento degli scarichi, il campione di gas di scarico deve essere prelevato a monte di tale dispositivo nelle prove per la fase I e a valle di tale dispositivo nelle prove per la fase II. Quando si utilizza un sistema di diluizione a flusso pieno per la determinazione del particolato, le emissioni gassose possono essere determinate anche nel gas di scarico diluito. Le sonde di campionamento devono trovarsi in prossimità della sonda di campionamento del particolato nella galleria di diluizione (allegato V, punto 1.2.1.2., DT e punto 1.2.2., PSP). CO e CO₂ possono facoltativamente essere determinati mediante campionamento in un sacchetto e successiva misura della concentrazione nel sacchetto di campionamento.

1.5. Determinazione del particolato

La determinazione del particolato richiede un sistema di diluizione. La diluizione può essere realizzata mediante un sistema di diluizione a flusso parziale o un sistema di diluizione a flusso pieno. La portata del sistema di diluizione deve essere sufficiente ad eliminare completamente la condensazione d'acqua nei sistemi di diluizione e campionamento ed a mantenere la temperatura del gas di scarico diluito su un valore non superiore a 325 K (52 °C) immediatamente a monte dei portafiltri. Se l'umidità dell'aria è elevata, è ammessa la disumidificazione dell'aria di diluizione prima dell'ingresso nel sistema di diluizione. Si raccomanda di preriscaldare l'aria di diluizione al di sopra del limite di temperatura di 303 K (30 °C) se la temperatura ambiente è inferiore a 293 K (20 °C). Tuttavia, la temperatura dell'aria diluita non deve essere superiore a 325 K (52 °C) prima dell'introduzione degli scarichi nella galleria di diluizione.

Per un sistema di diluizione a flusso parziale, la sonda di campionamento del particolato deve essere sistemata in prossimità e a monte della sonda dei gas come definito al punto 4.4. e conformemente all'allegato V, punto 1.2.1.1., figure 4-12 EP e SP.

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 V, punto 1.2.1.1.).

Per determinare la massa del particolato occorrono un sistema di campionamento del particolato, filtri di campionamento del particolato, una bilancia con precisione di un microgrammo e una camera di pesata a temperatura e umidità controllate.

Per il campionamento del particolato, si possono usare due metodi:

- Il metodo del filtro unico utilizza una coppia di filtri (vedi punto 1.5.1.3. di questa appendice) per tutte le modalità del ciclo di prova. Occorre dedicare una considerevole attenzione ai tempi e ai flussi di campionamento durante la fase di campionamento della prova. Tuttavia, occorre solo una coppia di filtri per il ciclo di prova.
- Il metodo multifiltro impone di usare una coppia di filtri (vedi punto 1.5.1.3. della presente appendice) per ciascuna delle singole modalità del ciclo di collaudo. Questo metodo permette di usare procedure di campionamento meno rigorose ma utilizza un numero di filtri maggiore.

1.5.1. Filtri di campionamento del particolato

1.5.1.1. Specifiche dei filtri

Per le prove di certificazione occorrono filtri di fibra di vetro ricoperta di fluorocarburi o filtri a membrana al fluorocarbonio. Per applicazioni speciali si possono utilizzare differenti materiali filtranti. Tutti i tipi di filtro devono avere una efficienza di raccolta del DOP (di-ottilftalato) da 0,3 µm almeno del 95% ad una velocità frontale del gas compresa tra 35 e 80 cm/s. Quando si eseguono prove di correlazione tra laboratori o tra un costruttore e un'autorità di omologazione, si devono usare filtri di identica qualità.

1.5.1.2. Dimensioni dei filtri

I filtri del particolato devono avere un diametro minimo di 47 mm (37 mm di diametro della macchia). Sono ammessi filtri di diametro maggiore (punto 1.5.1.5.).

1.5.1.3. Filtro principale e filtro di sicurezza

Il gas di scarico diluito deve essere raccolto mediante una coppia di filtri disposti in serie (un filtro principale e un filtro di sicurezza) durante la sequenza di prova. Il filtro di sicurezza deve essere disposto a 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.

1.5.1.4. Velocità ortogonale alla superficie del filtro

Si deve realizzare una velocità ortogonale alla superficie del filtro del gas attraverso il filtro da 35 a 80 cm/s. Fra l'inizio e la fine della prova la caduta di pressione non deve registrare un aumento superiore a 25 kPa.

1.5.1.5. Carico depositato sui filtri

Il carico minimo raccomandato depositato sui filtri deve essere di 0,5 mg/1075 mm² di area della macchia per il metodo a filtro unico. Per i filtri delle dimensioni più comuni, i valori sono i seguenti:

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

Per il metodo multifiltro, il carico minimo raccomandato sul filtro per la somma di tutti i filtri è il prodotto dell'appropriato valore sopra indicato per la radice quadrata del numero totale di modalità.

1.5.2. Specifiche della camera di pesata e della bilancia analitica

1.5.2.1. Condizioni della camera di pesata

La temperatura della camera (o locale) in cui vengono condizionati e pesati i filtri delle particelle deve essere mantenuta tra 295 K (22 °C) \pm 3 K durante tutto il condizionamento e la pesata dei filtri. L'umidità deve essere mantenuta su un punto di rugiada di 282,5 K (9,5 °C) \pm 3 K e una umidità relativa del 45 \pm 8%.

1.5.2.2. 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 specifiche relative alla camera di pesata indicata al punto 1.5.2.1. se la durata del disturbo non supera i 30 minuti. La camera di pesata deve essere conforme alle specifiche richieste prima che il personale entri nella camera di pesata. Entro 4 ore dalla pesata del filtro o della coppia di filtri campione, ma preferibilmente allo stesso momento, devono essere pesati almeno due filtri di riferimento o due coppie di filtro di riferimento non utilizzati. Questi filtri devono essere delle stesse dimensioni e materiale dei filtri del campione.

Se il peso medio dei filtri di riferimento o della coppia di filtri di riferimento varia di oltre il \pm 5% (\pm 7,5% per la coppia di filtri) rispetto al carico minimo raccomandato sul filtro (punto 1.5.1.5.) 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 indicati al punto 1.5.2.1., ma la pesata del filtro o della coppia di filtri di riferimento è conforme ai criteri sopraindicati, il costruttore del motore può accettare i pesi dei filtri campione o annullare le prove, riparare il sistema di controllo della camera di pesata e rieseguire la prova.

1.5.2.3. Bilancia analitica

La bilancia analitica utilizzata per determinare i pesi di tutti i filtri deve avere una precisione (deviazione standard) di 20 µg e una risoluzione di 10 µg (1 divisione della scala = 10 µg). Per filtri di diametro inferiore ai 70 mm, la precisione e la risoluzione devono essere rispettivamente di 2 µg e 1 µg.

1.5.2.4. Eliminazione degli effetti dell'elettricità statica

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

1.5.3. Specifiche supplementari per la misura del particolato

Tutte le parti del sistema di diluizione e del sistema di campionamento compreso 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.

Appendice 2

1. TARATURA DEGLI STRUMENTI ANALITICI

1.1. Introduzione

Ciascun analizzatore deve essere tarato con la frequenza necessaria per soddisfare i requisiti di precisione della presente norma. Il metodo di taratura da utilizzare è descritto in questo punto per gli analizzatori indicati nell'appendice 1, punto 1.4.3.

1.2. Gas di taratura

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

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

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 ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO)

- Ossigeno purificato

(Purezza $> 99,5\%$ vol O₂)

- Miscela idrogeno-elio

($40 \pm 2\%$ idrogeno, rimanente elio)

(Contaminazione ≤ 1 ppm C, ≤ 400 ppm CO₂)

- Aria sintetica purificata

(Contaminazione ≤ 1 ppm C, ≤ 1 ppm CO, ≤ 400 ppm CO₂, $\leq 0,1$ ppm NO)

(Contenuto di ossigeno 18-21% vol)

1.2.2. Gas di taratura e di calibrazione

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

- C₃H₈ e aria sintetica purificata (vedi punto 1.2.1.)

- CO e azoto purificato
- NO e azoto purificato (la quantità di NO₂ contenuta in questo gas di taratura non deve essere superiore al 5% del contenuto di NO)
- O₂ e azoto purificato
- CO₂ e azoto purificato
- CH₄ e aria sintetica purificata
- C₂H₆ e aria sintetica purificata

Nota: Sono ammesse combinazioni di altri gas, purchè i gas non reagiscano uno con l'altro. La concentrazione effettiva dei gas di taratura e di calibrazione deve essere compresa entro il $\pm 2\%$ del valore nominale. Tutte le concentrazioni dei gas di taratura devono essere indicate su base volume (% in volume o ppm in volume).

I gas utilizzati per la taratura e per la calibrazione (taratura del valore massimo) possono essere ottenuti anche mediante un divisore di gas effettuando la diluizione con N₂ purificato o con aria sintetica purificata. La precisione del dispositivo di miscelazione deve essere tale che la concentrazione dei gas di taratura diluiti possa essere determinata con un errore non superiore al $\pm 2\%$.

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 trafilamento

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 lo 0,5% della portata di utilizzo per la porzione di sistema controllata. Si possono usare i flussi sull'analizzatore e sul 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 adeguato 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

Gli strumenti montati devono essere tarati e le curve di taratura devono essere controllate rispetto a gas campione, impiegando le portate di gas utilizzate per il campionamento degli scarichi.

1.5.2. Tempo di riscaldamento

Seguire i tempi di riscaldamento raccomandati dal costruttore. Se non è specificato, si raccomanda un tempo di riscaldamento degli analizzatori di almeno due ore.

1.5.3. Analizzatori NDIR e HFID

Regolare l'analizzatore NDIR secondo quanto necessario e ottimizzare la combustione della fiamma dell'analizzatore HFID (punto 1.8.1.).

1.5.4. Taratura

Tarare ciascun intervallo operativo normalmente usato.

Azzerare gli analizzatori di CO, CO₂, Nox, HC e O₂ con aria sintetica (o azoto) purificati.

Introdurre negli analizzatori gli appropriati gas di taratura, registrare i valori e costruire le curve di taratura conformemente al punto 1.5.6.

Se necessario, ricontrollare la regolazione dello zero e ripetere la procedura di taratura.

1.5.5. Determinazione della curva di taratura

1.5.5.1. Orientamento generale

La curva di taratura dell'analizzatore viene determinata mediante almeno cinque punti di taratura oltre allo zero distribuiti nel modo più uniforme possibile. La concentrazione nominale massima deve essere uguale o maggiore al 90% del fondo scala.

La curva di taratura viene calcolata mediante 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 due.

La curva di taratura non deve differire di oltre il $\pm 2\%$ dal valore nominale di ciascun punto di taratura e di oltre il $\pm 1\%$ del fondo scala a zero.

Dalla curva di taratura e dai 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:

- l'intervallo di misurazione,
- la sensibilità,
- la data di esecuzione della taratura.

1.5.5.2. Taratura al di sotto del 15% del fondo scala

La curva di taratura dell'analizzatore viene determinata mediante almeno dieci punti di taratura, escluso lo zero, intervallati in modo tale che il 50% dei punti di taratura sia al di sotto del 10% del fondo scala.

La curva di taratura viene calcolata con il metodo dei minimi quadrati.

La curva di taratura non deve differire di oltre il $\pm 4\%$ dal valore nominale di ciascun punto di taratura né di oltre il $\pm 1\%$ del fondo scala a zero.

1.5.5.3. Metodi alternativi

Se è possibile dimostrare che una tecnica alternativa (per esempio elaboratore, commutatore di intervallo a comando elettronico, ecc.) può fornire una precisione equivalente, si possono utilizzare tali tecniche.

1.6. Verifica della taratura

Ciascun intervallo operativo normalmente utilizzato deve essere controllato prima di ogni analisi secondo la procedura seguente.

La taratura viene controllata utilizzando un gas di azzeramento e un gas di calibrazione il cui valore nominale sia superiore all'80% del fondo scala dell'intervallo di misurazione.

Se, per i due punti considerati, il valore trovato non differisce di oltre il $\pm 4\%$ 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 1.5.4.

1.7. Prova di efficienza del convertitore di NO_x

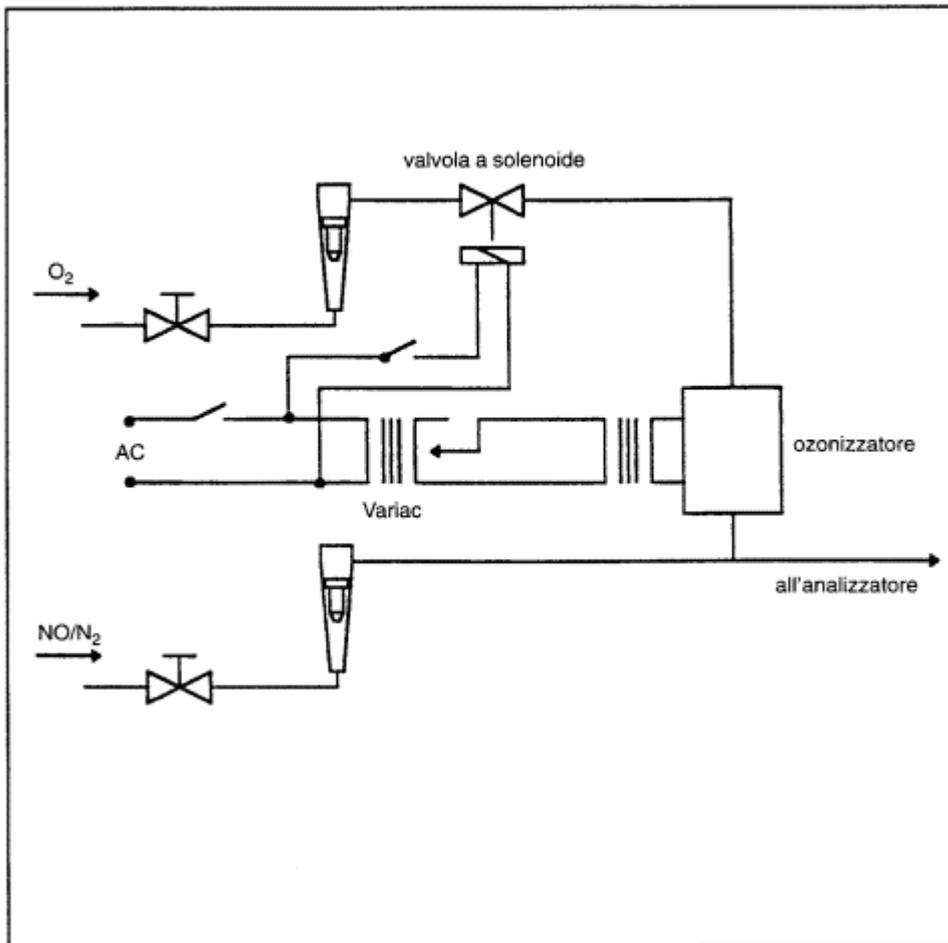
L'efficienza del convertitore utilizzato per la conversione di NO₂ in NO viene controllata come indicato nei punti 1.7.1.-1.7.8. (figura 1).

1.7.1. Impianto di prova

L'efficienza dei convertitori può essere controllata con un ozonizzatore in base all'impianto di prova presentato nella figura 1 (vedi inoltre appendice 1, punto 1.4.3.5.) e al procedimento descritto qui di seguito.

Figura 1

Schema di dispositivo per la determinazione dell'efficienza del convertitore di NO₂



1.7.2. Taratura

CLD e HCLD devono essere tarati nell'intervallo di funzionamento più comune, secondo le specifiche del costruttore, utilizzando un gas di azzeramento e un gas di calibrazione (il cui contenuto di NO deve essere circa l'80% dell'intervallo operativo con una concentrazione di NO₂ della miscela di gas inferiore al 5% della concentrazione di NO). L'analizzatore di NO_x deve essere regolato nella posizione NO, in modo che il gas di taratura non passi attraverso il convertitore. Registrare la concentrazione indicata.

1.7.3. Calcolo

L'efficienza del convertitore di NO_x viene calcolata come segue:

$$\text{Efficienza (\%)} = [1 + ((a - b) / (c - d))] \times 100$$

- (a) concentrazione di NO_x conformemente al punto 1.7.6.;
- (b) concentrazione di NO_x conformemente al punto 1.7.7.;
- (c) concentrazione di NO conformemente al punto 1.7.4.;
- (d) concentrazione di NO conformemente al punto 1.7.5.

1.7.4. Aggiunta di ossigeno

Attraverso un raccordo a T, aggiungere di continuo ossigeno o aria di azzeramento al flusso di gas fino a quando la concentrazione indicata risulti inferiore di circa il 20% alla concentrazione di taratura indicata al punto 1.7.2. (Analizzatore in posizione NO)

Registrare la concentrazione indicata (c). 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% (minimo 10%) della concentrazione di taratura di cui al punto 1.7.2. Registrare la concentrazione indicata (d). (Analizzatore in posizione NO)

1.7.6. Posizione NO_x

Commutare quindi l'analizzatore sulla posizione NO_x in modo che la miscela gassosa (costituita da NO, NO₂, O₂ e N₂) passi attraverso il convertitore. Registrare la concentrazione indicata (a). (Analizzatore in posizione NO_x)

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 indicata (b). (Analizzatore in posizione NO_x)

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_x letto sull'analizzatore non deve superare di oltre il $\pm 5\%$ il valore specificato 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_x

1.7.10. Efficienza

L'efficienza del convertitore non deve essere inferiore al 90%, ma è fortemente raccomandata un'efficienza maggiore del 95%.

Nota: Se, con l'analizzatore nell'intervallo più comune, l'ozonizzatore non può fornire una riduzione dall'80% al 20% conformemente al punto 1.7.5., utilizzare l'intervallo massimo che consente tale riduzione.

1.8. Regolazione del FID

1.8.1. Ottimizzazione della risposta del regolatore

Il rivelatore HFID deve essere messo a punto come specificato dal costruttore dello strumento. Come gas di calibrazione, utilizzare propano in aria per ottimizzare la risposta sull'intervallo operativo più comune.

Con le portate di carburante e di aria raccomandate dal costruttore, introdurre nell'analizzatore un

gas di calibrazione contenente 350 ± 75 ppm 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 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 ottenere una risposta approssimativamente dell'80% del fondo scala. La concentrazione deve essere nota con una precisione del $\pm 2\%$ riferita ad uno standard gravimetrico espresso in volume. Inoltre, la bombola del gas deve essere preconditionata per 24 ore ad una temperatura di $298 \text{ K} (25 \text{ }^\circ\text{C}) \pm 5 \text{ K}$.

I gas di prova e gli intervalli raccomandati per i relativi fattori di risposta sono i seguenti:

- | | |
|--|---------------------------|
| - Metano e aria sintetica purificata: | $1,00 \leq R_f \leq 1,15$ |
| - 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:

- Propano e azoto: $0,95 \leq R_f \leq 1,05$

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, entro un errore non superiore a ± 1 mole %, 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.

1.9. Effetti di interferenza con gli analizzatori NDIR e CLD

Gas diversi da quello analizzato presenti nello scarico possono interferire in vari modi col valore letto. Si verifica un'interferenza positiva in Strumenti NDIR quando il gas interferente fornisce, in minor misura, lo stesso effetto del gas misurato. Si verifica una interferenza negativa, negli strumenti NDIR, a causa di gas interferenti che ampliano la banda di assorbimento del gas misurato e, negli strumenti CLD, a causa di gas interferenti che estinguono 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 intervalli di inutilizzo importanti.

1.9.1. Controllo dell'interferenza sull'analizzatore di CO

Acqua e CO₂ possono interferire con le prestazioni dell'analizzatore di CO. Pertanto, gorgogliare attraverso acqua a temperatura ambiente un gas di calibrazione della CO₂ avente una concentrazione dall'80 al 100% del fondo scala dell'intervallo operativo massimo durante la prova e registrare la risposta dell'analizzatore. La risposta dell'analizzatore non deve essere superiore all'1% del fondo scala per intervalli uguali o superiori a 300 ppm, e non deve essere superiore a 3 ppm per intervalli al di sotto delle 300 ppm.

1.9.2. Controlli dell'attenuazione sull'analizzatore di NO_x

I due gas che possono dare problemi sugli analizzatori CLD (e HCLD) sono CO₂ e vapore acqueo. Le risposte di estinzione di questi gas sono proporzionali alle loro concentrazioni e richiedono pertanto tecniche d'analisi per determinare l'estinzione alle più elevate concentrazioni prevedibili durante la prova.

1.9.2.1. Prova dell'attenuazione da CO₂

Far passare attraverso l'analizzatore NDIR un gas di calibrazione della CO₂ avente una concentrazione dall'80 al 100% del fondo scala dell'intervallo operativo massimo e registrare come A il valore della CO₂. Diluire poi approssimativamente al 50% con gas di calibrazione di NO e farlo passare attraverso gli analizzatori NDIR e (H)CLD registrando come B e C rispettivamente i valori di CO₂ e NO. Chiudere poi la CO₂ e far passare solo il gas di calibrazione di NO attraverso l'analizzatore (H)CLD e registrare come D il valore di NO.

L'attenuazione viene calcolata come segue:

$$\% \text{ attenuazione CO}_2 = [1 - ((C \times A) / ((D \times A) - (D \times B)))] \times 100$$

e non deve essere maggiore del 3% del fondo scala

In questa formula:

A: concentrazione CO₂ non diluita misurata con NDIR %

B: concentrazione CO₂ diluita misurata con NDIR %

C: concentrazione NO diluita misurata con CLD ppm

D: concentrazione NO non diluita misurata con CLD ppm

1.9.2.2. Controllo dell'attenuazione causata dall'acqua

~~Il controllo si applica solo alle misure della concentrazione dei gas umidi. Il calcolo dell'attenuazione provocata dall'acqua deve considerare la diluizione del gas di taratura per l'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 un gas di calibrazione di NO avente una concentrazione dall'80 al 100% del fondo scala del normale intervallo operativo attraverso l'analizzatore (H)CLD e registrare come D il valore di NO. Gorgogliare poi il gas di NO attraverso acqua a temperatura ambiente e farlo passare attraverso l'analizzatore (H)CLD registrando come C il valore di NO. La pressione assoluta di funzionamento dell'analizzatore e la temperatura dell'acqua devono essere determinate e registrate rispettivamente come E e F. 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 (in %) della miscela come segue:~~

$$H = 100 \times (G / E)$$

~~e registrarla come H. Calcolare la concentrazione attesa del gas di definizione del limite di NO diluito (in vapore acqueo) come segue:~~

$$De = D \times (1 - H / 100)$$

~~e registrarla come De. Per lo scappamento di motori diesel, stimare la concentrazione massima del vapore acqueo nello scarico (in %) attesa durante le prove, assumendo un rapporto degli atomi H/C del combustibile 1,8 a 1, dalla concentrazione del gas di definizione del limite di CO₂ non diluito (A, misurata al punto 1.9.2.1) come segue:~~

$$Hm = 0,9 \times A$$

~~e registrarla come Hm.~~

~~L'estinzione provocata dall'acqua deve essere calcolata come segue:~~

$$\% \text{ estinzione } H_2O = 100 \times (De - C / De) \times (Hm / H)$$

~~e non deve essere superiore al 3% del fondo scala.~~

~~De: concentrazione attesa NO diluito (ppm)~~

~~C: concentrazione NO diluito (ppm)~~

~~Hm: concentrazione massima vapore acqueo (%)~~

~~H: concentrazione effettiva vapore acqueo (%)~~

~~NB: per questa prova è importante che il gas di definizione del limite di NO contenga una concentrazione minima di NO₂, per questa prova perché nei calcoli dell'estinzione non si è tenuto conto dell'assorbimento di NO₂ in acqua.~~

I due gas che possono dare problemi sugli analizzatori CLD (e HCLD) sono CO₂ e vapore acqueo. Le risposte di estinzione di questi gas sono proporzionali alle loro concentrazioni e richiedono pertanto tecniche d'analisi per determinare l'estinzione alle più elevate concentrazioni prevedibili durante la prova.

1.9.2.1. Prova dell'attenuazione da CO₂

Far passare attraverso l'analizzatore NDIR un gas di calibrazione della CO₂ avente una concentrazione dall'80 al 100% del fondo scala dell'intervallo operativo massimo e registrare come A il valore della CO₂. Diluire poi approssimativamente al 50% con gas di calibrazione di NO e farlo passare attraverso gli analizzatori NDIR e (H)CLD registrando come B e C rispettivamente i valori di CO₂ e NO. Chiudere poi la CO₂ e far passare solo il gas di calibrazione di NO attraverso l'analizzatore (H)CLD e registrare come D il valore di NO. L'attenuazione viene calcolata come segue:

$$\% \text{ attenuazione } CO_2 = [1 - ((C \times A) / ((D \times A) - (D \times B)))] \times 100$$

e non deve essere maggiore del 3% del fondo scala

In questa formula:

A: concentrazione CO₂ non diluita misurata con NDIR %

B: concentrazione CO₂ diluita misurata con NDIR %

C: concentrazione NO diluita misurata con CLD ppm

D: concentrazione NO non diluita misurata con CLD ppm

1.9.2.2. Controllo dell'attenuazione causata dall'acqua

Questo controllo si applica solo alle misure della concentrazione nei gas umidi. Il calcolo dell'attenuazione provocata dall'acqua deve considerare la diluizione dei gas di calibrazione per l'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 un gas di calibrazione per l'NO avente una concentrazione dall'80 al 100% del fondo scala del normale intervallo operativo attraverso l'analizzatore (H)CLD e registrare come D il valore di NO. Fare gorgogliare poi il gas di calibrazione per l'NO attraverso acqua a temperatura ambiente e farlo passare attraverso l'analizzatore (H)CLD registrando come C il valore di NO. La temperatura dell'acqua deve essere determinata e registrata come F. Determinare e registrare come G la pressione di vapore di saturazione della miscela che corrisponde alla temperatura (F) dell'acqua nel gorgogliatore. Calcolare la concentrazione di vapore acqueo (in %) della miscela come segue:

$$H = 100 \times (G / P_B)$$

e registrarla come H. Calcolare la concentrazione attesa del gas di calibrazione per l'NO diluito (in vapore acqueo) come segue:

$$De = D \times (1 - H / 100)$$

e registrarla come De. Per lo scarico di motori diesel, stimare la concentrazione massima del vapore acqueo nello scarico (in %) attesa durante le prove, assumendo un rapporto degli atomi H/C del combustibile 1,8 a 1, dalla concentrazione massima di CO₂ nei gas di scarico, o dalla concentrazione del gas di calibrazione per la CO₂ non diluito (A, misurata al punto 1.9.2.1) come segue:

$$Hm = 0,9 \times A$$

e registrarla come Hm.

L'attenuazione provocata dall'acqua deve essere calcolata come segue:

$$\% \text{ attenuazione H}_2\text{O} = 100 \times (De - C / De) \times (Hm / H)$$

e non deve essere superiore al 3% del fondo scala.

De: concentrazione attesa NO diluito (ppm)

C: concentrazione NO diluito (ppm)

Hm: concentrazione massima vapore acqueo (%)

H: concentrazione effettiva vapore acqueo (%)

NB: per questa prova è importante che il gas di calibrazione per l'NO contenga una concentrazione minima di NO₂, perché nei calcoli dell'attenuazione non si è tenuto conto dell'assorbimento di NO₂ in acqua.

1.10. Intervalli di taratura

Tarate gli analizzatori conformemente al punto 1.5. almeno una volta ogni tre mesi o tutte le volte che vengono effettuate riparazioni o modifiche al sistema che possano influire sulla taratura.

2. TARATURA DEL SISTEMA PER LA DETERMINAZIONE DEL PARTICOLATO

2.1. Introduzione

Tarare ciascun componente con la frequenza necessaria per rispettare i requisiti di precisione di questa norma. Il metodo di taratura da usare è descritto in questo punto per i componenti indicati nell'allegato III, appendice 1, punto 1.5. e nell'allegato V.

2.2. Misura della portata

La taratura dei flussimetri per gas o della strumentazione per la misura dei flussi deve essere riconducibile a norme nazionali e/o internazionali.

L'errore massimo del valore misurato non deve eccedere il + 2% del valore letto.

Se il flusso di gas viene determinato mediante misura differenziale di flusso, l'errore massimo della differenza deve essere tale che la precisione di GEOF sia compresa entro il + 4% (vedi anche allegato V, punto 1.2.1.1. EGA). Questo valore può essere calcolato dalla radice quadrata dell'errore quadratico medio di ciascuno strumento.

2.3. Controllo del rapporto di diluizione

Quando si utilizzano sistemi di campionamento delle particelle senza EGA (allegato V, punto 1.2.1.1.), il rapporto di diluizione deve essere controllato ogni volta che si installa un nuovo motore col motore in moto e utilizzando le misure di concentrazione di CO₂ o NO_x nello scarico tal quale e diluito.

Il rapporto di diluizione misurato deve rientrare nei limiti di + 10% del rapporto di diluizione calcolato dalla misura della concentrazione di CO₂ o NO_x.

2.4. Controllo delle condizioni di flusso parziale

L'intervallo delle velocità del gas di scarico e delle oscillazioni della pressione deve essere controllato e regolato secondo i requisiti dell'allegato V, punto 1.2.1.1., EP, se applicabile.

2.5. Intervalli di taratura

La strumentazione di misura del flusso deve essere tarata almeno ogni tre mesi o tutte le volte che si effettua un cambiamento del sistema che possa influenzare la taratura.

Appendice 3

1. VALUTAZIONE DEI DATI E CALCOLI

1.1. Valutazione dei dati relativi alle emissioni gassose

Per la valutazione delle emissioni gassose, calcolare la media degli ultimi 60 secondi di ciascuna modalità di funzionamento e determinare le concentrazioni (conc) medie di HC, CO, NO_x e CO₂ (se si utilizza il metodo del bilancio del carbonio) per ciascuna modalità in base alla media dei valori registrati e ai corrispondenti dati di taratura. » ammesso un differente tipo di registrazione, purchè assicurati un'acquisizione equivalente dei dati.

Le concentrazioni medie di fondo (conc_d) possono essere determinate in base ai valori ottenuti per l'aria di diluizione col metodo del sacco o ai valori di fondo ottenuti in modo continuo (senza sacco) e dai corrispondenti dati di taratura.

1.2. Emissioni di particolato

Per la valutazione del particolato, registrare le masse (M_{SAM,i}) o i volumi (V_{SAM,i}) totali del campione passati attraverso i filtri per ciascuna modalità.

Riportare i filtri nella camera di pesata e condizionarli per almeno un'ora e non oltre 80 ore, prima di pesarli. Registrare il peso lordo dei filtri e sottrarre la tara (vedi allegato III, punto 3.1.). La massa

del particolato (M_f per il metodo a filtro singolo; $M_{f,i}$ per il metodo a filtri multipli) è la somma delle massa del particolato raccolte sui filtri principale e di sicurezza.

Se si deve applicare la correzione del fondo, registrare la massa (M_{DIL}) o il volume (V_{DIL}) dell'aria di diluizione passata attraverso i filtri e la massa (M_d) del particolato. Se è stata effettuata più di una misura, calcolare la media dei valori del quoziente M_d/M_{DIL} o M_d/V_{DIL} ottenuto per ciascuna misurazione.

1.3. Calcolo delle emissioni gassose

I risultati finali della prova registrati risultano dai seguenti calcoli.

1.3.1. Determinazione del flusso di gas di scarico

La portata del gas di scarico (G_{EXHW} , V_{EXHW} o V_{EXHD}) deve essere determinata per ciascuna modalità conformemente all'allegato III, appendice 1, punti 1.2.1.-1.2.3.

Quando si utilizza un sistema di diluizione a flusso pieno, determinare la portata totale del gas di scarico diluito (G_{TOTW} , V_{TOTW}) per ciascuna modalità conformemente all'allegato III, appendice 1, punto 1.2.4.

1.3.2. Correzione secco/umido

Quando si applica G_{EXHW} , V_{EXHW} , G_{TOTW} o V_{TOTW} , convertire la concentrazione misurata nel valore su umido secondo le formule seguenti, salvo che sia già stata misurata su umido:
 conc (umido) = k_w x conc (secco)

Per il gas di scarico grezzo:

$$k_{w,r,1} = \left(1 - F_{FH} \times \frac{G_{FUEL}}{G_{AIRD}} \right) - k_{w2}$$

o:

$$k_{w,r,2} = \left(\frac{1}{1 + 1,88 \times 0,005 \times (\% CO \text{ [secco]} + \% CO_2 \text{ [secco]})} \right) - k_{w2}$$

Per il gas di scarico diluito:

$$k_{w,e,1} = \left(1 - \frac{1,88 \times CO_2 \% (\text{umido})}{200} \right) - k_{w1}$$

o:

$$k_{w,e,2} = \left(\frac{1 - k_{w1}}{1 + \frac{1,88 \times CO_2 \% (\text{secco})}{200}} \right)$$

F_{FH} può essere calcolato mediante:

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

Per l'aria di diluizione:

$$k_{W,d} = 1 - kW1$$

$$k_{w1} = \frac{1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}{1\,000 + 1,608 \times [H_d \times (1 - 1/DF) + H_a \times (1/DF)]}$$

$$H_d = \frac{6,22 \times R_d \times p_d}{P_B - P_d \times R_d \times 10^{-2}}$$

Per l'aria di alimentazione (se è differente dall'aria di diluizione):

$$k_{W,a} = 1 - kW2$$

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

$$H_a = \frac{6,22 \times R_a \times p_a}{P_B - P_a \times R_a \times 10^{-2}}$$

in cui:

H_a : umidità assoluta dell'aria di aspirazione, g d'acqua per kg di aria secca

H_d : umidità assoluta dell'aria di diluizione, g d'acqua per kg di aria secca

R_d : umidità relativa dell'aria di diluizione %, -

R_a : umidità relativa dell'aria di aspirazione %, -

P_d : pressione di vapore di saturazione dell'aria di diluizione, kPa

P_a : pressione di vapore di saturazione dell'aria di aspirazione, kPa

P_B : pressione barometrica totale, kPa.

1.3.3. Correzione dell'umidità per NO_x

Poichè l'emissione di NO_x dipende dalle condizioni dell'aria ambiente, la concentrazione di NO_x deve essere corretta per tener conto della temperatura e dell'umidità dell'aria ambiente mediante i fattori K_H forniti dalla formula seguente:

$$K_H = 1 / [1 + A \times (H_a - 10,71) + B \times (T_a - 298)]$$

in cui:

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

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

T: temperatura dell'aria in K

G_{FUEL}/G_{AIRD} = rapporto combustibile aria (su base aria secca)

H_a : umidità dell'aria di aspirazione, g d'acqua per kg d'aria secca:

$$H_a = (6,220 \times R_a \times p_a) / (P_B - p_a \times R_a \times 10^{-2})$$

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

1.3.4. Calcolo della portata massica di emissione

La portata massica di emissione si calcola come segue:

a) Per il gas di scarico grezzo (a):

$$\text{Gas}_{\text{mass}} = u \times \text{conc} \times G_{\text{EXHW}}$$

o:

$$\text{Gas}_{\text{mass}} = v \times \text{conc} \times V_{\text{EXHD}}$$

o:

$$\text{Gas}_{\text{mass}} = w \times \text{conc} \times V_{\text{EXHW}}$$

b) Per il gas di scarico diluito (a):

$$\text{Gas}_{\text{mass}} = u \times \text{conc}_c \times G_{\text{TOTW}}$$

o:

$$\text{Gas}_{\text{mass}} = w \times \text{conc}_c \times V_{\text{TOTW}}$$

dove:

conc_c è la concentrazione di fondo corretta

$$\text{conc}_c = \text{conc} - \text{conc}_d \times (1 - (1/\text{DF}))$$

$$\text{DF} = 13,4 / (\text{concCO}_2 + (\text{concCO} + \text{concHC}) \times 10^{-4})$$

o:

$$\text{DF} = 13,4 / \text{concCO}_2$$

Usare i coefficienti u - umido, v - secco, w - umido della seguente tabella:

Gas	u	v	w	conc
NO _x	0,001587	0,002053	0,002053	ppm
CO	0,000966	0,00125	0,00125	ppm
HC	0,000479	-	0,000619	ppm
CO ₂	15,19	19,64	19,64	per cento

La densità di HC è basata su un rapporto medio carbonio su idrogeno pari a 1/1,85.

(a) Nel caso di NO_x, la concentrazione di NO_x (NO_xconc o NO_xconc_c) deve essere moltiplicata per KHNOX (fattore di correzione dell'umidità per NO_x citato nel precedente punto 1.3.3) come segue: KHNOX x conc o K_{HNOX} x conc_c.

1.3.5. Calcolo delle emissioni specifiche

Le emissioni specifiche (g/kWh) per tutti i singoli componenti sono calcolate nel modo seguente:

$$\text{Singolo gas} = \frac{\sum_{i=1}^n G_{\text{gas mass}} \times WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times WF_i}$$

dove $P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$

I fattori di ponderazione e il numero di modalità (n) utilizzati nel calcolo suddetto sono descritti nell'allegato III, punto 3.6.1.

1.4. Calcolo dell'emissione di particolato

L'emissione di particolato si calcola nel modo seguente.

1.4.1. Fattore di correzione dell'umidità per il particolato

Poichè l'emissione di particolato dei motori diesel dipende dalle condizioni dell'aria ambiente, la portata massica del particolato deve essere corretta per tener conto dell'umidità dell'aria secondo il fattore K_p dato dalla formula seguente:

$$K_p = 1/(1 + 0,0133 \times (H_a - 10,71))$$

H_a = umidità dell'aria di aspirazione, g d'acqua per kg di aria secca

$$H_a = (6,22 \times R_a \times p_a) / (P_B - P_a \times R_a \times 10^{-2})$$

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

1.4.2. Sistema di diluizione a flusso parziale

I risultati finali della prova relativa alle emissioni di particolato risultano dai seguenti calcoli. Poichè si possono utilizzare vari tipi di controllo del grado di diluizione, si seguono differenti metodi di calcolo per la portata massica del gas di scarico diluito equivalente G_{EDF} o per la portata volumetrica di gas di scarico diluito equivalente V_{EDF} . Tutti i calcoli devono essere basati sui valori medi delle singole modalità (i) durante il periodo di campionamento.

1.4.2.1. Sistemi isocinetici

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

o:

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

$$q_i = [G_{DILW,i} + (G_{EXHV,i} \times r)] / (G_{EXHV,i} \times r)$$

o:

$$q_i = [V_{DILW,i} + (V_{EXHV,i} \times r)] / (V_{EXHV,i} \times r)$$

dove r rappresenta il rapporto tra le sezioni trasversali della sonda isocinetica A_p e del condotto di scarico A_t :

$$r = A_p / A_t$$

1.4.2.2. Sistemi con misura della concentrazione di CO₂ o NO_x

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

o:

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

$$q_i = (\text{Conc}_{E,i} - \text{Conc}_{A,i}) / (\text{Conc}_{D,i} - \text{Conc}_{A,i})$$

dove:

Conc_E = concentrazione su umido del gas tracciante nello scarico grezzo

Conc_D = concentrazione su umido del gas tracciante sullo scarico diluito

Conc_A = concentrazione su umido del gas tracciante nell'aria di diluizione

Convertire in concentrazioni misurato su umido le concentrazioni misurate su secco conformemente al punto 1.3.2. della presente appendice.

1.4.2.3. Sistemi con misura di CO₂ e metodo del bilancio del carbonio

$$G_{EDFW,i} = (206,6 \times G_{FUEL,i}) / (\text{CO}_{2D,i} - \text{CO}_{2A,i})$$

dove:

CO_{2D} = concentrazione di CO₂ nello scarico diluito

CO_{2A} = concentrazione di CO₂ nell'aria di diluizione

(concentrazioni in % in volume su umido)

Questa equazione è basata sull'assunzione del bilancio del carbonio (gli atomi di carbonio forniti al motore vengono emessi come CO₂) e viene derivata attraverso i passaggi seguenti:

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

e:

$$q_i = (206,6 \times G_{FUEL,i}) / (G_{EXHW,i} \times (\text{CO}_{2D,i} - \text{CO}_{2A,i}))$$

1.4.2.4. Sistemi con misura del flusso

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

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

1.4.3. Sistema di diluizione a flusso pieno

I risultati finali della prova relativa all'emissione di particolato risultano dai seguenti calcoli. Tutti i calcoli devono essere basati sui valori medi delle singole modalità (i) durante il periodo di campionamento.

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

o:

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

1.4.4. Calcolo della portata massica del particolato

Calcolare la portata massica del particolato come segue. Per il metodo a filtro singolo:

$$PT_{mass} = (M_f / M_{SAM}) \times ((G_{EDFW})_{aver} / 1000)$$

o:

$$PT_{mass} = (M_f / V_{SAM}) \times ((V_{EDFW})_{aver} / 1000)$$

dove:

$(G_{EDFW})_{aver}$, $(V_{EDFW})_{aver}$, $(M_{SAM})_{aver}$, $(V_{SAM})_{aver}$ lungo il ciclo di prova vengono determinati per sommatoria dei valori medi delle singole modalità durante il periodo di campionamento:

$$(G_{EDFW})_{aver} = \sum_{i=1}^n G_{EDFW,i} \times WF_i$$

$$(V_{EDFW})_{aver} = \sum_{i=1}^n V_{EDFW,i} \times WF_i$$

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

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

dove $i = 1, \dots, n$.

Per il metodo a filtri multipli:

$$PT_{mass,1} = \frac{M_{f,1}}{M_{SAM}} \times \frac{(G_{EDFW,i})}{1000}$$

o:

$$PT_{mass,i} = \frac{M_{f,i}}{V_{SAM}} \times \frac{(V_{EDFW,i})}{1000}$$

dove $i = 1, \dots n$.

La portata massica del particolato può essere corretta per tener conto del fondo come segue.

Per il metodo a filtro singolo:

$$PT_{mass} = \left[\frac{M_f}{M_{SAM}} - \left(\frac{M_d}{M_{DIL}} \times \left(\sum_{i=1}^{i=n} \left(1 - \frac{1}{DF_i} \right) \times WF_i \right) \right) \right] \times \frac{\overline{G_{EDFW}}}{1000}$$

Se si effettua più di una misura, sostituire (M_d/M_{DIL}) o (M_d/V_{DIL}) rispettivamente con $(M_d/M_{DIL})_{aver}$ o $(M_d/V_{DIL})_{aver}$

$$DF = 13,4 / [\text{concCO}_2 + (\text{concCO} + \text{concHC}) \times 10^{-4}]$$

o:

$$DF = 13,4 / \text{concCO}_2$$

Per il metodo multifiltro:

$$PT_{mass,i} = \left[\frac{M_{f,i}}{M_{SAM}} - \left(\frac{M_{f,i}}{M_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \times \left[\frac{(G_{EDFW})_{aver}}{1000} \right]$$

$$PT_{mass,i} = \left[\frac{M_{f,i}}{V_{SAM,i}} - \left(\frac{M_{f,i}}{V_{DIL}} \times \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right) \right] \times \left[\frac{(V_{EDFW})_{aver}}{1000} \right]$$

Se si effettua più di una misura, sostituire $(M_d/MDIL)$ o $(M_d/VDIL)$ rispettivamente con $(M_d/MDIL)_{aver}$ o $(M_d/VDIL)_{aver}$

$$DF = 13,4 / [\text{concCO}_2 + (\text{concCO} + \text{concHC}) \times 10^{-4}]$$

o:

$$DF = 13,4 / \text{concCO}_2$$

1.4.5. Calcolo delle emissioni specifiche

Le emissioni specifiche di particolato PT (g/kWh) si calcolano nella maniera seguente (a).

Per il metodo a filtro singolo:

$$PT = \frac{PT_{\text{mass}}}{\sum_{i=1}^n P_i \times WF_i}$$

Per il metodo multifiltro:

$$PT = \frac{\sum_{i=1}^n PT_{\text{mass},i} \times WF_i}{\sum_{i=1}^n P_i \times WF_i}$$

$$P_i = P_{m,i} + P_{AE,i}$$

(a) La portata massica del particolato PT_{mass} , deve essere moltiplicata per K_p (fattore di correzione dell'umidità per il particolato citato al punto 1.4.1.).

1.4.6. Fattore di ponderazione efficace

Per il metodo a filtro singolo, calcolare il fattore di ponderazione efficace $WF_{E,i}$, per ciascuna modalità nel modo seguente:

$$WF_{E,i} = \frac{M_{\text{SAM},i} \times (G_{\text{EDFW}})_{\text{aver}}}{M_{\text{SAM}} \times (G_{\text{EDFW},i})}$$

o:

$$WF_{E,i} = \frac{V_{\text{SAM},i} \times (V_{\text{EDFW}})_{\text{aver}}}{V_{\text{SAM}} \times (V_{\text{EDFW},i})}$$

in cui $i = 1, \dots, n$.

I valori dei fattori di ponderazione efficaci devono coincidere, con un'approssimazione di $\pm 0,005$ (valore assoluto), con i fattori di ponderazione elencati nell'allegato III, punto 3.6.1.