

Maschere di comunità – Parte 2: Metodi di prova

Original

Maschere di comunità – Parte 2: Metodi di prova / Tronville, Paolo; Marval, Jesus; Galimberti, Virginio; De Nardi, Marco; Galbiati, Claudio; Fizzano, Maria Rosaria; Frusteri, Liliana; Corradi, Andrea; Luzzi, Roberto; Somaschi, Stefano; Rossi, Christian. - ELETTRONICO. - ICS 13.340.20, UNI/PdR 90.1:2020:(2020).

Availability:

This version is available at: 11583/2992678 since: 2024-09-23T09:02:42Z

Publisher:

UNI

Published

DOI:

Terms of use:

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

Publisher copyright

(Article begins on next page)

Maschere di comunità - Parte 2: Metodi di prova

Community Face Covering - Part 2: Test methods

La prassi di riferimento specifica un metodo di prova applicabile alle maschere di comunità che permette di misurarne l'efficienza di rimozione delle particelle e la resistenza al flusso d'aria. Il metodo di prova permette di valutare i requisiti di prestazione definiti nella UNI/PdR 90-1:2020.

NOTA Per maschere di comunità si intendono le maschere filtranti prodotte in deroga alle vigenti norme sull'immissione in commercio, previste dal comma 2 dell'art. 16 del Decreto Legge 17 marzo 2020, n. 18, coordinato con la legge di conversione 24 aprile 2020, n. 27.

Publicata il 01 luglio 2020

ICS 19.020



UNI ENTE ITALIANO
DI NORMAZIONE



© UNI
Via Sannio 2 – 20137 Milano
Telefono 02 700241
www.uni.com – uni@uni.com

Tutti i diritti sono riservati.

I contenuti possono essere riprodotti o diffusi (anche integralmente) a condizione che ne venga data comunicazione all'editore e sia citata la fonte.

Documento distribuito gratuitamente da UNI.

PREMESSA

La presente Prassi di Riferimento UNI/PdR 90-2:2020 non è una norma nazionale, ma è un documento pubblicato da UNI, come previsto dal Regolamento UE n.1025/2012, che raccoglie prescrizioni relative a prassi condivise all'interno del seguente soggetto firmatario di un accordo di collaborazione con UNI:

Politecnico di Torino

Corso Duca degli Abruzzi, 24
10129 Torino, ITALY

La presente Prassi di Riferimento è stata elaborata dal Tavolo “Maschere di comunità” condotto da UNI, costituito dai seguenti esperti:

Paolo Tronville, Project Leader (Politecnico di Torino)

Jesus Marval (Politecnico di Torino)

Virginio Galimberti (Presidente UNI/CT 042/SC 02 - Dispositivi di protezione individuale)

Marco De Nardi (Presidente UNI/CT 044/SC 01 - Dispositivi medici non attivi, dispositivi di trasfusione, valutazione biologica)

Claudio Galbiati (Membro UNI/CT 042/SC 02/GL 03 - Dispositivi di protezione delle vie respiratorie)

Maria Rosaria Fizzano (Coordinatore UNI/CT 042/SC 02/GL 03 - Dispositivi di protezione delle vie respiratorie)

Liliana Frusteri (Coordinatore UNI/CT 042/GL 63 – Igienista occupazionale)

Roberto Luzzi (INAIL)

Andrea Corradi (Ahlstrom Munksjo)

Stefano Somaschi (Luchsinger)

Christian Rossi (Sagicofim)

La presente Prassi di Riferimento è stata ratificata dal Presidente dell'UNI il 01 luglio 2020.

Le Prassi di Riferimento, adottate esclusivamente in ambito nazionale, rientrano fra i “prodotti della normazione europea”, come previsti dal Regolamento UE n.1025/2012, e sono documenti che introducono prescrizioni tecniche, elaborati sulla base di un rapido processo ristretto ai soli autori, sotto la conduzione operativa di UNI.

Le Prassi di Riferimento sono disponibili per un periodo non superiore a 5 anni, tempo massimo dalla loro pubblicazione entro il quale possono essere trasformate in un documento normativo (UNI, UNI/TS, UNI/TR) oppure devono essere ritirate.

Chiunque ritenesse, a seguito dell'applicazione della presente Prassi di Riferimento, di poter fornire suggerimenti per un suo miglioramento è pregato di inviare i propri contributi all'UNI, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, che li terrà in considerazione.

SOMMARIO

INTRODUZIONE	9
1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE	11
2 RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI.....	11
3 TERMINI E DEFINIZIONI	12
4 PRINCIPIO	12
5 REQUISITI GENERALI DEL METODO DI PROVA DELLA MASCHERA DI COMUNITÀ	12
5.1 REQUISITI DEL CAMPIONE DI PROVA.....	12
5.2 INSTALLAZIONE DEL CAMPIONE IN PROVA.....	13
5.3 REQUISITI DEL BANCO DI PROVA.....	13
6 MATERIALI DI PROVA.....	14
6.1 AEROSOL-IN FASE LIQUIDA DI PROVA	14
6.1.1 AEROSOL DI PROVA DI DEHS.....	14
6.1.2 FORMULA DEL DEHS/DES/DOS	14
6.1.3 PROPRIETÀ DEL DEHS.....	14
6.1.4 GENERAZIONE DELL’AEROSOL IN FASE LIQUIDA.....	14
Figura 1 - Generatore di aerosol in fase liquida	15
6.2 ALTRI AEROSOL DI RIFERIMENTO DI PROVA	15
6.3 CARICAMENTO DELL’AEROSOL	15
7 ATTREZZATURA DI PROVA	15
7.1 BANCO DI PROVA	15
Figura 2 - Banco di prova	16
7.1.1 MATERIALI UTILIZZABILI PER IL BANCO DI PROVA.....	16
7.1.2 DISPOSIZIONE DEL BANCO DI PROVA	16
7.1.3 ALIMENTAZIONE DELL’ARIA AL BANCO DI PROVA	16
7.1.3.1 POSIZIONE DEL VENTILATORE	16

7.1.3.2	AMBIENTE DI PROVA.....	16
7.1.3.3	FILTRO HEPA DEL BANCO DI PROVA.....	17
7.1.4	ISOLAMENTO DEL BANCO DI PROVA.....	17
7.1.5	PIASTRE FORATE PER LA MISCELAZIONE.....	17
Figura 3 - Orifizio di miscelazione		17
7.1.6	CAMPIONAMENTO DELL'AEROSOL.....	17
7.1.6.1	LINEE DI CAMPIONAMENTO	17
7.1.6.2	SONDE DI CAMPIONAMENTO.....	18
7.1.6.3	PORTATA D'ARIA DI CAMPIONAMENTO.....	18
7.1.6.4	CAMPIONAMENTO SECONDARIO.....	18
7.1.6.5	DILUITORI DI AEROSOL	19
7.1.6.6	REQUISITI DELLE VALVOLE	19
Figura 4 - Diagramma schematico del sistema di campionamento dell'aerosol		20
7.1.7	MISURAZIONE DELLA PORTATA D'ARIA DEL BANCO DI PROVA	20
7.1.8	MISURAZIONE DELLA RESISTENZA AL FLUSSO D'ARIA.....	20
Figura 5 - Presa di pressione statica		21
7.2	CONTATORE DI PARTICELLE DELL'AEROSOL	21
7.2.1	GENERALITÀ	21
7.2.2	INTERVALLO DI DIMENSIONI CAMPIONATE DALL'OPC.....	21
7.2.3	INTERVALLO DI DIMENSIONI DELL'OPC	21
Prospetto 1 Confini dei canali di dimensione delle particelle consigliati.....		22
7.2.4	RISOLUZIONE DIMENSIONALE DELLE PARTICELLE.....	22
7.2.5	CALIBRAZIONE.....	22
7.2.6	PORTATA D'ARIA.....	22
7.2.7	CONTEGGIO A ZERO	22
7.2.8	DOPPIO OPC	23
7.3	TEMPERATURA, UMIDITÀ RELATIVA.....	23

7.4	DETERMINAZIONE DELLA VELOCITÀ DI ATTRAVERSAMENTO DEL CAMPIONE IN PROVA	23
8	QUALIFICAZIONE DEL BANCO DI PROVA E DELL'APPARECCHIATURA.....	23
8.1	REQUISITI DEL PROGRAMMA DI PROVA PER LA QUALIFICAZIONE DELL'APPARECCHIATURA.....	23
8.1.1	GENERALITÀ	23
8.1.2	PROVA DI QUALIFICAZIONE.....	23
8.1.3	DOCUMENTAZIONE DELLA QUALIFICAZIONE	24
	Prospetto 2 - Requisiti di prova per la qualificazione.....	24
8.2	PROVE DI QUALIFICAZIONE.....	24
8.2.1	BANCO DI PROVA - PROVA DI PRESSIONE DEL SISTEMA.....	24
8.2.1.1	PROTOCOLLO PER LA PROVA DI PRESSIONE DEL SISTEMA	24
8.2.1.2	RISULTATI DELLA PROVA DI PRESSIONE DEL SISTEMA	25
	Figura 6 - Prova di pressione del sistema	25
8.2.2	OPC - PROVA DI STABILITÀ DELLA PORTATA.....	25
8.2.2.1	PROTOCOLLO DI PROVA DELLA STABILITÀ DELLA PORTATA	25
8.2.2.2	RISULTATI DELLA PROVA DI STABILITÀ DELLA PORTATA.....	26
8.2.3	OPC - PROVA A ZERO	26
8.2.3.1	PROTOCOLLO DELLA PROVA A ZERO.....	26
8.2.3.2	RISULTATI DELLA PROVA A ZERO	26
8.2.4	OPC - ACCURATEZZA DELLA MISURA DELLE DIMENSIONI.....	26
8.2.4.1	PROTOCOLLO DI PROVA PER L'ACCURATEZZA DELLA MISURA DELLE DIMENSIONI	26
8.2.4.2	RISULTATI DELLA PROVA DI ACCURATEZZA DELLA MISURA DELLE DIMENSIONI	26
8.2.5	OPC - Prova di sovraccarico	27
8.2.5.1	GENERALITÀ	27
8.2.5.2	PROTOCOLLO PER LA PROVA DI SOVRACCARICO.....	27
8.2.5.3	RISULTATI DELLA PROVA DI SOVRACCARICO.....	27
8.2.6	GENERATORE DI AEROSOL - TEMPO DI RISPOSTA.....	27

8.2.6.1	TEMPO DI RISPOSTA DEL GENERATORE DI AEROSOL - PROTOCOLLO DI MISURAZIONE.....	27
8.2.6.2	RISULTATI DEL TEMPO DI RISPOSTA DEL GENERATORE DI AEROSOL	28
8.2.7	BANCO DI PROVA - PROVA DI PERDITA D'ARIA	28
8.2.7.1	GENERALITÀ	28
8.2.7.2	PROTOCOLLO PER LA PROVA DI PERDITA D'ARIA	28
8.2.7.3	RISULTATI DELLA PROVA DI PERDITA D'ARIA	28
	Figura 7 - Punti di campionamento dell'uniformità dell'aerosol	29
8.2.8	BANCO DI PROVA - UNIFORMITÀ DELL'AEROSOL	29
8.2.8.1	PARAMETRI DI UNIFORMITÀ DELL'AEROSOL.....	29
8.2.8.2	PROTOCOLLO PER L'UNIFORMITÀ DELL'AEROSOL.....	29
8.2.8.3	RISULTATI DELL'UNIFORMITÀ DELL'AEROSOL	30
8.2.9	BANCO DI PROVA - PRESSIONE NELLA SEZIONE DEL CAMPIONE IN PROVA VUOTA.....	30
8.2.9.1	PROTOCOLLO RELATIVO ALLA SEZIONE DEL CAMPIONE IN PROVA VUOTA.....	30
8.2.9.2	RISULTATI PER LA PROVA DELLA PRESSIONE NELLA SEZIONE DEL CAMPIONE IN PROVA VUOTO	30
8.2.10	BANCO DI PROVA - PROVA DI EFFICIENZA AL 100% E TEMPO DI SPURGO	30
8.2.10.1	PROTOCOLLO DI EFFICIENZA AL 100%	30
8.2.10.2	RISULTATI DI EFFICIENZA AL 100 %.....	31
8.2.11	BANCO DI PROVA - RAPPORTO DI CORRELAZIONE.....	31
8.2.11.1	GENERALITÀ	31
8.2.11.2	PROTOCOLLO PER IL RAPPORTO DI CORRELAZIONE.....	31
8.2.11.3	RISULTATI PER IL RAPPORTO DI CORRELAZIONE	31
8.3	MANUTENZIONE.....	32
8.3.1	GENERALITÀ	32
	Prospetto 3 - Programma di manutenzione	32
8.3.2	BANCO DI PROVA - MISURA DELLA CONCENTRAZIONE PARTICELLARE DI FONDO.....	32
8.3.3	BANCO DI PROVA - PROVA DEL FILTRO DI RIFERIMENTO	33

8.3.3.1	FILTRO DI RIFERIMENTO	33
8.3.3.2	PROTOCOLLO DI RIFERIMENTO.....	33
8.3.3.3	VALORI DI RIFERIMENTO.....	33
8.3.3.4	RESISTENZA AL FLUSSO D'ARIA DI RIFERIMENTO	34
8.3.3.5	RICALIBRATURA DELL'OPC.....	34
8.3.3.6	SOSTITUZIONE DEI FILTRI DI RIFERIMENTO	34
8.3.4	BANCO DI PROVA - PROVA DI PRESSIONE DI RIFERIMENTO.....	34
8.4	CONTROLLO DELLE PERDITE DEL BANCO DI PROVA	34
8.4.1	RILEVAZIONE VISIVA MEDIANTE FUMO FREDDO.....	34
9	METODO DI PROVA.....	35
9.1	PORTATA D'ARIA.....	35
9.2	MISURAZIONE DELLA RESISTENZA AL FLUSSO D'ARIA.....	35
9.3	MISURAZIONE DELL'EFFICIENZA SPETTRALE	35
9.3.1	PROTOCOLLO DI CAMPIONAMENTO DELL'AEROSOL.....	35
9.3.2	MISURA DELLA CONCENTRAZIONE PARTICELLARE DI FONDO.....	35
9.3.3	SEQUENZA DI PROVA PER UN SINGOLO OPC	35
9.3.3.1	DESCRIZIONE DELLA SEQUENZA PER UN SINGOLO OPC.....	35
Prospetto 4 - Ciclo di conteggio per un singolo OPC per una dimensione delle particelle, <i>ps</i>		37
9.3.3.2	RIDUZIONE DEI DATI INIZIALI PER UN SINGOLO OPC.....	37
9.3.4	SEQUENZA DI PROVA CON DOPPIO OPC	38
9.3.4.1	DESCRIZIONE DELLA SEQUENZA CON DOPPIO OPC	38
Prospetto 5 - Ciclo di conteggio con doppio OPC per la dimensione delle particelle <i>ps</i>		39
9.3.4.2	CALCOLI DI FONDO CON DOPPIO OPC	39
10	RIDUZIONE DEI DATI E CALCOLI.....	40
10.1	RAPPORTO DI CORRELAZIONE.....	40
10.1.1	GENERALITÀ DEL RAPPORTO DI CORRELAZIONE	40
10.1.2	RIDUZIONE DEI DATI DEL RAPPORTO DI CORRELAZIONE	40

Prospetto 6 - Variabile della distribuzione t di Student	42
10.2 PENETRAZIONE ED EFFICIENZA SPETTRALE.....	42
10.2.1 GENERALITÀ SULLA PENETRAZIONE ED EFFICIENZA IN FRAZIONE	42
10.2.2 RIDUZIONE DEI DATI DI PENETRAZIONE.....	43
10.3 REQUISITI DI QUALITÀ DEI DATI.....	45
10.3.1 CONTEGGIO DI FONDO DELLA CORRELAZIONE	45
10.3.2 CONTEGGIO DI FONDO DELL'EFFICIENZA	45
10.3.3 RAPPORTO DI CORRELAZIONE.....	46
Prospetto 7 - Limiti del rapporto di correlazione	46
10.3.4 PENETRAZIONE.....	46
Prospetto 8 - Limiti di penetrazione.....	47
10.4 CALCOLO DELL'EFFICIENZA SPETTRALE.....	47
11 RAPPORTO DI PROVA.....	48
11.1 GENERALITÀ	48
11.2 ELEMENTI RICHIESTI NEL RAPPORTO.....	48
11.2.1 GENERALITÀ DEL RAPPORTO.....	48
11.2.2 VALORI INDICATI NEL RAPPORTO DI PROVA	48
11.2.3 RAPPORTO DI SINTESI.....	48
11.2.4 DETTAGLI DEL RAPPORTO	50
12. REQUISITI PER LA VALUTAZIONE DELLA CONFORMITÀ DI PARTE TERZA	57
APPENDICE A – MISURAZIONE EFFICIENZA DI RIMOZIONE PARTICELLARE SU MASCHERINE DI COMUNITÀ SEMIRIGIDE	58
A.1 GENERALITÀ	58
A.2 FISSAGGIO DEL CAMPIONE DI PROVA E MISURAZIONE DELL'EFFICIENZA.....	58
APPENDICE B – MISURAZIONE DELLA RESISTENZA AL MOTO	59

B.1	GENERALITÀ	59
B.2	FISSAGGIO DEL CAMPIONE DI PROVA E MISURAZIONE DELLA RESISTENZA.....	59
B.3	CORREZIONE DELLA RESISTENZA AL FLUSSO D'ARIA.....	60
APPENDICE C – RIMOZIONE DELLA CARICA ELETTROSTATICA CON VAPORI DI ALCOOL ISOPROPILICO.....		62
C.1	GENERALITÀ	62
C.2	MATERIALI PER IL CONDIZIONAMENTO.....	62
C.3	CABINA O VASCHETTA DI CONDIZIONAMENTO	63
C.4	PROCEDURA DI CONDIZIONAMENTO	63
Figura 14 - Vaschetta di condizionamento		64

INTRODUZIONE

La presente Prassi di riferimento nasce da un'iniziativa del Politecnico di Torino volta ad elaborare documenti tecnici che forniscano al mercato requisiti e metodi di prova per le cosiddette maschere di comunità.

Per fronteggiare l'emergenza sanitaria da COVID 19, oltre a considerare i Dispositivi di Protezione Individuale (DPI) e i Dispositivi Medici (DM), il decreto legge 17 marzo 2020, n. 18, coordinato con la legge di conversione 24 aprile 2020, n. 27, ha stabilito ulteriori misure di protezione a favore della collettività. Nel comma 2 dell'art. 16 viene riportato che *fino al termine dello stato di emergenza [...], gli individui presenti sull'intero territorio nazionale sono autorizzati all'utilizzo di maschere filtranti prive del marchio CE e prodotte in deroga alle vigenti norme sull'immissione in commercio.*

Le maschere di comunità non sono nè Dispositivi di Protezione Individuale (DPI), fabbricati e messi a disposizione del mercato in conformità al REGOLAMENTO (UE) 2016/425, nè Dispositivi Medici (DM), fabbricati e messi a disposizione del mercato in conformità alla Direttiva 93/42/CEE, modificata dalla Direttiva 2007/47/CE, o al REGOLAMENTO (UE) 2017/745

NOTA L'Organizzazione Mondiale della Sanità considera utili ad affrontare l'emergenza da COVID 19 le semimaschere filtranti almeno FFP2 previste dalla UNI EN 149:2009, armonizzata per il REGOLAMENTO (UE) n. 2016/425, e le maschere facciali ad uso medico, quali quelle conformi alla UNI EN 14683:2019, armonizzata per la Direttiva 93/42/CEE modificata dalla direttiva 2007/47/CE.

Le maschere di comunità sono state introdotte senza precisarne i requisiti minimi dall'art. 16, comma 2, del Decreto Legge 17 marzo 2020, n. 18, coordinato con la legge di conversione 24 aprile 2020, n. 27, sotto la responsabilità del fabbricante, che ne garantisce la sicurezza, **e non possono essere usate per la protezione dei lavoratori nei luoghi di lavoro**, ma possono essere indossate dalla popolazione per il tempo destinato unicamente ad attività non lavorative, al solo fine di contenere la diffusione della pandemia da COVID 19. Il DPCM 26 aprile 2020 ha introdotto per la prima volta il termine "maschere di comunità" riferendosi agli oggetti menzionati dal Decreto Legge 17 marzo 2020.

Il 17 giugno 2020 il CEN – Comitato Europeo di Normazione ha pubblicato il documento pre-normativo CWA 17553:2020 (CEN Workshop Agreement), per definire i requisiti minimi, i metodi di prova ed i criteri di usabilità per la progettazione, produzione e valutazione della performance delle maschere di comunità. Il documento è stato elaborato in coerenza con i documenti tecnici sviluppati a livello nazionale dai diversi Paesi che hanno partecipato alla elaborazione del CWA, compreso la UNI/PdR 90 – 1:2020 e UNI/PdR 90 – 2:2020 elencate tra i documenti di riferimento da utilizzare (vedere Appendice C, CWA 17553:2020) .

Al fine di fornire un metodo di prova delle prestazioni delle maschere di comunità, il Politecnico di Torino ha condotto una serie di misure, riscontrando una gamma molto ampia di prestazioni, alcune prossime alle maschere facciali ad uso medico, altre chiaramente inferiori.

La UNI/PdR 90-1:2020 specifica una serie di requisiti per caratterizzare le maschere di comunità, mentre la UNI/PdR 90-2:2020 definisce un metodo di prova innovativo per misurarne le prestazioni filtranti.

UNI/PdR 90-2:2020

Entrambi i documenti sono da intendersi ad uso volontario e informativo, non assumono valore cogente rispetto ai dispositivi di legge sopracitati.

Il metodo di prova, indicato nella presente UNI/PdR 90-2:2020, è basato anch'esso su norme tecniche esistenti e consolidate (serie UNI EN ISO 16890 e UNI EN ISO 21083).

Esso permette di valutare le prestazioni in modo rapido e completo, precisando anche l'incertezza associata ai dati di efficienza di rimozione dell'aerosol.

La rapidità nel qualificare le maschere di comunità è un fattore essenziale quando è in corso una pandemia.

Le misurazioni possono essere eseguite nei laboratori del settore della tecnologia degli aerosol già attivi o in ulteriori laboratori che intendano attrezzarsi per svolgere tali prove, mediante la strumentazione comunemente usata per valutare le prestazioni dei materiali e del campione, senza usare un aerosol di prova biologico.

Gli strumenti già presenti sul territorio sono adattabili alle necessità del metodo di prova con sforzi e risorse limitati.

La lunghezza della descrizione del metodo è principalmente legata alla presenza di procedure di qualificazione dell'apparato di prova che consentano di valutare preliminarmente la sua affidabilità.

1 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

La presente prassi di riferimento specifica un metodo di prova applicabile alle maschere di comunità che permette di misurarne l'efficienza di rimozione delle particelle e la resistenza al flusso d'aria.

Il metodo di prova permette di valutare i requisiti di prestazione definiti nella UNI/PdR 90-1:2020.

NOTA Per maschere di comunità si intendono le maschere filtranti prodotte in deroga alle vigenti norme sull'immissione in commercio, previste dal comma 2 dell'art. 16 del Decreto Legge 17 marzo 2020, n. 18, coordinato con la legge di conversione 24 aprile 2020, n. 27.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI E LEGISLATIVI

La presente Prassi di Riferimento rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi e legislativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nel presente documento come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento.

Legge 24 aprile 2020, n. 27 - Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 17 marzo 2020, n. 18, recante misure di potenziamento del Servizio sanitario nazionale e di sostegno economico per famiglie, lavoratori e imprese connesse all'emergenza epidemiologica da COVID-19. Proroga dei termini per l'adozione di decreti legislativi

UNI/PdR 90-1:2020 Maschere di comunità - Parte1: Requisiti, classificazione e marcatura

UNI EN ISO 5167-1 Misurazione della portata dei fluidi mediante dispositivi a pressione differenziale inseriti in condotti a sezione circolare piena - Parte 1: Principi e requisiti generali

UNI EN ISO 16890-1:2017 Filtri d'aria per ventilazione generale - Parte 1: Specifiche tecniche, requisiti e sistema di classificazione dell'efficienza basato sul particolato (ePM)

UNI EN ISO 29464:2019 Depurazione dell'aria e di altri gas – Terminologia

UNI CEI EN ISO/IEC 17025 Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura

ISO 21501-1 Determination of particle size distribution -- Single particle light interaction methods – Part 1: Light scattering aerosol spectrometer

ISO 21501-4 Determination of particle size distribution -- Single particle light interaction methods – Part 4: Light scattering airborne particle counter for clean spaces

ISO 29463-1 High efficiency filters and filter media for removing particles in air – Part1: Classification, performance, testing and marking

ISO 17000:2020 Conformity assessment - Vocabulary and general principles

3 TERMINI E DEFINIZIONI

Ai fini del presente documento valgono i termini e le definizioni seguenti:

3.1 maschere di comunità: Maschera che copre la bocca, il naso e il mento, dotata di un sistema di posizionamento e ritenzione sul volto destinata al contenimento della diffusione di una pandemia.

3.2 contatore di particelle ottico (OPC): Strumento per individuare e contare il numero di particelle discrete in sospensione presenti in un campione d'aria, che funziona mediante l'illuminazione delle particelle in sospensione in un campione del flusso d'aria, convertendo gli impulsi luminosi diffusi in dati d'impulsi elettrici analizzabili per ottenere dati sulla popolazione e la distribuzione dimensionale delle particelle.

[Definizione tratta da UNI EN ISO 29464:2019]

3.4 Valutazione della conformità: dimostrazione che i requisiti specificati sono soddisfatti

[Definizione tratta dalla ISO 17000:2020]

3.5 Efficienza Spettrale: capacità di un filtro di rimuovere particelle di una specifica dimensione o intervallo dimensionale

[definizione tratta dalla UNI EN ISO 16890-1:2017]

4 PRINCIPIO

La Prassi di Riferimento, fornisce le indicazioni per lo svolgimento di un metodo di prova innovativo per misurare le prestazioni filtranti delle maschere di comunità. Il metodo descritto permette di valutare le prestazioni in modo rapido e completo, e consta di due prove distinte, ovvero l'efficienza di rimozione delle particelle e la resistenza al flusso d'aria, rispettivamente trattate in modo dettagliato nell'Appendice A e Appendice B.

Il documento inoltre fornisce i requisiti dei dispositivi di prova, delle attrezzature, dei materiali e delle condizioni di prova, così come le caratteristiche dei lavoratori che possono effettuare le prove descritte nella presente Prassi di Riferimento.

5 REQUISITI GENERALI DEL METODO DI PROVA DELLA MASCHERA DI COMUNITÀ

5.1 REQUISITI DEL CAMPIONE DI PROVA

Il campione in prova è generalmente una maschera costituita da materiale filtrante piano piegato più volte per agevolare l'adattamento della mascherina al viso. Altri campioni che non siano completamente permeabili all'aria devono essere sottoposti a prova secondo quanto previsto nell'Appendice A, in particolare per il caso delle semimaschere flessibili.

Il campione di materiale filtrante deve essere tagliato da maschere di comunità complete. Una maschera completa può essere utilizzata al posto di un provino tagliato, a condizione che le estremità siano rimosse, che la maschera sia posata piatta e che tutti gli strati siano incorporati (nel caso di maschere piegate). Ogni campione di materiale filtrante deve comprendere tutti gli strati della maschera nell'ordine in cui sono inseriti nella maschera completa. Il numero minimo di provini da sottoporre a prova è pari a cinque. Tutti i campioni di materiale filtrante sottoposti a prova devono essere prelevati da aree rappresentative per incorporare tutte/qualsiasi variazione nella costruzione. Se non diversamente specificato, la prova deve essere eseguita con l'interno della maschera a contatto con l'aerosol di prova.

Il campione di materiale filtrante deve essere montato sul banco di prova in modo che non si verifichino perdite di aria intorno al bordo esterno del campione in prova e alle superfici di tenuta del banco di prova. Nel caso in cui il campione non sia sigillabile sulla piastra adattatrice, il componente non può essere provato secondo il metodo di prova qui descritto.

Il campione di materiale filtrante deve essere realizzato in materiale idoneo a sopportare un utilizzo normale e l'esposizione alla gamma di temperature, umidità relativa che possono essere incontrate durante il suo uso, sulla base delle norme pertinenti.

Il campione di materiale filtrante completo deve essere progettato in modo che sopporti i vincoli meccanici che possono essere incontrati durante il normale utilizzo. Il campione da sottoporre a prova deve essere fissabile su una piastra adattatrice da inserire nella sezione di prova.

Il costruttore deve indicare chiaramente sul campione qual è il lato d'ingresso dell'aria attraverso il campione da analizzare.

5.2 INSTALLAZIONE DEL CAMPIONE IN PROVA

Il campione in prova deve essere montato in conformità al verso di attraversamento dell'aria prescritto dal fabbricante e dopo aver raggiunto l'equilibrio ambientale con l'aria di prova. La direzione di prova è in espirazione. Il campione in prova deve essere sigillato nella sezione di prova in modo che siano impediti tutti i trafiletti di aria. La tenuta deve essere controllata mediante ispezione visiva e non è accettabile alcuna perdita visibile.

5.3 REQUISITI DEL BANCO DI PROVA

Le dimensioni essenziali sono indicate nelle figure della presente Prassi di Riferimento e sono intese come guida per aiutare a costruire un banco di prova che soddisfi i requisiti prestazionali richiesti da questa Prassi di Riferimento. Tutte le dimensioni indicate sono obbligatorie tranne quando diversamente specificato. Le tolleranze sono mostrate nelle figure. Le unità sono espresse in mm, se non diversamente indicato. La progettazione di apparecchiature non specificate (compresi, ma non limitatamente, ventilatori, valvole e tubazioni esterne) è discrezionale, ma l'attrezzatura deve avere una capacità sufficiente a soddisfare i requisiti prestazionali di questa Prassi di Riferimento.

6 MATERIALI DI PROVA

6.1 AEROSOL-IN FASE LIQUIDA DI PROVA

6.1.1 AEROSOL DI PROVA DI DEHS

Ai fini dell'applicazione della presente Prassi di Riferimento deve essere utilizzato l'aerosol DEHS.

L'aerosol in fase liquida di DEHS (DiEthylHexylSebacate) prodotto con un ugello Laskin è ampiamente utilizzato nelle prove di filtri ad alta efficienza. Il DEHS è simile al DES Di (2-EthylHexyl) Sebacato o al Bis (2-EthylHexyl) Sebacato poiché le proprietà aerodinamiche, geometriche e di diffusione della luce sono simili quando sono misurate con contatori ottici di particelle (OPC). L'aerosol di DEHS deve essere usato senza trattamento e introdotto direttamente nel banco di prova.

6.1.2 FORMULA DEL DEHS/DES/DOS

$C_{26}H_{50}O_4$ o $CH_3(CH_2)_3CH(C_2H_5)CH_2OOC(CH_2)_8COOCH_2CH(C_2H_5)(CH_2)_3CH_3$

6.1.3 PROPRIETÀ DEL DEHS

Peso molecolare	426,69 g/mol
Densità	912 kg/m ³ (57 lb/ft ³)
Punto di fusione	225 K
Punto di ebollizione	da 505 K a 522 K
Punto di infiammabilità	>473 K
Pressione di vapore	<1 Pa a 293 K
Indice di rifrazione	1,452 a lunghezza d'onda di 600 nm
Viscosità dinamica	da 0,022 Pa·s (0,015 lb/ft·s) a 0,024 Pa·s (0,016 lb/ft·s)
Numero CAS	122-62-3

6.1.4 GENERAZIONE DELL'AEROSOL IN FASE LIQUIDA

L'aerosol di prova deve essere composto dal DEHS non trattato e non diluito. La Figura 1 mostra un esempio di un sistema per la generazione dell'aerosol. Consiste in un piccolo contenitore con DEHS liquido ed un ugello Laskin. L'aerosol è generato alimentando l'ugello Laskin con aria compressa priva di particelle. Le goccioline atomizzate sono poi direttamente introdotte nel banco di prova. La pressione e la portata dell'aria all'ugello sono variate in funzione della portata di prova e della concentrazione di aerosol richiesta.

NOTA Per una portata d'aria di prova di 115,8 l/min (corrispondente ad una superficie di materiale filtrante di 201 cm² e una velocità di attraversamento dell'aria di 9,6 cm/s), la pressione è circa 25 kPa, corrispondente ad un flusso d'aria di circa 0,15 dm³/s (0,54 m³/h) attraverso l'ugello.

Può essere utilizzato qualsiasi altro generatore in grado di produrre particelle in concentrazioni sufficienti nell'intervallo di dimensioni delle particelle compreso tra $0,3 \mu\text{m}$ e $10,0 \mu\text{m}$.

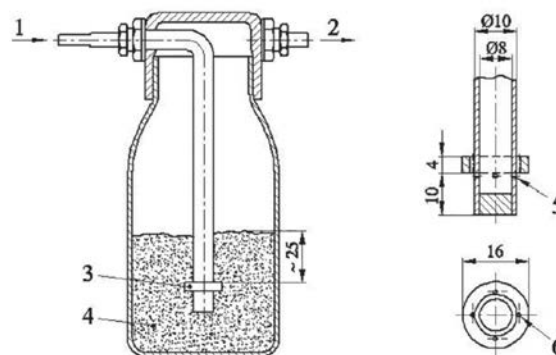
Prima della prova, regolare la concentrazione a monte per raggiungere lo stato stazionario e per avere una concentrazione inferiore al livello di coincidenza dell'OPC.

Figura 1 - Generatore di aerosol in fase liquida

Legenda

- 1 Aria senza particelle (pressione circa 25 kPa)
- 2 Aerosol al banco di prova
- 3 Ugello Laskin
- 4 Aerosol liquido di prova
- 5 Quattro fori $\varnothing 1,0 \text{ mm}$ a 90° dal bordo superiore e a contatto con la base del collare
- 6 Quattro fori $\varnothing 2,0 \text{ mm}$ lungo il tubo allineati con i fori $\varnothing 1,0 \text{ mm}$ (legenda 5)

Dimensioni in millimetri



6.2 ALTRI AEROSOL DI RIFERIMENTO DI PROVA

È esclusa la possibilità di usare ogni altro aerosol che non sia quello descritto nel punto 6.1.

6.3 CARICAMENTO DELL'AEROSOL

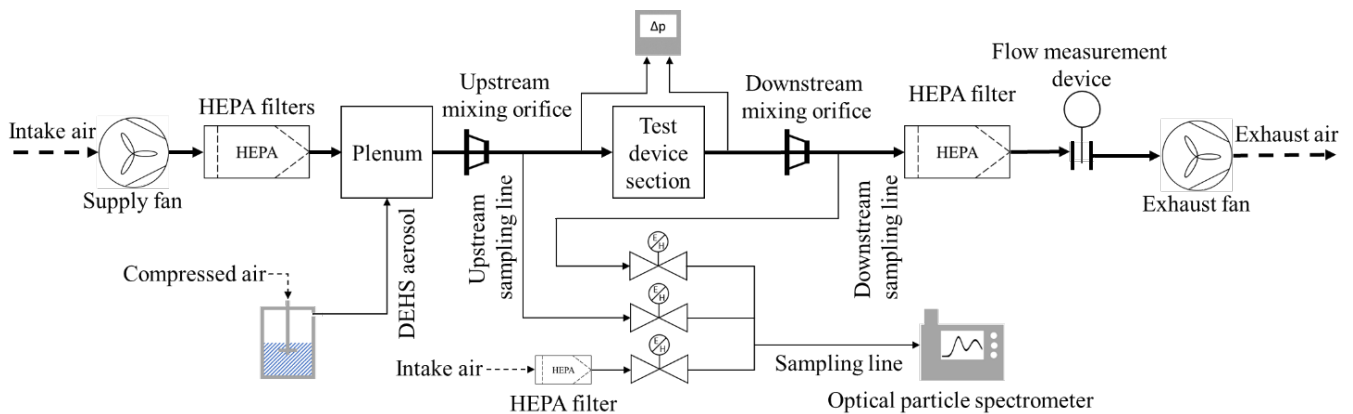
L'aerosol utilizzato per provare le prestazioni di filtrazione secondo la presente Prassi di Riferimento deve essere introdotto nel banco di prova abbastanza a lungo da permettere di eseguire la prova, ma non così a lungo da cambiare le caratteristiche di prestazione di filtrazione del campione di materiale filtrante.

7 ATTREZZATURA DI PROVA

7.1 BANCO DI PROVA

La Figura 2 illustra gli elementi essenziali del banco di prova.

Figura 2 - Banco di prova



7.1.1 MATERIALI UTILIZZABILI PER IL BANCO DI PROVA

Il materiale del banco di prova deve essere elettricamente conduttivo, dotato di messa a terra, deve avere una finitura interna liscia, ed essere sufficientemente rigido da mantenere la sua forma quando soggetto alla pressione di esercizio. Parti più piccole del banco di prova possono essere fatte di vetro o plastica per permettere di vedere il campione in prova e le attrezzature. È possibile prevedere finestre per consentire il monitoraggio dell'avanzamento della prova.

7.1.2 DISPOSIZIONE DEL BANCO DI PROVA

Il plenum di ingresso e la posizione relativa dei filtri ad alta efficienza (HEPA) e delle iniezioni di aerosol sono discrezionali ed è facoltativa. La lunghezza del banco di prova e delle singole sezioni sono discrezionali, ma il banco di prova deve soddisfare tutte le prove di qualifica per l'apparecchiatura descritte al punto 8.

7.1.3 ALIMENTAZIONE DELL'ARIA AL BANCO DI PROVA

7.1.3.1 POSIZIONE DEL VENTILATORE

Il banco di prova può essere fatto funzionare sia in depressione che in sovrappressione.

NOTA Nel caso in cui si operi in sovrappressione (cioè usando il ventilatore a monte del filtro HEPA U/S), l'aerosol in prova potrebbe diffondersi nella stanza, mentre se si opera in depressione (cioè usando il ventilatore a valle del filtro HEPA D/S) le particelle potrebbero penetrare nel banco di prova. È consentito operare il banco di prova usando entrambi ventilatori per imporre la sovrappressione o la depressione lungo il banco di prova.

7.1.3.2 AMBIENTE DI PROVA

Come fonte di aria in prova deve essere utilizzata aria ambiente o di ricircolo. La temperatura dell'aria e l'umidità relativa dell'aria in corrispondenza al campione in prova possono essere quelle presenti nel laboratorio di prova. La portata in uscita può essere inviata all'esterno, in ambiente interno o ricircolata.

NOTA Grazie all'adozione dell'aerosol di DEHS, la temperatura e l'umidità relativa dell'aria di prova non influenzano in modo apprezzabile i valori di efficienza di rimozione particellare.

7.1.3.3 FILTRO HEPA DEL BANCO DI PROVA

I filtri ad alta efficienza (HEPA) devono essere posizionati nel flusso d'aria a monte del plenum del banco di prova. Lo scopo di questa filtrazione a monte è quello di fornire livelli di fondo del particolato molto bassi durante una prova.

La filtrazione con filtri HEPA del flusso di scarico è raccomandata, ma non è obbligatoria. Un filtro HEPA sullo scarico permette la rimozione di qualsiasi aerosol di prova che possa essere presente nell'aria di scarico. Se viene utilizzato il filtro HEPA sullo scarico, deve essere ad almeno 500 mm dalla sonda di campionamento a valle.

7.1.4 ISOLAMENTO DEL BANCO DI PROVA

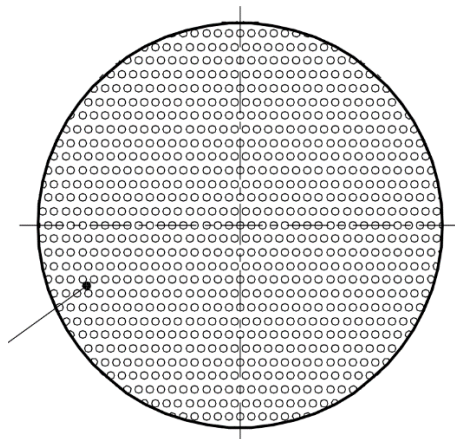
Il banco di prova deve essere isolato dalle vibrazioni causate dal ventilatore o da altre fonti di vibrazione.

7.1.5 PIASTRE FORATE PER LA MISCELAZIONE

Per tutte le misurazioni di efficienza spettrale, le piastre forate per la miscelazione devono essere installate come mostrato in Figura 2, a monte e a valle del campione in prova, entrambi a monte delle rispettive sonde di campionamento. Le piastre forate per la miscelazione sono mostrate in Figura 3. Devono avere fori di uguale dimensione, equamente distanziati su righe sfalsate, in modo da fornire una superficie aperta del 40%. Lo schema dei fori deve essere il più vicino possibile a fori con diametro di 3,175 mm (+/- 0,2 mm) con distanza tra gli assi di 4,76 mm (+/- 0,2 mm).

NOTA La distanza tra le piastre forate per la miscelazione e le sonde di campionamento può influire sulla loro efficacia. La verifica del loro corretto funzionamento si ottiene per via indiretta mediante la rispondenza ai requisiti minimi prescritti dal rapporto di correlazione.

Figura 3 - Orifizio di miscelazione



7.1.6 CAMPIONAMENTO DELL'AEROSOL

7.1.6.1 LINEE DI CAMPIONAMENTO

Le linee di campionamento a monte e a valle (sia primaria che secondaria, se utilizzate) devono essere costituite da tubi elettricamente conduttivi e con la messa a terra, aventi una superficie

interna liscia, e devono essere rigidamente fissati in maniera adeguata ad evitare qualsiasi movimento durante la prova. Le linee di campionamento a monte e a valle devono avere geometrie nominalmente identiche (sezioni trasversali uguali, stesso numero di curve del medesimo raggio di curvatura e parti dritte delle stesse lunghezze). La porzione delle linee di campionamento all'interno del banco di prova deve occupare una superficie della sezione trasversale del banco di prova inferiore al 20%. È accettabile l'utilizzo di un tubo lineare di lunghezza ridotta (al massimo 50 mm), flessibile ed elettricamente dissipativo per effettuare il collegamento finale all'OPC.

NOTA 1 Le perdite di particolato nel banco di prova, nelle linee di trasporto dell'aerosol e nell'OPC devono essere ridotte al minimo perché un minor numero di particelle contate comporta errori statistici maggiori e risultati meno accurati. L'influenza delle perdite di particolato sul risultato viene minimizzata se le perdite di campionamento a monte e a valle sono il più possibile simili.

NOTA 2 L'uso di un breve collegamento flessibile spesso allevia lo stress che sarebbe stato imposto sull'ingresso dello strumento.

7.1.6.2 SONDE DI CAMPIONAMENTO

Sonde di campionamento coniche con bordi affilati sono posizionate al centro delle sezioni di misura a monte e a valle. Le teste di campionamento devono essere posizionate centralmente con la punta di ingresso rivolta verso l'ingresso del banco di prova parallelamente al flusso dell'aria. Il diametro della punta della sonda di campionamento deve essere dimensionato in modo da avere un campionamento isocinetico entro il 10% nel banco di prova. Si raccomanda di cambiare il diametro della punta della sonda di campionamento al fine di mantenere il campionamento isocinetico nel banco di prova. Il diametro della sonda deve essere di almeno 6 mm.

NOTA Questo si riferisce alla velocità media dell'aria nel banco di prova e non alla velocità locale dipendente dal modello di velocità.

7.1.6.3 PORTATA D'ARIA DI CAMPIONAMENTO

Se l'OPC ha una pompa d'aria e il flusso d'aria può essere mantenuto dalla pompa in maniera sufficiente a fornire un campionamento isocinetico nel rispetto dei requisiti del punto 7.1.6.2, allora la pompa dell'OPC può fornire la portata d'aria di campionamento. Le portate d'aria di campionamento a monte e a valle devono essere ciascuna <20 % della portata d'aria del banco di prova.

7.1.6.4 CAMPIONAMENTO SECONDARIO

L'uso di un sistema di campionamento primario e secondario è consentito al fine di ottimizzare il trasporto delle particelle dalla sonda in ingresso all'OPC, con le seguenti condizioni:

- a) la portata d'aria attraverso il sistema di campionamento primario deve essere misurata con dispositivi volumetrici entro il 5%;
- b) il campionamento isocinetico entro il 10% deve essere mantenuto su entrambe le sonde primaria e secondaria;

- c) i sistemi di campionamento secondari a monte e a valle devono essere di uguale lunghezza e di geometria equivalente.
- d) le portate di aria del campionamento primario a monte e a valle devono essere entrambe <20% della portata d'aria del sistema.

NOTA Le linee primarie (una per la posizione a monte, una per quella a valle) prendono i campioni dal banco di prova e li trasportano in prossimità del/gli OPC. Il sistema primario utilizza un sistema di pompa ausiliaria e un sistema di misura del flusso per funzionare ad una portata d'aria maggiore rispetto a quella fornita dal/gli OPC da solo/i. La maggiore portata d'aria in combinazione con un diametro maggiore delle linee di campionamento migliora il trasporto delle particelle. L'/gli OPC prende/prendono quindi un campione di portata minore dalla linea principale. Le linee di campionamento dal/gli OPC alle linee di campionamento primarie sono definite linee di campionamento secondarie.

- e) la pompa ausiliaria e dispositivi di controllo e di misura della portata delle linee primarie di campionamento devono essere a valle delle sonde secondarie.

7.1.6.5 DILUITORI DI AEROSOL

Se una concentrazione di aerosol nel banco prova supera i limiti del sistema di conteggio delle particelle, nessuna prova può essere eseguita secondo questa Prassi di Riferimento. Non possono essere usati sistemi di diluizione dell'aerosol (diluitori) al fine di abbassare la concentrazione a causa della irregolare diluizione delle particelle del particolato di grandi dimensioni da parte del sistema di diluizione.

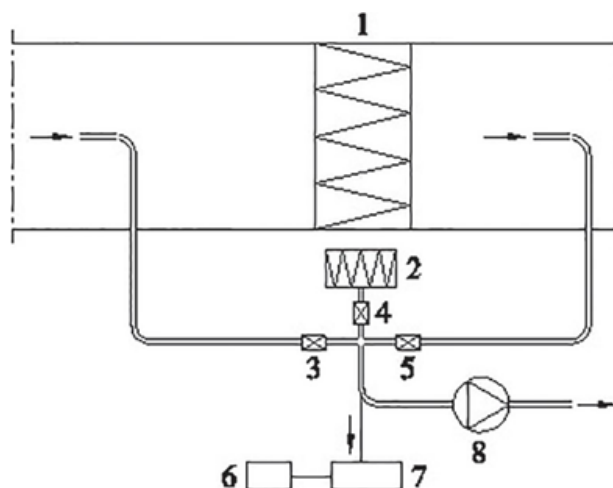
7.1.6.6 REQUISITI DELLE VALVOLE

Tre valvole unidirezionali (vedi Figura 4) consentono di campionare l'aerosol a monte o a valle del campione in prova, o di avere un'aspirazione "bianca" attraverso un filtro HEPA. Se utilizzate, le valvole devono essere a passaggio rettilineo per ridurre al minimo la compressione o altre perdite nella valvola. A causa di possibili perdite di particelle dal sistema di campionamento, la prima misurazione dopo che una valvola viene azionata deve essere ignorata.

Figura 4 - Diagramma schematico del sistema di campionamento dell'aerosol

Legenda

- 1 Campione in prova
- 2 Filtro HEPA (aria pulita)
- 3 Valvola, a monte
- 4 Valvola, aria pulita
- 5 Valvola, a valle
- 6 Computer
- 7 OPC
- 8 Pompa



7.1.7 MISURAZIONE DELLA PORTATA D'ARIA DEL BANCO DI PROVA

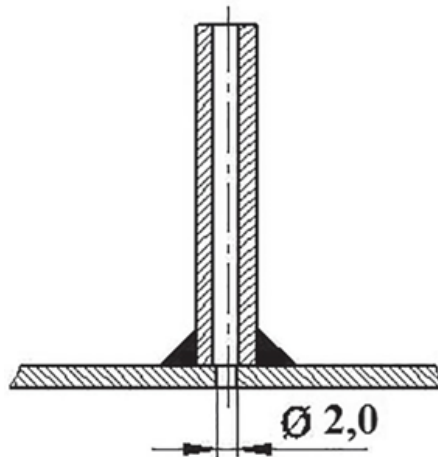
La misurazione della portata deve essere effettuata a valle della sezione del campione in prova mediante un flussimetro secondo la UNI EN ISO 5167-1. L'incertezza di misura non deve superare il 5% del valore misurato.

7.1.8 MISURAZIONE DELLA RESISTENZA AL FLUSSO D'ARIA

Le misurazioni della resistenza al flusso d'aria devono essere effettuate tra i punti di misurazione situati nella parete del banco di prova come mostrato in Figura 2. Ogni punto di misurazione deve comprendere quattro prese di pressione statica interconnesse (vedere Figura 5) distribuite in modo uniforme intorno al perimetro della sezione trasversale del banco di prova. In Figura 5 è mostrato un esempio di presa di pressione statica. Il foro della presa di pressione statica deve essere di $2 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$. Il sistema nella sua interezza dovrebbe superare le prove di qualifica di cui al punto 8.2.

L'apparecchiatura utilizzata per la misurazione della pressione deve essere in grado di misurare differenze di pressione con una precisione di $\pm 2 \text{ Pa}$ nell'intervallo tra 0 Pa e 70 Pa . Oltre i 70 Pa la precisione deve essere $\pm 3\%$ del valore misurato.

Figura 5 - Presa di pressione statica



7.2 CONTATORE DI PARTICELLE DELL'AEROSOL

7.2.1 GENERALITÀ

Il contatore di particelle dell'aerosol deve essere basato sulla misura del diametro e sul conteggio ottico delle particelle (cioè mediante dispersione della luce). Questi strumenti sono comunemente noti come spettrometri ottici per il conteggio delle particelle e spettrometri ottici per aerosol.

7.2.2 INTERVALLO DI DIMENSIONI CAMPIONATE DALL'OPC

L'OPC (o gli OPC) deve contare e definire la dimensione delle singole particelle di aerosol nell'intervallo tra $0,3 \mu\text{m}$ e $3,0 \mu\text{m}$ per ottenere un set minimo di dati di prova o in un intervallo compreso tra $0,3 \mu\text{m}$ e $10,0 \mu\text{m}$ per un set di dati completo. L'efficienza di conteggio dell'OPC deve essere $\geq 50\%$ per le particelle di dimensione $0,3 \mu\text{m}$.

7.2.3 INTERVALLO DI DIMENSIONI DELL'OPC

L'OPC deve avere un minimo di otto canali di dimensione delle particelle logaritmicamente distanziati per il set minimo di dati di prova o dodici canali di dimensione delle particelle logaritmicamente distanziati per il set di dati completo. Devono essere presenti un minimo di tre canali di dimensione delle particelle in ciascuno dei seguenti intervalli di dimensione: da $0,3 \mu\text{m}$ a $1,0 \mu\text{m}$, da $1,0 \mu\text{m}$ a $3,0 \mu\text{m}$ e da $3,0 \mu\text{m}$ a $10,0 \mu\text{m}$. I limiti del canale di dimensione delle particelle devono essere collocati a $0,3 \mu\text{m}$, $1,0 \mu\text{m}$, $3,0 \mu\text{m}$ e $10,0 \mu\text{m}$. I limiti dei canali di dimensione delle particelle consigliati sono riportati nel Prospetto 1.

Prospetto 1 Confini dei canali di dimensione delle particelle consigliati

Intervallo di dimensioni	Limite inferiore [µm]	Limite superiore [µm]	Media geometrica della dimensione delle particelle [µm]
1	0,30 ^{a)}	0,40	0,35
2	0,40	0,55	0,47
3	0,55	0,70	0,62
4	0,70	1,00 ^{a)}	0,84
5	1,00 ^{a)}	1,30	1,14
6	1,30	1,60	1,44
7	1,60	2,20	1,88
8	2,20	3,00 ^{a)}	2,57
9	3,00 ^{a)}	4,00	3,46
10	4,00	5,50	4,69
11	5,50	7,00	6,20
12	7,00	10,00 ^{a)}	8,37
a) Limiti dei canali necessari.			

7.2.4 RISOLUZIONE DIMENSIONALE DELLE PARTICELLE

La risoluzione dimensionale dell'OPC deve essere $\leq 8\%$ (deviazione standard / media) e deve essere misurata in conformità alla ISO 21501-1. La risoluzione deve essere misurata con una dimensione delle particelle compresa nell'intervallo tra 0,5 µm e 0,7 µm.

7.2.5 CALIBRAZIONE

L'OPC deve essere calibrato in base alla ISO 21501-4. La calibrazione deve essere eseguita con sfere di PSL tracciabili NIST monodisperse e la taratura deve comprendere almeno un diametro delle particelle in ciascuno degli intervalli tra 0,3 µm e 0,4 µm, il canale più alto dell'intervallo da provare (o da 2,20 µm a 3,00 µm per l'intervallo di dati minimo o da 7,00 µm a 10,00 µm per il set di dati completo), e almeno altre quattro dimensioni intermedie. La calibrazione dell'OPC relativa alla dimensione delle particelle deve essere effettuata almeno una volta all'anno.

7.2.6 PORTATA D'ARIA

La portata d'aria volumetrica di ingresso non deve variare più del 2% per una variazione di 1 000 Pa della pressione dell'aria campionata.

7.2.7 CONTEGGIO A ZERO

Il tasso totale di conteggio delle particelle misurato deve essere inferiore a dieci particelle al minuto quando l'OPC campiona l'aria con un filtro HEPA ad alta efficienza sulla presa di campionamento.

7.2.8 DOPPIO OPC

Se si utilizzano due OPC (uno sul campione a monte ed uno sul campione a valle), devono essere modelli identici in modo tale che la loro progettazione e la portata di campionamento siano uguali.

7.3 TEMPERATURA, UMIDITÀ RELATIVA

Il/I dispositivo/i di misurazione della temperatura deve/devono avere una precisione di ± 1 °C. Il/I dispositivo/i di misurazione dell'umidità relativa dell'aria deve/devono avere una precisione di $\pm 2\%$. I dispositivi di misura della temperatura e dell'umidità relativa dell'aria devono essere tarati annualmente.

7.4 DETERMINAZIONE DELLA VELOCITÀ DI ATTRAVERSAMENTO DEL CAMPIONE IN PROVA

La velocità di attraversamento è direttamente correlata alla portata d'aria volumetrica. La portata d'aria volumetrica deve essere basata sulla temperatura ambiente e sulla pressione barometrica della prova. La relazione è data da:

$$v_f = \frac{q}{A_f} \quad (1)$$

Dove

- v_f è la velocità di attraversamento dell'aria attraverso il campione in prova;
- q è la portata volumetrica;
- A_f è la superficie netta di materiale attraverso la quale passa l'aria di prova.

8 QUALIFICAZIONE DEL BANCO DI PROVA E DELL'APPARECCHIATURA

8.1 REQUISITI DEL PROGRAMMA DI PROVA PER LA QUALIFICAZIONE DELL'APPARECCHIATURA

8.1.1 GENERALITÀ

Le prove di qualificazione dell'apparecchiatura devono verificare quantitativamente che il banco di prova e le procedure di campionamento sino in grado di fornire misure affidabili di efficienza spettrale e di resistenza al moto. Le prove di manutenzione devono mantenere il sistema in buone condizioni di funzionamento. Sono necessarie ulteriori operazioni di pulizia e di manutenzione legate al normale funzionamento del laboratorio, oltre a quelle elencate al punto 8.

8.1.2 PROVA DI QUALIFICAZIONE

Una prova di qualificazione dell'intero sistema deve essere effettuata almeno ogni due anni, oppure ogni volta che si apportano modifiche al sistema che possano alterarne le prestazioni,

come ad esempio la sostituzione di un suo componente principale. Si suggerisce che la prova di qualificazione sia eseguita nell'ordine indicato nel Prospetto 2.

Una modifica del sistema che richiede la riqualificazione include, ma non è limitata a, la sostituzione del ventilatore, la riconfigurazione delle dimensioni del banco di prova, il cambiamento della posizione dell'OPC, dei generatori, ecc. Inoltre, questo ordine delle prove dovrebbe consentire all'utente di ridurre al minimo le controprove eventuali necessarie a causa di modifiche che possono essere richieste per realizzare alcune parti delle prove di qualificazione. Per esempio, il fatto di non conoscere il tempo di risposta del generatore di aerosol potrebbe causare problemi durante la prova di uniformità dell'aerosol.

8.1.3 DOCUMENTAZIONE DELLA QUALIFICAZIONE

Il proprietario operatore del banco di prova deve sempre avere un rapporto delle prove di qualificazione disponibile che documenti i risultati delle ultime prove di qualificazione.

Prospetto 2 - Requisiti di prova per la qualificazione

Prova di qualificazione	Punto di questa parte Prassi di Riferimento	Requisito
Banco di prova - Prova di pressione del sistema	8.2.1	Nessun cambiamento in Pa
OPC - Prova di stabilità della portata	8.2.2	<5 % della portata di campionamento <2 % tra U/S e D/S
OPC - Prova a zero	8.2.3	<10 conteggi per minuto da 0,30 µm a 10,0 µm
OPC - Accuratezza della misura delle dimensioni	8.2.4	Relativo al massimo del canale appropriato
OPC - Prova di sovraccarico	8.2.5	Nessun livello predefinito
Generatore dell'aerosol - Tempo di risposta	8.2.6	Nessun livello predefinito
Banco di prova - Prova di perdita d'aria	8.2.7	<1 %
Banco di prova - Uniformità dell'aerosol	8.2.8	CV < 15 %
Banco di prova - Pressione della sezione per il campione in prova vuota	8.2.9	<5 Pa
Banco di prova - Prova di efficienza al 100 %	8.2.10	>99 % per tutte le dimensioni delle particelle
Banco di prova - Fattore di correlazione	8.2.11	da 0,3 µm a 1,0 µm: da 0,90 a 1,10 da 1,0 µm a 3,0 µm: da 0,80 a 1,20 da 3,0 µm a 10,0 µm: da 0,70 a 1,30

8.2 PROVE DI QUALIFICAZIONE

8.2.1 BANCO DI PROVA - PROVA DI PRESSIONE DEL SISTEMA

8.2.1.1 PROTOCOLLO PER LA PROVA DI PRESSIONE DEL SISTEMA

La prova deve essere effettuata con dispositivi di misura della pressione tarati o con il sistema descritto in Figura 6. Sigillare accuratamente le prese di campionamento della pressione del banco di prova in modo che siano in grado di sopportare una pressione negativa di 5 000 Pa.

Scollegare il/i sensore/i di pressione e applicare la pressione negativa ad ogni singola linea di campionamento fino a che tutte le linee di campionamento della pressione sono state testate.

Per ogni sensore di pressione collegato al sistema, applicare al sensore la pressione massima consentita dal fabbricante. Questa prova deve essere realizzata in modo sequenziale su tutte le linee di pressione collegate al banco di prova.

NOTA La prova di pressione del sistema ha lo scopo di verificare che le linee, i connettori e le attrezzature utilizzate per misurare la pressione nel banco di prova non incidano significativamente sulla precisione delle misure della portata d'aria o della resistenza al flusso d'aria.

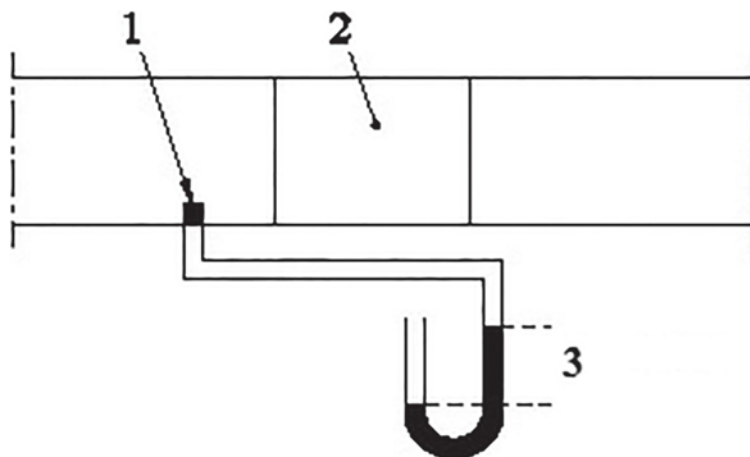
8.2.1.2 RISULTATI DELLA PROVA DI PRESSIONE DEL SISTEMA

Per ogni linea di campionamento o porta del sensore, dopo 30 secondi di prova non deve esserci variazione nella pressione rispetto a quella applicata.

Figura 6 - Prova di pressione del sistema

Legenda

- 1 Presa di pressione sigillata
- 2 Sezione contenente il campione in prova
- 3 $\Delta p = 5\ 000\ \text{Pa}$



8.2.2 OPC - PROVA DI STABILITÀ DELLA PORTATA

8.2.2.1 PROTOCOLLO DI PROVA DELLA STABILITÀ DELLA PORTATA

Installare un campione di materiale filtrante con un'elevata resistenza al flusso d'aria o una piastra forata che generi una resistenza al flusso d'aria, tra la posizione di campionamento delle particelle a monte e quella a valle, di almeno di 1 000 Pa, ad una velocità di attraversamento dell'aria di 9,6 cm/s.

Misurare la portata d'aria campionata dal banco di prova in entrambe le posizioni di campionamento (a monte e a valle).

Se si utilizza un sistema di campionamento secondario, sia la portata d'aria proveniente dal banco di prova che quella verso l'OPC devono essere verificati individualmente. Misurare la portata

dell'aria campionata attraverso l'OPC mediante una misurazione della portata d'aria in entrata o in uscita a livello delle posizioni di campionamento a monte e a valle.

8.2.2.2 RISULTATI DELLA PROVA DI STABILITÀ DELLA PORTATA

La portata d'aria dal banco di prova nelle posizioni di campionamento a monte e a valle non deve scostarsi più del 5% della portata d'aria di campionamento nominale. La differenza tra la portata d'aria di campionamento proveniente dal banco di prova per le linee di campionamento a monte e a valle non deve superare il 2%.

NOTA Le differenze nel flusso d'aria di campionamento attraverso l'OPC (o gli OPC) possono alterare in modo significativo le capacità di misurazione durante una prova. Questo potenziale problema aumenta all'aumentare della resistenza al flusso d'aria banco di prova.

8.2.3 OPC - PROVA A ZERO

8.2.3.1 PROTOCOLLO DELLA PROVA A ZERO

Per ogni OPC del sistema, installare un filtro con un livello di efficienza minimo HEPA direttamente all'ingresso dello strumento ed effettuare un conteggio di un minuto.

8.2.3.2 RISULTATI DELLA PROVA A ZERO

Si deve verificare che il conteggio a zero del/degli OPC sia <10 conteggi totali per minuto nell'intervallo dimensionale compreso tra 0,30 µm e 10,00 µm.

NOTA La capacità dell'OPC in termini di conteggi a zero permette di determinare rapidamente se è necessario effettuare la manutenzione dell'OPC.

8.2.4 OPC - ACCURATEZZA DELLA MISURA DELLE DIMENSIONI

8.2.4.1 PROTOCOLLO DI PROVA PER L'ACCURATEZZA DELLA MISURA DELLE DIMENSIONI

L'accuratezza nella misura delle dimensioni delle particelle del/degli OPC deve essere controllata campionando un aerosol contenete sfere di polistirene monodisperse (PSL) di dimensione nota.

NOTA Gli OPC misurano il numero delle particelle e il diametro ottico equivalente delle particelle. La dimensione delle particelle indicata è fortemente dipendente dalla taratura del OPC. I controlli con particelle PSL agli estremi inferiore e superiore della scala granulometrica dell'OPC sono particolarmente significativi.

8.2.4.2 RISULTATI DELLA PROVA DI ACCURATEZZA DELLA MISURA DELLE DIMENSIONI

Un numero relativo massimo delle particelle deve apparire nel canale di misurazione OPC della dimensione delle particelle PSL. Questo risultato non costituisce una calibrazione dell'OPC, ma solo un controllo dell'accuratezza dell'OPC.

8.2.5 OPC - Prova di sovraccarico

8.2.5.1 GENERALITÀ

Gli OPC possono sottostimare le concentrazioni di particelle quando viene superato il loro limite di concentrazione. Pertanto, è necessario conoscere il limite di concentrazione dell'OPC utilizzato. La concentrazione massima di aerosol utilizzata nelle prove deve quindi essere mantenuta sufficientemente al di sotto del limite di concentrazione, in modo che l'errore di conteggio derivante dalla coincidenza non superi il 5%.

NOTA L'efficienza spettrale misurata nell'intervallo di dimensione delle particelle da 0,30 μm a 0,40 μm spesso diminuisce quando la concentrazione inizia a sovraccaricare l'OPC.

8.2.5.2 PROTOCOLLO PER LA PROVA DI SOVRACCARICO

Una serie di prove di efficienza spettrale iniziale deve essere eseguita su una gamma di concentrazione di aerosol di prova per determinare un livello di concentrazione totale per la prova di efficienza spettrale che non sovraccarichi gli OPC. Il livello di concentrazione totale minimo deve essere inferiore all'1% del limite totale di concentrazione dichiarato per lo strumento. Le prove devono essere eseguite seguendo le procedure del punto 9.3 su un campione di materiale filtrante utilizzando una gamma di concentrazioni di aerosol a monte. Le prove devono essere eseguite ad una velocità di attraversamento dell'aria di 9,6 cm/s. Il campione in prova selezionato per questa prova deve avere un'efficienza spettrale iniziale compresa nell'intervallo tra 30% e 70% misurata nell'intervallo dimensionale delle particelle compreso tra 0,30 μm e 0,40 μm e maggiore del 90% nell'intervallo dimensionale delle particelle compreso tra 7,00 μm e 10,00 μm . L'aerosol per queste prove deve essere generato utilizzando lo stesso sistema e le procedure di cui al punto 9.3.

8.2.5.3 RISULTATI DELLA PROVA DI SOVRACCARICO

Le prove devono essere eseguite su una gamma di concentrazioni totali di aerosol di prova sufficiente a dimostrare che lo/gli OPC non è/sono sovraccaricato/i alla concentrazione di prova prevista. Le efficienze di filtrazione misurate dovrebbero essere uguali nella gamma di concentrazioni in cui il sovraccarico non è significativo.

8.2.6 GENERATORE DI AEROSOL - TEMPO DI RISPOSTA

8.2.6.1 TEMPO DI RISPOSTA DEL GENERATORE DI AEROSOL - PROTOCOLLO DI MISURAZIONE

Misurare l'intervallo di tempo in cui la concentrazione di aerosol passa dal livello di fondo al livello di prova in regime stazionario. Le prove devono essere eseguite ad una velocità di attraversamento dell'aria di 9,6 cm/s mediante campionamento dell'OPC dalla sonda a monte. Allo stesso modo, misurare l'intervallo di tempo in cui l'aerosol ritorna al livello di fondo dopo aver spento il generatore.

NOTA Il tempo di risposta del generatore di aerosol determina il ritardo necessario a raggiungere una condizione di regime stazionario per la prova. Ciò serve per assicurare che trascorra un tempo sufficiente affinché la concentrazione di aerosol si stabilizzi prima di iniziare la sequenza di campionamento a monte/valle, durante la prova di filtrazione.

Utilizzare il generatore di aerosol definito al punto 6.1.4 e l'OPC definito al punto 7.2 per individuare i tempi di risposta del generatore d'aerosol per l'aerosol di prova.

8.2.6.2 RISULTATI DEL TEMPO DI RISPOSTA DEL GENERATORE DI AEROSOL

Questi intervalli di tempo devono essere utilizzati come tempo minimo di attesa tra (a) attivazione del generatore di aerosol e inizio della sequenza di campionamento dell'OPC e (b) disattivazione del generatore di aerosol e inizio della sequenza di campionamento dell'OPC per la determinazione delle concentrazioni di aerosol di fondo.

8.2.7 BANCO DI PROVA - PROVA DI PERDITA D'ARIA

8.2.7.1 GENERALITÀ

Il banco di prova può essere azionato in pressione negativa o positiva a seconda della posizione del ventilatore oppure alle velocità di giro di entrambi i ventilatori. In caso di funzionamento in pressione positiva, l'aerosol di prova potrebbe fuoriuscire nel laboratorio, mentre a pressione negativa le particelle potrebbero penetrare nel banco di prova. Entrambi i metodi possono influenzare i risultati della prova a meno che il tasso di perdita complessivo della prova non sia molto basso.

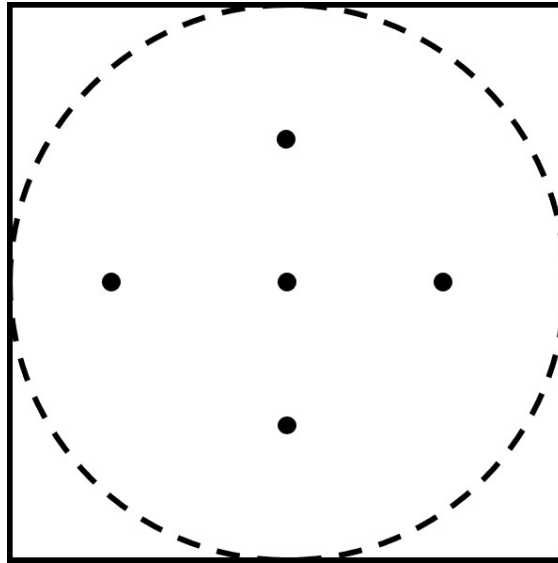
8.2.7.2 PROTOCOLLO PER LA PROVA DI PERDITA D'ARIA

Il banco di prova deve essere sigillato prima del plenum e immediatamente a monte dei filtri ad alta efficienza di scarico (se esistono) oppure immediatamente a monte del ventilatore di valle collegando una piastra solida dotata di guarnizioni all'apertura del banco di prova o mediante altri metodi appropriati. È accettabile applicare le guarnizioni per una lunghezza maggiore del banco di prova, ma non per una minore di quanto prescritto. Se è inclusa una lunghezza maggiore del banco di prova, il sistema deve comunque soddisfare gli stessi requisiti di perdita. Per stabilire la pressione per la prova di perdita, la pressione nella posizione di iniezione dell'aerosol deve essere misurata con il banco di prova attivo ad una velocità di attraversamento dell'aria di 9,6 cm/s senza l'installazione di un campione in prova. Per determinare le pressioni di prova, aggiungere 100 Pa alle pressioni misurate per tener conto della resistenza aggiuntiva di un campione in prova.

8.2.7.3 RISULTATI DELLA PROVA DI PERDITA D'ARIA

Misurare con precisione la quantità di aria che entra nel banco di prova fino al raggiungimento della pressione di prova determinata nel punto 8.2.7.2. La portata d'aria necessaria per mantenere la pressione a un valore costante deve essere misurata e registrata, così come il tasso di perdita. Le portate di perdita misurate non devono superare l'1,0% della corrispondente portata d'aria di prova. La pressione massima prevista da questa Prassi di Riferimento è di 2 500 Pa. L'utilizzatore, per la propria sicurezza, deve essere cauto e non deve pressurizzare il banco di prova oltre il suo limite di progettazione.

Figura 7 - Punti di campionamento dell'uniformità dell'aerosol



8.2.8 BANCO DI PROVA - UNIFORMITÀ DELL'AEROSOL

8.2.8.1 PARAMETRI DI UNIFORMITÀ DELL'AEROSOL

L'uniformità della concentrazione dell'aerosol di prova attraverso la sezione trasversale del banco di prova deve essere determinata mediante una griglia a cinque punti, uno al centro della sezione e quattro situati al centro di quattro aree uguali in cui è divisa la sezione trasversale del banco di prova (vedere Figura 7) immediatamente a monte della sezione del campione in prova utilizzando i punti della griglia mostrati in Figura 7.

Le misurazioni a livello dei punti della griglia devono essere effettuate ad una velocità di attraversamento dell'aria di 9,6 cm/s. La griglia deve essere realizzata riposizionando una singola sonda di campionamento per mantenere la stessa configurazione della linea di campionamento per ciascuno dei cinque punti della griglia. L'ugello di entrata della sonda di campionamento deve essere conico e affilato e soddisfare i requisiti di cui al punto 7.1.6.2 per il campionamento isocinetico.

NOTA Se la distribuzione di aerosol non è uniforme nel banco di prova, i risultati della prova di efficienza spettrale possono avere una variabilità maggiore di quanto previsto.

8.2.8.2 PROTOCOLLO PER L'UNIFORMITÀ DELL'AEROSOL

In ogni punto della griglia deve essere prelevato un campione per almeno un minuto con il generatore di aerosol in funzione. Dopo aver campionato tutti i cinque punti, la griglia deve essere ripetuta altre quattro volte per fornire un totale di cinque campioni da ogni punto. I cinque valori per ciascun punto devono quindi essere mediati per ciascuno dei 12 canali di individuazione delle dimensioni dell'OPC. Le misurazioni devono essere effettuate con un OPC conforme alle specifiche di cui al punto 7.2. Il numero di particelle conteggiate in uno specifico intervallo di dimensioni durante una singola misurazione deve essere >100 per ridurre l'errore statistico.

8.2.8.3 RISULTATI DELL'UNIFORMITÀ DELL'AEROSOL

Il CV delle concentrazioni di particelle corrispondenti ai cinque punti della griglia deve essere inferiore al 15% per ogni portata d'aria in ognuno dei 12 canali di individuazione delle dimensioni del OPC.

Il coefficiente di variazione CV deve essere calcolato per ogni intervallo di dimensioni delle particelle ad ogni portata come segue:

$$CV_{ps} = \frac{\delta_{ps}}{media_{ps}} \quad (2)$$

dove

δ_{ps} è la deviazione standard (dei cinque punti di misurazione) per l'intervallo di dimensioni delle particelle, ps ;

$media_{ps}$ è il valore medio dei cinque punti di misurazione per l'intervallo di dimensioni delle particelle, ps .

8.2.9 BANCO DI PROVA - PRESSIONE NELLA SEZIONE DEL CAMPIONE IN PROVA VUOTA

8.2.9.1 PROTOCOLLO RELATIVO ALLA SEZIONE DEL CAMPIONE IN PROVA VUOTA

Le prove devono essere eseguite ad una velocità di attraversamento dell'aria di 9,6 cm/s senza alcun campione in prova nella sezione del campione in prova. Registrare la resistenza al flusso d'aria della sezione del campione in prova vuota.

8.2.9.2 RISULTATI PER LA PROVA DELLA PRESSIONE NELLA SEZIONE DEL CAMPIONE IN PROVA VUOTO

La resistenza al flusso d'aria misurata attraverso la sezione del campione in prova vuota deve essere minore di 5 Pa. La manutenzione del sistema deve essere effettuata finché la resistenza al flusso d'aria non è inferiore a questo livello.

NOTA Poiché esiste una distanza lineare tra i punti di campionamento della pressione a monte e a valle, può esserci una piccola pressione di tara o un effetto del sistema dovuto a tale distanza e al movimento dell'aria. La tara del sistema non comprende alcun sistema di montaggio del campione in prova, per esempio i piatti adattatori descritti nell'Appendice A, che possono essere utilizzati per mantenere il campione in prova in un'installazione normale.

8.2.10 BANCO DI PROVA - PROVA DI EFFICIENZA AL 100% E TEMPO DI SPURGO

8.2.10.1 PROTOCOLLO DI EFFICIENZA AL 100%

Una prova di efficienza spettrale iniziale deve essere eseguita usando un elemento filtrante con un'efficienza almeno HEPA secondo la ISO 29463-1 come campione in prova. Si devono seguire le procedure di prova per la determinazione dell'efficienza spettrale di cui al punto 9.3 e la prova deve essere eseguita ad una velocità di attraversamento dell'aria di 9,6 cm/s.

NOTA 1 Un parametro che influenza l'efficienza durante la prova di efficienza al 100% è il tempo di spurgo. Il tempo di spurgo è troppo breve se, dopo essere passati dalla linea a monte a quella a valle, particelle residue del campione a monte vengono contate durante il campionamento a valle e producono un'efficienza <99%. In questo caso il tempo di spurgo deve essere aumentato e la prova di efficienza al 100% deve essere ripetuta.

NOTA 2 Lo scopo di questa prova è quello di garantire che il banco di prova e il sistema di campionamento siano in grado di fornire una misurazione dell'efficienza del 100%. Inoltre, questa prova valuta l'adeguatezza del tempo di risposta del generatore d'aerosol di 8.2.6. Se il tempo di risposta è insufficiente, particelle residue dal campione a monte, di concentrazione relativamente elevata, compariranno nel campione a valle.

8.2.10.2 RISULTATI DI EFFICIENZA AL 100 %

L'efficienza spettrale deve essere superiore al 99% per tutte le dimensioni delle particelle. Determinare un tempo di spurgo accettabile per soddisfare questo requisito di prova e raddoppiare il tempo necessario, come fattore di sicurezza. Utilizzare questo valore di fattore di sicurezza come tempo di spurgo.

8.2.11 BANCO DI PROVA - RAPPORTO DI CORRELAZIONE

8.2.11.1 GENERALITÀ

La prova del rapporto di correlazione deve essere eseguita senza un campione in prova in posizione per verificare l'adeguatezza del banco di prova nel suo insieme, del campionamento, della misurazione e del generatore di aerosol.

NOTA In un sistema perfetto, i rapporti di correlazione sono 1,0 per ogni dimensione delle particelle. Possono verificarsi delle deviazioni da 1,0 a causa delle perdite di particelle nel banco di prova, delle differenze nel grado di uniformità dell'aerosol (cioè per miscelazione) nelle sonde a monte e a valle nonché differenze nell'efficienza di trasporto delle particelle nelle linee di campionamento a monte e a valle.

8.2.11.2 PROTOCOLLO PER IL RAPPORTO DI CORRELAZIONE

La prova deve essere eseguita come una normale prova di efficienza spettrale ma senza l'installazione di un campione in prova ad una velocità di attraversamento dell'aria di 9,6 cm/s. Si devono rispettare le procedure di prova per la determinazione del rapporto di correlazione del punto 9.3.

8.2.11.3 RISULTATI PER IL RAPPORTO DI CORRELAZIONE

Il rapporto di correlazione per ogni dimensione delle particelle deve soddisfare i requisiti di qualità dei dati di cui al punto 10.3.3.

NOTA Se il rapporto di correlazione cade al di fuori della specifica richiesta per le particelle più piccole (<1,0 µm), è possibile che vi sia una miscelazione incompleta nella posizione della sonda a monte; potrebbe essere necessario riallineare il tubo di iniezione dell'aerosol o effettuare una miscelazione aggiuntiva nel condotto discrezionale a monte dell'orifizio di miscelazione a monte. Se le particelle piccole sono entro i limiti richiesti, ma le particelle più grandi non lo sono, è possibile che vi siano perdite ineguali nelle linee di campionamento. Per i sistemi a doppio OPC, inoltre, è possibile che uno degli OPC non sia ben calibrato o abbia problemi di flusso d'aria.

8.3 MANUTENZIONE

8.3.1 GENERALITÀ

La prova di manutenzione dell'apparecchiatura fornisce all'utente un modo per controllare regolarmente il sistema e mantenerlo in buone condizioni operative. Sono inoltre necessarie ulteriori operazioni di pulizia e manutenzione legate al normale funzionamento di laboratorio oltre a quanto è elencato al punto 8.3. Il programma di manutenzione è mostrato nel Prospetto 3. Gli elementi sono mostrati in base al momento corretto per eseguire ogni elemento della manutenzione con riferimento al punto appropriato di questa Prassi di Riferimento. Alcune voci qui elencate sono anche parte dei requisiti di prova della qualificazione, ma sono qui indicati in quanto devono essere eseguiti e documentati più spesso di quanto richiesto per la qualificazione.

Prospetto 3 - Programma di manutenzione

Elemento della manutenzione	Punto di questa Prassi di Riferimento	Ad ogni prova	Due settimane	Mensile	Sei mesi	Annuale
Banco di prova - Rapporto di correlazione	8.2.11	X				
Banco di prova - Pressione nella sezione del campione in prova vuoto	8.2.9	X				
Banco di prova - Misura della concentrazione particellare di fondo	8.3.2	X				
OPC - Prova a zero	8.2.3	X				
OPC - Accuratezza della misura delle dimensioni	8.2.4	X				
Banco di prova - Prova del filtro di riferimento	8.3.3		X			
Banco di prova - Prova della pressione di riferimento	8.3.4		X			
Banco di prova - Prova di efficienza al 100 %	8.2.10			X		
Banco di prova - Prova di pressione del sistema	8.2.1				X	
Generatore di aerosol - Tempo di risposta	8.2.6				X	
OPC - Calibrazione	7.2.5					X
Sensori di pressione - Calibrazione	7.1.8					X
Temperatura, RH - Calibrazione	7.3					X
Misurazione della portata d'aria - Calibrazione	7.1.7					X
NOTA È necessaria una pulizia regolare di tutta la strumentazione al fine di mantenere le prestazioni del banco di prova.						

8.3.2 BANCO DI PROVA - MISURA DELLA CONCENTRAZIONE PARTICELLARE DI FONDO

La misura della concentrazione particellare di fondo del banco di prova è parte del normale processo della prova di efficienza spettrale definita al punto 9.3.1.

NOTA Gli aumenti della concentrazione particellare di fondo potrebbero essere un segno di un problema del filtro HEPA di aspirazione, un problema degli OPC o addirittura un problema di perdita del banco di prova.

8.3.3 BANCO DI PROVA - PROVA DEL FILTRO DI RIFERIMENTO

8.3.3.1 FILTRO DI RIFERIMENTO

Per ciascun banco di prova, il laboratorio di prova deve conservare un minimo di tre campioni di materiale filtrante di riferimento identici esclusivamente per le prove iniziali di efficienza spettrale su base bi-settimanale. Il campione di materiale filtrante di riferimento deve essere possibilmente fatto di maglia metallica (*wire mesh*) in modo da potere ottenere campioni altamente ripetibili e riproducibili per potere facilitare le prove interlaboratorio. I tre campioni di riferimento devono essere etichettati come "primario", "secondario", "riserva". Questi campioni di riferimento devono rimanere protetti quando non sono in uso e conservati in un luogo sicuro da eventuali danni.

NOTA La prova di un campione di riferimento di efficienza spettrale nota consente al proprietario/operatore del banco di prova di individuare potenziali anomalie del sistema prima che diventino un problema. Rilevare le variazioni nelle curve di efficienza diventa difficile se l'efficienza è molto alta o molto bassa per tutte le dimensioni delle particelle. Le variazioni nell'efficienza di filtrazione dei campioni di riferimento possono essere dovute all'uso di materiali caricati elettrostaticamente, per tanto non è consentito il loro uso come campioni di riferimento.

NOTA Per approfondimenti sulle prove interlaboratorio dell'efficienza di filtrazione si rimanda all'articolo "*Inter-Laboratory Validation of the Method to Determine the Filtration Efficiency for Airborne Particles in the 3-500 nm Range and Results Sensitivity Analysis*" (2017) Panagiota Sachinidou, Yeon Kyoung Bahk, Min Tang, Ningning Zhang, Shawn S.C. Chen, David Y.H. Pui, Bruno Araújo Lima, Gabriele Bosco, Paolo Tronville, Thomas Mosimann, Mikael Eriksson, Jing Wang

8.3.3.2 PROTOCOLLO DI RIFERIMENTO

Il campione di riferimento "primario" deve essere provato ad una velocità di attraversamento dell'aria di 9,6 cm/s per l'efficienza spettrale come definito al punto 9.3 ogni due settimane. Se i valori di efficienza spettrale cambiano di più di 5 punti percentuali per uno qualsiasi dei canali di dimensioni delle particelle, il campione di riferimento "secondario" deve essere sottoposto a prova. Se entrambi i filtri di riferimento primario e secondario mostrano spostamenti maggiori di 5 punti percentuali per uno qualsiasi dei canali di dimensioni delle particelle, deve essere eseguita un'opportuna manutenzione del sistema (per esempio pulizia delle linee di campionamento, ricalibratura dell'OPC ecc.) al fine di riportare lo scostamento della prova di efficienza spettrale del filtro di riferimento entro i 5 punti percentuali. Il filtro di riferimento "riserva" deve essere utilizzato se il filtro di riferimento primario o secondario diventano inutilizzabili (per esempio danneggiati).

NOTA I punti percentuali non devono essere confusi con le percentuali. Per esempio, la differenza tra i valori di efficienza del 30% e del 35% è di 5 punti percentuali, non del 5%.

8.3.3.3 VALORI DI RIFERIMENTO

I filtri di riferimento devono essere provati come definito al punto 9.3 per l'efficienza spettrale e la resistenza al flusso d'aria. Questi valori iniziali devono essere i valori di riferimento per quel filtro di riferimento.

8.3.3.4 RESISTENZA AL FLUSSO D'ARIA DI RIFERIMENTO

La resistenza al flusso d'aria attraverso il filtro di riferimento misurata deve avere uno scostamento massimo del 10% dal valore di riferimento per quel filtro di riferimento. Se la resistenza al flusso d'aria si scosta di oltre il 10%, è necessario eseguire una manutenzione del sistema per ripristinare la resistenza al flusso d'aria entro uno scostamento del 5% dal valore di riferimento.

NOTA Esempi di interventi di manutenzione del sistema che possono essere eseguiti per ripristinare la resistenza al flusso d'aria includono (ma non sono limitati a) la verifica delle perdite nella condotta e intorno all'ugello di flusso e il controllo del manometro per un fondo scala e livelli adeguati.

8.3.3.5 RICALIBRATURA DELL'OPC

Subito dopo la ricalibrazione del/degli OPC, provare nuovamente ciascuno dei campioni di riferimento per stabilire i nuovi valori di riferimento dell'efficienza spettrale e della resistenza al flusso d'aria.

8.3.3.6 SOSTITUZIONE DEI FILTRI DI RIFERIMENTO

Quando il campione di riferimento "primario" o "secondario" mostra una variazione >5 punti percentuali per uno qualsiasi dei campi di dimensione delle particelle e il filtro di riferimento "secondario" o "di riserva" invece non mostrano tale variazione, il campione di riferimento "primario" e/o "secondario" deve essere sostituito con un campione/i identico/i, se disponibile/i, o con un nuovo insieme di filtri di riferimento identici.

NOTA L'efficienza di un filtro di riferimento può cambiare con l'accumulo di aerosol di prova dopo un uso ripetuto.

8.3.4 BANCO DI PROVA - PROVA DI PRESSIONE DI RIFERIMENTO

La prova la resistenza al flusso d'aria come definito al punto 9.2 di una piastra forata (o di un altro riferimento) avente valori noti della resistenza al flusso d'aria con un minimo di quattro punti dati di velocità di attraversamento tra 5 e 30 cm/s deve essere utilizzata come resistenza al flusso d'aria di riferimento. Per questa prova è possibile utilizzare il filtro di riferimento definito al punto 8.3.3. Come campione di riferimento della pressione si consiglia di utilizzare un materiale filtrante con resistenza al flusso d'aria stabile durante un uso ripetuto.

8.4 CONTROLLO DELLE PERDITE DEL BANCO DI PROVA

8.4.1 RILEVAZIONE VISIVA MEDIANTE FUMO FREDDO

I fumi freddi devono essere iniettati a monte del plenum del banco di prova ad una velocità di attraversamento dell'aria di 9,6 cm/s. Il rilevamento visivo dei fumi indica una perdita.

NOTA 1 È necessario operare con il banco di prova in sovrappressione per permettere ai fumi freddi di eventualmente fuoriuscire dai punti di perdite.

NOTA 2 Questa prova deve essere effettuata dopo avere levato i filtri ad alta efficienza del banco di prova per permettere che i fumi freddi raggiungano tutte le sezioni del banco di prova.

9 METODO DI PROVA

9.1 PORTATA D'ARIA

Il campione in prova deve essere provato ad una velocità di attraversamento dell'aria di 9,6 cm/s.

9.2 MISURAZIONE DELLA RESISTENZA AL FLUSSO D'ARIA

Siccome la misura della resistenza al flusso d'aria è altamente influenzata dalla turbolenza nel banco di prova, si richiede che tale grandezza venga misurata in una attrezzatura apposita seguendo le indicazioni dell'Appendice B.

9.3 MISURAZIONE DELL'EFFICIENZA SPETTRALE

9.3.1 PROTOCOLLO DI CAMPIONAMENTO DELL'AEROSOL

Tutti i campioni di conteggio delle particelle devono avere un tempo di campionamento minimo di 30 secondi e tutti i campioni di conteggio delle particelle per qualsiasi prova devono avere una identica durata. Il numero di conteggi può essere incrementato rispetto ai valori minimi indicati nei punti 9.3.3 o 9.3.4 e il tempo di campionamento per una prova può essere aumentato rispetto al valore minimo, purché il tempo di campionamento per ciascun conteggio rimanga lo stesso per tutta la durata della prova.

NOTA L'aumento del numero di conteggi e l'utilizzo di tempi di campionamento più lunghi possono migliorare la variabilità statistica.

9.3.2 MISURA DELLA CONCENTRAZIONE PARTICELLARE DI FONDO

Iniziare il campionamento iniziale di fondo dopo che il campione in prova è stato correttamente installato, il flusso d'aria si è stabilizzato alla portata d'aria di prova e il generatore di aerosol è spento. Il campionamento finale di fondo viene eseguito alla portata d'aria del campione in prova, dopo la prova di efficienza spettrale e con il generatore di aerosol spento. Ogni conteggio delle particelle per il campionamento di fondo deve avere un tempo minimo di campionamento di 30 secondi e tutti i conteggi di particelle di fondo devono avere lo stesso tempo di campionamento dei conteggi di efficienza spettrale. Il conteggio di fondo medio deve essere inferiore al 3% del conteggio medio misurato a monte durante la prova dell'elemento filtrante.

NOTA Pulire la superficie interna del condotto di prova sia a monte che a valle della sezione del campione in prova e delle linee di campionamento può aiutare se il conteggio di fondo medio è maggiore dell'3% del conteggio medio misurato a monte.

9.3.3 SEQUENZA DI PROVA PER UN SINGOLO OPC

9.3.3.1 DESCRIZIONE DELLA SEQUENZA PER UN SINGOLO OPC

Si riportano qui di seguito la sequenza di azioni da attuare per un singolo OPC.

- a) Installare il campione in prova, a meno che non sia una prova di correlazione, nel qual caso non si installa alcun campione in prova.
- b) Avviare il flusso d'aria e lasciare che si stabilizzi.
- c) Misurare i conteggi iniziali di fondo.

- 1) Spurgare le linee a monte/valle in base al valore di tempo di spurgo determinato al punto 8.2.10.2.
 - 2) Campionare le particelle di fondo a monte ($B_{b,1}$).
 - 3) Spurgare le linee a monte/valle.
 - 4) Campionare le particelle di fondo a valle (d_b).
 - 5) Spurgare le linee a monte/valle.
 - 6) Campionare le particelle di fondo a monte ($B_{b,2}$).
- d) Avviare il generatore di aerosol e lasciare che si stabilizzi secondo il tempo stabilito al punto 8.2.6.
- e) Misurare i conteggi di efficienza. Ripetere il punto 9.3.3.1 e) fino a quando siano stati campionati almeno 5 conteggi a monte e almeno 5 conteggi a valle.
- 1) Spurgare le linee a monte/valle.
 - 2) Campionare le particelle a monte (N_x).
 - 3) Spurgare le linee a monte/valle.
 - 4) Campionare le particelle a valle (D_x).
- f) Misurare il conteggio finale di efficienza a monte.
- 1) Spurgare le linee a monte/valle.
 - 2) Campionare le particelle finali a monte (N_{x+1}).
- g) Arrestare il generatore di aerosol e lasciare che si stabilizzi secondo il tempo stabilito al punto 8.2.6.
- h) Misurare i conteggi di fondo finali.
- 1) Spurgare le linee a monte/a valle.
 - 2) Campionare le particelle di fondo a monte ($B_{f,1}$).
 - 3) Spurgare le linee a monte/valle.
 - 4) Campionare le particelle di fondo a valle (d_f).
 - 5) Spurgare le linee a monte/valle.
 - 6) Campionare le particelle di fondo a monte ($B_{f,2}$).
- i) Controllare i requisiti di qualità dei dati come definito al punto 10.3.
- 1) Se i requisiti di qualità dei dati sono accettabili, arrestare il flusso d'aria e rimuovere il campione in prova.
 - 2) Se i requisiti di qualità dei dati non sono accettabili, ripetere i passaggi da c) a h) come set completo e utilizzare tutti i dati raccolti nei calcoli di qualità dei dati.

Prospetto 4 - Ciclo di conteggio per un singolo OPC per una dimensione delle particelle, ps

Fondo, iniziale				Gen On	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Gen Off	Fondo, finale										
U/S	Pulizia	$B_{b,1,ps}$			Pulizia	$N_{1,ps}$		Pulizia	$N_{2,ps}$		Pulizia	$N_{3,ps}$		Pulizia	$N_{4,ps}$			Pulizia	$N_{5,ps}$		Pulizia	$N_{6,ps}$		Pulizia	$B_{f,1,ps}$		Pulizia
D/S			$d_{b,ps}$			$D_{1,ps}$			$D_{2,ps}$			$D_{3,ps}$			$D_{4,ps}$			$D_{5,ps}$							$d_{f,ps}$		

9.3.3.2 RIDUZIONE DEI DATI INIZIALI PER UN SINGOLO OPC

Per un sistema a singolo OPC, i conteggi a monte da due campioni devono essere mediati per ottenere una stima dei conteggi a monte che si sarebbero ottenuti contemporaneamente ai conteggi presi a valle. Per i conteggi di fondo iniziali e finali a monte:

$$U_{B,b,ps} = \frac{B_{b,i,ps} + B_{b(i+1),ps}}{2} \quad (3)$$

$$U_{B,f,ps} = \frac{B_{f,i,ps} + B_{f(i+1),ps}}{2} \quad (4)$$

dove

$U_{B,b,ps}$ è il conteggio medio di fondo iniziale a monte per la dimensione delle particelle, ps ;

$U_{B,f,ps}$ è il conteggio medio di fondo finale a monte per la dimensione delle particelle, ps ;

$B_{b,i,ps}$ è il conteggio di fondo iniziale misurato a monte per la dimensione delle particelle, ps ;

$B_{f,i,ps}$ è il conteggio di fondo finale misurato a monte per la dimensione delle particelle, ps .

I conteggi di fondo a monte prima e dopo il campionamento di efficienza o di correlazione devono essere semplicemente mediati.

$$U_{B,c,ps} \text{ o } U_{B,ps} = \frac{U_{B,b,ps} + U_{B,f,ps}}{2} \quad (5)$$

dove

$U_{B,ps}$ è il conteggio medio di fondo a monte per il campione di efficienza, i , e per la dimensione delle particelle, ps ;

$U_{B,c,ps}$ è il conteggio medio di fondo a monte per il campione di correlazione, i , e per la dimensione delle particelle, ps ;

$U_{B,b,ps}$ è il conteggio medio di fondo iniziale a monte per la dimensione delle particelle, ps ;

$U_{B,f,ps}$ è il conteggio medio di fondo finale a monte per la dimensione delle particelle, ps .

I conteggi di fondo a valle prima e dopo il campionamento di efficienza o di correlazione devono essere semplicemente mediati.

$$D_{B,c,ps} \text{ o } D_{B,ps} = \frac{d_{b,ps} + d_{f,ps}}{2} \quad (6)$$

dove

$D_{B,ps}$ è il conteggio medio di fondo a valle per il campione di efficienza, i , e per la dimensione delle particelle, ps ;

$D_{B,c,ps}$ è il conteggio medio di fondo a valle per il campione di correlazione, i , e per la dimensione delle particelle, ps ;

$d_{b,ps}$ è il conteggio medio di fondo iniziale a valle per la dimensione delle particelle, ps ;
 $d_{f,ps}$ è il conteggio medio di fondo finale a valle per la dimensione delle particelle, ps .

Per i conteggi di efficienza a monte:

$$U_{i,ps} = \frac{N_{i,ps} + N_{(i+1),ps}}{2} \quad (7)$$

dove

$U_{i,ps}$ è la media dell'efficienza a monte per il campione, i , e per la dimensione delle particelle, ps ;

$N_{i,ps}$ è il conteggio dell'efficienza misurata a monte per il campione, i , e per la dimensione delle particelle, ps .

9.3.4 SEQUENZA DI PROVA CON DOPPIO OPC

9.3.4.1 DESCRIZIONE DELLA SEQUENZA CON DOPPIO OPC

Si riportano qui di seguito la sequenza di azioni da attuare con doppio OPC.

- a) Installare il campione in prova, a meno che non sia una prova di correlazione, nel qual caso non si installa alcun campione in prova.
- b) Avviare il flusso d'aria e lasciare che si stabilizzi.
- c) Misurare i conteggi iniziali di fondo.
 - 1) Spurgare le linee a monte/valle in base al valore di tempo di spurgo determinato al punto 8.2.10.2.
 - 2) Campionare le particelle di fondo a monte ($U_{B,b,1}$) e a valle ($d_{b,1}$).
- d) Avviare il generatore di aerosol e lasciare che si stabilizzi secondo il tempo stabilito al punto 8.2.6.
- e) Misurare i conteggi di efficienza. Ripetere il punto 9.3.4.1 e) fino a quando siano stati campionati almeno 5 conteggi a monte e almeno 5 conteggi a valle.
 - 1) Spurgare le linee a monte/valle.
 - 2) Campionare le particelle a monte (U_i) e a valle (D_i).

- f) Arrestare il generatore di aerosol e lasciare che si stabilizzi secondo il tempo stabilito al punto 8.2.6.
- g) Misurare i conteggi di fondo finali.
- 1) Spurgare le linee a monte/a valle.
 - 2) Campionare le particelle di fondo a monte ($U_{B,f,1}$) e a valle ($d_{f,1}$).
- h) Controllare i requisiti di qualità dei dati come definito al punto 10.3.
- 1) Se i requisiti di qualità dei dati sono accettabili, arrestare il flusso d'aria e rimuovere il campione in prova.
 - 2) Se i requisiti di qualità dei dati non sono accettabili, ripetere i passaggi da c) a g) come set completo e utilizzare tutti i dati raccolti nei calcoli di qualità dei dati.

Prospetto 5 - Ciclo di conteggio con doppio OPC per la dimensione delle particelle ps

	Fondo, iniziale		Gen On		1	2	3	4	5	Gen Off		Fondo, finale	
U/S	Pulizia	$U_{B,b,ps}$		Pulizia	$U_{1,ps}$	$U_{2,ps}$	$U_{3,ps}$	$U_{4,ps}$	$U_{5,ps}$		Pulizia	$U_{B,f,ps}$	
D/S	Pulizia	$d_{b,ps}$	Pulizia	$D_{1,ps}$	$D_{2,ps}$	$D_{3,ps}$	$D_{4,ps}$	$D_{5,ps}$	Pulizia	$d_{f,ps}$			

9.3.4.2 CALCOLI DI FONDO CON DOPPIO OPC

I conteggi di fondo a monte prima e dopo il campionamento di efficienza o di correlazione devono essere semplicemente mediati.

$$U_{B,c,ps} \text{ o } U_{B,ps} = \frac{U_{B,b,ps} + U_{B,f,ps}}{2} \quad (8)$$

dove

$U_{B,ps}$ è il conteggio medio di efficienza di fondo a monte per la dimensione delle particelle, ps ;

$U_{B,c,ps}$ è il conteggio medio di correlazione di fondo a monte per la dimensione delle particelle, ps ;

$U_{B,b,ps}$ è il conteggio medio di fondo a monte iniziale per la dimensione delle particelle, ps ;

$U_{B,f,ps}$ è il conteggio medio di fondo a monte finale per la dimensione delle particelle, ps .

I conteggi di fondo a valle prima e dopo il campionamento di efficienza o di correlazione devono essere semplicemente mediati.

$$D_{B,c,ps} \text{ o } D_{B,ps} = \frac{d_{b,ps} + d_{f,ps}}{2} \quad (9)$$

dove

$D_{B,ps}$ è il conteggio medio di efficienza di fondo a valle e per la dimensione delle particelle, ps ;

$D_{B,c,ps}$ è il conteggio medio di correlazione di fondo a valle per la dimensione delle particelle, ps ;
 $d_{b,ps}$ è il conteggio medio di fondo a valle iniziale per la dimensione delle particelle, ps ;
 $d_{f,ps}$ è il conteggio medio di fondo a valle finale per la dimensione delle particelle, ps .

10 RIDUZIONE DEI DATI E CALCOLI

10.1 RAPPORTO DI CORRELAZIONE

10.1.1 GENERALITÀ DEL RAPPORTO DI CORRELAZIONE

Il rapporto di correlazione, R , deve essere utilizzato per correggere ogni distorsione tra i sistemi di campionamento a monte e a valle. Il rapporto di correlazione deve essere determinato dal rapporto tra i conteggi di particelle a valle e quello a monte con il generatore di aerosol in funzione, ma senza alcun campione in prova installato nel banco di prova. Il rapporto di correlazione deve essere determinato per ogni campione in prova e alla corrispondente portata d'aria. Per misurare il rapporto di correlazione, seguire i requisiti di campionamento del punto 9.3.1 senza installare un campione in prova.

La formula generale per il rapporto di correlazione è:

$$R = \frac{a \text{ valle}}{a \text{ monte}} \quad (10)$$

dove

$a \text{ valle}$ è il conteggio delle particelle a livello della sonda di campionamento a valle;
 $a \text{ monte}$ è il conteggio delle particelle a livello della sonda di campionamento a monte.

10.1.2 RIDUZIONE DEI DATI DEL RAPPORTO DI CORRELAZIONE

Il rapporto di correlazione deve essere calcolato per ciascun campione a monte e a valle in ciascun intervallo di dimensioni delle particelle utilizzando i valori a monte e a valle.

$$R_{i,ps} = \frac{D_{c,i,ps}}{U_{c,i,ps}} \quad (11)$$

dove

$R_{i,ps}$ è il rapporto di correlazione per il campione, i , e per la dimensione delle particelle, ps ;
 $D_{c,i,ps}$ è il conteggio di correlazione a valle per il campione, i , e per la dimensione delle particelle ps ;
 $U_{c,i,ps}$ è il conteggio di correlazione a monte per il campione, i , e per la dimensione delle particelle ps .

Questi rapporti di correlazione devono essere mediati per determinare un rapporto di correlazione finale per ogni dimensione delle particelle.

$$\bar{R}_{ps} = \frac{\sum_{i=1}^n R_{i,ps}}{n} \quad (12)$$

dove

\bar{R}_{ps} è il rapporto di correlazione per la dimensione delle particelle, ps ;
 $R_{i,ps}$ è il rapporto di correlazione per il campione, i , e per la dimensione delle particelle, ps ;
 n è il numero di campioni.

La deviazione standard del rapporto di correlazione deve essere determinata mediante:

$$\delta_{c,ps} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_{i,ps} - \bar{R}_{ps})^2}{n - 1}} \quad (13)$$

dove

$\delta_{c,ps}$ è la deviazione standard del rapporto di correlazione per la dimensione delle particelle ps ;
 \bar{R}_{ps} è il rapporto di correlazione per la dimensione delle particelle ps ;
 $R_{i,ps}$ è il rapporto di correlazione per il campione i e la dimensione delle particelle ps .

L'incertezza del 95 % del valore di correlazione deve essere determinata mediante:

$$e_{c,ps} = \delta_{c,ps} \frac{st}{\sqrt{n}} \quad (14)$$

dove

$e_{c,ps}$ è l'incertezza di correlazione per la dimensione delle particelle, ps ;
 $\delta_{c,ps}$ è la deviazione standard del rapporto di correlazione per la dimensione delle particelle, ps ;
 st è la variabile di distribuzione t dal Prospetto 6 per un dato valore di n ;
 n è il numero di campioni.

NOTA I valori della distribuzione t sono calcolati in funzione delle probabilità di due valori alfa e dei gradi di libertà. È mostrato il prospetto di distribuzione t (a due code) per un livello di confidenza del 95 %.

Il limite di confidenza del 95 % del valore di correlazione deve essere determinato mediante:

$$\bar{R}_{lcl,ps} = \bar{R}_{ps} - e_{c,ps} \quad (15)$$

$$\bar{R}_{ucl,ps} = \bar{R}_{ps} + e_{c,ps} \quad (16)$$

dove

$\bar{R}_{lcl,ps}$ è il limite inferiore di confidenza del rapporto di correlazione per la dimensione delle particelle, ps ;

$\bar{R}_{ucl,ps}$ è il limite superiore di confidenza del rapporto di correlazione per la dimensione delle particelle, ps ;

$e_{c,ps}$ è l'incertezza di correlazione per la dimensione delle particelle, ps .

Prospetto 6 - Variabile della distribuzione t di Student

Numero di campioni n	Numero di gradi di libertà $\nu = n - 1$	st
5	4	2,776
10	9	2,262
15	14	2,145
20	19	2,093
25	24	2,064
30	29	2,045

La somma delle particelle campionate durante i conteggi di correlazione deve essere calcolata.

$$U_{c,tot,ps} = \sum_{i=1}^n U_{c,i,ps} \quad (17)$$

dove

$U_{c,tot,ps}$ è la somma delle particelle campionate durante la correlazione per la dimensione delle particelle, ps ;

$U_{c,i,ps}$ è il numero di particelle campionate durante la correlazione per il campione, i , e per la dimensione delle particelle, ps .

10.2 PENETRAZIONE ED EFFICIENZA SPETTRALE

10.2.1 GENERALITÀ SULLA PENETRAZIONE ED EFFICIENZA IN FRAZIONE

L'efficienza spettrale è una misura della frazione delle particelle che il campione in prova rimuove dall'aria che lo attraversa ed è calcolata a partire dalla quantità di particolato che penetra nel campione in prova durante la prova. Le formule generali per la penetrazione (P) e l'efficienza spettrale (E_{ps}) sono:

$$P = \frac{a \text{ valle}}{a \text{ monte}} \quad (18)$$

$$E_{ps} = (1 - P_{ps})100 \quad (19)$$

dove

$a \text{ valle}$ è il conteggio delle particelle a valle del campione in prova;

$a \text{ monte}$ è il conteggio delle particelle a monte del campione in prova;

E_{ps} è l'efficienza spettrale delle particelle per la dimensione delle particelle, ps , %;

P_{ps} è la penetrazione delle particelle per la dimensione delle particelle, ps .

10.2.2 RIDUZIONE DEI DATI DI PENETRAZIONE

La penetrazione osservata deve essere calcolata per ogni campione a monte e a valle in ogni intervallo di dimensione delle particelle utilizzando i valori a monte e a valle.

$$P_{i,o,ps} = \frac{D_{i,ps}}{U_{i,ps}} \quad (20)$$

dove

$P_{i,o,ps}$ è la penetrazione osservata per il campione i e per la dimensione delle particelle, ps ;

$D_{i,ps}$ è il conteggio delle particelle a valle per il campione, i , e per la dimensione delle particelle, ps ;

$U_{i,ps}$ è il conteggio delle particelle a monte per il campione, i , e per la dimensione delle particelle, ps .

Queste penetrazioni devono essere mediate per determinare il valore osservato di penetrazione per ogni dimensione delle particelle.

$$\bar{P}_{o,ps} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{i,o,ps}}{n} \quad (21)$$

dove

$\bar{P}_{o,ps}$ è la penetrazione osservata per la dimensione delle particelle, ps ;

$P_{i,o,ps}$ è la penetrazione osservata per il campione, i , e per la dimensione delle particelle, ps ;

n è il numero di campioni.

La deviazione standard della penetrazione osservata deve essere determinata come:

$$\delta_{o,ps} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{i,o,ps} - \bar{P}_{o,ps})^2}{n - 1}} \quad (22)$$

dove

$\delta_{o,ps}$ è la deviazione standard della penetrazione osservata per la dimensione delle particelle, ps .

$\bar{P}_{o,ps}$ è la penetrazione osservata per la dimensione delle particelle, ps ;

$P_{i,o,ps}$ è la penetrazione osservata per il campione, i , e per la dimensione delle particelle, ps .

La penetrazione osservata deve essere corretta tramite il rapporto di correlazione per ottenere i valori finali di penetrazione per ogni dimensione delle particelle.

$$\bar{P}_{ps} = \frac{\bar{P}_{o,ps}}{\bar{R}_{ps}} \quad (23)$$

dove

\bar{P}_{ps} è la penetrazione finale per la dimensione delle particelle, ps ;
 $\bar{P}_{o,ps}$ è la penetrazione osservata per la dimensione delle particelle, ps ;
 \bar{R}_{ps} è il rapporto di correlazione finale per la dimensione delle particelle, ps .

La deviazione standard del rapporto di correlazione deve essere combinata con la deviazione standard della penetrazione osservata per determinare l'errore totale.

$$\delta_{ps} = \bar{P}_{ps} \sqrt{\left(\frac{\delta_{c,ps}}{\bar{R}_{ps}}\right)^2 + \left(\frac{\delta_{o,ps}}{\bar{P}_{o,ps}}\right)^2} \quad (24)$$

dove

δ_{ps} è la deviazione standard della penetrazione osservata per la dimensione delle particelle, ps ;
 \bar{P}_{ps} è la penetrazione finale per la dimensione delle particelle, ps ;
 $\delta_{c,ps}$ è la deviazione standard del rapporto di correlazione per la dimensione delle particelle, ps ;
 \bar{R}_{ps} è il rapporto di correlazione finale per la dimensione delle particelle, ps ;
 $\delta_{o,ps}$ è la deviazione standard della penetrazione osservata per la dimensione delle particelle, ps ;
 $\bar{P}_{o,ps}$ è la penetrazione osservata per la dimensione delle particelle, ps .

L'incertezza del 95 % del valore della penetrazione deve essere determinata mediante:

$$e_{ps} = \delta_{ps} \frac{st}{\sqrt{n}} \quad (25)$$

dove

e_{ps} è l'incertezza di penetrazione per la dimensione delle particelle, ps ;
 δ_{ps} è la deviazione standard per la dimensione delle particelle, ps ;
 st è la variabile di distribuzione t dal Prospetto 6 per un dato valore di n ;
 n è il numero dei campioni.

I limiti dell'intervallo di confidenza del 95 % della penetrazione devono essere determinati mediante:

$$\bar{P}_{lcl,ps} = \bar{P}_{ps} - e_{ps} \quad (26)$$

$$\bar{P}_{ucl,ps} = \bar{P}_{ps} + e_{ps} \quad (27)$$

dove

e_{ps} è l'incertezza di penetrazione per la dimensione delle particelle, ps ;

$\bar{P}_{lcl,ps}$ è il limite inferiore di confidenza della penetrazione per la dimensione delle particelle, ps ;
 $\bar{P}_{ucl,ps}$ è il limite superiore di confidenza della penetrazione per la dimensione delle particelle, ps .

Deve essere calcolata la somma del conteggio delle particelle a monte per la dimensione delle particelle, ps .

$$U_{tot,ps} = \sum_{I=1}^n U_{I,ps} \quad (28)$$

dove

$U_{tot,ps}$ è la somma del conteggio delle particelle a monte per la dimensione delle particelle, ps ;

$U_{I,ps}$ rappresenta le particelle campionate per l'efficacia del campione, i , e per la dimensione delle particelle, ps .

10.3 REQUISITI DI QUALITÀ DEI DATI

10.3.1 CONTEGGIO DI FONDO DELLA CORRELAZIONE

I valori del conteggio di fondo della correlazione per ogni dimensione delle particelle devono essere inferiori al 3% del valore medio delle particelle misurate a monte durante la prova di correlazione.

$$D_{B,c,ps} \text{ o } U_{B,c,ps} < \frac{\sum_{i=1}^n U_{c,i,ps}}{n} 0,03 \quad (29)$$

dove

$U_{B,c,ps}$ è il conteggio di correlazione medio di fondo a monte per la dimensione delle particelle, ps ;

$D_{B,c,ps}$ è il conteggio di correlazione medio di fondo a valle per la dimensione delle particelle, ps ;

$U_{c,i,ps}$ è il conteggio di correlazione medio a monte per la dimensione delle particelle, ps .

10.3.2 CONTEGGIO DI FONDO DELL'EFFICIENZA

I valori del conteggio di fondo della efficienza per ogni dimensione delle particelle devono essere inferiori al 3% del valore medio delle particelle misurate a monte durante la prova di correlazione.

$$D_{B,ps} \text{ o } U_{B,ps} < \frac{\sum_{i=1}^n U_{i,ps}}{n} 0,03 \quad (30)$$

dove

$U_{B,ps}$ è il conteggio di efficienza medio di fondo a monte per la dimensione delle particelle, ps ;

$D_{B,ps}$ è il conteggio di efficienza medio di fondo a valle per la dimensione delle particelle, ps ;

$U_{i,ps}$ è il conteggio di efficienza medio a monte per la dimensione delle particelle, ps .

10.3.3 RAPPORTO DI CORRELAZIONE

I rapporti di correlazione e l'incertezza devono rientrare nei limiti indicati nel Prospetto 2 e ripetuti di seguito nel Prospetto 7. Il numero minimo di conteggi dalla formula (18) per ogni dimensione delle particelle deve essere maggiore o uguale a 500. Se non si ottiene un numero sufficiente di conteggi, si deve aumentare il tempo di campionamento o la concentrazione di aerosol. La concentrazione di aerosol non deve superare il limite di concentrazione del/degli OPC. L'incertezza di correlazione ($e_{c,ps}$) è calcolata mediante la formula (15).

Prospetto 7 - Limiti del rapporto di correlazione

Intervallo di dimensione	Intervallo di dimensione delle particelle [μm]	Conteggio minimo totale	Limiti del valore del rapporto di correlazione	$e_{c,ps}$
1	0,30 – 0,40	$U_{c,tot,1} \geq 500$	0,90 - 1,10	$e_{c,1} \leq 0,05$
2	0,40 – 0,55	$U_{c,tot,2} \geq 500$	0,90 - 1,10	$e_{c,2} \leq 0,05$
3	0,55 – 0,70	$U_{c,tot,3} \geq 500$	0,90 - 1,10	$e_{c,3} \leq 0,05$
4	0,70 – 1,00	$U_{c,tot,4} \geq 500$	0,90 - 1,10	$e_{c,4} \leq 0,05$
5	1,00 – 1,30	$U_{c,tot,5} \geq 500$	0,80 - 1,20	$e_{c,5} \leq 0,05$
6	1,30 – 1,60	$U_{c,tot,6} \geq 500$	0,80 - 1,20	$e_{c,6} \leq 0,05$
7	1,60 – 2,20	$U_{c,tot,7} \geq 500$	0,80 - 1,20	$e_{c,7} \leq 0,05$
8	2,20 – 3,00	$U_{c,tot,8} \geq 500$	0,80 - 1,20	$e_{c,8} \leq 0,05$
9	3,00 – 4,00	$U_{c,tot,9} \geq 500$	0,70 - 1,30	$e_{c,9} \leq 0,05$
10	4,00 – 5,50	$U_{c,tot,10} \geq 500$	0,70 - 1,30	$e_{c,10} \leq 0,05$
11	5,50 – 7,00	$U_{c,tot,11} \geq 500$	0,70 - 1,30	$e_{c,11} \leq 0,05$
12	7,00 – 10,0	$U_{c,tot,12} \geq 500$	0,70 - 1,30	$e_{c,12} \leq 0,05$

10.3.4 PENETRAZIONE

L'incertezza di penetrazione deve rientrare nei limiti indicati nel Prospetto 8.

Il numero minimo di conteggi dalla formula (29) per ogni dimensione delle particelle deve essere maggiore o uguale a 500. Se non si ottiene un numero sufficiente di conteggi, si deve aumentare il tempo di campionamento o la concentrazione di aerosol. La concentrazione di aerosol non deve superare il limite di concentrazione dell'(degli) OPC.

L'incertezza di penetrazione (e_{ps}) è calcolata dalla formula (26) e deve essere inferiore o uguale al limite statico o al limite dinamico indicati per quella dimensione delle particelle nel Prospetto 8, a seconda di quale sia il valore maggiore.

Se l'incertezza di penetrazione non è in grado di soddisfare questi requisiti dei dati, per quella penetrazione della dimensione delle particelle deve essere utilizzato il limite superiore dell'intervallo di confidenza di penetrazione ($\bar{P}_{ucl,ps}$).

Prospetto 8 - Limiti di penetrazione

Intervallo di dimensione	Intervallo di dimensione delle particelle [μm]	Conteggio minimo totale	Incertezza statica	Incertezza dinamica
1	0,30 - 0,40	$U_{tot,1} \geq 500$	$e_1 \leq 0,05$	$e_1 \leq (0,07 \cdot \bar{P}_1)$
2	0,40 - 0,55	$U_{tot,2} \geq 500$	$e_2 \leq 0,05$	$e_2 \leq (0,07 \cdot \bar{P}_2)$
3	0,55 - 0,70	$U_{tot,3} \geq 500$	$e_3 \leq 0,05$	$e_3 \leq (0,07 \cdot \bar{P}_3)$
4	0,70 - 1,00	$U_{tot,4} \geq 500$	$e_4 \leq 0,05$	$e_4 \leq (0,07 \cdot \bar{P}_4)$
5	1,00 - 1,30	$U_{tot,5} \geq 500$	$e_5 \leq 0,05$	$e_5 \leq (0,07 \cdot \bar{P}_5)$
6	1,30 - 1,60	$U_{tot,6} \geq 500$	$e_6 \leq 0,05$	$e_6 \leq (0,07 \cdot \bar{P}_6)$
7	1,60 - 2,20	$U_{tot,7} \geq 500$	$e_7 \leq 0,05$	$e_7 \leq (0,07 \cdot \bar{P}_7)$
8	2,20 - 3,00	$U_{tot,8} \geq 500$	$e_8 \leq 0,05$	$e_8 \leq (0,07 \cdot \bar{P}_8)$
9	3,00 - 4,00	$U_{tot,9} \geq 500$	$e_9 \leq 0,05$	$e_9 \leq (0,07 \cdot \bar{P}_9)$
10	4,00 - 5,50	$U_{tot,10} \geq 500$	$e_{10} \leq 0,05$	$e_{10} \leq (0,07 \cdot \bar{P}_{10})$
11	5,50 - 7,00	$U_{tot,11} \geq 500$	$e_{11} \leq 0,05$	$e_{11} \leq (0,07 \cdot \bar{P}_{11})$
12	7,00 - 10,0	$U_{tot,12} \geq 500$	$e_{12} \leq 0,05$	$e_{12} \leq (0,07 \cdot \bar{P}_{12})$

10.4 CALCOLO DELL'EFFICIENZA SPETTRALE

L'efficienza spettrale è determinata mediante una delle seguenti formule.

Per tutte le dimensioni delle particelle che soddisfano i requisiti di qualità dei dati, l'efficienza spettrale per la(e) dimensione(i) delle particelle è determinata come:

$$E_{ps} = (1 - \bar{P}_{ps})100 \quad (31)$$

dove

E_{ps} è l'efficienza spettrale per la dimensione delle particelle, ps , %;

\bar{P}_{ps} è la penetrazione per la dimensione delle particelle, ps .

Per ogni dimensione delle particelle che non soddisfa tutti i requisiti di qualità dei dati, l'efficienza spettrale per la(e) dimensione(i) delle particelle è determinata come:

$$E_{ps} = (1 - \bar{P}_{ucl,ps})100 \quad (32)$$

dove

E_{ps} è l'efficienza spettrale per la dimensione delle particelle, ps , %;

$\bar{P}_{ucl,ps}$ è il limite superiore dell'intervallo di confidenza della penetrazione per la dimensione delle particelle, ps .

11 RAPPORTO DI PROVA

11.1 GENERALITÀ

I risultati delle prove devono essere riportati utilizzando il formato del rapporto di prova riportato in questa Prassi di Riferimento. Dalla Figura 8 alla Figura 13 comprendono il rapporto di prova completo e sono esempi di formulazioni accettabili. L'utilizzo di questo esatto formato non è obbligatorio, ma il rapporto deve includere tutti gli elementi elencati al punto 11.2.

11.2 ELEMENTI RICHIESTI NEL RAPPORTO

11.2.1 GENERALITÀ DEL RAPPORTO

Ogni rapporto di prova deve includere le informazioni elencate al punto 11.2. I rapporti di prova che non contengono tutti gli elementi necessari devono essere considerati non validi.

11.2.2 VALORI INDICATI NEL RAPPORTO DI PROVA

Tutti i valori dei dati relativi all'efficienza di rimozione delle particelle devono essere riportati solo con un decimale.

I valori di dati relativi alla resistenza al flusso d'aria devono essere riportati solo come numeri interi (senza decimali o frazioni) quando vengono visualizzati in unità del SI (Pa) o con 2 decimali in unità IP (in H₂O).

11.2.3 RAPPORTO DI SINTESI

Il rapporto di prova deve includere le seguenti informazioni:

a) Informazioni sul laboratorio:

- 1) nome del laboratorio;
- 2) ubicazione del laboratorio e informazioni di contatto;
- 3) nome/i dell'operatore della prova;
- 4) informazioni sul(i) dispositivo(i) di conteggio e di misurazione della dimensione delle particelle;
 - i. nome del fabbricante;
 - ii. numero o nome del modello;
 - iii. valore di coincidenza (1/dm³).
- 5) metodo di misurazione del flusso d'aria.

b) informazioni sulla prova:

- 1) identificazione di questa Prassi di Riferimento;

- 2) identificazione unica del rapporto di prova;
- 3) data della prova;
- 4) modalità di ottenimento del campione.

c) informazioni relative al campione di prova:

- 1) nome del fabbricante (o nome del distributore, se diverso dal fabbricante);
- 2) marca e numero del modello come presenti sul campione di prova;
- 3) condizioni del campione di prova (per esempio pulito, condizionato secondo Appendice C della presente Prassi di Riferimento, usato ecc.);
- 4) dimensioni (altezza, larghezza) del campione in prova;
- 5) descrizione fisica della costruzione (ad esempio mascherina facciale, materiale grezzo ritagliato da rotolo);
- 6) descrizione del materiale, tra cui:
 - i. tipo di materiale con descrizione e identificazione (ad esempio fibra di vetro AB12, tessuto non tessuto 12AB);
 - ii. colore del materiale;
 - iii. area effettiva del campione in prova (se facilmente stimabile);
 - iv. tipo e quantità di eventuali additivi aggiunti al materiale. Se queste informazioni non sono note, devono essere indicate come "non disponibili";
 - v. carica elettrostatica. Se questa informazione non è nota deve essere indicata come "non disponibile".
- 7) una foto del campione di prova effettivo è fortemente raccomandata;
- 8) tutti gli altri attributi descrittivi pertinenti.

d) dati di letteratura del dispositivo o dati di funzionamento del dispositivo indicati dal fabbricante:

- 1) resistenza iniziale al flusso d'aria del campione di prova alla portata d'aria di prova;
- 2) resistenza finale nominale al flusso d'aria alla portata d'aria di prova;
- 3) efficienza iniziale di rimozione delle particelle;
- 4) qualsiasi altro dato di letteratura disponibile o dati di funzionamento forniti.

e) condizioni di prova:

- 1) portata d'aria di prova;
- 2) temperatura e umidità relativa dell'aria di prova;
- 3) aerosol di prova utilizzato.

f) dati di prova:

- 1) dati sulla resistenza al flusso d'aria alla portata d'aria di prova;
- 2) efficienza spettrale in ciascun intervallo di dimensioni delle particelle misurato;
- 3) concentrazione totale a monte misurata durante la prova (p/m^3) per intervallo di dimensioni.

11.2.4 DETTAGLI DEL RAPPORTO

I dettagli del rapporto devono includere almeno, le seguenti informazioni:

a) Risultati misurati

- 1) I dati di resistenza al flusso d'aria devono essere riportati in formato tabellare.
- 2) I risultati della misurazione dell'efficienza di rimozione delle particelle devono essere riportati sia in tabella sia in formato grafico.

b) Dichiarazione conclusiva

- 3) I risultati di questa prova si riferiscono esclusivamente al campione di prova nelle condizioni qui indicate. I risultati delle prestazioni non possono essere quantitativamente applicati per predire le prestazioni di filtrazione in situazioni reali.

Figura 2 - Risultati del rapporto di prova

Risultati del rapporto di prova UNI/PdR 90-2:2020		Ente o laboratorio che effettua la prova		
		Nome:		
		Indirizzo:		
		Email:		
Rapporto n°				
Efficienza di rimozione particellare in funzione della dimensione della particella				
Resistenza al moto del materiale filtrante/mascherina				
Resistenza al moto materiale filtrante	MATERIALE NON CONDIZIONATO		MATERIALE CONDIZIONATO	
	Velocità [cm/s]	Caduta di pressione [Pa]	Velocità [cm/s]	Caduta di pressione [Pa]
Resistenza al moto della maschera	MASCHERINA NON CONDIZIONATA		MASCHERINA CONDIZIONATA	
	Portata [l/min]	Caduta di pressione [Pa]	Portata [l/min]	Caduta di pressione [Pa]
<p>Il presente rapporto di prova non può essere utilizzato liberamente per scopi diversi da quello per cui è stato commissionato. Esso potrà quindi essere utilizzato per ottenere la dichiarazione di conformità ai sensi della UNI/PdR 90-2. Per ogni altro utilizzo/riproduzione del presente rapporto di prova dovrà essere richiesta l'autorizzazione scritta dell'ente preposto al test. Non è consentita la riproduzione parziale del rapporto di prova. Il rapporto si riferisce esclusivamente al materiale provato.</p>				

Figura 3 - Valori delle efficienze spettrali del rapporto di prova

Valori delle efficienze spettrali del singolo campione - Rapporto di prova UNI/PdR 90-2:2020				Ente o laboratorio che effettua la prova			
				Nome:			
				Indirizzo:			
Email:							
Rapporto n°		Data della prova:		Operatore:			
Oggetto sottoposto a prova							
Codice identificativo campione							
Superficie lorda [cm ²]				Colore lato ingresso aria			
Superficie netta [cm ²]				Colore lato uscita aria			
Dimensioni W x D x H [mm]				Condizioni del materiale (nuovo/condizionato)			
Condizioni di prova							
Portata volumetrica [l/min]				Umidità relativa [%]			
Velocità di attraversamento [cm/s]				Aerosol di prova			
Temperatura dell'aria di prova [°C]				Produttore Aerosol			
Resistenza al flusso d'aria [Pa]				Lotto Aerosol			
Concentrazione massima OPC 1 [1/dm ³]				Concentrazione massima OPC 2 [1/dm ³]			
Risultati							
<i>i</i>	<i>d_i</i> [μm]	<i>d_{i+1}</i> [μm]	\bar{d}_i [μm]	<i>E_i</i> [%]	<i>C_{Ni}</i> [1/dm ³]	<i>E_{D,i}</i> [%]	<i>C_{ND,i}</i> [1/dm ³]
1	0,30	0,40	0,35				
2	0,40	0,55	0,47				
3	0,55	0,70	0,62				
4	0,70	1,00	0,84				
5	1,00	1,30	1,14				
6	1,30	1,60	1,44				
7	1,60	2,20	1,88				
8	2,20	3,00	2,57				
9	3,00	4,00	3,46				
10	4,00	5,50	4,69				
11	5,50	7,00	6,20				
Simboli e unità di misura							
<i>i</i>	Identifica l'i-esimo intervallo di dimensioni						
<i>d_i</i>	Limite inferiore della dimensione delle particelle nell'i-esimo intervallo di dimensioni, [μm]						
<i>d_{i+1}</i>	Limite superiore della dimensione delle particelle nell'i-esimo intervallo di dimensioni, [μm]						
\bar{d}_i	Media geometrica della dimensione nell'i-esimo intervallo di dimensioni, [μm]						
<i>E_i</i>	Efficienza spettrale dell'oggetto in prova non trattato e non scaricato nell'i-esimo intervallo di dimensioni delle particelle, [%]						
<i>C_{Ni}</i>	Concentrazione particellare presente a monte dell'oggetto in prova non trattato e non scaricato durante la prova di efficienza spettrale nell'i-esimo intervallo di dimensioni delle particelle, [1/dm ³]						
<i>E_{D,i}</i>	Efficienza spettrale dell'oggetto in prova dopo una fase di condizionamento artificiale nell'i-esimo intervallo di dimensioni delle particelle, [%]						
<i>C_{ND,i}</i>	Concentrazione particellare a monte dell'oggetto in prova dopo una fase di condizionamento artificiale presente durante la prova di efficienza spettrale nell'i-esimo intervallo di dimensioni delle particelle, [1/dm ³]						
Strumentazione impiegata							
Descrizione strumento impiegato		Marca e modello		Numero seriale		Ultima taratura	
Contatore ottico di particelle 1							
Contatore ottico di particelle 2							
Misuratore di portata							
Manometro differenziale							
Sensore di temperatura							
Sensore di umidità relativa							

Il presente rapporto di prova non può essere utilizzato liberamente per scopi diversi da quello per cui è stato commissionato. Esso potrà quindi essere utilizzato per ottenere la dichiarazione di conformità ai sensi della UNI/PdR 90-2:2020. Per ogni altro utilizzo/riproduzione del presente rapporto di prova dovrà essere richiesta l'autorizzazione scritta dell'ente preposto al test. Non è consentita la riproduzione parziale del rapporto di prova. Il rapporto si riferisce esclusivamente al materiale provato.

Figura 5 - Valori misurati della respirabilità del campione in prova dopo condizionamento del rapporto di prova

Valori misurati della resistenza al moto del materiale filtrante/maschera - <u>Condizionato</u> - Rapporto di prova UNI/PdR 90-2:2020				Ente o laboratorio che effettua la prova											
				Nome:											
				Indirizzo:											
Email:															
Rapporto n°		Data della prova:				Operatore:									
Oggetto sottoposto a prova															
Codice identificativo campione															
Superficie lorda [cm ²]				Colore lato ingresso aria											
Superficie netta [cm ²]				Colore lato uscita aria											
Dimensioni W x D x H [mm]				Condizioni del materiale (nuovo/condizionato)											
Condizioni nominali di prova															
Portata volumetrica [l/min]				Umidità relativa [%]											
Velocità di attraversamento [cm/s]				Temperatura dell'aria di prova [°C]											
Risultati del materiale non condizionato															
Identificativo campione	Valore medio della portata [l/m]	Valore medio della velocità [cm/s]	Valore medio della respirabilità [Pa]	Valori misurati											
				Misura 1		Misura 2		Misura 3		Misura 4		Misura 5			
				V	Δp	V	Δp	V	Δp	V	Δp	V	Δp		
				[l/min]	[Pa]	[l/min]	[Pa]	[l/min]	[Pa]	[l/min]	[Pa]	[l/min]	[Pa]		
Valori medi				Pressione differenziale specifica [Pa/cm ²]											
Strumentazione impiegata															
Descrizione strumento impiegato				Marca e modello				Numero seriale				Ultima taratura			
Misuratore di portata															
Manometro differenziale															
Sensore di temperatura															
Sensore di umidità relativa															

Il presente rapporto di prova non può essere utilizzato liberamente per scopi diversi da quello per cui è stato commissionato. Esso potrà quindi essere utilizzato per ottenere la dichiarazione di conformità ai sensi della UNI/PdR 90-2:2020. Per ogni altro utilizzo/riproduzione del presente rapporto di prova dovrà essere richiesta l'autorizzazione scritta dell'ente preposto al test. Non è consentita la riproduzione parziale del rapporto di prova. Il rapporto si riferisce esclusivamente al materiale provato.

Figura 6 - Allegato A del rapporto di prova

Allegato A specifiche dell'oggetto sottoposto a test - Rapporto di prova UNI/PdR 90-2:2020				Ente o laboratorio che effettua la prova		
				Nome:		
				Indirizzo:		
Email:						
Rapporto n°						
SPECIFICHE DELL'OGGETTO SOTTOPOSTO A TEST						
<i>Identificativo oggetto</i>		<i>Produttore oggetto</i>		<i>Tipologia [mascherina/materiale filtrante]</i>		
Non dichiarato		Non dichiarato				
<i>Lotto di produzione</i>	<i>Data di produzione</i>	<i>Superficie lorda [cm²]</i>	<i>Superficie filtrante netta [cm²]</i>	<i>N° di strati</i>	<i>Dimensioni [WxDxH]</i>	
<i>n° Strato (ingresso->uscita)</i>	<i>Tipologia di materiale</i>	<i>Identificativo</i>	<i>Lotto di produzione</i>	<i>Data di produzione</i>	<i>Colore</i>	
1°						
2°						
3°						
4°						
5°						
IMMAGINI DEI CAMPIONI SOTTOPOSTI AL TEST						
<i>N°</i>	<i>Codice identificativo campione</i>	<i>Lato ingresso aria</i>		<i>Lato uscita aria</i>		
1						
2						
<p>Il presente rapporto di prova non può essere utilizzato liberamente per scopi diversi da quello per cui è stato commissionato. Esso potrà quindi essere utilizzato per ottenere la dichiarazione di conformità ai sensi della UNI/PdR 90-2:2020. Per ogni altro utilizzo/riproduzione del presente rapporto di prova dovrà essere richiesta l'autorizzazione scritta dell'ente preposto al test. Non è consentita la riproduzione parziale del rapporto di prova. Il rapporto si riferisce esclusivamente al materiale provato.</p>						

12. REQUISITI PER LA VALUTAZIONE DELLA CONFORMITÀ DI PARTE TERZA

Ai fini della valutazione della conformità di terza parte, le prove previste dal metodo indicato nel presente documento devono essere effettuate presso laboratori di prova conformi alla UNI CEI EN ISO/IEC 17025. Un laboratorio di prova che ottenga l'accreditamento ai sensi della UNI CEI EN ISO/IEC 17025 per l'effettuazione delle specifiche prove previste dal presente documento, entro un periodo transitorio di un anno, a partire dalla data di pubblicazione del presente documento, si può considerare conforme, salvo evidenze contrarie da parte dell'organismo di accreditamento.

APPENDICE A – MISURAZIONE EFFICIENZA DI RIMOZIONE PARTICELLARE SU MASCHERINE DI COMUNITÀ SEMIRIGIDE

A.1 GENERALITÀ

La presente Appendice fornisce indicazioni sulla modalità con cui effettuare le misurazioni su maschere di comunità costituite da un telaio semirigido o morbido (anche a forma di tasca) in cui sono presenti una o più cartucce o inserti costituiti da materiale filtrante fibroso o poroso. Questi dispositivi sono stati sviluppati per consentire la sostituzione periodica della sola parte filtrante e tentare di minimizzare la quantità di materiale filtrante da smaltire, in considerazione della durata limitata delle maschere di comunità.

A.2 FISSAGGIO DEL CAMPIONE DI PROVA E MISURAZIONE DELL'EFFICIENZA

La presenza di un telaio, seppure semirigido, non consente di valutare la resistenza al moto e l'efficienza di rimozione sul materiale filtrante semplicemente disteso nella sezione di prova, come avviene per le maschere costituite da solo tessuto filtrante e sistema di fissaggio al viso. Di conseguenza è necessario fissare la maschera con telaio semirigido su un supporto (piatto adattatore) resistente alle sollecitazioni meccaniche durante il processo di montaggio e di misura vera e propria. Si dovrà anche curare la perfetta sigillatura della maschera sul supporto in modo da evitare ogni trafileamento tra la maschera e il piatto adattatore su cui viene montata. Esistono vari metodi per la sigillatura della maschera tra cui l'utilizzo di cera d'api liquida, nastro adesivo di tipo elastico e mastice usato per il fissaggio del parabrezza degli autoveicoli alla scocca.

L'efficacia della sigillatura si verifica visivamente e anche, nel caso la sezione di misura sia trasparente, durante l'avviamento dell'apparecchiatura di prova. Nel caso in cui la geometria della maschera cambi durante la misura è possibile che ciò sia dovuto al passaggio laterale di aria. Un'altra verifica per via indiretta è la ripetibilità della misura sui vari campioni. Quando uno di questi mostrasse resistenza al moto significativamente inferiore è probabile che il processo di sigillatura vada ripetuto sul campione la cui caduta di pressione è inferiore agli altri.

Altra peculiarità delle maschere semirigide è la difficoltà con cui si può stimare la quantità di materiale filtrante effettivamente disponibile all'attraversamento dell'aria. Di conseguenza per queste maschere, in luogo della velocità di attraversamento del materiale filtrante, si usa la portata di aria a cui sono sottoposte, prendendo a riferimento i valori tipici dei dispositivi di protezione individuale.

La resistenza al moto delle maschere semirigide è misurata in corrispondenza alle portate di 30 e di 95 l/min con il campione montato nella sezione di prova. Si dovrà avere cura che le prese di pressione presenti sull'apparato di misura misurino effettivamente la sola componente statica della pressione per evitare l'influenza del campo di moto sui valori misurati.

L'efficienza di rimozione particellare è misurata in corrispondenza alla portata di 95 litri al minuto seguendo la procedura descritta nella presente Prassi di Riferimento.

I valori ammissibili per entrambe le grandezze sono riportati nella parte 1 della presente Prassi di Riferimento.

APPENDICE B – MISURAZIONE DELLA RESISTENZA AL MOTO

B.1 GENERALITÀ

Le maschere di comunità costituite esclusivamente da materiale filtrante ed elastici o fettucce per assicurarle al viso devono essere misurate con apparecchi che consentano la determinazione della resistenza al moto effettuando la misurazione sul materiale filtrante piano, dopo averlo accuratamente disteso.

B.2 FISSAGGIO DEL CAMPIONE DI PROVA E MISURAZIONE DELLA RESISTENZA

Per la misurazione di resistenza al moto si deve quindi evitare il montaggio su un piatto adattatore, come quello talvolta usato per la misura di efficienza di rimozione particellare, in modo da evitare che la turbolenza del moto e l'orientamento non parallelo all'asse del condotto della velocità dell'aria introducano errori nella misura.

Di conseguenza è necessario effettuare la misura con strumenti che prevedano il passaggio dell'aria sull'intera sezione di prova, senza zone di ristagno.

Allo scopo di verificare l'affidabilità dell'apparecchio per la misura della resistenza al moto è necessario utilizzare un campione di riferimento con resistenza al moto nota. Si può utilizzare, ad esempio, un piatto perforato che produce una caduta di pressione nota in corrispondenza a una certa velocità di attraversamento.

La misura di resistenza al moto per tutte le maschere, eccetto quelle descritte nell'Appendice A, è effettuata imponendo la velocità di attraversamento pari a 27,2 cm/s attraverso il materiale filtrante piano, avendo il produttore indicato il lato di ingresso dell'aria. Tale valore corrisponde alla portata di 8 litri al minuto attraverso una superficie di 4,9 cm².

Il valore massimo misurabile della resistenza al moto da parte dell'apparecchiatura è pari a 1000 Pa, in quanto valori superiori non hanno interesse pratico.

La misura della resistenza al moto va effettuata complessivamente su cinque campioni di materiale filtrante. Su ogni campione di materiale filtrante si deve effettuare la misura in cinque punti differenti, ciascuno con superficie pari a 5 cm².

In alternativa è possibile effettuare la misura su una superficie di 20 cm² o 100 cm². In tal caso il numero di misure necessarie su ogni campione si riduce rispettivamente a due e a uno. La tolleranza sull'area di prova non deve superare $\pm 0,5\%$. Si raccomanda l'uso di supporti adeguati delle provette, soprattutto per grandi superfici di prova.

È necessario utilizzare mezzi di fissaggio del campione, in modo da non introdurre distorsioni. In presenza di materiale filtrante soffice è necessario usare un anello di tenuta per evitare ingresso di aria per vie laterali.

Durante la misura di resistenza al moto è necessario registrare la temperatura, l'umidità relativa e la pressione barometrica. Se la densità dell'aria risulta inferiore a 1,16 kg/m³ o superiore a 1,24 kg/m³ è necessario riportare la caduta di pressione in condizioni di riferimento alla densità di 1,20 kg/m³ mediante l'equazione contenuta in questa appendice, avendo avuto cura di misurare la caduta di pressione in corrispondenza a quattro velocità (50%, 75%, 100% e 125% di 27,2 cm/s).

L'indicatore di pressione differenziale collegato con la testa di misura per indicare la caduta di pressione attraverso l'area di prova deve avere un'accuratezza di almeno il 2%.

La rilevazione della caduta di pressione dovrà avvenire in condizioni di velocità di attraversamento stabili, in modo che il suo valore non muti per almeno 5 s.

Il flussimetro, contatore volumetrico o diaframma di misura, indicanti la portata di aria in decimetri cubi al minuto (litri al minuto) devono avere un'accuratezza di almeno $\pm 2\%$. Sono ammessi flussimetri o contatori volumetrici che misurano la portata di aria in centimetri cubi al secondo (o altre unità adatte) purché venga rispettata l'accuratezza richiesta di almeno $\pm 2\%$.

I valori ammissibili per entrambe le grandezze sono riportati nella parte 1 di questa Prassi di Riferimento.

B.3 CORREZIONE DELLA RESISTENZA AL FLUSSO D'ARIA

La perdita di pressione di un campione di prova può essere espressa come:

$$\Delta p = c(q_v)^n \quad (33)$$

$$c = k \mu^{2-n} \rho^{n-1} \quad (34)$$

dove

Δp	è la perdita di pressione, Pa;
k	è una costante;
q_v	è la portata d'aria, m ³ /s;
μ	è la viscosità dinamica dell'aria, Pa s;
n	è un esponente;
ρ	è la massa volumica dell'aria, kg/m ³ .

Le letture del sistema di misurazione del flusso d'aria devono essere riferite alla portata d'aria volumetrica nelle condizioni presenti all'ingresso del campione di prova. Con questi valori di portata d'aria e con le perdite di pressione misurate, l'esponente "n" dalla formula (33) può essere determinato utilizzando il metodo dei minimi quadrati.

Conoscendo il valore dell'esponente "n", le perdite di pressione misurate possono essere corrette alle condizioni normalizzate dell'aria utilizzando la formula (35):

$$\Delta p_{1,20} = \Delta p \left(\frac{\mu_{1,20}}{\mu} \right)^{2-n} \left(\frac{\rho_{1,20}}{\rho} \right)^{n-1} \quad (35)$$

Dove le grandezze prive di pedice si riferiscono ai valori nelle condizioni di prova, mentre le grandezze con pedice si riferiscono ai valori nelle condizioni normalizzate dell'aria e

$\rho_{1,20}$ 1,198 7 kg/m³;

$\mu_{1,20}$ 18,097 × 10⁻⁶ Pa.s.

L'esponente "n" è solitamente determinato solo per un campione in prova pulito.

La massa volumica dell'aria ρ (kg/m³) con temperatura t (°C), pressione barometrica p (Pa) e umidità relativa ϕ (%) può essere ottenuta con la formula (36):

$$\rho = \frac{p - 0,378p_w}{278,06(t + 273,15)} \quad (36)$$

dove p_w (Pa) è la pressione parziale del vapore data dalla formula (37):

$$p_w = \frac{\phi}{100} p_{ws} \quad (37)$$

e p_{ws} (Pa) è la pressione di saturazione del vapore alla temperatura t (°C) ottenuta con la formula (38):

$$p_{ws} = \exp \left[59,484085 - \frac{6790,4985}{t + 273,15} - 5,02802 \ln(t + 273,15) \right] \quad (38)$$

La viscosità dinamica μ (Pa.s) alla temperatura t (°C) può essere ottenuta con la formula (39):

$$\mu = \frac{1,455 \times 10^{-6} (t + 273,15)^{0,5}}{1 + \frac{110,4}{t + 273,15}} \quad (39)$$

APPENDICE C – RIMOZIONE DELLA CARICA ELETTROSTATICA CON VAPORI DI ALCOOL ISOPROPILICO

C.1 GENERALITÀ

La presente appendice stabilisce un metodo di condizionamento per determinare l'efficienza spettrale minima di utilizzo delle "maschere di comunità", e fornisce i requisiti per la camera di condizionamento nonché le procedure da seguire per il condizionamento.

Molte tipologie di materiali filtranti si avvalgono in diversa misura degli effetti delle cariche elettrostatiche passive sulle fibre per ottenere maggiori efficienze di rimozione delle particelle.

L'esposizione durante l'utilizzo a differenti tipi di agenti, come le particelle ultrafini oppure di tipo oleoso oppure ancora vapori di alcool, può influenzare l'azione di queste cariche elettriche tanto che l'efficienza iniziale potrebbe crollare sensibilmente dopo poche ore di utilizzo.

La procedura qui descritta mostra, indirettamente ma quantitativamente, l'entità dell'effetto delle cariche elettrostatiche sulle prestazioni iniziali di una "maschera di comunità". Essa indica il livello di efficienza che si può ottenere rimuovendo dell'effetto delle cariche (o riducendolo al minimo attraverso il condizionamento con vapori di IPA) e senza incrementare l'efficienza meccanica. Non si deve assumere a priori che l'efficienza misurata dopo il condizionamento (campione di materiale in prova scaricato) rappresenti sempre l'effettivo comportamento nel reale utilizzo. Il trattamento del campione in prova come descritto nella presente appendice di questa Prassi di Riferimento potrebbe alterare la struttura della matrice fibrosa o alterare chimicamente le fibre o addirittura distruggere completamente il materiale filtrante. Pertanto, questa procedura non può essere applicata a tutte le tipologie di filtro. Se il fenomeno di degradazione mostra un cambiamento fisico visibile o una variazione della resistenza al flusso d'aria maggiore del 10% con un minimo di 10 Pa, si può affermare che il materiale filtrante è stato rovinato dal condizionamento.

C.2 MATERIALI PER IL CONDIZIONAMENTO

Il liquido utilizzato nella fase di condizionamento per scaricare il materiale filtrante ed equilibrare le cariche elettrostatiche superficiali sulle sue fibre è l'alcol isopropilico (IPA, comunemente conosciuto come isopropanolo o 2-propanolo). L'IPA è posizionato all'interno della cabina di condizionamento dove evapora finché si raggiunge una condizione di equilibrio di vapore di IPA nell'aria ambiente. L'IPA liquido non deve entrare in contatto con il campione di materiale filtrante.

La presente appendice di questa Prassi di Riferimento non si prefigge di trattare tutti i possibili problemi in materia di salute e sicurezza. È responsabilità dell'utilizzatore della presente Prassi di Riferimento prendere le misure adeguate per la protezione della salute e della sicurezza del personale prima di applicare il presente metodo. Inoltre, l'utilizzatore deve assicurarsi che siano rispettate tutte le regolamentazioni ufficiali e legislative.

Isopropanolo (IPA) – formula: C_3H_8O

Proprietà dell'isopropanolo:

Massa volumica	0,7855 kg/m ³
Massa molare	60,09 g/mol
Punto di fusione	(-89 °C) 185 K

Punto di ebollizione	(82 °C) 355 K
Punto di fiamma	(12 °C) 285 K
Temperatura di ignizione	(425 °C) 698 K
Pressione di vapore	0,059 7 bar (a 298 K)/0,0432 bar (a 293 K)/0,0814 bar (a 303 K)
Da calcolare come segue:	

$$\log_{10}(P) = A - \frac{B}{T + C}$$

dove

P = pressione (bar)

T = temperatura (K)

$A = 4,57795$

$B = 1221,423$

$C = -87,474$

Limite di esplosione (in aria) Limite inferiore di concentrazione 2|% (vol.), limite superiore di concentrazione 12|% (vol.)
entrambi a 293|K

Numero CAS 67-63-0

Per la prova di condizionamento, l'IPA deve avere una purezza minima del 99,5%.

C.3 CABINA O VASCHETTA DI CONDIZIONAMENTO

La cabina di condizionamento (vedere Figura 14) deve permettere l'alloggiamento di uno o più campioni di materiale filtrante in modo che i campioni non tocchino le pareti della cabina di condizionamento e permetta al vapore/aria di circolare attorno liberamente per diffusione.

Le caratteristiche delle attrezzature non specificate sono discrezionali, ma la strumentazione deve essere adatta a soddisfare i requisiti di prestazione e sicurezza.

C.4 PROCEDURA DI CONDIZIONAMENTO

La procedura di condizionamento del campione in prova deve seguire le fasi elencate di seguito:

- Misurare l'efficienza spettrale iniziale e i valori di resistenza al flusso d'aria per il campione in prova nuovo e non trattato.
- Riempire le vaschette con l'IPA. Pesare ciascuna vaschetta al grammo più vicino, rispettando i requisiti di sicurezza.
- Posizionare le vaschette di IPA una dopo l'altra all'interno della cabina e rimuovere le loro coperture. Chiudere lo sportello del comparto e attendere 30 minuti.
- Aprire lo sportello del comparto del filtro e inserire immediatamente il campione in prova nell'alloggiamento. Assicurarsi che il campione sia alloggiato in modo che la diffusione omogenea della concentrazione di IPA nella cabina di condizionamento possa avvenire facilmente per diffusione (senza ostruzioni). Chiudere lo sportello.

- e) Impostare il tempo di condizionamento su 24 ore e dare inizio alla procedura di condizionamento; l'esposizione del campione in prova alla miscela saturo vapore di IPA /aria a dura 24 h. Le condizioni climatiche della stanza, inclusa la pressione atmosferica, devono essere registrate.
- f) Conclusa la fase di condizionamento, aprire il comparto contenente il campione e rimuovere immediatamente il campione in prova. Chiudere lo sportello.
- h) Estrarre le vaschette di IPA e posizzarle coperte nella cappa di estrazione. Pesare ciascuna vaschetta al grammo più vicino per determinare la quantità di IPA evaporata.
- i) Misurare l'efficienza spettrale e la resistenza al flusso d'aria secondo le procedure di prova di questa Prassi di Riferimento.

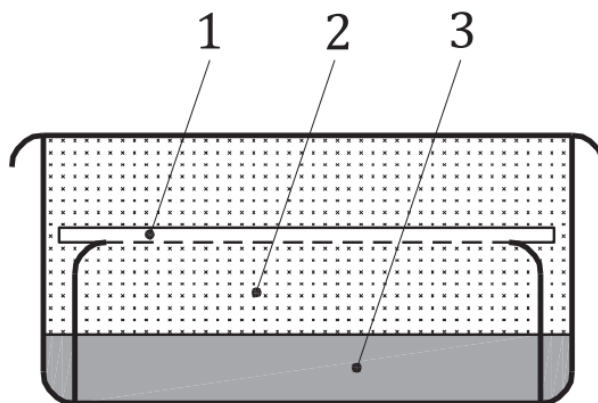
La procedura descritta deve essere svolta soddisfacendo i seguenti requisiti:

- i. La temperatura dell'aria e l'umidità relativa dell'aria in corrispondenza al campione in prova e alla cabina di condizionamento possono essere quelle presenti nel laboratorio di prova.
- ii. La cabina di condizionamento non deve essere a diretto contatto con la luce solare o qualsiasi altra radiazione termica che può alterare significativamente le caratteristiche del vapore.
- iii. L'IPA liquido non deve essere a contatto con il campione in prova, ma questo deve essere posizionato ben sopra la superficie del liquido, eventualmente posizionando uno schermo come supporto per il campione in prova (vedere la Figura 14).
- iv. La miscela di aria e IPA nella cabina non deve interagire con l'aria ambiente, quindi bisogna garantire una adeguata tenuta della cabina di condizionamento.

Figura 14 - Vaschetta di condizionamento

Legenda

- 1 Campione in condizionamento
- 2 Vapori di IPA
- 3 IPA liquido



BIBLIOGRAFIA

- [1] Regolamento (UE) n. 2016/425 DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 9 marzo 2016 sui dispositivi di protezione individuale e che abroga la direttiva 89/686/CEE del Consiglio
- [2] Regolamento (UE) n. 2017/745 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 5 aprile 2017, relativo ai dispositivi medici, che modifica la direttiva 2001/83/CE, il regolamento (CE) n. 178/2002 e il regolamento (CE) n. 1223/2009 e che abroga le direttive 90/385/CEE e 93/42/CEE del Consiglio (Testo rilevante ai fini del SEE)
- [3] UNI EN 149:2009 Dispositivi di protezione delle vie respiratorie - Semimaschere filtranti antipolvere - Requisiti, prove, marcatura
- [4] UNI EN 14683:2019 Maschere facciali ad uso medico - Requisiti e metodi di prova
- [5] UNI EN ISO 16890 serie - Filtri d'aria per ventilazione generale
- [6] UNI EN ISO 21083 serie Metodo di prova per misurare l'efficienza di materiali filtranti per aria nei confronti di nanomateriali sferici
- [7] DIRETTIVA 93/42/CEE DEL CONSIGLIO del 14 giugno 1993 concernente i dispositivi medici.
- [8] DIRETTIVA 2007/47/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 5 settembre 2007 che modifica la direttiva 90/385/CEE del Consiglio per l'avvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi medici impiantabili attivi, la direttiva 93/42/CEE del Consiglio concernente i dispositivi medici, e la direttiva 98/8/CE relativa all'immissione sul mercato dei biocidi
- [10] CWA 17553:2020 Community face coverings - Guide to minimum requirements, methods of testing and use
- [11] Panagiota Sachinidou, Yeon Kyoung Bahk, Min Tang, Ningning Zhang, Shawn S.C. Chen, David Y.H. Pui, Bruno Araújo Lima, Gabriele Bosco, Paolo Tronville, Thomas Mosimann, Mikael Eriksson, Jing Wang Inter-Laboratory Validation of the Method to Determine the Filtration Efficiency for Airborne Particles in the 3-500 nm Range and Results Sensitivity Analysis, 2017
- [12] Hinds W.C. Aerosol Technology: Properties, Behavior and Measurement of Airborne Particles. Wiley-Interscience, 1999
- [13] Asadi, S., Wexler, A.S., Cappa, C.D. et al. Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness. Sci Rep 9, 2348 (2019)





Membro italiano ISO e CEN
www.uni.com
www.youtube.com/normeuni
www.twitter.com/normeuni
www.twitter.com/formazioneuni
www.linkedin.com/company/normeuni

Sede di Milano
Via Sannio, 2 - 20137 Milano
tel +39 02700241, Fax +39
0270024375, uni@uni.com

Sede di Roma
Via del Collegio Capranica, 4 - 00186 Roma
tel +39 0669923074, Fax +39 066991604,
uni.roma@uni.com