

# ORGANIZZAZIONE DELLA CAMPAGNA DI MISURA DI AGENTI CHIMICI AERODISPERSI

**Metodo di valutazione del rischio chimico secondo la EN 689**

**Relatore:** Andrea Piazzalunga

# Argomenti

- Studio preliminare
- Scelta dei parametri e metodi normativi di riferimento
- Scelta del campionamento
- Conformità alla EN 689

# Studio preliminare

1

**Identificazione** degli agenti chimici:

- materie prime,
- prodotti utilizzati,
- eventuali prodotti finali, ecc.

**Documenti utili:** Schede di Sicurezza.

2

**Fattori di lavoro:**

- Mansioni svolte e turni di lavoro;
- Macchinari e tecniche utilizzate;
- Configurazione del luogo di lavoro (**planimetrie**);
- Dispositivi di protezione.

**Documenti utili:** Documento di Valutazione dei Rischi.

# Similar Exposition Group

- Lavoratori soggetti ad un profilo di esposizione simile possono essere uniti in gruppi detti **SEG**.
- Questo consente di ridurre il numero di misurazioni necessarie: se l'esposizione di alcuni lavoratori appartenenti a un SEG risulta conforme ai limiti, la si considera **conforme per tutti gli altri lavoratori dello stesso SEG**.

# Campionamenti ambientali e personali

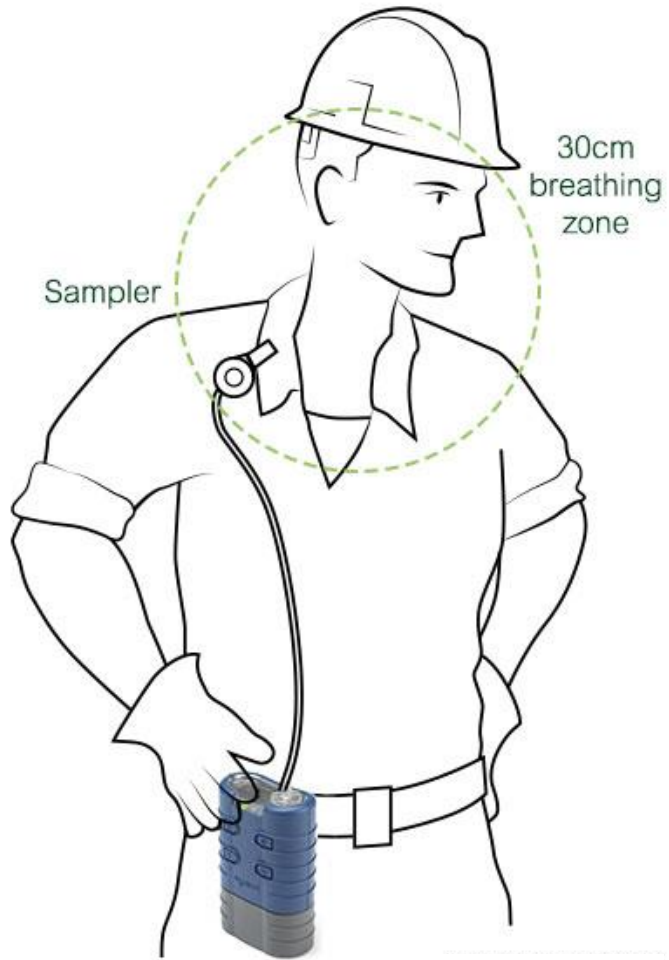
## Campionamenti personali (raccomandato dalla 689)

- Dispositivi di campionamento fissati all'abbigliamento del lavoratore (**breathing zone**).
- Sono maggiormente rappresentativi dell'esposizione professionale.

## Campionamenti ambientali (statici)

- Il dispositivo di campionamento è posizionato al centro di un'area di lavoro, oppure vicino alla fonte di esposizione.
- Meno rappresentativo della reale esposizione professionale dei lavoratori.

# Campionamenti personali



I dispositivi di campionamento sono posizionati all'interno di un'area emisferica di circa 30 cm attorno al naso (zona di respirazione o breathing zone).

# Campionamento attivo e passivo

## Campionamento attivo

L'aria è aspirata tramite delle **pompe di aspirazione** e viene convogliata verso un dispositivo di campionamento.

Supporti di campionamento:

- Filtri (analiti nel particolato);
- Materiali adsorbenti (analiti in fase gassosa);
- Analizzatori automatici.

## Campionamento passivo

Il campionamento avviene per semplice **diffusione dell'aria** attraverso una superficie.

Gli analiti vengono trattenuti da un supporto assorbente.

- Permette il campionamento di agenti chimici in sola forma gassosa.

# Campionamento attivo e passivo

## Campionamento attivo



Il lavoratore deve portare con se:

- pompa aspirante,
- tubi di collegamento,
- dispositivo di campionamento.

## Campionamento passivo



Vantaggi:

- maggiore comodità per il lavoratore;
- può essere usato per campionamenti ambientali (statici) di lunga durata.

Svantaggi:

- minore accuratezza della misurazione.



# Stato fisico degli agenti chimici nell'ambiente di lavoro

## Particelle solide

- **Polveri:** particelle solide disperse nell'aria. Hanno un'origine meccanica (abrasione, taglio, levigatura). Il particolato può essere suddiviso, in base alla dimensione, in diverse frazioni: inalabile, respirabile.
- **Fumi:** sono particelle di piccolissime dimensioni ( $< 1 \mu\text{m}$ ). Si formano quando un materiale solido viene vaporizzato ad alte temperature (es.: saldatura, taglio laser), oppure in processi di combustione (es.: motori Diesel).
- **Fibre:** particelle che presentano una lunghezza maggiore di  $5 \mu\text{m}$  e un diametro minore di  $3 \mu\text{m}$  (amianto).

## Particelle liquide

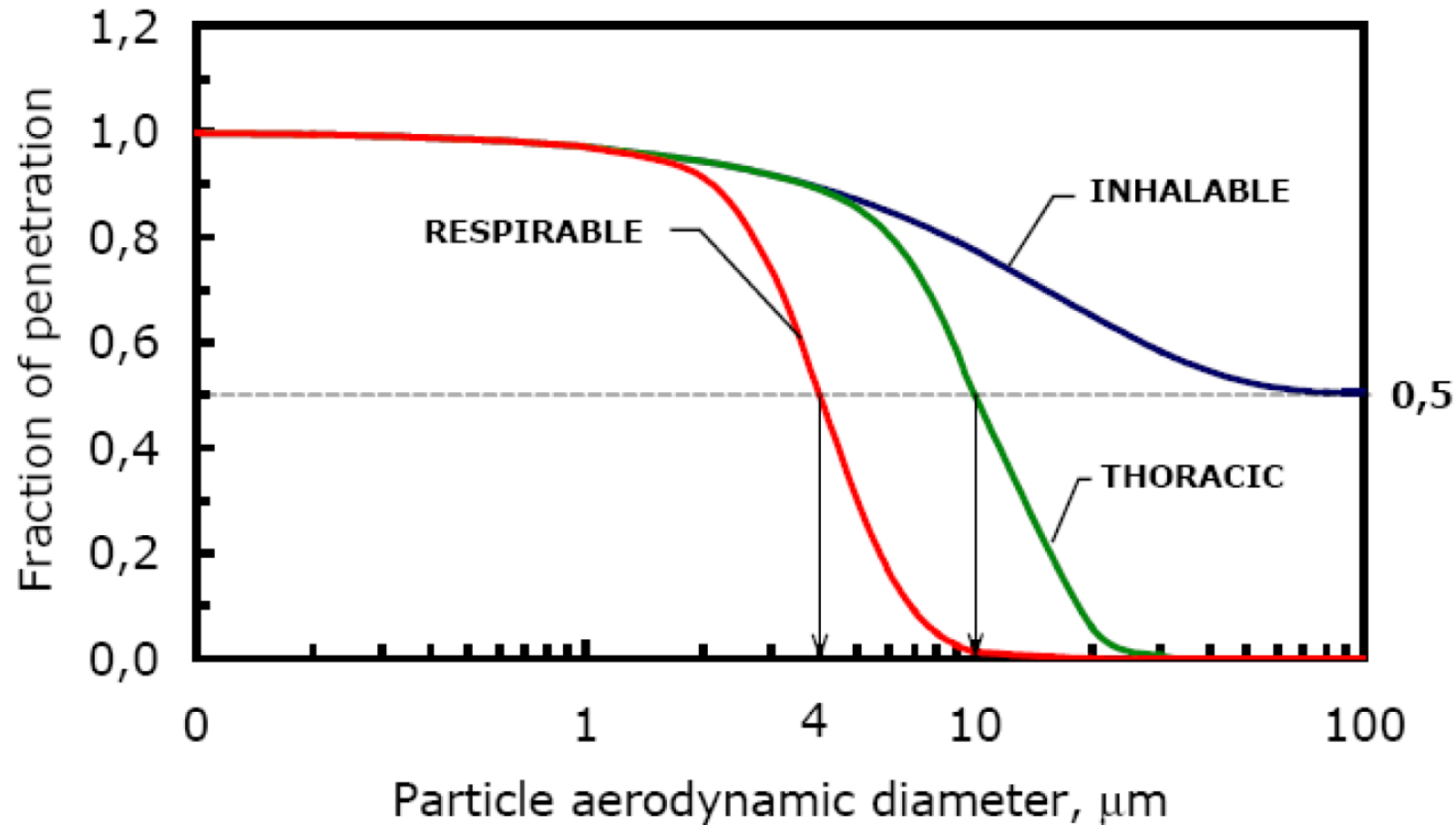
**Nebbie:** sono microscopiche goccioline di liquido disperse nell'aria.

Esempi: nebbie oleose, aerosol di acido solforico, ecc.

## Forma gassosa

**Gas e vapori** di liquidi volatili.

# Polveri: frazioni inalabile e respirabili



# Preselettori per polveri inalabili e respirabili



**Preselettore** per polveri inalabili



**Ciclone GS-3** per polveri respirabili

# Polveri: frazioni inalabile e respirabili

## Polveri inalabili / respirabili

- Lavorazione del legno,
- Lavorazione meccaniche,
- Fonderie,
- Edilizia
- ...
- Silice libera cristallina.

Frazione inalabili

**Carbonio  
Elementare**

**Metalli**

**Nebbie olio**

Frazione respirabile

**Silice libera  
cristallina**

**Metalli**

# Campionamento di agenti chimici nella fase gassosa

Esempi di **fiale assorbenti** di diverso tipo:



| Analita     | Metodo     | Supporto            |
|-------------|------------|---------------------|
| Idrocarburi | NIOSH 2015 | Carbone attivo      |
| Formaldeide | NIOSH 2016 | Fiala derivatizzata |
| Fenolo      | OSHA 32    | XAD 07              |
| Ammine      | NIOSH 2007 | Gel di silice       |
| ...         |            |                     |

# Esempio di un metodo

## FORMALDEHYDE

2016

H<sub>2</sub>C=O

MW: 30.03

CAS: 50-00-0

RTECS: LP8925000

METHOD: 2016, Issue 2

EVALUATION: FULL

Issue 1: 15 January 1998

Issue 2: 15 March 2003

**OSHA:** 0.75 ppm; 2 ppm STEL  
**NIOSH:** 0.016 ppm; C 0.1 ppm; carcinogen  
**ACGIH:** C 0.3 ppm; suspected human carcinogen  
(1 ppm = 1.23 mg/m<sup>3</sup> @ NTP)

**PROPERTIES:** Gas; BP -19.5 °C; specific gravity 1.067  
(air = 1); explosive range 7 to 73% (v/v) in air

**NAMES & SYNONYMS:** methanal; formalin (aqueous 30 to 60% w/v formaldehyde); methylene oxide

| SAMPLING                                    |                                                                                       | MEASUREMENT                       |                                                                               |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>SAMPLER:</b>                             | CARTRIDGE<br>(Cartridge containing silica gel coated with 2,4-dinitrophenylhydrazine) | <b>TECHNIQUE:</b>                 | HPLC, UV DETECTION                                                            |
| <b>FLOW RATE:</b>                           | 0.03 to 1.5 L/min                                                                     | <b>ANALYTE:</b>                   | 2,4-dinitrophenylhydrazone of formaldehyde                                    |
| <b>VOL-MIN:</b>                             | 1 L @ 0.25 mg/m <sup>3</sup>                                                          | <b>EXTRACTION:</b>                | Elution with 10 mL of carbonyl-free acetonitrile                              |
| <b>-MAX:</b>                                | 15 L @ 2.5 mg/m <sup>3</sup>                                                          | <b>INJECTION VOLUME:</b>          | 20 µL                                                                         |
| <b>SHIPMENT:</b>                            | Place caps onto cartridge. Ship on ice.                                               | <b>MOBILE PHASE:</b>              | 45% acetonitrile/55% water (v/v), 1.3 mL/min                                  |
| <b>SAMPLE STABILITY:</b>                    | 34 days @ 5 °C [1]                                                                    | <b>COLUMN:</b>                    | 3.9 x 150-mm, stainless steel, packed with 5-µm C-18, Symmetry™ or equivalent |
| <b>BLANKS:</b>                              | 2 to 10 field blanks per set<br>6 to 10 media blanks per set                          | <b>DETECTOR:</b>                  | UV @ 360 nm                                                                   |
| ACCURACY                                    |                                                                                       | <b>CALIBRATION:</b>               | Samplers fortified with standard solutions of formaldehyde in water           |
| <b>RANGE STUDIED:</b>                       | 0.025 to 2.45 mg/m <sup>3</sup> (22-L samples) [2]                                    | <b>RANGE:</b>                     | 0.23 to 37 µg per sample [1,2]                                                |
| <b>BIAS:</b>                                | +4.4%                                                                                 | <b>ESTIMATED LOD:</b>             | 0.07 µg/sample [1]                                                            |
| <b>OVERALL PRECISION (S<sub>rel</sub>):</b> | 0.057 [1,2]                                                                           | <b>PRECISION (S<sub>r</sub>):</b> | 0.032 @ 1.0 to 20.0 µg/sample [1]                                             |
| <b>ACCURACY:</b>                            | ±19.0%                                                                                |                                   |                                                                               |

# Metodi normati di riferimento

- **NIOSH** (*National Institute for Occupational Safety and Health*);  
<https://www.cdc.gov/niosh/nmam/default.html>
- **OSHA** (*Occupational Safety and Health Administration*);  
<https://www.osha.gov/chemicaldata/sampling-analytical-methods>
- **Norme internazionali e nazionali** (es.: ISO, UNI).

# Valori limite di esposizione professionale

**DL 81/2008**

Capo I: agenti chimici -> Allegato XXXVIII

Capo II: agenti cancerogeni e mutageni -> Allegato XLII

Capo III: amianto

## Altre istituzioni di riferimento:

- **ACGIH** (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*)
- **OSHA** (*Occupational Safety and Health Administration*)
- **MAK Commission**



# Valori limite di esposizione professionale

## TWA

Sono riferiti alla concentrazione media durante l'intero turno di lavoro (8 ore).

## STEL

Riferiti ad un tempo di esposizione di 15 minuti.

# Durata dei campionamenti

Durata minima: 2 h.

- La durata del campionamento viene **stabilita in base a diversi fattori**: valore limite, LOQ del metodo, variabilità dei fattori di esposizione, ecc.  
**Obiettivo: LOQ metodo < 10% limite espositivo**
- In caso di fattori di lavoro non costanti durante il turno di lavoro la durata del campionamento dovrebbe essere il più possibile vicina alla durata del turno completo di lavoro (**8 h**).

# Esposizione contemporanea a più agenti chimici

- **DL 81/2008, art. 223, p.to 3:** «Nel caso di attività lavorative che comportano l'esposizione a più agenti chimici pericolosi, i rischi sono valutati in base al rischio che comporta la combinazione di tutti i suddetti agenti chimici.»

**Indice di esposizione:** 
$$I_E = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{OELV_i}$$

# Valutazione preliminare secondo la EN 689

| NUMERO DI MISURAZIONI<br>effettuate durante la<br>valutazione preliminare |                                                                               |                                                                                                                                                              |                                                                                                            |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3                                                                         | Tutti i risultati sono inferiori al<br>10% del VLEP<br>↓<br><b>CONFORMITÀ</b> | Almeno uno dei risultati è<br>superiore al 10% del VLEP, ma tutti i<br>risultati sono inferiori al limite nel<br>suo totale<br>↓<br><b>NESSUNA DECISIONE</b> | Almeno una delle misurazioni<br>ha fornito un risultato<br>superiore al VLEP<br>↓<br><b>NON CONFORMITÀ</b> |
| 4                                                                         | Tutti i risultati sono inferiori al<br>15% del VLEP<br>↓<br><b>CONFORMITÀ</b> | Almeno uno dei risultati è<br>superiore al 15% del VLEP, ma tutti i<br>risultati sono inferiori al limite nel<br>suo totale<br>↓<br><b>NESSUNA DECISIONE</b> | Almeno una delle misurazioni<br>ha fornito un risultato<br>superiore al VLEP<br>↓<br><b>NON CONFORMITÀ</b> |
| 5                                                                         | Tutti i risultati sono inferiori al<br>20% del VLEP<br>↓<br><b>CONFORMITÀ</b> | Almeno uno dei risultati è<br>superiore al 20% del VLEP, ma tutti i<br>risultati sono inferiori al limite nel<br>suo totale<br>↓<br><b>NESSUNA DECISIONE</b> | Almeno una delle misurazioni<br>ha fornito un risultato<br>superiore al VLEP<br>↓<br><b>NON CONFORMITÀ</b> |

# Test statistico secondo la EN 689

- Se la valutazione preliminare non ha consentito di prendere una decisione, è necessario proseguire l'indagine in modo da poter applicare il test statistico di conformità.
- Sono necessarie **almeno 6 misurazioni** (sono comprese quelle dell'indagine preliminare).
- Il test statistico stabilisce, con il 70% di confidenza, che meno del 5% delle esposizioni nel SEG sia inferiore al VLEP.

# Misurazioni periodiche

Dopo aver eseguito il test statistico è possibile stabilire l'intervallo per la rivalutazione dell'esposizione con nuove misurazioni.

|                                               |         |
|-----------------------------------------------|---------|
| Media delle misurazioni <b>&lt; 0.1</b> VLEP  | 36 mesi |
| Media delle misurazioni <b>&lt; 0.25</b> VLEP | 24 mesi |
| Media delle misurazioni <b>&lt; 0.5</b> VLEP  | 18 mesi |
| Media delle misurazioni <b>&gt; 0.5</b> VLEP  | 12 mesi |

Al termine dell'intervallo stabilito è necessario ripetere la valutazione preliminare, e se necessario il test statistico.



Studio del DVR, SDS dei prodotti usati, ecc.

Piano di monitoraggio

Campionamento e analisi

Relazione tecnica di valutazione

# Vuoi saperne di più?



**Andrea Piazzalunga**

Referente tecnico commerciale

**@mail:** andrea.piazzalunga@indam.it

**Ulteriori informazioni**

**@mail:** info@indam.it

Telefono: 0302585203



Ensuring a healthier world

**Water & Life Lab**

ANALYTICAL LABORATORIES

- Bergamo -



**F.O.R.I.A**

FIT FOR ORGANIZATION  
RETAIL INTERNATIONAL AGENCY

- Bergamo -



- Foggia -



- Bari -



# Indam Laboratori

Nel cuore della Lombardia

**Indam Laboratori** è un istituto di analisi accreditato fondato nel 1978, con più di 1.100 parametri accreditati, che opera grazie al coordinamento interno di diversi laboratori dedicati all'analisi dell'**inquinamento ambientale**. È parte di Groupe Carso dal 2013.

- Fatturato 2024, oltre **9 milioni di euro**.
- Più di **100.000** campioni lavorati/anno.
- Accredитamento **UNI CEI EN ISO/IEC 17025:2018**
- Sistema di **Gestione Qualità** certificato.

## PRINCIPALI CLIENTI



# Garantire un mondo più sano

Ensuring a healthier world