

# REACH-OSH 2021

**MISURAZIONI E MISURE. Modelli organizzativi, Campionamento, Analisi chimica, Misure generali e specifiche di Prevenzione e Protezione**

**Bologna, 2 dicembre 2021**

**I valori limite di esposizione professionale, la misurazione, la valutazione dell'esposizione: strategie e metodi**

Emma Incocciati

Contarp - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione – Direzione Generale – INAIL - Roma



Tra le azioni prioritarie individuate dalla Commissione europea per la gestione delle sostanze chimiche e di tutela della salute umana vi è la **promozione dell'utilizzo e dell'armonizzazione dei valori limite *health-based*** (PNECs, DNELs, VLEP *health based*, ecc...) definendo ulteriori priorità in tema di esposizione professionale alle sostanze pericolose, anche attraverso l'identificazione delle sostanze per le quali proporre di fissare valori limite occupazionali\*



misurazione: strumento a supporto di processi decisionali

\*EUROPEAN COMMISSION. *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Chemicals Strategy for Sustainability towards a Toxic-free Environment. Brussels, 14.10.2020. COM (2020) 667 Final, 2020*

# Il recepimento in Italia dei valori limite per gli agenti chimici pericolosi



Recepimento della Direttiva 2019/1831/UE: introdotto un quinto elenco di valori limite indicativi di esposizione professionale:

- 4-Amminotoluene
- Acetato di isobutile
- Acetato di sec-butile
- Acetato di n-butile
- Alcool isoamilico
- Anilina
- Clorometano
- Trimetilammina

e modificato il valore limite sulle 8 ore relativo al 2-Fenilpropano (cumene)



D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81

Allegato XXXVIII - *Valori limite di esposizione professionale*  
VLEP per un totale di **153 agenti chimici**

# Il recepimento in Italia dei valori limite per gli agenti cancerogeni e mutageni



Recepimento delle Direttive 2019/130/UE e 2019/983/UE: introdotti 2 nuovi processi:

- lavori comportanti penetrazione cutanea degli oli minerali precedentemente usati nei motori a combustione interna per lubrificare e raffreddare le parti mobili all'interno del motore;
- lavori comportanti l'esposizione alle emissioni di gas di scarico dei motori diesel

e 13 nuovi agenti:

- |   |   |
|---|---|
| -Tricloroetilene  | -Berillio e composti inorganici del berillio  |
| -4,4' – Metilendianilina  | -Formaldeide  |
| -Epicloridrina  | -4,4'Metilene-bis (2 cloroanilina)  |
| -Etilene dibromuro  | -Emissioni di gas di scarico dei motori diesel  |
| -Etilene dicloruro  | -Miscele di idrocarburi policiclici aromatici, in particolare quelle contenenti benzo[a]pirene, definite cancerogene ai sensi della Direttiva 2004/37 |
| -Cadmio e suoi composti inorganici                                | -Oli minerali precedentemente usati nei motori a combustione interna per lubrificare e raffreddare le parti mobili all'interno del motore             |
| -Acido arsenico e i suoi sali e composti inorganici dell'arsenico |   |

# Il recepimento in Italia dei valori limite per gli agenti cancerogeni e mutageni



D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81

Allegato XLII D.Lgs.81/08 - *Elenco di Sostanze, Preparati e Processi*

1. Produzione di auramina con metodo Michler.
2. I lavori che espongono agli IPA presenti nella fuliggine, nel catrame o nella pece di carbone.
3. Lavori che espongono alle polveri, fumi e nebbie prodotti durante il raffinamento del nichel a temperature elevate.
4. Processo agli acidi forti nella fabbricazione di alcool isopropilico.
5. Il lavoro comportante l'esposizione a polveri di legno duro.
6. Lavori comportanti esposizione a polvere di silice cristallina respirabile generata da un procedimento di lavorazione.
7. Lavori comportanti penetrazione cutanea degli oli minerali precedentemente usati nei motori a combustione interna per lubrificare e raffreddare le parti mobili all'interno del motore.
8. Lavori comportanti l'esposizione alle emissioni di gas di scarico dei motori diesel.

D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81

Allegato XLIII D.Lgs.81/08 - *Valori limite di esposizione professionale VLEP per un totale di **24 agenti chimici***

## UNI EN 689:2018 – AC2019

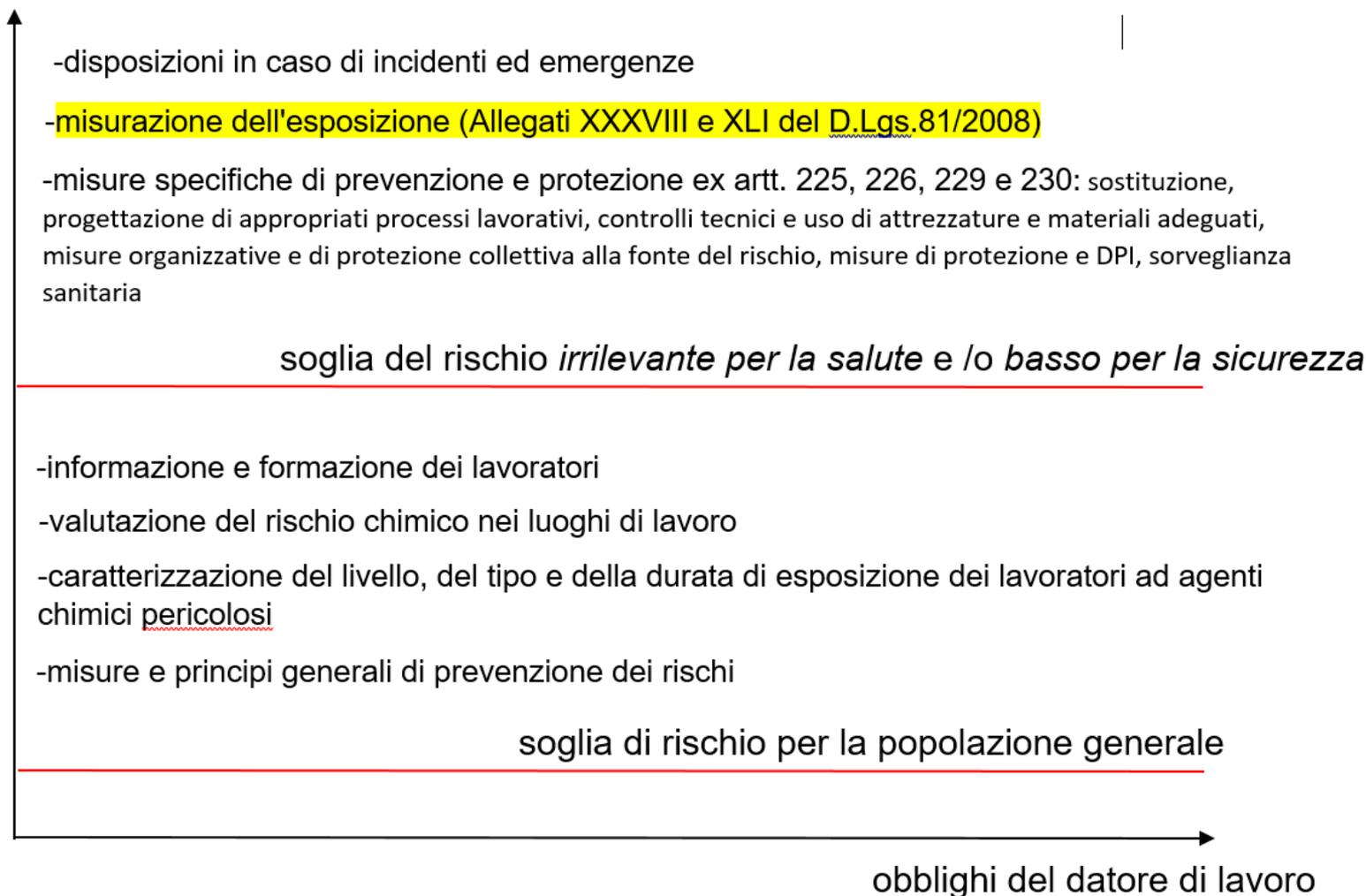
Atmosfera nell'ambiente di lavoro – Misura dell'esposizione per inalazione agli agenti chimici. Strategia per la verifica della conformità coi valori limite di esposizione occupazionale

## UNI EN 482:2021

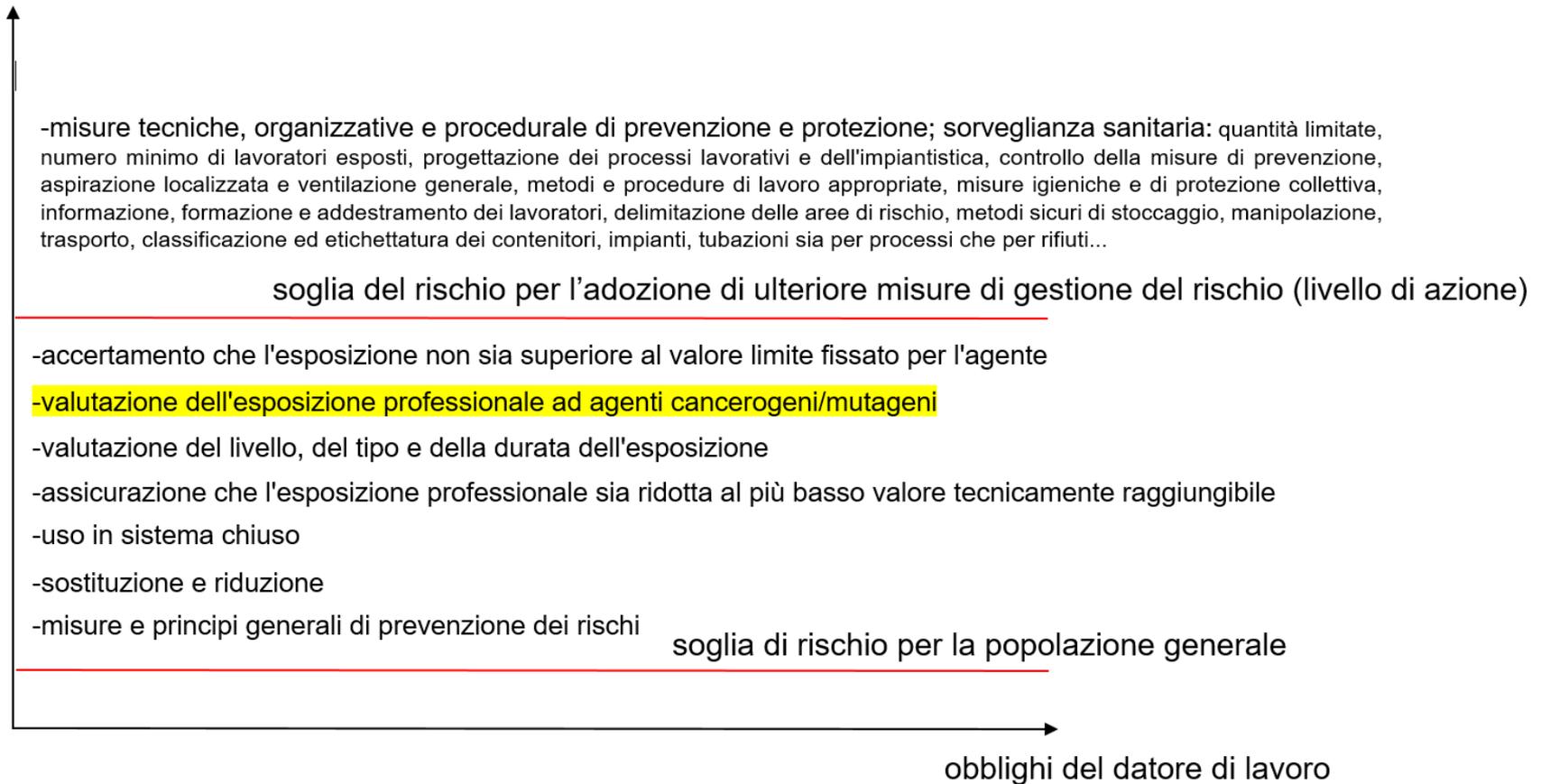
Atmosfera nell'ambiente di lavoro - Requisiti generali per la prestazione di procedure per la misurazione di agenti chimici

Metodiche standardizzate della serie *Atmosfera in ambiente di lavoro* **D. Lgs. 81/2008, Allegato XLI** (*Metodiche standardizzate di misurazione degli agenti*)

# Il D. Lgs. 81/2008 (Titolo IX, capo I: *Protezione da agenti chimici*) e il ricorso a misurazione



# Il D. Lgs. 81/2008 (Titolo IX, capo II: *Protezione da agenti cancerogeni e mutageni*) e il ricorso a misurazione



Livello d'azione: livello di esposizione definito quale soglia pragmatica a prescindere da quali siano i meccanismi dell'azione cancerogena/mutagena

## Resoconto (sezione 6)

- Finalità della valutazione e identità del valutatore
- Agenti chimici considerati
- Descrizione dei fattori caratterizzanti del luogo di lavoro e delle condizioni di lavoro
- Osservazioni inerenti il campionamento
- Risultati e discussione della caratterizzazione di base
- Procedure di misurazione e conformità ai requisiti della EN 482
- Concentrazioni di esposizione
- Assicurazione di qualità del dato (ad es. *incertezza estesa*)
- Chiara identificazione dei risultati
- Risultati del confronto con VLEP

**Valutatore:** *persona sufficientemente formata ed esperta riguardo a principi di igiene occupazionale, tecniche di lavoro e **misurazione** in grado di eseguire la valutazione secondo lo stato dell'arte*



## Resoconto (sezione 6)

- Finalità della valutazione e identità del valutatore
- Agenti chimici considerati
- **Descrizione dei fattori caratterizzanti del luogo di lavoro e delle condizioni di lavoro**
- Osservazioni inerenti il campionamento
- Risultati e discussione della caratterizzazione di base
- Procedure di misurazione e conformità ai requisiti della EN 482
- Concentrazioni di esposizione
- Assicurazione di qualità del dato (ad es. incertezza estesa)
- Chiara identificazione dei risultati
- Risultati del confronto con VLEP

## Caratterizzazione di base



Identificazione degli agenti chimici



**Esame delle caratteristiche degli ambienti di lavoro**



Stima dell'esposizione



Necessaria misurazione per la verifica di conformità al VLEP?

# Descrizione dei fattori caratterizzanti del luogo di lavoro e delle condizioni di lavoro



I fattori che influenzano l'esposizione lavorativa includono:

- il tipo di lavorazione
- la sua ubicazione
- la durata e la frequenza
- i materiali usati e i loro quantitativi
- i sistemi di controllo/abbattimento degli agenti inquinanti e la loro efficienza
- il comportamento dei lavoratori in riferimento ai pericoli

La strategia di campionamento deve essere rappresentativa dell'esposizione della realtà lavorativa e, seppur impostata "a tavolino", deve necessariamente fare i conti con le criticità che possono presentarsi in fase di applicazione

## Resoconto (sezione 6)

- Finalità della valutazione e identità del valutatore
- Agenti chimici considerati
- Descrizione dei fattori caratterizzanti del luogo di lavoro e delle condizioni di lavoro
- **Osservazioni inerenti il campionamento**
- Risultati e discussione della caratterizzazione di base
- Procedure di misurazione e conformità ai requisiti della EN 482
- Concentrazioni di esposizione
- Assicurazione di qualità del dato (ad es. incertezza estesa)
- Chiara identificazione dei risultati
- Risultati del confronto con VLEP

La modalità di campionamento dell'inquinante è influenzata, oltre che dallo stato di manutenzione/taratura delle apparecchiature impiegate, dalla capacità del sistema adottato di captare l'inquinante, dalla collocazione della testa di campionamento, dalle condizioni ambientali (tra cui i parametri microclimatici: temperatura, umidità, ventilazione naturale)

Il tipo di campionamento eseguito va descritto rispetto a:

➤ **collocazione:**

- punto e altezza per campionamento ambientale (o d'area)
- nome del lavoratore per campionamento personale (per individuare eventuali modalità operative quali la velocità di esecuzione dell'operazione, distanza dalla sorgente, ecc.)

➤ **durata, portata, quantità di aria campionata**

## Resoconto (sezione 6)

- Finalità della valutazione e identità del valutatore
- Agenti chimici considerati
- Descrizione dei fattori caratterizzanti del luogo di lavoro e delle condizioni di lavoro
- Osservazioni inerenti il campionamento
- Risultati e discussione della caratterizzazione di base
- **Procedure di misurazione e conformità ai requisiti della EN 482**
- Concentrazioni di esposizione
- Assicurazione di qualità del dato (ad es. incertezza estesa)
- Chiara identificazione dei risultati
- Risultati del confronto con VLEP

# Parametri di validazione di un metodo di analisi



<b>Selettività</b>	Capacità del metodo di determinare particolari analiti, in miscele o matrici, senza interferenze con altre componenti dal comportamento simile.
<b>Intervallo di lavoro/ intervallo di linearità</b>	Intervallo all'interno del quale il metodo fornisce risultati con un'incertezza accettabile. Il limite inferiore dell'intervallo di lavoro è dato dal limite di quantificazione LoQ.
<b>Limite di rilevabilità (LoD)</b>	Minima concentrazione di analita che può essere rilevata dal metodo con uno specifico livello di confidenza.
<b>Limite di quantificazione (LoQ)</b>	Minimo livello di un analita che può essere determinato dal metodo con un livello di prestazione accettabile.
<b>Sensibilità</b>	Variazione della risposta di uno strumento che corrisponde a una variazione della quantità misurata (ad esempio una concentrazione).
<b>Robustezza</b>	Capacità di una procedura analitica di non essere influenzata da piccole, ma deliberate, variazioni nei parametri del metodo.
<b>Recupero</b>	Quantità di analita presente o aggiunto all'aliquota da saggio che viene estratto e determinato.
<b>Incertezza</b>	Intervallo associato al risultato di una misurazione, che esprime l'intervallo di valori ragionevolmente attribuibili alla quantità misurata.
<b>Precisione</b>	Grado di vicinanza tra i risultati delle misurazioni.
<b>Ripetibilità</b>	Grado di variabilità dei risultati tra misurazioni effettuate da un solo analista usando la stessa attrezzatura su una piccola scala temporale.
<b>Riproducibilità</b>	Grado di variabilità dei risultati tra differenti laboratori.
<b>Esattezza</b>	Grado di vicinanza della media di un numero infinito di risultati a un valore di riferimento.
<b>Accuratezza</b>	Grado di vicinanza di un singolo risultato a un valore di riferimento.

Fonte: Eurachem. *The Fitness for Purpose of Analytical Methods. A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics*. Second Edition 2014

# UNI EN 482: requisiti prestazionali delle procedure di misurazione (sezione 5.4)



## Misurazioni per il confronto con VLEP e misurazioni periodiche

- **selettività** per l'agente chimico di interesse
- mediate rispetto ad un  $\Delta t$  adeguato corrispondete alla durata del campionamento, che deve essere  $\leq$  al periodo cui si riferisce il VLEP
- **intervallo di lavoro** adeguato (che includa il VLEP o sia in rapporto con esso). L'estremo inferiore dell'intervallo di lavoro è il **limite di quantificazione** (LoQ)

**NB: il confronto delle misure con il VLEP impone la misurabilità di un valore pari a 1/10 del VLEP (UNI EN 689, sezione 5.5.2)**

- **incertezza estesa** adatta allo scopo

# UNI EN 482: requisiti prestazionali delle procedure di misurazione (sezione 5.4)



Alle definizioni tradizionali di LoD e LoQ, si sono affiancati, in anni più recenti, i concetti di *valore critico* e di *valore minimo rivelabile*, introdotti dalla norma UNI ISO 11843-2

NORMA ITALIANA	Capacità di rivelazione Parte 2: Metodologia nel caso di taratura lineare	UNI ISO 11843-2
----------------	--	-----------------

Calcolo dei parametri sulla base delle hp:

- a) la funzione di taratura è lineare
- b) le misure del segnale analitico sono indipendenti e seguono una distribuzione normale descritta dall'incertezza (scarto) tipo dei residui
- c) l'incertezza tipo dei residui è costante

Al pari del LoQ, il *minimo valore rivelabile* caratterizza la *potenza* di un metodo analitico

# UNI EN 482: calcolo dell'incertezza di misura (Appendice B)



ISO/IEC Guide 98-3:2008 *Uncertainty of measurement - Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement* (GUM:1995)

$$u_{(c)} = \sqrt{u_{(c)}^2_A + u_{(c)}^2_B} \quad U = 2 u_{(c)}$$

A: componenti (random e non random) dell'incertezza associata al campionamento  
B: componenti (random e non random) dell'incertezza associata all'analisi  
2: fattore di copertura (livello di probabilità=95%)

## Componenti dell'incertezza

<b>campionamento</b>	<b>analisi</b>
Volume di aria campionata	Variazione analitica
Efficienza del campionatore	Correzione per il recupero ( <i>bias</i> ) del metodo
Trasporto e conservazione del campione	<i>Drift</i> strumentale

# Contributo dell'incertezza di campionamento all'incertezza estesa



approcci applicabili alla stima dell'incertezza del campionamento\*:

**-empirico:** campionamenti e analisi ripetute, in varie condizioni, per quantificare gli effetti causati da fattori quali l'eterogeneità dell'analita nel campione e variazioni nell'applicazione di uno o più protocolli di campionamento

**-modellistico:** identificazione e stima di ciascuna componente, somma dei diversi contributi per ottenere una stima complessiva

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$$

il contributo del campionamento è occasionalmente piccolo ma è spesso dominante (può superare il 90% dell'incertezza di misura espressa come varianza)

\*EURACHEM/CITAC GUIDE. *Measurement uncertainty arising from sampling. A guide to methods and approaches.* Produced jointly with Eurolab, Nordtest, and RSC Analytical Methods Committee. Second Edition 2019

# Criteri di scelta delle procedure di misurazione: silice libera cristallina

VLEP Silice libera cristallina  
respirabile: 0,1 mg/m<sup>3</sup>

Metodi d'analisi DRX diretti:

AFNOR NF X 43-295

NIOSH 7500

UNICHIM 2398

UNI ISO 16258-1:2017

Metodi d'analisi DRX indiretti:

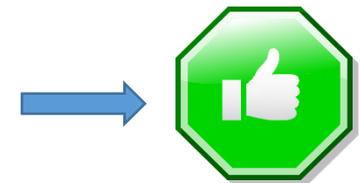
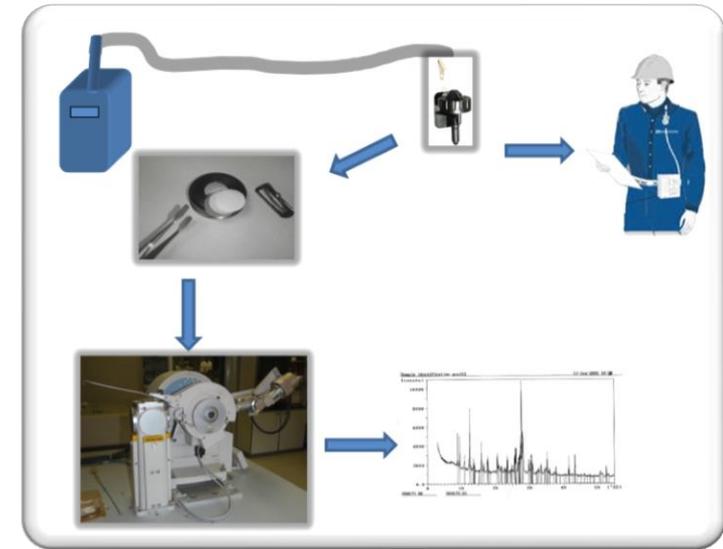
NIOSH 7500

UNI ISO 16258-2:2017

*M.U. 2398:2011. Ambienti di lavoro. Silice libera cristallina in polveri respirabili (SLCR). Analisi diretta su filtro per diffrazione dei raggi X*

Minimo valore rivelabile: 0,013 mg

hp: campionamento personale attivo di polvere (frazione respirabile) tramite prelievo di aria (t=6h; F=2,2 L/min; V<sub>aria</sub>= 792 L). Per il valore minimo di quarzo misurabile  $(0,013/792)*1000= 0,015 \text{ mg/m}^3$  (1/10 VLEP)



# Incertezza di misura dell'analisi e incertezza estesa: silice libera cristallina



Esempio di metodo interno:

$$I_{LOQ Qzj} = 10 \cdot \sigma_{Qzj}$$

LoQ riflesso Qz1 (101) = 0,003 mg

Incertezza di **misura dell'analisi**:

$$u_{An} = \sqrt{u_{str}^2 + u_{cal}^2 + u_{MR}^2 + u_{der}^2}$$

$u_{str}$ : precisione strumentale

$u_{cal}$ : precisione della calibrazione

$u_{MR}$ : bias del materiale di riferimento di calibrazione

$u_{der}$ : deriva strumentale

Massa di quarzo (mg) Qz1 (101)	Higgins Dewell, marca X	Higgins Dewell, marca Y
0,020	14,7%	13,6%
0,050	7,6%	7,3%
0,100	6,3%	6,1%

Fonte: ISO 24095: 2021 *Workplace air — Guidance for the measurement of respirable crystalline silica*

# Incertezza di misura dell'analisi e incertezza estesa: silice libera cristallina



...e incertezza derivante dal **campionamento?**

**Table D.1 — Summary of major uncertainty contributions and typical values for RCS sampling**

Variable	Determination method	Typical values
Master flow meter calibration (bubble flow meter)	Test certificate	0,6 %
Pump rate reading	10 repeat measurements	1,9 %
Sampling time	Estimation from ISO 20581 assuming 4 h sampling period	0,24 %
Sampling instrument		
Calibration of sampler test system	Listed as a typical value in EN 13205	1 % to 2 %
Estimation of sampled concentration	Listed as a typical value in EN 13205	1 % to 2 %
Bias relative to sampling convention	Listed as a typical value in EN 13205	5 % to 10 % for well optimised samplers 10 % to 25 % otherwise
Individual sampler variability	Listed as a typical value in EN 13205	3 % to 7 %
Excursion from nominal flow rate	Listed as a typical value in EN 13205	2 % to 5 % if the concentration is calculated from the nominal flow rate 5 % to 9 % if the concentration is calculated from the average flow rate
Sampling uncertainty taking mid-range values listed in EN 13205		11,8 % from average flow rate 10,1 % from nominal flow rate
NOTE Some countries recommend using the nominal flow rate for cyclones or impactors as the sampling instrument is able to self-compensate in terms of the mass, because the separation efficiency is dependent on the pump performance.		

Fonte: ISO 24095: 2021 *Workplace air — Guidance for the measurement of respirable crystalline silica*

# Criteria di scelta delle procedure di misurazione: Cromo VI

VLEP cromo e relativi composti:

-0,5 mg/m<sup>3</sup> (cromo metallico, composti di cromo inorganico (II) e composti di cromo inorganico (III) non solubili)  
 -0,005 mg/m<sup>3</sup> (composti di cromo VI, definiti cancerogeni ai sensi dell'art. 2, lettera a), punto i) della Direttiva 2004/37, (come cromo))

Method	Use purpose including	Sampling	Filters	Desorption solution	Analysis	LOD/LOQ	Concentration range	Evaluated #	Refs
NIOSH Method 7600	Soluble chromates and chromic acid. Insoluble chromates and chromates in the presence of iron or other reducing agents	Personal	PVC membrane	Soluble Cr <sup>VI</sup> : H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>  Insoluble Cr <sup>VI</sup> : NaOH / Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	DPC-derivatization  UV-VIS detection	LOD: 0.05 µg	0.2 - 7 µg  0.001 - 5 mg/m <sup>3</sup> (200 L)	Yes	(NIOSH, 2015a)

NIOSH Method 7604

NIOSH Method 7605

NIOSH Method 7703

DFG Chromium2-PHOT

DFG Chromium3-IC

HSE MDHS 52-4

ISO 16740

ID-215 (version 2) OSHA

Metropol M-43 Method, INRS

MTA/MA063/A14

NB: ai fini dell'autorizzazione REACH, è auspicabile disporre di procedure di misurazione specifiche per ciascun ES in raffronto al DNEL (Derived No Effect Level) e/o al DMEL (Derived Minimal Effect Level)

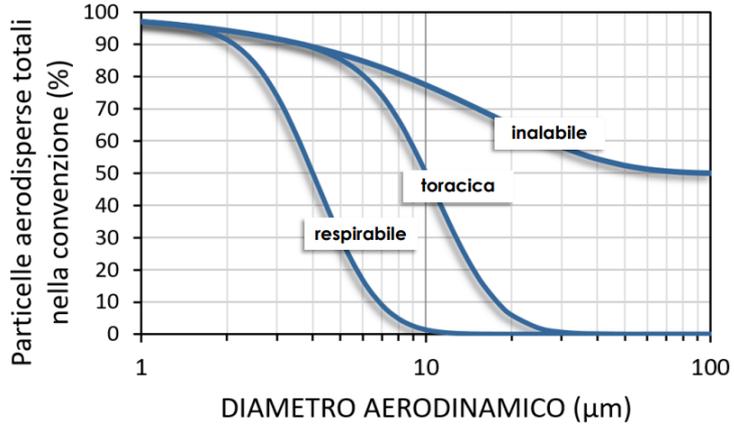
Fonte: European Commission: *SCOEL/REC/386 Chromium VI compounds Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits, 22-05-2017.*

Table 6: Overview of sampling and analytical methods for monitoring of Cr VI in workplace air.

# Criteri di scelta delle procedure di misurazione: Manganese

VLEP Manganese e composti inorganici del Manganese (espresso come manganese):  
-0,21 mg/m<sup>3</sup> frazione inalabile  
-0,05 mg/m<sup>3</sup> frazione respirabile

- analisi per ICP-MS (spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente) previo attacco acido della membrana di captazione dell'inquinante
- captazione con ≠ selettore granulometrico in funzione della convenzione di campionamento



UNICHIM	Atmosfera nell'ambiente di lavoro Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse	UNI EN 481
---------	--	---------------

VLEP m-Xilene:  
-221 mg/m<sup>3</sup> (media ponderata su 8 h)  
-442 mg/m<sup>3</sup> (breve termine: 15 min)

## m-Xilene

- analisi GC-FID (gascromatografia con detector a ionizzazione di fiamma) previa estrazione chimica dell'inquinante adsorbito su fiale in carbone
- campionamenti di ≠ durata in funzione del VLEP: da 5 min a 4 h a flussi di aspirazione = 50 mL/min (metodo OSHA 1002)

## Resoconto (sezione 6)

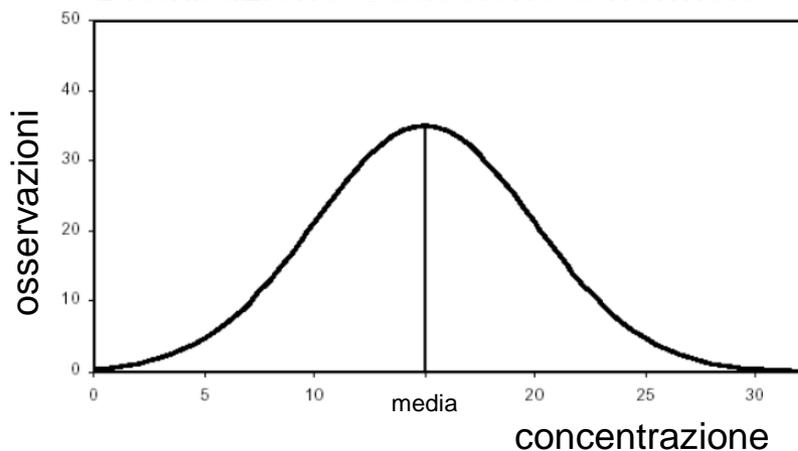
- Finalità della valutazione e identità del valutatore
- Agenti chimici considerati
- Descrizione dei fattori caratterizzanti del luogo di lavoro e delle condizioni di lavoro
- Osservazioni inerenti il campionamento
- Risultati e discussione della caratterizzazione di base
- Procedure di misurazione e conformità ai requisiti della EN 482
- **Concentrazioni di esposizione**
- Assicurazione di qualità del dato (ad es. incertezza estesa)
- Chiara identificazione dei risultati
- Risultati del confronto con VLEP

# Concentrazioni di esposizione

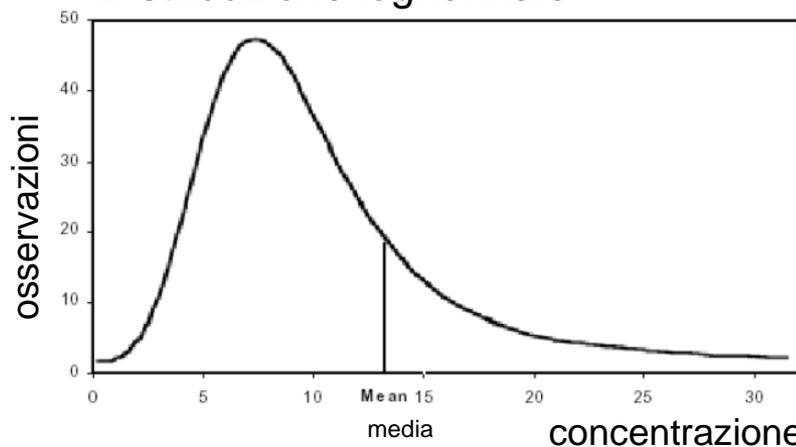


Quale grandezza per definire il **livello di esposizione**: media aritmetica o geometrica? la norma non lo definisce in modo univoco ma spiega quando è più probabile una distribuzione normale rispetto a quella lognormale (appendice E)

Distribuzione Gaussiana o normale



Distribuzione lognormale



$$AM = \frac{\sum_1^n x_i}{n}$$

media aritmetica

$$GM = \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n}$$

media geometrica

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_1^n (x_i - AM)^2}{n - 1}}$$

scarto quadratico medio  
(deviazione standard)

$$GSD = \exp \sqrt{\frac{\sum_1^n (\ln(x_i) - \ln(GM))^2}{n - 1}}$$

deviazione standard  
geometrica

AM e GM compaiono indistintamente in Appendice I: *Intervallo delle misurazioni periodiche*

## Resoconto (sezione 6)

- Finalità della valutazione e identità del valutatore
- Agenti chimici considerati
- Descrizione dei fattori caratterizzanti del luogo di lavoro e delle condizioni di lavoro
- Osservazioni inerenti il campionamento
- Risultati e discussione della caratterizzazione di base
- Procedure di misurazione e conformità ai requisiti della EN 482
- Concentrazioni di esposizione
- Assicurazione di qualità del dato (ad es. incertezza estesa)
- Chiara identificazione dei risultati
- **Risultati del confronto con VLEP**

# Risultati del confronto con il VLEP (UNI EN 689)

PRODUZIONE  
SANITARI IN  
CERAMICA

SEG Addetto al collaggio automatico

Esposizione a Silice libera  
cristallina respirabile  
VLEP= 0,1 mg/m<sup>3</sup>

CAMPIONAMENTO  
NELLO STABILIMENTO X

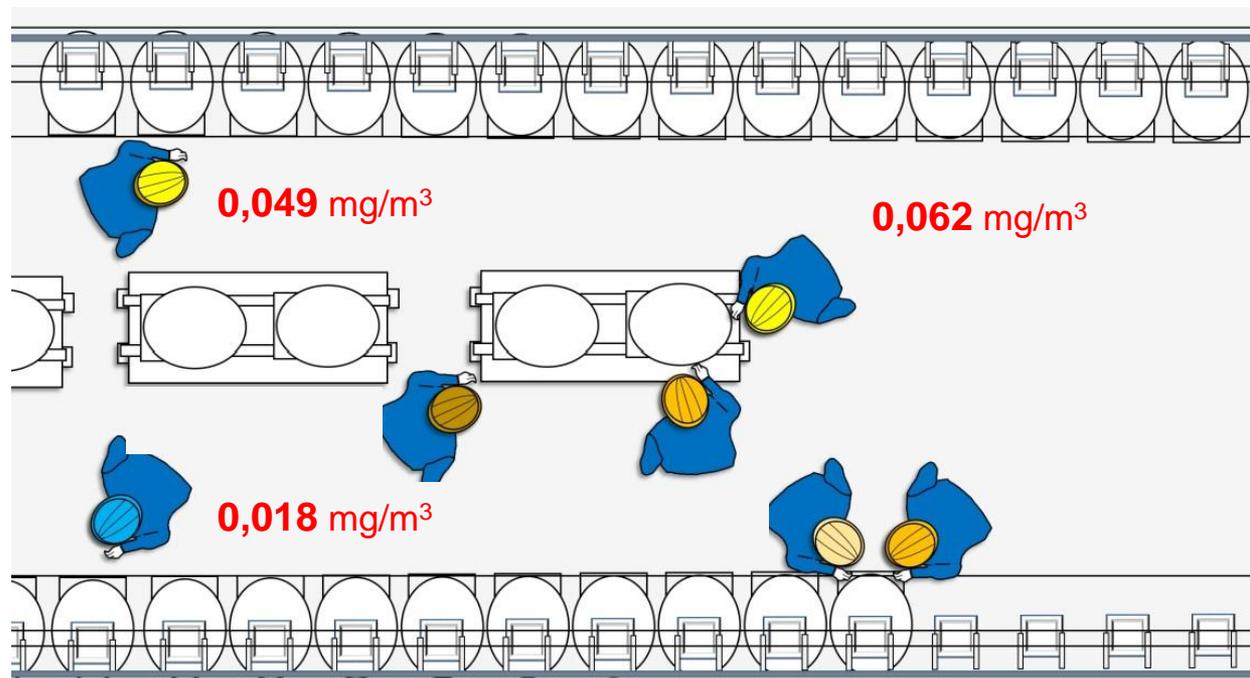
X <sub>i</sub> (mg/m <sup>3</sup> )
0,049
0,062
0,018

TEST PRELIMINARE  
3 MISURAZIONI

tutti i risultati sono minori del VLEP  
ma superiori a 0,1 VLEP



**NON CONFORMITÀ**



Esempio tratto dalla *Banca dati esposizione silice* Inail

# Risultati del confronto con il VLEP (UNI EN 689)



**PRODUZIONE  
SANITARI IN  
CERAMICA**

*SEG Addetto al colaggio automatico*

Esposizione a Silice libera  
cristallina respirabile  
**VLEP = 0,1 mg/m<sup>3</sup>**

CAMPIONAMENTO  
NELLO STABILIMENTO X

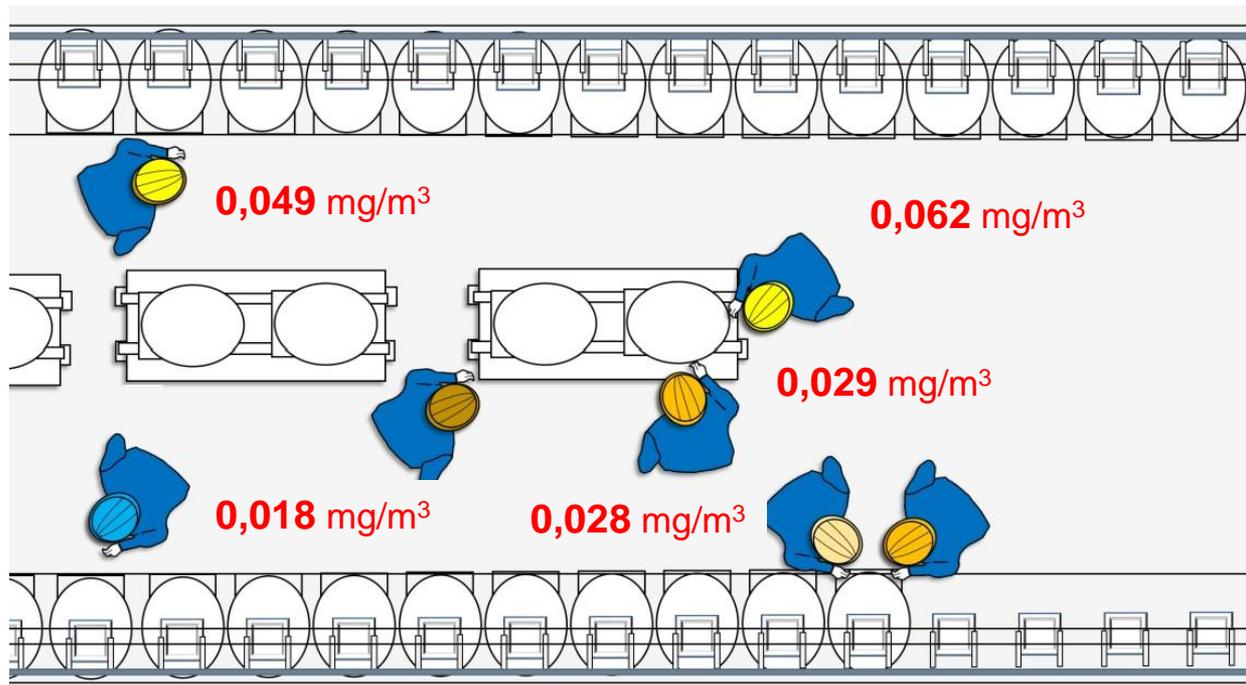
X <sub>i</sub> (mg/m <sup>3</sup> )
0,049
0,062
0,018
0,029
0,028

TEST PRELIMINARE  
**5 MISURAZIONI**

tutti i risultati sono minori del VLEP  
4 misure sono superiori a 0,2 VLEP  
1 misura è inferiore a 0,2 VLEP



**NON CONFORMITÀ**



Esempio tratto dalla *Banca dati esposizione silice* Inail

# Risultati del confronto con il VLEP (UNI EN 689)

Esposizione a Silice libera  
cristallina respirabile

**VLEP = 0,1 mg/m<sup>3</sup>**

**PRODUZIONE  
SANITARI IN  
CERAMICA**

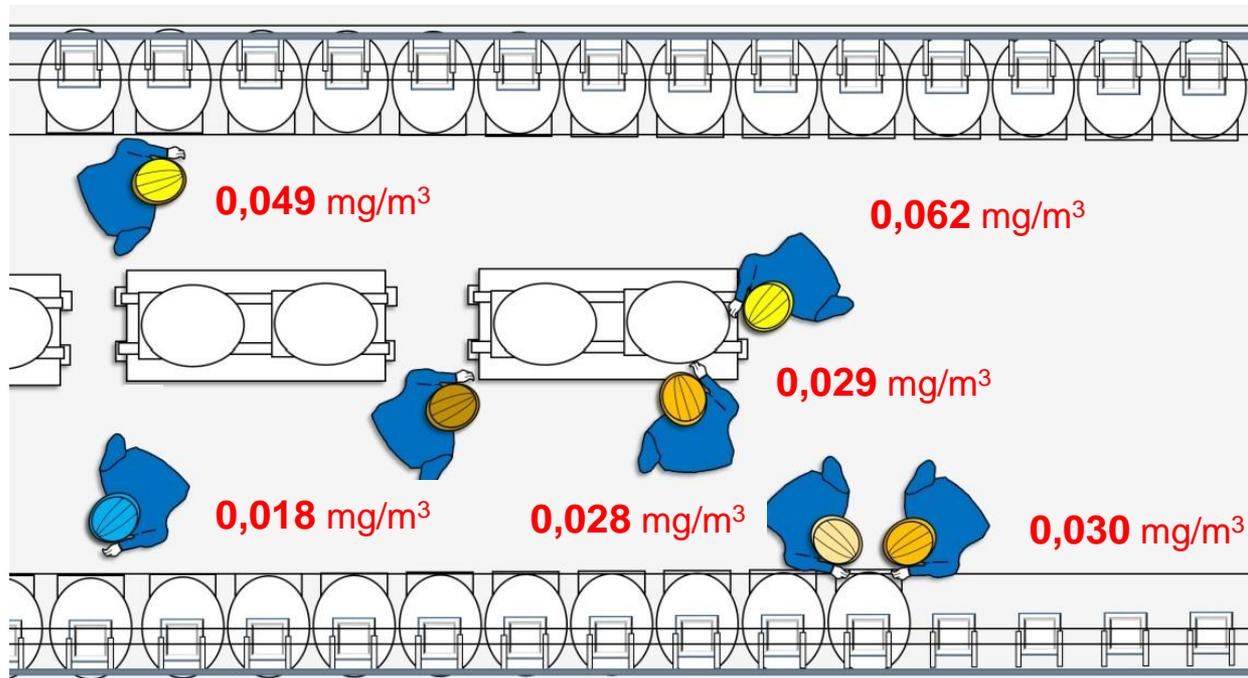
*SEG Addetto al colaggio automatico*

CAMPIONAMENTO  
NELLO STABILIMENTO X

X <sub>i</sub> (mg/m <sup>3</sup> )
0,049
0,062
0,018
0,029
0,028
0,030

**6 MISURAZIONI**

TEST STATISTICO: le esposizioni del SEG sono conformi al VLEP se meno del 5% delle esposizioni è maggiore del VLEP, con almeno il 70% di confidenza



# Risultati del confronto con il VLEP (UNI EN 689)



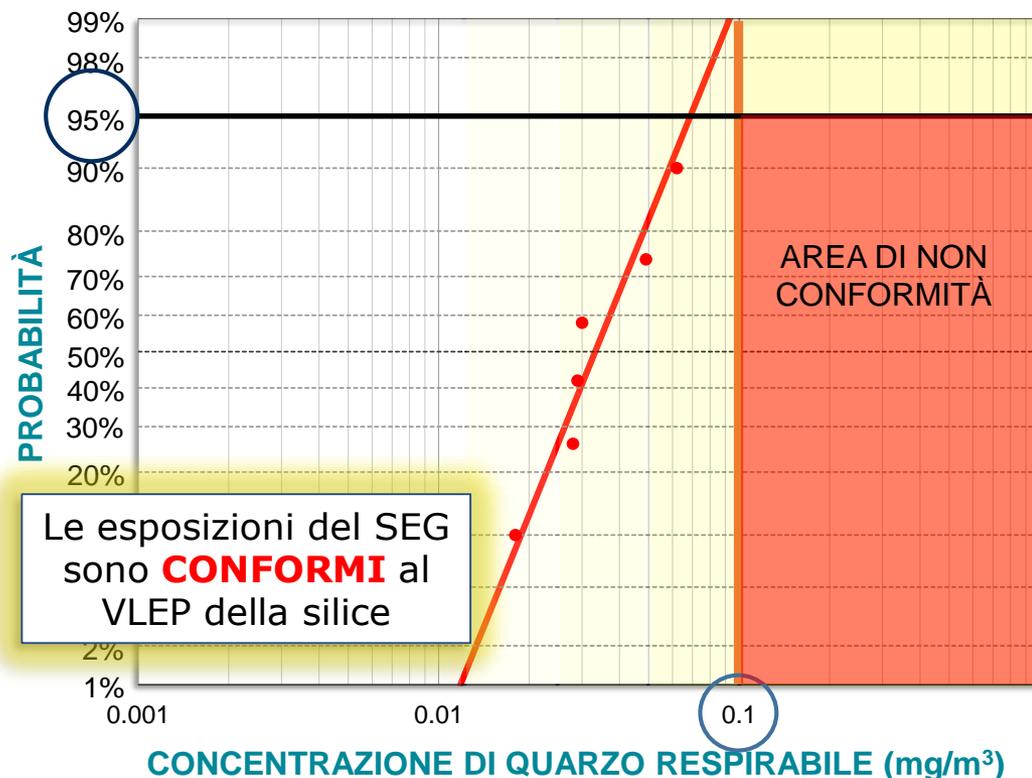
## CARTA DI PROBABILITÀ LOGARITMICA metodo grafico (UNI EN 689, Appendice E)

CAMPIONAMENTO  
NELLO STABILIMENTO X

k	$X_i$ (mg/m <sup>3</sup> )	$P_k = \frac{(k-3/8)}{(n+1/4)}$
1	0,018	10,0%
2	0,028	26,0%
3	0,029	42,0%
4	0,030	58,0%
5	0,049	74,0%
6	0,062	90,0%

### 6 MISURAZIONI

TEST STATISTICO: le esposizioni del SEG sono conformi al VLEP se meno del 5% delle esposizioni è maggiore del VLEP, con almeno il 70% di confidenza



SEG Addetto al colaggio automatico

## Risultati del confronto con il VLEP (UNI EN 689)



- n° di misure da 3 a 5 per SEG: il *livello di esposizione* potrebbe essere espresso come media aritmetica dei dati rilevati (possibile sovrastima dell'esposizione)
- se il n° di misure per un certo SEG non è sufficiente a stimare la relativa distribuzione, si può comunque assumere che essa sia di tipo log-normale (a meno di *luoghi di lavoro con condizioni costanti*-profilo A.2 per le quali si assume una distribuzione normale)
- con almeno 6 misure per SEG si passa dal controllo puntuale delle misure (test preliminare, sezione 5.5.2) all'applicazione del test statistico (sezione 5.5.3, appendice F) e ciò aumenta l'eventualità che il *livello di esposizione* sia conforme al VLEP
- se non si dispone di almeno 6 misure per SEG, nel caso si ricorra a *rivalutazioni periodiche con misurazioni*, gli esiti di monitoraggi successivi al primo, se superano la validazione (punto 5.4), *possono essere raggruppati con i precedenti per provare la conformità al VLEP (e per determinare il periodo prima della successiva rivalutazione)*

# Registro degli esposti: quale valore?

Mod. C 626/2



## REGISTRO DI ESPOSIZIONE AD AGENTI CANCEROGENI – DATI INDIVIDUALI – (art. 70 - d.lgs. 626/1994 come modificato dal d.lgs. 242/1996)

**Spazio da compilare solo nella fase della comunicazione di variazioni intervenute nei dati del lavoratore** Data (GG/MM/AAAA)

Ditta - Ragione sociale  Codice fiscale  Partita Iva

Sede legale

Sede territoriale

### Lavoratore esposto ad agenti cancerogeni

Codice fiscale  Cognome  Nome  Data di nascita

Comune  Provincia  Domicilio: Comune

media aritmetica o  
media geometrica?  
associare un parametro  
di dispersione della  
misura?  Sì  No

Num. prog.	Cod. Class. Prof. Istat	Mansione	Attività svolta Breve descrizione	Tipo	Agenti cancerogeni	N. CAS	ESPOSIZIONE (1)			Data inizio	Data fine
							Valore	Metodo	Tempo (giorni/anno)		
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Data cessazione attività lavorativa

Firma del datore di lavoro

(1) - Ove la misurazione non fosse tecnicamente possibile indicare i quantitativi annuali di agenti cancerogeni utilizzati o prodotti durante l'attività svolta.

# Agenti cancerogeni: valori di fondo ambientale



Valori di riferimento per la popolazione generale-concentrazione in aria

benzene < 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (concentrazione media annua)

Fonte: European Environment Agency. *Air quality in Europe - 2018 report*. EEA Report No 12/2018.  
[https://acm.eionet.europa.eu/reports/EEA\\_Rep\\_12\\_2018\\_AQinEurope](https://acm.eionet.europa.eu/reports/EEA_Rep_12_2018_AQinEurope)

---

silice cristallina = 3  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (esposizione cronica, frazione respirabile)  
quarzo cristallino = 0,60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Fonte: Toxicology excellence for risk assessment. Occupational Exposure Limit Evaluation: Silica, Crystalline Quartz. TERA, 2014

---

formaldeide < 1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (aree distanti da città) outdoor  
< 2  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (aree urbanizzate)

formaldeide 2 ÷ 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (abitazioni, edifici pubblici *puliti*) indoor

Fonte: IARC. A review of human carcinogens. Volume 100 F, 2012

silice libera cristallina: 0,025 mg/m<sup>3</sup>

TLV-TWA dell'ACGIH

---

formaldeide:

- benchmark* di qualità dell'aria indoor: 100 µg/m<sup>3</sup> (edifici residenziali o stabilimenti aperti al pubblico)
- valore di gestione provvisorio: 30 µg/m<sup>3</sup> (misurato su un periodo di 1 settimana)

Haut Conseil de la santé publique: Indoor Air Quality Benchmark, 2 May 2019

*Grazie per l'attenzione!*

**INAIL**

Emma Incocciati (Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione)

[e.incocciati@inail.it](mailto:e.incocciati@inail.it)

Tel 0654872545