REGIONE
TOSCANA

# Linee guida nell'esposizione professionale a silice libera cristallina

*documenti preparatori*

NIS
Network Italiano Silice
Coordinamento Regione
ISPESL - ISS - INAIL

Lavoro e Salute

**Linee guida**
**nell'esposizione professionale**
**a silice libera cristallina**
***documenti preparatori***

*a cura*
**Regione Toscana Giunta regionale**
Direzione generale Diritto alla salute e politiche di solidarietà
Direzione generale della presidenza
**Lavoro e salute**
**Network Italiano Silice**
**Coordinamento Regioni – ISPESL – ISS – INAIL**

I documenti preparatori sono predisposti dai
Gruppi di lavoro operanti nel NIS (Network italiano silice):
1. normativa
2. epidemiologia
3. repertorio rischio silice nei comparti
4. igiene industriale
5. sorveglianza sanitaria

Catalogazione nella pubblicazione (CIP) a cura
della Biblioteca della Giunta regionale toscana
**Linee guida nell'esposizione professionale a silice libera cristallina:**
documenti preparatori

I. Toscana. Direzione generale diritto alla salute e politiche di solidarietà II. Toscana. Direzione generale della presidenza III. Lavoro e salute IV. Network italiano silice V. Coordinamento regioni - ISPESL - ISS - INAIL 1. Lavoratori - Malattie professionali : Silicosi - Monitoraggio e prevenzione - Toscana - Guide
613.6209455

REGIONE
TOSCANA

**Edizioni Regione Toscana**

**Redazione grafica e stampa**
**P.O. Produzioni editoriali, grafiche e multimediali**
**del Centro stampa Giunta regionale**
**Via di Novoli 73/a - 50127 Firenze**

Settembre 2005
tiratura copie 2000
Distribuzione gratuita

## INDICE


4 **Prefazione**
Fulvio Cavariani
Rossana D'Arrigo

5 **Sommario introduttivo**
Angelo Giovanazzi

**I documenti**

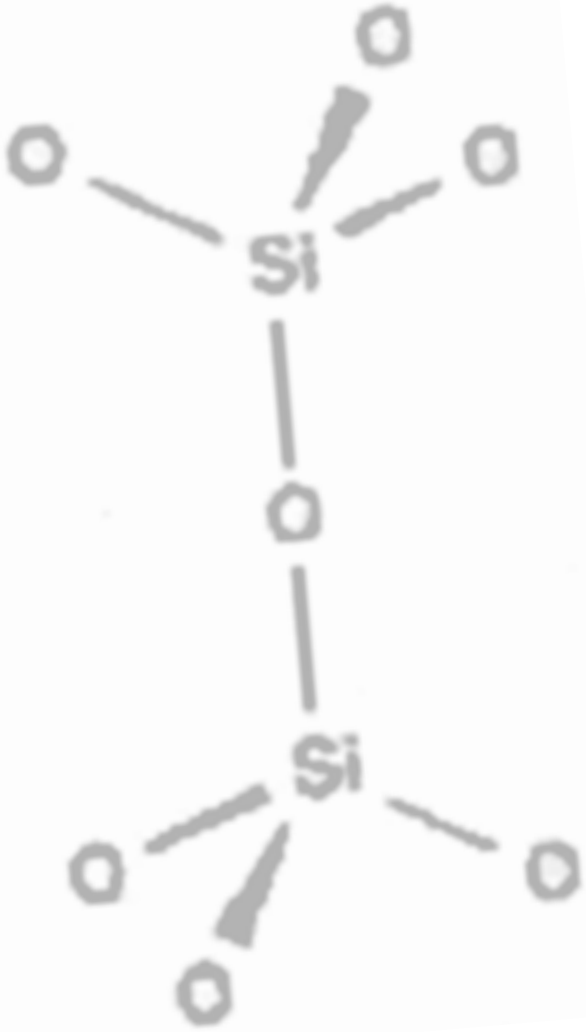
9 **1.** CONSIDERAZIONI IN TEMA DI NORMATIVA

23 **2.** VALUTAZIONI EPIDEMIOLOGICHE

35 **3.** REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA INFORMATIVO PER LA RACCOLTA E L'ELABORAZIONE DEI DATI DI CAMPIONAMENTO E ANALISI

53 **4.** VALUTAZIONI DEL RISCHIO

97 **5.** SORVEGLIANZA SANITARIA ED ACCERTAMENTI DIAGNOSTICI SUGLI ESPOSTI A SILICE



## Prefazione

**Fulvio Cavariani, Rossana D'Arrigo**
*Lavoro & Salute*

Lavoro e Salute prosegue nella pubblicazione di documentazione prodotta dagli operatori della prevenzione per diffondere con la massima ampiezza i materiali "*utili*" e "*utilizzabili*" per la promozione della salute nei luoghi di vita e di lavoro.
La pubblicazione delle elaborazioni dei gruppi di lavoro del ***Network italiano silice*** ha comportato un notevole impegno editoriale per la nostra agenzia notizie, ma l'occasione della produzione di questi materiali, realizzata con il contributo di enti, servizi ed istituzioni, rappresenta una particolare opportunità di divulgare contenuti che hanno visto la partecipazione appassionata di numerosi ricercatori e tecnici della prevenzione che, vogliamo sottolineare, non ha avuto analoghi precedenti e che auspichiamo possa rappresentare una strada ed un modello di intervento integrato e coordinato su i tanti gravi problemi ancora presenti in Italia, soprattutto negli ambienti di lavoro.
I documenti pubblicati offrono, pertanto, la possibilità di un confronto pubblico, non solo con gli addetti ai lavori, ma con i soggetti interessati ed in particolare con le associazioni scientifiche e le parti sociali.
Come evidenziato nei testi, tali documenti costituiscono infatti una fase preparatoria "*in progress*" per la successiva stesura di Linee guida dedicate all'esposizione professionale di silice libera cristallina.
Sui loro contenuti si propone e si apre, quindi, un confronto che se gli interessati riterranno opportuno, potrà essere tradotto in note di critica e di approfondimento da inviare al coordinatore del NIS Angelo Giovanazzi, (angelo.giovanazzi@apss.tn.it).
Tale confronto avrà comunque un momento pubblico nel convegno che il Network italiano silice sta organizzando per il prossimo mese di settembre a Firenze.

## Sommario introduttivo

**Angelo Giovanazzi**
*Coordinatore Network Italiano Silice*

Nel 1997 la International Agency for Research on Cancer (IARC) addiviene alla decisione di valutare la silice libera cristallina (SLC), inalata in forme di quarzo e cristobalite da fonti occupazionale, come cancerogeno per l'uomo (gruppo 1). E' l'anno che segna un nuovo inizio di interesse scientifico e di riqualificazione delle responsabilità di prevenzione verso la SLC, pur in presenza di un generale miglioramento delle condizioni lavorative occorso negli ultimi decenni.
L'interesse si giustifica anche col fatto che la silice, SiO2, è una delle più comuni sostanze chimiche presenti nella natura. La sua forma più comune, il quarzo, costituisce circa il 12% del volume delle rocce sulla crosta terrestre.
Da tempo è noto che l'inalazione di tali polveri contenente silice cristallina può causare silicosi, malattie respiratorie croniche ostruttive, mentre anche malattie renali ed autoimmuni sono considerate associate all'esposizione a tale polvere. La silicosi è la più conosciuta delle conseguenze di reazione del tessuto polmonare con le particelle di silice depositate nei polmoni..
Dal 1997 appunto, si è andata accentuando l'attenzione scientifica, con le implicazioni a vari livelli, per il rischio di cancerogenesi nell'esposizione professionale a SLC.
In occasione del successivo 13° simposio Internazionale "*Silica, Silicosis, Cancer and Other Diseases*" di S. Margherita Ligure (ottobre 2002), fu proposto di attivare il Network Italiano Silice **(N.I.S.)**. A tale Network aderirono istituzioni come Coordinamento tecnico delle Regioni e Province Autonome, INAIL, ISPESL, ISS, nonché diverse ASL e centri di ricerca scientifica.
Gli obiettivi di lavoro definiti furono quelli di mettere a frutto comune le esperienze acquisite dai soggetti coinvolti, confrontare i metodi di lavoro, omogeneizzare i criteri di intervento al fine di realizzare un repertorio del rischio silice nei principali comparti produttivi, censire gli esposti a rischio, formulare linee guida condivise in tema di sorveglianza sanitaria, metodiche di campionamento ed analisi, misure di prevenzione e protezione ed intraprendere iniziative di studio e valutazione del rischio sulla base di indagini epidemiologiche.

**L'attività del network italiano silice**
I partecipanti al NIS, appartenenti alle istituzioni che lo hanno promosso ed a vari istituti scientifici, sono stati:
Santo Alfonzo (*ASL Cuneo*), Piero Altarocca (*INAIL*), Giulio Arcangeli (*Ist. Med. del Lav. Firenze*), Claudio Arcari (*USL Piacenza*), Pietro Barbieri (*ASL Brescia*), Rosanna Braglia (*ARPA Reggio Emilia*), Maria Cabona (*ASL4 Chiavari GE*), Claudio Calabresi (*INAIL*), Roberto Calisti (*USL Civitanova Marche MC*), Antonella Campopiano (*ISPESL*), Enrico Cardona (*ASL Viterbo*), Francesco Carnevale (*ASL Firenze*), Stefano Casciardi (*ISPESL*), Giuseppe Castellet y Ballarà (*INAIL*), Franco Cavalli (*ASL Chiavari GE*), Fulvio Cavariani (*ASL Viterbo*), Marta Clemente *(INAIL*), Paolo Clerici (*INAIL*), Pietro Comba (*ISS),* Cinzia Delucis (*USL 2 Lucca*), Marcello De Rossi (*ASL Viterbo*), Paola Di Prospero (*ISS*), Gianluigi Discalzi (*Univer.Torino*), Carla Fanizza (*ISPESL*), Marcello Ferdinandi (*ISS*), Francesco Forastiere (*ASL Roma*),Gabriele Fornaciai (*ARPAT*), Bice Fubini (*Univer. Torino*), Walter Gaiani (*ASL Modena*), Angelo Giovanazzi (*APSS Trento, coordinatore NIS*), Emma Incocciati (*INAIL*), Andrea Innocenti (*ASL Pistoia*), Luigi Iori (*ARPA R. Emilia*), Pietro La Pegna (*INAIL*), Lamberto Lastrucci (*USL 12 Versilia*), Rita Leonori (*ASL Viterbo*), Anna Maria Loi (*USL 6 Livorno*), Massimo Magnani (*AUSL R. Emilia*), Achille Marconi (*ISS*), Teresa Marras (*Med. del Lav. Sassari*), Stefano Massera (*INAIL*), Antonio Massola (*Fondaz. Maugeri*), Massimo Menegozzo (*Ist. Med. del Lav. Napoli*), Franco Merlo (*IST Genova*), Massimo Nesti (*ISPESL*), Adriano Ossicini *(INAIL*), Giuseppe Pecchini (*ARPA ER*), Augusto Quercia (*ASL Viterbo*), Paolo Ravalli (*USL 7 Ragusa*), Oriana Rossi (*USL 6 Livorno*), Diego Rughi (*INAIL*), Carlo Sala (*ARPA Milano*), Giuseppina Scancarello (*USL 7 Siena*), Stefano Silvestri (*CSPO Firenze*), Giuseppe Spagnoli *(ISPESL*), Donatella Talini (*USL Pisa*), Benedetto Terracini (*Univer. Torino*), Pieralberto Trentini (*APSS Trento*), Lucia Turini (*USL 5 Pisa*), Uberto Verdel (*INAIL*), Marco Vincentini (*Lab. San. Pub. Toscana Nord*), Franco Zanin (*ASSL 6 Vicenza*), Giovanni Alfredo Zapponi (*ISS*), Carlo Zecchi *(INAIL*).

Essi hanno individuato cinque aree tematiche prioritarie e costituito quindi altrettanti gruppi di lavoro.

***1. Gruppo normativa***
La valutazione della SLC da parte della IARC per i suoi effetti cancerogeni sull'uomo ha sollevato una serie di interrogativi sull'applicazione delle normative europee e nazionali sia nel settore commerciale che nel settore degli ambienti di lavoro. L'obiettivo di questo gruppo è stato quindi quello di analizzare le norme che regolano i settori di produzione uso e smaltimento delle sostanze pericolose e dei prodotti che le contengono.
In assenza di una classificazione ufficiale armonizzata in ambito europeo, innanzitutto si è ritenuto che la classificazione provvisoria da adottare, da parte dei responsabili dell'immissione sul mercato, per i materiali contenenti frazioni di silice cristallina libera respirabile debba riflettere, almeno per quelli commercializzati sotto forma di polveri, quanto meno i rischi per la salute relativi al potere silicotigeno come pure quelli relativi al potere cancerogeno. La conseguente etichettatura di pericolo comporta l`apposizione del simbolo di Tossico con il teschio e le tibie incrociate e le frasi di rischio R 48/23 e R 49 con i relativi consigli di prudenza (frasi S).
E' emersa inoltre l`opportunità di segnalare la necessità di inserimento delle lavorazioni che possono esporre a silice cristallina libera nell`elenco di cui all`allegato VIII di cui all'art. 72, comma 2, lettera a) del D.Lgs. 626/94, mediante Decreto del Ministero del Lavoro e delle Politiche sociali e del Ministero della Salute.
Si sono quindi definite le proposte di linee guida per la compilazione della scheda di sicurezza (SDS) per la silice libera cristallina ed i preparati che la contengono.(1)

***2. Gruppo epidemiologia***
Il gruppo si è posto la finalità di rivedere criticamente l'associazione tra esposizione a polveri di silice e insorgenza di patologie avverse. Ha quindi esaminato la letteratura scientifica epidemiologica alla base delle decisioni della IARC del 1987 e alla base della successiva definizione del 1997. Ha quindi preso in esame gli studi più recenti successivi alla decisione dello IARC in merito alla cancerogenicità per l'uomo contenuti nella propria monografia n. 68. Ha quindi dedotto le conclusioni aggiornate in tema di cancerogenesi professionale per gli esposti a SLC. Il gruppo di lavoro ha quindi fornito indicazioni in tema di sorveglianza epidemiologica di lavoratori esposti ed ex esposti a SLC, prospettando in particolare la necessità di promuovere una ricerca attiva dei casi di patologie correlate a livello nazionale.(2)

***3. Gruppo repertorio rischio silice nei comparti***
Il lavoro del gruppo ha avuto il compito di proporre una ricerca a livello nazionale delle situazioni e dei livelli di rischio occupazionale tramite la definizione di un sistema informativo per la

raccolta e la elaborazione dei dati di campionamento e di analisi. Per questo il gruppo ha proposto un metodo di rilevazione, di inquadramento e di classificazione delle mansioni, dei settori produttivi e delle fasi lavorative al fine di gestire un archivio dati a livello nazionale.
Ora si tratterebbe di dare attuazione a livello interregionale della raccolta delle informazioni proposte per la rilevazione delle situazioni di rischio occupazionale.(4)

***4. Gruppo igiene industriale***
Il gruppo si è proposto di riesaminare i principali aspetti tecnici e d'igiene industriale (conoscenza del rischio, valutazione dell'esposizione, metodiche di prelievo e di analisi). In considerazione delle numerose problematiche ancora presenti (tra cui le carenze di standardizzazione concordemente praticata nella misura del rischio ambientale, la mancata distribuzione di una rete di strutture tecniche esperte nella valutazione del rischio e di un circuito di laboratori affidabili), si è inteso formulare proposte di linee guida condivise sulle metodiche di campionamento, che tengano conto della necessità di un adeguato controllo di qualità. (3)
Si è quindi definita la procedura per eseguire il campionamento, nonché quella per l'analisi di determinazione della SLC su filtro. Si sono definiti i metodi di valutazione dei risultati e quelli di determinazione della SLC dei materiali in massa.
Si è manifestato quindi l'interesse ad una continuità dell'attività del NIS anche dopo l'elaborazione delle Linee guida per la sperimentazione delle metodologia qui proposte all'interno della rete di laboratori e delle strutture interessate.

***5. Gruppo sorveglianza sanitaria***
Il gruppo di lavoro ha elaborato un documento in tema di problemi e prospettive inerenti gli accertamenti diagnostici e i criteri di sorveglianza sanitaria sugli esposti a silice. Ha esaminato i presupposti normativi e le relative criticità da superare, ha valutato le nuove acquisizioni scientifiche sui rischi e i danni legati alla SLC, ha approfondito il tema delle nuove possibilità diagnostiche, ha studiato i protocolli di sorveglianza sanitaria dei vari quadri patologici possibili, ha valutato le peculiarità del riconoscimento assicurativo, nonché gli strumenti di raccolta dei dati per un sistema informativo sugli esposti ed ex esposti a silice libera cristallina.
La fase che ora si apre è quella di una sperimentazione delle linee d'indirizzo proposte.(5)

**Considerazioni**
Si è partiti quindi dalla considerazione che nel 1997 la IARC, sulla base dell'evidenza scientifica resasi disponibile, successivamente alla pubblicazione della monografia del 1987, concludeva che *"la silice cristallina inalata nella forma di quarzo o cristobalide in ambienti occupazionali è cancerogena per l'uomo"*.
Specificatamente la IARC rilevava che gli studi condotti su ***popolazioni di lavoratori*** negli Stati Uniti (Steenland, 1995, Costello, 1995, 1988; Checkoway, 1993, 1996), in Italia (Puntoni, 1988; Merlo, 1991), nel Regno Unito (Cherry, 1995, 1997; McDonald, 1995, 1997; Burgess, 1997) ed in Cina (Dong, 1995, McLaughlin, 1992) ed in coorti di silicotici identificate negli USA (Amandus, 1991, 1992) ed in Finlandia (Kurppa, 1986; Partanen, 1994) contribuivano a fornire, al di là di possibili effetti attribuibili a fattori di confondimento, un'evidenza dell'associazione tra silice cristallina e cancro polmonare.
Gli studi condotti sui ***lavoratori esposti*** riportavano un rischio di cancro polmonare che tendeva ad aumentare con l'esposizione cumulativa a silice cristallina (Checkoway, 1993, 1996), la durata cumulativa dell'esposizione (Costello, 1988; Merlo, 1991; Partanen, 1994; Costello, 1995; Dong, 1995), con picchi di intensità di esposizione (Burges, 1997; Cherry, 1995; McDonald, 1997), mentre quelli condotti in coorti di silicotici mostravano incrementi di rischio in presenza di silicosi definita radiograficamente (Amandus, 1992; Dong, 1995) e con l'aumentare della durata del floow-up dalla diagnosi di silicosi (Partanen, 1994).
La conclusione dell'Agenzia riflette il fatto che le associazioni osservate nei numerosi studi considerati (nonostante gli studi negativi) e le evidenti relazioni di tipo dose-risposta sono difficilmente attribuibili a fattori confondenti o ad altri intrinseci agli studi e che quindi, nel loro complesso, gli studi pubblicati forniscono un'evidenza scientifica che è a favore del nesso di causalità tra esposizione a silice cristallina (quarzo e cristobalite) e l'incremento del rischio di cancro polmonare.(2)
La IARC concludeva quindi: "la silice cristallina inalata nelle forme quarzo o cristobalite da fonti occupazionali è cancerogena per l'uomo (*Gruppo 1)" pur specificando che "la cancerogenicità non è stata rilevata in tutte le realtà industriali esaminate"*.
Nei paragrafi precedenti infatti precisa che *"la storia meccanica, termica e chimica delle particelle di silice determina le sue proprietà superficiali e la presenza e l'abbondanza di varie funzionalità della superficie. La reattività di superficie varia tra i campioni aventi provenienze diverse. Il riscaldamento trasforma le superfici idrofile in idrofobe. In particolare superfici fratturate di fresco sono più reattive di quelle attempate."*

La IARC basa le sue conclusioni sull'esame dei dati epidemiologici occupazionali e degli studi su animali. Nel primo caso sostiene che i risultati delle indagini epidemiologiche giustificano la stima di rischio incrementato di tumore polmonare in conseguenza dell'inalazione di quarzo e cristobalite in conseguenza dell'esposizione occupazionale.
Le prove su animali sono state eseguite in vivo ed in vitro, utilizzando la *frazione respirabile* di campioni di quarzo ed anche di cristobalite. La cancerogenesi polmonare nei ratti è attribuita a marcate persistenti infiammazioni e proliferazione cellulare, piuttosto che a meccanismo genotossici o all'azione degli ossidanti della superficie generata di silice cristallina libera; tali meccanismi, sostiene la IARC, anche se non possono essere esclusi, hanno un'evidenza non convincente.
E' importante notare che l'*evidenza sufficiente* della cancerogenicità del quarzo e della cristobalite negli animali sperimentali, come indicata dalla IARC, si riferisce a questi agenti come tali, indipendentemente dalla sorgente o altre condizioni, e quindi è in termini di proprietà intrinseca.
La valutazione degli esperimenti su animali è:
"*sufficiente evidenza di carcinogenicità* per il quarzo e la cristobalite"
"*limitata evidenza* di carcinogenicità per la tridimite".
Nel giudizio sintetico finale la IARC sottolinea nettamente l'origine occupazionale del rischio, questo approccio sembra appropriato sia per il "peso" di tali dati sia per il fatto che generalmente nell'esposizione occupazionale la frazione respirabile della silice cristallina libera ha maggiore incidenza, per la presenza di macchine e attrezzi atti a generarla, per le quantità importanti e le fratture recenti, sia per la persistenza della frazione stessa (microdimensioni, vicinanza delle sorgenti, ambienti spesso chiusi, movimento di macchine e veicoli), sia per la durata ed il livello dell'esposizione.
La IARC tuttavia notava che la cancerogenicità della silice cristallina non veniva rilevata in tutte le condizioni di esposizione industriale studiate e che ciò poteva dipendere dalle caratteristiche fisiche specifiche di una data polvere di silice e/o fattori esterni che possono determinare la sua attività biologica o la distribuzione dei suoi polimorfi.

A questo giudizio fecero seguito lavori sperimentali programmati per indagare quali fossero le cause della variabilità della patogenicità delle silici (Donaldson, 1998; Elias, 2000; Fubini, 1998, 2003; Cakmak, 2003; Bruch, 2003; Seiler, 2004).
L'insieme degli **studi successivi alla valutazione IARC del 1997**, conferma la valutazione espressa dall'Agenzia Internazionale per la ricerca sul Cancro. In particolare, il peso dell'evidenza di effetti di tipo dose-risposta riportati dagli studi condotti tra gli addetti alla produzione di sabbie silicee in USA (Hughes et al, 2001, Steenland & Sanderson, 2001), tra i lavoratori delle fonderie in Germania (Westberg, 2003) e dalle analisi sistematiche della letteratura epidemiologica (Rice, 2001; Steenland, 2001) e l'evidenza del marginale ruolo del fumo di sigaretta (Bruske-Hohlfeld, 2000, Steenland, 2000, Steenland, 2004) quale confondente delle associazioni osservate aggiungono evidenza scientifica al nesso di causalità riconosciuto dalla IARC nel 1997.
Le evidenze epidemiologiche accumulatesi a tutt'oggi non permettono peraltro di identificare le tipologie professionali/settori industriali dove, in base alle caratteristiche fisiche specifiche delle polveri di silice cristallina, la distribuzione dei suoi polimorfi e/o fattori esterni che possono influenzarne l'attività biologica, si verificherebbero condizioni di esposizione a silice cristallina che non rappresentano un rischio cancerogeno per i lavoratori esposti.
Va qui ricordato anche che la **CCTN (Commissione consultiva tossicologica nazionale)** ha approvato la classificazione della silice cristallina libera in *Lista cancerogeni* nella seduta del 5 giugno 2001 con le allocazioni di cancerogenesi 1° e mutagenesi 3°, sostenendo che l'esposizione alla silice cristallina libera sia cancerogena per l'uomo.
"Questa valutazione, è principalmente basata sui numerosi studi epidemiologici disponibili al momento attuale (ed in particolare su quelli con confronti interni basati su indici quantitativi di esposizione che dimostrano una chiara relazione dose-risposta). Sono stati inoltre considerati nel loro insieme anche i dati sperimentali, che dimostrano una evidenza sufficiente di cancerogenesi (nel ratto con bersaglio polmone) ed una evidenza di mutagenicità in vivo."

Tale classificazione, approvata all'unanimità, è presente nel verbale della seduta del 5 giugno 2001 ed è contenuta nel verbale della seduta *"Resoconto dell'attività svolta dalla commissione Consultiva Tossicologica Nazionale nel 2001".*
Vanno considerate inoltre valutazioni di altri autorevoli **Enti**/**Agenzie**/**Comitati internazionali**, quali:

- ***L'American Thoracic Society*** (***ATS***), nel 1997, descrive, tra gli effetti avversi della silice cristallina, il tumore polmonare.

- L'Ente Tedesco competente per la normazione dell'esposizione, il ***Deutsche Forshungsgemeinschaft (DFG***) (1999) classifica *quarzo, cristobalite e trimidite nella categoria 1 di cancerogenicità ("substances that have been shown to produce cancer in humans")*.

- Il ***Concise International Chemical Assessment Document (CICAD***) n. 24, "*Crystalline silica,quartz*", sotto l'egida della OMS [1] (WHO), del Programma Ambientale delle Nazioni Unite (UNEP) [2] e dell'ILO [3], Ginevra 2000; esegue una accurata Revew critica degli studi di cancerogenicità del quarzo, riportando anche la ICSC 0808 di seguito menzionata.

- In relazione ai criteri per la definizione delle esposizioni tollerabili e dei valori guida per il quarzo, l'OMS (WHO, 2000) specifica che *non si può assumere che vi sia una soglia di effetto, ovvero una* ***concentrazione tollerabile ("Tolerable Concentration TC"), alla quale l'esposizione non comporti l'insorgenza di silicosi e/o di tumori polmonari*** e che pertanto l'**esposizione debba essere ridotta al minimo possibile** (OMS-WHO, 2000, Paragrafo 11.1.2: "Criteria for setting tolerable intakes or guidance values for quartz").
Può essere utile osservare che in modo del tutto analogo l'OMS, nelle Linee Guida per la Qualità dell'Aria (WHO, 2000a), esclude la possibilità di indicare Valori di Linea Guida (equivalenti a concentrazioni tollerabili, TC) per varie sostanze cancerogene esaminate e per il particolato fine ($PM_{10}$, $PM_{2.5}$), nel quale ultimo rientra peraltro anche la frazione respirabile della silice cristallina.

La ***Scheda Internazionale di Sicurezza Chimica*** (International Chemical Safety Card -ICSC 0808) curata da ILO e CIS [4] riporta la dizione: "Effetti dell'esposizione a lungo-termine o ripetuta: La sostanza può avere effetti sui polmoni, esitando in fibrosi (silicosi). Questa sostanza è cancerogena per l'uomo".

- Il ***National Toxicology Program*** (NTP –USA, 2002), classifica la silice cristallina (frazione respirabile) come "noto per essere cancerogeno per l'uomo".

- Il ***NIOSH*** statunitense che nel Report dell'aprile 2002 concorda con le conclusioni della IARC e ricorda di aver raccomandato già nel 1989 (54 Fed. Reg. 2521) all'OSHA di etichettare la silice cristallina come un potenziale cancerogeno.

**Conclusioni**
Tutto ciò considerato, il Network Italiano Silice,
***preso atto*** del fatto che il peso dell'evidenza di effetti dose - risposta, in base dai dati recenti della letteratura, hanno aggiunto evidenza scientifica alle decisioni dello IARC nel 1997,
***tenuto conto*** delle espressioni di pareri, in coerente analogia con lo IARC, emanati da altri autorevoli Agenzie ed istituzioni nazionali ed internazionali,
***valuta*** come "cancerogene le lavorazioni che possono esporre alla inalazione, nella frazione respirabile, di silice libera cristallina".
Ciò comporta la necessità di:
- un coerente adeguamento in sede di classificazione provvisoria per i materiali contenenti frazioni di SLC (come descritto nell' allegato documento in tema di normativa);
- una proposta d'inserimento delle lavorazioni che possono esporre all'inalazione di SLC respirabile nell'allegato 8° di cui all'art. 72, comma 2, lettera a) del D.Lgs. 626/94;
- una applicazione per tali lavorazioni del titolo VII del D.Lgs. 626/94, in primis per le finalità connesse con gli obiettivi di prevenzione primaria, con i dettati normativi di valutazione dei rischi e con l'obbligatorietà della sorveglianza sanitaria.
Ciò valutato i cinque gruppi di lavoro del N.I.S. hanno quindi assunto queste conclusioni come premessa per i propri elaborati.

**1** Organisation mondiale de la santé
**2** United Nations Environment Programme
**3** International labour organisation
**4** International Occupational Safety and Health Information Centre

***Allegati***

In allegato vengono posti i documenti preparatori delle successive Linee guida per l'esposizione professionale a SLC. Tali elaborati, resi pubblici al fine di raccogliere osservazioni e valutazioni da parte degli interessati, sono opera dei seguenti **gruppi di lavoro del NIS:**

***1. Normativa 2. Epidemiologia 3. Repertorio 4. Igiene industriale 5. Sorveglianza sanitaria.***

**Bibliografia**

***International Agency for Research on Cancer*** – IARC (1997): "Silica, some silicates, coal dust and para-Aramid Fibrils", IARC Monograph Vol. 68, IARC, Lyon.

***American thoracic society*** (ats) Adverse effects of crystalline silica exposure, American journal of respiratory and critical care medicine, (July 1997) 155:761-765, American Thoracic Society Committee of the Scientific Assembly on Environmental and Occupational Health.

***International labour organization*** (ilo) Quartz, International Chemical Safety Cards (ICSC) 0808, (October 1997), International Occupational Safety and Health Information Centre (CIS).

***Deutsche Forschungsgemeinshaft*** – DFG, Press Release No. 34, 13 July 1999.

***OMS – WHO (2000)***: "Crystalline silica, quartz – Concise International Chemical Assessment Document n.24, WHO, Geneva.

***WHO, World Health Organization*** (WHO a, 2000): "Air Quality Guidelines for Europe", WHO, Geneva.

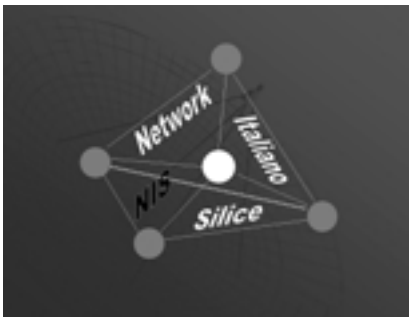
***National toxicology program (ntp) Silica, Crystalline (Respirable Size), (2000)***. Report on Carcinogens, Ninth Edition; U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.

***International programme on chemical safety (ipcs ) Crystalline silica, Quartz (CICAD 24, 2000***), Concise international chemical assessment documents (CICADs).

***Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale – CCTN*** (2001): Verbale. "Resoconto dell'attività svolta dalla ***Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale nel 2001***", Disponibile presso l'Istituto Superiore di Sanità.

***National Institute for Occupational Safety and Health – US NIOSH*** (2002): " Health effects of occupational exposure to respirable crystalline silica", DHHS (NIOSH) Publication No. 2002-129, http://www.cdc.gov/niosh/02-129A.html

***National Toxicology Program – US NTP, US Dept. of Health and Human Services*** (Dec. 2002): "Carcinogens listed in the Tenth Report, Part A, Known to be human carcinogens", http://ehp.niesh.nih.gov/roc/tenth/known.pdf




1

# CONSIDERAZIONI IN TEMA DI NORMATIVA

**Gruppo di lavoro NIS**
**Normativa**
*Componenti*
*Paola di Prospero*, Anna Balletta, Francesco Carnevale, Giuseppe Castellet y Ballarà, Walter Gaiani, Rita Leonori, Achille Marconi, Angelo Giovanazzi

**SOMMARIO**


1. **La silice cristallina libera**
2. **Il profilo di rischio**
   *2.1. Classificazione di quarzo e tridimite immesse sul mercato*
   *2.2. Proposta di classificazione di pericolo della silice cristallina libera*
   *2.3. Proposta di inserimento in Allegato VIII al D.Lgs. 626/94 e succ. mod. delle lavorazioni che espongono a silice cristallina libera*
3. **Applicazione delle misure di tutela sul lavoro del D.Lgs. 626/94**
   *3.1. La valutazione dei rischi*
4. **Linea guida per la compilazione della SDS (scheda informativa in materia di sicurezza) per la silice cristallina libera e i preparati che la contengono**
   - scheda di sicurezza
   - Allegato A – silice libera nei materiali naturali ed artificiali
5. **Riferimenti normativi e scientifici**

## 1. La silice cristallina libera

La silice cristallina libera di origine inorganica è largamente presente nella crosta terrestre, dei vari polimorfi quarzo, cristobalite, tridimite sono i tre solitamente considerati. Il quarzo è senza dubbio la varietà di gran lunga più diffusa, la cristobalite e la tridimite si possono trovare nelle rocce di origine vulcanica, di questi ultime due la tridimite è il minerale meno diffuso. La silice amorfa si trova naturalmente nei sedimenti di origine organica (terre di diatomee) o può essere prodotta artificialmente. Consultando il diagramma di stato P/T della silice cristallina si nota che a pressione ambiente alle basse temperature è stabile il quarzo che si trasforma nelle altre forme secondo la sequenza: quarzo $\alpha$ (573°C) ⟶ quarzo $\beta$ (870°C) tridimite (1470°C) ⟶ cristobalite; la trasformazione da quarzo a cristobalite avviene a temperatura di poco inferiore agli 800°C. per le terre di diatomee.
Sia per le varietà cristalline sia per quelle amorfe sono stati stabiliti dalla A.C.G.I.H. dei valori limite di esposizione professionale; ciò significa che esiste un rischio professionale nell'impiego di tutte queste sostanze, per le varietà cristalline in particolare sono segnalati i rischi maggiori.

## 2. Il profilo di rischio

### *2.1. Classificazione di quarzo e tridimite immesse sul mercato*

Il settore dell'imballaggio, classificazione ed etichettatura delle sostanze pericolose è regolamentato dal D. Lgs n. 52 del 3 febbraio 1997 e relativi aggiornamenti e rettifiche.
Le sostanze immesse sul mercato devono risultare imballate, classificate ed etichettate secondo quanto riportato dalla lista ufficiale delle sostanze classificate come pericolose, cioè l'allegato I alla direttiva di base 67/548/CE nella forma più aggiornata che tiene conto dei successivi adeguamenti al progresso tecnico, così come risultano dai relativi decreti di recepimento nell'ordinamento legislativo nazionale.
La silice cristallina libera non è presente nell'allegato I, e ricade quindi attualmente in regime di autoclassificazione all'atto della commercializzazione.
Il D.Lgs 52/97 prevede all'art 6 l'obbligo di ricerca: "*I fabbricanti, gli importatori e i distributori di sostanze pericolose che non figurano ancora nell'allegato I, ma sono incluse nell'EINECS sono obbligati ad effettuare idonee ricerche per conoscere i dati pertinenti ed accessibili esistenti per quanto riguarda le proprietà di tali sostanze*".
Ci si riferisce in questo caso a ricerche non sperimentali, bensì ai dati di letteratura e in questa ottica non si possono certo ignorare le valutazioni effettuate da gruppi di lavoro e organismi internazionali quali la IARC (*International Agency for Research on Cancer*) e la CCTN (*Commissione Consultiva Tossicologica nazionale*), che si basano sui numerosi studi epidemiologici oltre a dati di cancerogenesi e mutagenesi derivanti dalla sperimentazione animale disponibili per questa sostanza.
La CCTN ha approvato la classificazione della silice cristallina libera in *Lista cancerogeni* nella seduta del 5 giugno 2001 con la allocazione di cancerogenesi 1 e mutagenesi 3a, sostenendo che l'esposizione alla silice cristallina libera sia cancerogena per l'uomo.
"Questa valutazione, è principalmente basata sui numerosi studi epidemiologici disponibili al momento attuale (ed in particolare su quelli con confronti interni basati su indici quantitativi di esposizione che dimostrano una chiara relazione dose-risposta). Sono stati inoltre considerati nel loro insieme anche i dati sperimentali, che dimostrano una evidenza sufficiente di cancerogenesi (nel ratto con bersaglio polmone) ed una evidenza di mutagenicità in vivo."
Tale classificazione, approvata all'unanimità, è presente nel verbale della seduta del 5 giugno 2001 anche se il Documento, contenente il verbale della seduta "*Resoconto dell'attività svolta dalla* ***commissione Consultiva Tossicologica Nazionale*** *nel 2001*", non è stato ancora stampato.
Nella "Overall Evaluation" della propria monografia, vol. 68 (1997), lo IARC conclude: "la silice cristallina inalata nelle nelle forme quarzo o cristobalite da fonti occupazionali è carcinogena per l'uomo (Gruppo 1)" pur specificando che "*la cancerogenicità non è stata rilevata in tutte le realtà industriali esaminate*". Nei paragrafi precedenti infatti precisa che "*la storia meccanica, termica e chimica delle particelle di silice determina le sue proprietà superficiali e la presenza e l'abbondanza di varie funzionalità della superficie. La reattività di superficie varia tra i campioni aventi provenienze diverse. Il riscaldamento trasforma le superfici idrofile in idrofobe. In particolare superfici fratturate di fresco sono più reattive di quelle attempate.*"
Lo IARC basa le sue conclusioni sull'esame dei dati epidemiologici occupazionali e degli studi su animali. Nel primo caso sostiene che i risultati delle indagine epidemiologica giustificano la stima di rischio incrementato di tumore polmonare in conseguenza dell'inalazione di quarzo e cristobalite in conseguenza dell'esposizione occupazionale.
Le prove su animali sono state eseguite in vivo ed in vitro, utilizzando la *frazione respirabile* di campioni di quarzo ed anche di cristobalite. La cancerogenesi polmonare nei ratti è attribuita a marcate persistenti infiammazione e proliferazione cellulare, piuttosto che a meccanismi genotossici o all'azione degli ossidanti della superficie generata di silice cristallina libera; tali meccanismi, sostiene lo IARC, anche se non possono essere esclusi, hanno un'evidenza non convincente.
La valutazione degli esperimenti su animali è:
"sufficiente evidenza di carcinogenicità per il quarzo e la cristobalite";
"limitata evidenza di carcinogenicità per la tridimite".
Nel giudizio sintetico finale lo IARC sottolinea nettamente l'origine occupazionale del rischio, questo approccio sembra appropriato sia per il "peso" di tali dati sia per il fatto che generalmente nell'esposizione occupazionale la frazione respirabile della silice cristallina libera ha maggiore incidenza, per la presenza di macchine e attrezzi atti a generarla, per le quantità importanti e le fratture recenti, sia per la persistenza della frazione stessa (microdimensioni, vicinanza delle sorgenti, ambienti spesso chiusi, movimento di macchine e veicoli), sia per la durata ed il livello dell'esposizione.
*Queste considerazioni ulteriormente inducono a considerare prioritaria l'associazione meccanismo cancerogeno – attività industriale.*
Vi sono inoltre valutazioni di **altri Enti**/**Agenzie**/**Comitati**, quali:

- Il *Concise International Chemical Assessment Document* (CICAD) n. 24, "Crystalline silica, quartz", sotto l'egida della OMS [5] (WHO) , del Programma Ambientale delle Nazioni Unite (UNEP) [6] e dell'ILO [7], Ginevra 2000; esegue una accurata Revew critica degli studi di cancerogenicità del quarzo, riportando anche la ICSC 0808 di seguito menzionata.
- la *Scheda Internazionale di Sicurezza Chimica* (International Chemical Safety Card -ICSC 0808) curata da ILO e CIS [8]

**5** Organisation mondiale de la santé
**6** United Nations Environment Programme
**7** International labour organisation
**8** International Occupational Safety and Health Information Centre

riporta la dizione: “Effetti dell’esposizione a lungo-termine o ripetuta: La sostanza può avere effetti sui polmoni, esitando in fibrosi (silicosi). Questa sostanza è cancerogena per l’uomo”.

- Il *National Toxicology Program* (NTP -USA), nel9° Rapporto del sottocomitato per i cancerogeni (2000) si riporta la dizione “ noto per essere cancerogeno per l’uomo”.

Peraltro, come evidenziato nell’elaborato del gruppo “epidemiologia” del NIS, “l’insieme degli **studi successivi alla valutazione IARC del 1997**, conferma la valutazione espressa dall’Agenzia Internazionale per la ricerca sul Cancro. In particolare, il peso dell’evidenza di effetti di tipo dose-risposta riportati dagli studi condotti tra gli addetti alla produzione di sabbie silicee in USA (Hughes et al, 2001, Steenland & Sanderson, 2001), tra i lavoratori delle fonderie in Germania (Westberg, 2003) e dalle analisi sistematiche della letteratura epidemiologica (Rice, 2001; Steenland, 2001) e l’evidenza del marginale ruolo del fumo di sigaretta (Bruske-Hohlfeld, 2000, Steenland, 2000, Steenland, 2004) quale confondente delle associazioni osservate aggiungono evidenza scientifica al nesso di causalità riconosciuto dalla IARC nel 1997” .

In base a tutte queste valutazioni l’esposizione per via inalatoria a silice cristallina libera dovrebbe essere ritenuta cancerogena per l’uomo nelle realtà lavorative.

### *2.2 Proposta di classificazione di pericolo della silice cristallina libera*

Emerge la necessità che il gruppo di esperti europeo valuti la silice cristallina libera al fine di stabilire una classificazione comunitaria armonizzata per la sostanza quando viene immessa sul mercato, tenendo conto delle particolari caratteristiche intrinseche della silice suddetta.
Le tematiche relative alla classificazione di sostanze solide inalabili sotto forma di polveri o di sostanze liquide inalabili sotto forma di aerosol, che agiscono con effetti localizzati sul tratto respiratorio, sono oggetto di discussione già da tempo presso il gruppo di esperti europeo.
Quando la frazione respirabile, toracica o inalabile delle particelle risulta rilevante dal punto di vista tossicologico, é importante considerare la correlazione fra la grandezza delle particelle nelle normali condizioni di manipolazione ed uso e le condizioni in cui sono stati prodotti i dati di tossicità provenienti dai saggi sugli animali di laboratorio come pure i dati epidemiologici relativi all’uomo.
La classificazione, ai fini dell’immissione sul mercato, dovrebbe essere correlata a valori dimensionali delle particelle tossicologicamente discriminanti, prevedendo criteri ad hoc per applicare e modulare la normativa di classificazione dei preparati contenenti silice cristallina libera prevedendo, quando ritenuto necessario, anche l’esenzione dalla classificazione e/o dalla etichettatura.

In assenza di una classificazione ufficiale armonizzata in ambito europeo, si ritiene che la classificazione provvisoria da adottare, da parte dei responsabili dell’immissione sul mercato, per i materiali contenenti frazioni di silice cristallina libera respirabile debba riflettere, almeno per quelli commercializzati sotto forma di polveri, quanto meno i rischi per la salute relativi al potere silicotigeno come pure quelli relativi al potere cancerogeno. La conseguente etichettatura di pericolo comporta l’apposizione del simbolo di Tossico con il teschio e le tibie incrociate e le frasi di rischio R48/23 e R49 con i relativi consigli di prudenza (frasi S)

### *2.3 Proposta di inserimento in Allegato VIII al Decreto 626/94 e succ. mod. delle lavorazioni che espongono a silice cristallina libera*

La prevenzione e protezione da agenti chimici pericolosi prevede l’applicazione agli agenti cancerogeni e mutageni del D.Lgs. 626/94 Titolo VII, così come modificato dal D.Lgs. 66/00 e, per quanto ivi non specificato, del Titolo VII-bis, come strutturato dal D.Lgs 25/02, il quale si applica a tutti gli agenti chimici.
All’art 3 del D.Lgs 66/00 un agente cancerogeno è così definito:
*1) una sostanza che risponde ai criteri relativi alla classificazione quali categorie cancerogene 1 o 2, stabiliti ai sensi del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, e successive modificazioni;*
*2) un preparato contenente una o più sostanze di cui al punto 1), quando la concentrazione di una o più delle singole sostanze risponde ai requisiti relativi ai limiti di concentrazione per la classificazione di un preparato nelle categorie cancerogene 1 o 2 in base ai criteri stabiliti dai decreti legislativi 3 febbraio 1997, n.52, e 16 luglio 1998, n. 285 (sostituito dal D.Lgs 65 del 14 marzo 2003)*
*3) una sostanza, un preparato o un processo di cui all’allegato VIII, nonché una sostanza od un preparato emessi durante un processo previsto dall’allegato VIII.*
Secondo le indicazioni del NIS la definizione di “agente cancerogeno” si applica alle lavorazioni che possono comportare esposizione a silice cristallina libera nella frazione respirabile. Un elenco non esaustivo di materiali che possono comportare tale esposizione è riportato nell’**allegato A**.
Emerge inoltre l’opportunità di segnalare la necessità di inserimento delle lavorazioni che possono esporre a silice cristallina

| | **Frasi di rischio** | **Simbolo** |
|---|---|---|
| R49 | Può provocare il cancro per inalazione | **Tossico** |
| **R 48/23** | **Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione.** | |
| | **Consigli di prudenza** | |
| S 22 | Non respirare le polveri | |
| S 38 | In caso di ventilazione insufficiente, usare un apparecchio respiratorio adatto | |
| S 46 | In caso di incidente o di malessere consultare immediatamente il medico (se possibile, mostrargli l’etichetta) | |

libera nell'elenco di cui all'allegato VIII al D. Lgs 66/00 mediante Decreto del Ministero del Lavoro e delle Politiche sociali e del Ministero della Salute.

## 3. Applicazione delle misure di tutela sul lavoro del D.lgs. 626/94

Questo argomento afferisce essenzialmente al D.Lgs. 626/94 e al Testo Unico in materia di sicurezza ed igiene sul lavoro attualmente in gestazione, tuttavia l'applicazione degli obblighi relativi trova strumenti fondamentali negli elaborati dei Gruppi del NIS.
Da sottolineare inoltre il fatto che le soluzioni tecniche collettive ed anche in parte quelle individuali sono ampiamente condizionate dalle caratteristiche delle diverse lavorazioni.
A parte le specifiche misure del Titolo VII il campo d'applicazione del D.Lgs. 25/02 risulta comunque molto ampio perché considera gli agenti chimici presenti durante il lavoro a qualunque titolo (nell'impiego, nel deposito, nel trasporto, ecc…) o, per qualunque motivo, tanto volontario quanto indesiderato, derivanti da un'attività lavorativa.
Secondo l'art. 72-ter del D.Lgs. 626/94 le proprietà chimico-fisiche o tossicologiche non definiscono da sole i rischi associati alla presenza di un agente chimico sul luogo di lavoro, ma esse devono essere considerate insieme alle modalità di utilizzo e alla presenza sul luogo di lavoro dell'agente stesso.
Per individuare la presenza di silice cristallina libera quando essa non è impiegata direttamente come materia prima, ma si sviluppa durante un processo lavorativo, è *necessaria una analisi approfondita dei cicli lavorativi, delle macchine e attrezzature che possono implicare emissioni di polveri respirabili di silice cristallina libera, dei preparati impiegati e dei materiali lavorati*.
Possono risultare utili a tale riguardo le informazioni contenute nelle SDS delle sostanze e dei preparati, impiegati nelle lavorazioni considerate. La SDS è infatti uno strumento fondamentale per l'utilizzatore nella valutazione del rischio richiesta dalla applicazione del D.Lgs. 25/02.
Vale infatti per tutte le sostanze e i preparati quanto previsto dal comma 4. dell'art. 72-quater del D.Lgs. 25/02: fatti salvi gli obblighi di fornire la SDS "*il fornitore od il produttore di agenti chimici pericolosi è tenuto a fornire al datore di lavoro acquirente tutte le ulteriori informazioni necessarie per la completa valutazione del rischio*".
Si pone cioè l'accento sulla responsabilità delle informazioni, contenute nelle schede di sicurezza che accompagnano i prodotti chimici, diffuse dai responsabili dell'immissione sul mercato (fabbricante, importatore, distributore o fornitore), i quali devono essere in grado di stabilire se una sostanza o un preparato debba essere classificato cancerogeno e/o mutageno, inoltre devono informare l'utilizzatore anche dei rischi che si possono generare durante le fasi della lavorazione cui il prodotto è destinato. Gli stessi responsabili hanno l'obbligo di diffondere nella maniera più chiara possibile tale informazione.

### *3.1 La valutazione dei rischi*

**1.** Nella valutazione il datore di lavoro deve tener conto di diversi fattori relativi alla silice cristallina libera, in particolare di:

- la presenza sia come materia prima deliberatamente impiegata o contenuta nelle materie impiegate, sia come sostanza prodotta dalle lavorazioni come intermedio, prodotto finito o scarto. A questo fine, oltre alle informazioni dei fabbricanti e dei fornitori potrebbero essere molto utili le liste:
  - · delle lavorazioni a rischio silice cristallina libera
  - · delle materie prime contenenti silice cristallina libera
- le proprietà pericolose, desunte dalle informazioni rilasciate dal fabbricante o dal fornitore principalmente tramite la SDS e dalle altre fonti disponibili, come gli elaborarti dei Gruppi di lavoro del N.I.S. e le liste delle malattie di origine lavorativa presenti nel Decreto 27/4/04 del Ministero del lavoro e delle politiche sociali, che elenca le malattie per cui è obbligatoria la denuncia ai sen dell'art. 139 del D.P.R. 30/6/65 n. 1124 e succ. mod.
- il livello, il tipo e la durata dell'esposizione, tenendo conto se necessario anche dell'esposizione cutanea e delle mucose. In questo caso sono molto utili le *liste che riportano i dati disponibili, relativi all'esposizione nelle diverse lavorazioni*
- le circostanze in cui viene svolto il lavoro, con riferimento all'ambiente e ai locali di lavoro, al ciclo tecnologico, al trasporto e allo stoccaggio, le quantità coinvolte e le concentrazioni, la necessità di separazione delle lavorazioni. E' particolarmente interessante avere informazioni sulla distribuzione granulometrica, frazione respirabile compresa, dei materiali acquistati e degli intermedi di produzione [9]
- il valore limite di esposizione professionale, inteso come media ponderata nel tempo, nella zona di respirazione del lavoratore, in relazione al tempo di riferimento fissato. Non sono attualmente in vigore valori limite per la silice cristallina libera nei Decreti nazionali e nelle Direttive europee, sono disponibili tuttavia i valori stabiliti da Istituti di risonanza mondiale, particolarmente autorevoli ed esperti sullo specifico argomento: N.I.O.S.H., O.S.H.A., A.C.G.I.H. hanno espresso un TLV-TWA di 0,050 mg/m$^3$ per la frazione respirabile.
  Anche lo S.C.O.E.L., comitato scientifico europeo che elabora i valori limite di esposizione occupazionale ha indicato tale valore nella Raccomandazione per la silice cristallina libera (polvere respirabile) del Giugno 2002.(SCOEL/SUM 194 final)
  - · *gli effetti delle misure preventive adottate o adottabili*
  - · *le conclusioni tratte dalla sorveglianza sanitaria effettuata*

**2.** Devono essere puntualmente valutate anche le operazioni di manutenzione, che possono comportare esposizioni significative anche dopo l'adozione delle misure specifiche.

**3.** Le misure di natura collettiva, generali e specifiche, ed i D.P.I. (dispositivi di protezione individuale) valutati come necessari sulla base dei criteri indicati devono essere riportati nel documento di valutazione dei rischi.

**4.** Nelle lavorazioni della silice indicate come cancerogene il documento che riporta i risultati della valutazione è completato dalle seguenti informazioni:

- i motivi per cui si impiega la silice cristallina libera
- le indagini svolte per trovare dei sostituti e l'identificazione dei sostituti individuati
- la quantità di silice cristallina libera impiegata o prodotta
- il numero dei lavoratori esposti alla silice cristallina libera
- i risultati del monitoraggio relativo all'esposizione alla silice cristallina libera
- tutte le misure preventive e protettive applicate.

**9** Gli aerosol della frazione inalabile della silice cristallina sono molto persistenti, particolarmente al chiuso, dove possono diffondersi tra ambienti che comunicano anche in misura limitata. La concentrazione della suddetta frazione non è percepita dai sensi neppure in modo approssimato, Pertanto è particolarmente utile, sia per fissare le condizioni al momento della valutazione, sia per apprezzare in seguito i risultati di cambiamenti impiantistici o di composizione, acquisire i dati di distribuzione granulometrica (ed altri ritenuti necessari per ciascuna lavorazione) delle materie prime, della silice cristallina libera e dei semilavorati, per quanto tecnicamente possibile. Queste informazioni, opportunamente correlate alle composizioni, alle attrezzature impiegate, agli indicatori di efficienza dei controlli ingegneristici ed ai risultati del monitoraggio ambientale possono permettere di valutare più compiutamente ed anche rapidamente i risultati dei cambiamenti apportati conseguiti.

**5.** Il datore di lavoro aggiorna la valutazione:
- in occasione di cambiamenti significativi
- quando i risultati del monitoraggio ambientale lo rendono necessario
- quando i risultati della sorveglianza sanitaria ne indicano la necessità

**6.** Quando sono presenti altri agenti chimici pericolosi la valutazione si effettua in base ai rischi conseguenti alla combinazione di tutti gli agenti stessi.

**7.** Nel caso di un'attività che presente esposizione ad agenti chimici pericolosi la stessa può iniziare dopo aver effettuato la valutazione dei rischi ed avere adottato le misure di prevenzione conseguenti.

## 4. Linea guida per la compilazione della SDS (scheda informativa in materia di sicurezza) per la silice cristallina libera e i preparati che la contengono.

In base all'articolo 25 del Decreto Legislativo 3 febbraio 1997 n.52 il responsabile della immissione sul mercato una sostanza pericolosa o di un preparato pericoloso deve fornire gratuitamente, su supporto cartaceo o per via elettronica, al destinatario, una scheda informativa in materia di sicurezza in occasione o anteriormente alla prima fornitura; egli è tenuto altresì a trasmettere, ove sia venuto a conoscenza di ogni nuova informazione al riguardo una scheda aggiornata".
Una analisi di un certo numero di schede di sicurezza associate a prodotti presenti attualmente sul mercato ha evidenziato una notevole disomogeneità delle informazioni riportate dalle SDS allegate alla silice cristallina libera, e ai preparati che la contengono, qualora presenti.
Si ritiene quindi utile fornire suggerimenti per la loro compilazione ai sensi del Decreto del Ministro della Salute del 07/09/2002 come rettificato dal D.M. 12/12/2002.

***Indicazioni per la compilazione della SDS delle sostanze/preparati contenenti silice cristallina libera in forma polverulenta.***
Le presenti indicazioni sono state elaborate alla luce e nel rispetto della "Guida alla redazione della scheda informativa in materia di sicurezza" allegata al D.M. 7 settembre 2002 "Recepimento della direttiva 2001/58/CE riguardante le modalità della informazione su sostanze e preparati pericolosi immessi in commercio", alla quale si rimanda per quanto non specificamente trattato.
Si ricorda che nella compilazione della scheda di sicurezza per i preparati contenenti, si devono fornire le informazioni previste e le caratteristiche di pericolosità anche per tutte le altre sostanze che lo compongono. Ai fini della classificazione finale del preparato si applicano i "Metodi di valutazione dei pericoli per la salute " riportati nell'Allegato I del D.Lgs 14 marzo 2003 n.65.

**SCHEDA DI SICUREZZA**
data compilazione xx-xx-xxxx, revisione n°Y

*Sezione 1)* - "**Identificazione della sostanza/preparato e della società/impresa**"

**11. Identificazione della sostanza o preparato**
Il termine usato per l'identificazione deve essere identico a quello riportato sull'etichetta ai sensi dell'allegato VI del decreto del Ministro della sanità 28 aprile 1997 e successivi aggiornamenti. Possono essere anche indicati, se disponibili, altri sistemi di identificazione. Nel caso delle sostanze è opportuno che già il nome specifichi il più possibile il tipo di materiale, es."*sabbia di quarzo*","*quarzo ventilato*"

**1.2 Utilizzazione della sostanza/preparato**
Indicare gli usi previsti o raccomandati della sostanza o preparato nella misura in cui sono noti. Quando gli usi possibili sono molti, è sufficiente indicare quelli più importanti o più comuni o che riguardano un settore industriale quando il preparato è ad esso esclusivamente destinato. Indicare brevemente l'effettiva funzione del materiale, ad es:
- *componente di impasti e smalti ceramici, mattoni e fibre refrattarie, per azione del calore reagisce chimicamente con gli altri componenti per la formazione di silicati*
- *come carica o "smagrante" in smalti a freddo*
- *come rifinitura ceramicante su pareti*

**1.3. Identificazione della società/impresa**
Identificare il responsabile dell'immissione sul mercato nella Comunità della sostanza o preparato, sia che si tratti del fabbricante, dell'importatore o del distributore. Indicare l'indirizzo completo e il numero telefonico. Quando il responsabile comunitario non risiede nello Stato membro in cui la sostanza o il preparato viene immesso sul mercato, indicare possibilmente l'indirizzo e il numero telefonico del responsabile nello Stato membro interessato.

**1.4. Telefono di emergenza**
Indicare il numero telefonico di emergenza dell'impresa e/o del competente organo ufficiale che non è l'I.S.S., pur essendo tale Ente depositario dell'archivio dei preparati pericolosi, bensì il CAV (Centro Antiveleno), operante sul territorio nazionale, più vicino all'area territoriale in cui ha sede l'Azienda Sanitaria Locale.

*Sezione 2)* - "**Composizione/informazione sugli ingredienti**"

Le informazioni devono permettere al destinatario di identificare facilmente i pericoli connessi ai componenti del preparato, mentre i pericoli connessi al preparato nel suo complesso sono indicati nella sezione 3.

**2.1.** Non è necessario fornire la composizione completa (natura degli ingredienti e loro concentrazione) benché sia utile una descrizione generale dei componenti e delle loro concentrazioni. In natura la silice cristallina nelle sue varie forme si trova associata, in varia misura, con altri minerali compresi altri composti del silicio. E' rilevante distinguere tra silice cristallina e non cristallina e tra la silice cristallina libera (quella di interesse) e la silice costituente i cristalli dei silicati, che non è libera. Sono molto utili anche i dati che descrivono la distribuzione granulometrica dei materiali e della silice cristallina libera, specialmente se significativi in confronto alle caratteristiche dimensionali tipiche delle frazioni inalabile, toracica, respirabile. Può risultare opportuno, da parte dei produttori, citare la regione e le caratteristiche del bacino mineralogico di provenienza, nonché il tipo di estrazione e coltivazione della cava e descrivere sinteticamente gli eventuali processi industriali di frantumazione e macinazione.
**2.2.** In base al D.Lgs 65/03, per i **preparati classificati come pericolosi** contenenti silice cristallina libera respirabile, che risulta classificabile come cancerogena e tossica per inalazione, in relazione agli effetti a lungo termine, si deve citare la sostanza quando la concentrazione raggiunge o supera il limite di concentrazione inferiore: lo 0,1% in peso.

**2.3.** Si riporta sinteticamente la classificazione della sostanza o delle sostanze contenute nel preparato. Nel caso della silice cristallina libera respirabile, per le forme mineralogiche quarzo e cristobalite, in base a quanto desunto dalla letteratura corrente, la classificazione risultante è: T R48/23- R 49, cioè Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione. Può provocare il cancro per inalazione.
**2.4.** Il nome e il numero CE (Einecs o Elincs) delle sostanze citate, assieme alle altre varietà cristalline, deve essere riportato conformemente al decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 5). Anche il numero CAS e la denominazione IUPAC (se disponibile) possono essere utili.

**SILICE CRISTALLINA LIBERA**

| N° CE | N. di Chemical Abstract Service | Nome di Chemical Abstract Service |
|---|---|---|
| 238-878-4 | CAS N.:14808-60-7 | quarzo |
| 238-455-4 | CAS N.:14464-46-1 | cristobalite |
| - | CAS N.: 1317-95-9 | tripoli |
| 239-487-1 | CAS N.: 15468-32-3 | tridimite |

*Sezione 3)* - "**Identificazione dei pericoli**"

Riportare in questa sezione la classificazione della sostanza o del preparato derivante dall'applicazione delle norme di classificazione di cui al decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52 o D.Lgs 65/03.

Classificazione ed etichettatura:
***a) Nel caso della silice cristallina libera respirabile, o di un preparato che la contenga in conc ≥ 10%***
**Simbolo T**
R 48/23 Tossico: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione.
R49 Può provocare il cancro per inalazione.
S 22 Non respirare le polveri.
S 38 In caso di ventilazione insufficiente, usare un apparecchio respiratorio adatto.
S 46 In caso di incidente o di malessere consultare immediatamente il medico (se possibile mostrargli l'etichetta).
S 53 Evitare l'esposizione - procurarsi speciali istruzioni prima dell'uso.
S 35 Non disfarsi del prodotto e del recipiente se non con le dovute precauzioni.

***b) Per un preparato contenente silice cristallina libera respirabile in quantità: 1%≤ conc.<10%***
**Simbolo T**
R 48/20: Nocivo: pericolo di gravi danni alla salute in caso di esposizione prolungata per inalazione.
R49 Può provocare il cancro per inalazione.
S 22 Non respirare le polveri.
S 38 In caso di ventilazione insufficiente, usare un apparecchio respiratorio adatto.
S 46 In caso di incidente o di malessere consultare immediatamente il medico (se possibile mostrargli l'etichetta).
S 53 Evitare l'esposizione - procurarsi speciali istruzioni prima dell'uso.
S 35 Non disfarsi del prodotto e del recipiente se non con le dovute precauzioni.

***c) Per un preparato contenente silice cristallina libera respirabile in quantità: 0.1%≤conc.<1%***
**Simbolo T**
R49 Può provocare il cancro per inalazione.
S 22 Non respirare le polveri.
S 38 In caso di ventilazione insufficiente, usare un apparecchio respiratorio adatto.
S 46 In caso di incidente o di malessere consultare immediatamente il medico (se possibile mostrargli l'etichetta).
S 53 Evitare l'esposizione - procurarsi speciali istruzioni prima dell'uso.
S 35 Non disfarsi del prodotto e del recipiente se non con le dovute precauzioni.

Indicare in modo chiaro e conciso i pericoli che la sostanza o il preparato presentano per l'uomo o per l'ambiente.

Specificare che l*a silice cristallina libera non è presente in All. I alla dir. 67/548/CEE e successivi decreti italiani di recepimento, pertanto la classificazione è a cura del responsabile dell'immissione sul mercato*.

Descrivere i più importanti pericoli di tipo fisico-chimico, gli effetti negativi per la salute e per l'ambiente e i sintomi connessi all'uso e agli eventuali usi impropri della sostanza o del preparato che possono essere ragionevolmente previsti. Es.: *Elevate concentrazioni di polveri causano secchezza ed irritazione degli occhi e del tratto superiore dell'apparato respiratorio*.

*L'inalazione prolungata delle polveri può causare patologie ostruttive dell'apparato respiratorio.*

*L'esposizione ripetuta e/o prolungata a polveri respirabili può provocare fibrosi polmonare, silicosi. In alcune condizioni, specialmente durante certi tipi di lavorazioni, l'esposizione a quarzo o cristobalite può provocare il cancro polmonare. In generale si ritiene che il rispetto del valore limite di esposizione professionale sia una garanzia importante per la salute degli esposti.*
*Benché i principali effetti sulla salute siano dovuti all'esposizione prolungata esiste la possibilità di danni di natura acuta o sub acuta, specialmente per esposizioni molto elevate, in luoghi confinati e in assenza di protezione delle vie respiratorie.*
Fornire indicazioni sui pericoli per l'ambiente ricordando che, in ogni caso, i residui delle lavorazioni industriali devono essere riutilizzati o correttamente smaltiti secondo le norme vigenti; in ogni caso non devono essere abbandonati nell'ambiente

*Sezione 4)* - "**Interventi di primo soccorso**"

Descrivere i corretti provvedimenti di primo soccorso, in caso di contatto con gli occhi e di inalazione di polveri respirabili contenenti silice libera cristallina.
Segnalare eventuali esposizioni professionali eccessive e/o incontrollate al medico competente.

*Sezione 5)* - "**Misure antincendio**"

Nonostante che i materiali silicei siano incombustibili, le sabbie sono anzi utilizzate come materiali estinguenti, occorre rammentare che nel caso si possa sviluppare un incendio, specie se di vaste proporzioni, e siano coinvolte particelle fini, i moti convettivi dell'aria possono generare aerosol pericolosi.

*Sezione 6)* - "**Provvedimenti in caso di dispersione accidentale**"

Per le sostanze o preparati contenenti particelle fini di silice cristallina libera sono necessarie informazioni riguardanti le precauzioni per le persone, come: disponibilità di sufficiente protezione respiratoria, di ventilazione, di controllo delle polveri, prevenzione del contatto con la pelle e con gli occhi; e

le eventuali precauzioni ambientali, come: non disperdere nelle acque di superficie o in profondità, non disperdere sul terreno. Per provvedere al recupero in caso di dispersione accidentale indicare se/quando è necessario utilizzare mezzi aspiranti proteggendo le vie respiratorie con opportuni DPI (dispositivi individuali di protezione), comprese le tute usa e getta, per non contaminare gli abiti da lavoro e provocare successivamente inalazione indebita. Fornire all'utilizzatore ogni indicazione, riguardante il materiale versato, utile a favorire il riutilizzo produttivo in luogo dello smaltimento come rifiuto.

*Sezione 7)* - "**Manipolazione e magazzinaggio**"

***7.1. Manipolazione***
Specificare le tecniche da utilizzare per ridurre l'emissione di polveri durante la manipolazione e le misure di controllo per mantenere i livelli al di sotto dei limiti di esposizione consentiti.

***7.2. Immagazzinamento***
Le polveri devono essere conservate in contenitori con chiusura a tenuta, il materiale dell'imballaggio deve essere impermeabile alle polveri.
Fornire indicazioni per evitare dispersioni durante le operazioni di scarico del materiale (es. svuotamento pneumatico dalle cisterne).

***7.3 Impieghi particolari***
Per prodotti destinati a impieghi particolari, le raccomandazioni dovrebbero vertere in maniera dettagliata e pratica sull'impiego o gli impieghi previsti. Se appropriato, indicare norme specificamente approvate a livello di industria o di settore.

*Sezione 8)* - "**Protezione personale** / **controllo dell'esposizione**"

***8.1. Valori limite per l'esposizione.***
Indicare sempre i valori limite di esposizione lavorativa per tutte le sostanze costituenti i preparati, stabiliti dalla normativa nazionale, o in assenza da Associazioni e Organismi internazionalmente accreditati e citando sempre la fonte e l'anno dell'ultimo aggiornamento.
Attualmente non sono stabiliti valori limite comunitari o nazionali per l'esposizione professionale a silice cristallina in ambiente di lavoro (VLEP). In loro assenza viene generalmente adottato in Italia il TLV-TWA, sviluppato dalla American Conference of Industrial Hygienists (ACGIH), pari a 0,050 [10] mg/m3 per la frazione respirabile, sia per il quarzo sia per la cristobalite e la tridimite (anno 2003). Nella colonna degli effetti critici l'A.C.G.I.H. segnala per il quarzo i seguenti rischi: silicosi, affezioni polmonari, fibrosi polmonare, cancro. Al tripoli che contiene quarzo cristallino di origine organica è stato attribuito un TLV-TWA pari a 0,100 mg/m$^3$ (anno 2003) e segnala il rischio di fibropatie polmonari.
Fornire informazioni sulle procedure di monitoraggio attualmente raccomandate, segnalando le norme riportate in All. VIII-sexties al D.Lgs. 626/94 (UNI EN 481:1994; UNI EN 482:1998, UNI EN 689:1997,…) e i metodi di campionamento indoor più sperimentati ed accreditati (UNICHIM N. 285; NIS - Linee Guida GdL Igiene Industriale).

***8.2. Controllo dell'esposizione***
Individuare la gamma completa dei provvedimenti specifici di protezione e di prevenzione che servono a ridurre al minimo l'esposizione del personale e dell'ambiente.

*8.2.1. Controllo dell'esposizione professionale*
Occorre fornire informazioni idonee e adeguate sui provvedimenti adottati per il controllo della esposizione anche per consentire che la valutazione del rischio per la salute e la sicurezza dei lavoratori da parte del datore di lavoro sia corretta, esaustiva, efficace; per esempio:
*luogo di lavoro idoneo per dimensioni, aerazione naturale, separazione delle lavorazioni con diversa esposizione, attrezzature efficaci per il contenimento delle polveri durante le lavorazioni, manutenzione e pulizia degli impianti con mezzi aspiranti, composizioni col massimo tenore di umidità possibile, attrezzature a ciclo chiuso, dispositivi di ventilazione localizzata, dispositivi di protezione individuale (DPI) efficaci in relazione agli organi/apparati corporei esposti ed appropriati per i livelli di esposizione*. Queste informazioni devono completare quelle già riportate alla sezione 7.1.
In ogni caso i DPI devono essere progettati, fabbricati e marcati in modo conforme al D.Lgs. 475/92, scelti, utilizzati e conservati seguendo quanto stabilito dal D.Lgs. 626/94 al Titolo IV e ai Titoli VII e VII-bis (articoli specifici). Per il rilevante aiuto nella scelta si segnala il D.M.02/05/01 *Criteri per l'individuazione e l'uso dei dispositivi di protezione individuale*.

8.2.1.1. Protezione respiratoria.
L'area di lavoro richiede idonei sistemi di ventilazione e la formazione di polvere dovrebbe essere minimizzata e controllata. Se la formazione della polvere non può essere adeguatamente controllata è necessario indossare i dispositivi di protezione quali facciali filtranti, semimaschere filtranti o apparati autonomi di respirazione. Il Decreto Ministeriale 2 maggio 2001, che recepisce la Norma UNI 10720, fornisce le indicazioni per la scelta e l'uso degli apparecchi di protezione delle vie respiratorie (APVR). In questa norma vengono fornite indicazioni per graduare la protezione del DPI in funzione della concentrazione ambientale degli agenti chimici e della durata dell'esposizione.

8.2.1.2. Protezione delle mani.
Specificare chiaramente il tipo di guanti da utilizzare per la manipolazione della sostanza o del preparato, e in particolare: il tipo del materiale; la durata limite del materiale costitutivo, tenuto conto dell'entità e della durata dell'esposizione. Se necessario, indicare qualsiasi altra misura di protezione per le mani, es: in caso di manipolazione diretta frequente è opportuno utilizzare guanti, utilizzando quelli impermeabili per le occasioni strettamente necessarie, privilegiando, per quanto possibile, quelli fatti di materiali che garantiscano una buona traspirazione del sudore, es. tele di cotone. Quanto meno il guanto deve essere conforme alla norma CEN 420:2004.

8.2.1.3. In caso di polverosità elevata, di lunghi periodi di esposizione o di suscettibilità individuali può essere necessario proteggere con opportuni DPI gli occhi (es. maschera intera). Questo DPI deve essere conforme almeno alla norma CEN 136:2000.

8.2.1.4. Protezione della pelle.
Qualora sia necessario proteggere altre parti del corpo, oltre alle mani, specificare il tipo e la qualità dell'equipaggiamento di protezione richiesto (grembiuli, stivali, indumenti protettivi completi). Se necessario, indicare qualsiasi altra misura per la protezione della pelle nonché specifiche misure a carattere igienico. per es: in caso di esposizioni rilevanti, tenendo conto del comfort termico, occorre proteggere il corpo contro la penetrazione della polvere con tute che ricoprono gli abiti di lavoro ed

**10** Questo valore limite è ulteriormente accreditato dalla proposta contenuta nella "Raccomandazione finale" dallo SCOEL, datata Giugno 2003, di un OEL analogo.

eventualmente il capo, anche per evitare che essi si impregnino di polvere che viene poi rilasciata ed inalata. Per questo motivo è necessario che questi DPI, gli abiti da lavoro e gli abiti civili siano puliti e custoditi separatamente. Gli indumenti "non a tenuta" efficaci contro la penetrazione della polvere sono definiti di "Tipo 5" [11]. Nel caso sia necessario privilegiare il comfort termico a scapito della tenuta al passaggio delle particelle è possibile utilizzare tessuti permeabili all'aria [12].

*Sezione 9)* - "**Proprietà chimiche e fisiche**"

Per consentire l'adozione delle corrette misure di controllo, fornire tutte le informazioni pertinenti sulla sostanza o preparato, in particolare quelle di cui alla sezione 9.2.

***9.1. Informazioni generali***
*Aspetto*: Indicare lo stato fisico (solido, liquido, gassoso) ed il colore della sostanza o del preparato
così come viene fornito.
*Odore*:Qualora sia percepibile, descrivere brevemente l'odore.

***9.2. Importanti informazioni, sulla salute umana, la sicurezza e l'ambiente***
PH: indicare il pH della sostanza o del preparato come fornito, o in soluzione acquosa; in quest'ultimo caso, indicare la concentrazione.
Punto/intervallo di ebollizione: 2230 °C (quarzo)
Punto di fusione: 1610°C (quarzo)
Punto di infiammabilità:
Infiammabilità (solidi, gas):
Proprietà esplosive:
Proprietà comburenti:
Pressione vapore:
Densità relativa:
Solubilità:
idrosolubilità:
liposolubilità (solvente - grasso da specificare) :
Coefficiente di ripartizione: n-ottanolo/acqua:
Viscosità:
Densità di vapore:
Velocità di evaporazione.

In molti casi le proprietà potrebbero non essere fisicamente determinabili, in tal caso deve essere segnalata la non applicabilità (n.a.) a fianco della proprietà.

*9.3.1. Altre informazioni.*
Per la silice cristallina libera è sicuramente rilevante l'informazione sulla distribuzione dimensionale delle particelle, ad es. si può fare riferimento, per quanto praticabile, alle percentuali di intervalli granulometrici che sia possibile confrontare con i valori significativi delle frazioni inalabile, toracica, respirabile, es.: fino a 100 micrometri, fino a 30 micrometri, fino a 10 e a 4 micrometri.

*Sezione 10)* - "**Stabilità e reattività**"

Descrivere la stabilità della sostanza o del preparato e la possibilità che in determinate condizioni si verifichino reazioni pericolose, anche in caso di dispersione nell'ambiente.

*Nota - Considerare in particolare:*
Reagisce violentemente con ossidanti forti (es. trifluoruro di cloro) generando il pericolo di fiamme o esplosione. Si scioglie in acido fluoridrico liberando tetrafluoruro di silicio, gas molto tossico e corrosivo.

*Sezione 11)* - "**Informazioni tossicologiche**"

L'esposizione a silice cristallina libera può provocare effetti sanitari negativi a carico dell'apparato respiratorio, ma anche di altri organi. Tra gli effetti respiratori la silicosi è la patologia lavorativa più conosciuta. Altre gravi patologie sono state associate all'esposizione a silice cristallina, come artrite reumatoide, scleroderma, lupus e malattie renali. La silice cristallina libera respirabile è stata classificata nel Gruppo 1 come cancerogeno per l'uomo dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC, 1997).

*Sezione 12)* - "**Informazioni ecologiche**"

Descrivere i possibili effetti, comportamenti e trasformazioni nell'ambiente della sostanza o del preparato, nell'atmosfera, in acqua e/o nel terreno. Ove disponibile, indicare i risultati di eventuali test pertinenti.

*Sezione 13)* - "**Osservazioni sullo smaltimento**"

Indicare le eventuali disposizioni regionali, nazionali e/o comunitarie in vigore.
Fornire le indicazioni per il riutilizzo dei materiali nella lavorazione di competenza o in altri comparti ed il riutilizzo/smaltimento degli imballaggi, previa efficace pulizia dei medesimi tramite attrezzature e procedure di lavoro compatibili con ridotti livelli di esposizione, e nel rispetto delle norme vigenti.
In base alla classificazione del materiale contenente silice cristallina libera respirabile il rifiuto può risultare un rifiuto pericoloso e come tale deve essere smaltito in discariche speciali. Qualora non risultasse pericoloso il rifiuto potrebbe essere conferito a discariche autorizzate per lo smaltimento di rifiuti industriali.

Specificare comunque i metodi idonei per lo smaltimento della sostanza o preparato nonché degli eventuali imballaggi contaminati avendo cura di ricordare che deve essere evitata la generazione degli aerosol e la dispersione (incenerimento, riciclaggio, discarica, ecc.).
Ad esempio, se il materiale siliceo non è stato previamente inumidito, il rifiuto polverulento dovrà essere smaltito in contenitori sigillati ed opportunamente etichettati.

*Sezione 14)* - "**Informazioni sul trasporto**"

Indicare tutte le precauzioni particolari di cui un utilizzatore deve essere consapevole e che deve applicare per quanto concerne il trasporto o il trasferimento all'interno o all'esterno dell'azienda. In particolare segnalare che non sono idonei mezzi che provocano dispersione.
Ove pertinenti, fornire informazioni sulla classificazione di trasporto per ciascuno dei regolamenti modali: IMDG (via mare), ADR (su strada, decreto del Ministro dei trasporti

**11** norma tecnica di riferimento EN ISO 13982-1:2004. Ratified 11/12/2004. "Protective clothing for use against solid particulates - Part 1: Performance requirements for chemical protective clothing providing protection to the full body against airborne solid particulates (type 5 clothing)"
**12** DM 01/05/2001 "Criteri per l'individuazione e l'uso dei dispositivi individuali di protezione (DPI)";
UNI 9609:1990 numero 5.2.1.

4 novembre 1996, RID (per ferrovia, decreto legislativo del 13 gennaio 1999, n. 41, ICAO/IATA (via aria). Tali informazioni possono comprendere fra l'altro:

- numero UN
- classe
- denominazione corretta per la spedizione
- gruppo di imballaggio
- inquinante marino
- altre informazioni applicabili.

*Sezione 15)* - "**Informazioni sulla normativa**"

**1)** Riportare le informazioni in materia di salute, sicurezza e ambiente che figurano sull'etichetta in applicazione del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52 e del D.Lgs 65/03

**2)** Citare ulteriori disposizioni nazionali pertinenti:

- D.P.R. 303/56 - Norme generali per l'igiene del lavoro -
- D.P.R. 203/88 - Attuazione delle direttive CEE numeri 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria, relativamente a specifici agenti inquinanti, e di inquinamento prodotto dagli impianti industriali, ai sensi dell'art. 15 della legge 16 aprile 1987, n. 183 -
- D.Lgs. 475/82 - Attuazione della direttiva 89/686/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1989, in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale. -
- D.M. 02/05/01 - Criteri per l'individuazione e l'uso dei dispositivi di protezione individuale (DPI)
- D.Lgs. 626/94 - Attuazione delle direttive 89/391CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE e 90/679/CEE, 93/88/CEE, 97/42/CE e 1999/38/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro. -
- D.Lgs. 22/97- Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio
- D.M. 27/04/04 – Elenco delle malattie professionali per cui è obbligatoria la denuncia ai sensi dell'art. 139 del D.P.R. 1124/965 e succ.mod.

*Sezione16)* - "**Altre informazioni**"

*Classificazione ed etichettatura:*
Indicare qualsiasi altra informazione di rilievo per la salute e la sicurezza degli utilizzatori e la protezione dell'ambiente, ad esempio:

- elenco delle pertinenti frasi R). Riportare il testo integrale di eventuali frasi R) di cui alle sezioni 2 e 3 della scheda dati di sicurezza;
- avvertenze di formazione professionale;
- eventuali restrizioni consigliate (ossia raccomandazioni non obbligatorie del fornitore);
- ulteriori informazioni (documentazione di riferimento e/o punti di contatto tecnico);
- fonte dei dati utilizzati per la compilazione della scheda dati di sicurezza;
- in caso di revisione di una scheda dati di sicurezza, indicare chiaramente le informazioni aggiunte, eliminate o modificate (a meno che queste informazioni non siano state fornite altrove).

Il responsabile della immissione sul mercato è inoltre tenuto a fornire informazioni aggiuntive su richiesta pertinente dell'utilizzatore qualora non contenute nella scheda di sicurezza, secondo quanto riportato dal D.Lgs. 626/94 titolo VII-bis art.72-quater comma 4:
"*Fermo restando quanto previsto dai decreti legislativi 3 febbraio 1997, n. 52, e 16 luglio 1998, n. 285, e successive modifiche, il fornitore o il produttore di agenti chimici pericolosi è tenuto a fornire al datore di lavoro acquirente tutte le ulteriori informazioni necessarie per la completa valutazione del rischi*."

# ALLEGATO A

## SILICE LIBERA NEI MATERIALI NATURALI ED ARTIFICIALI

Di seguito, vengono riportati i dati raccolti dalla bibliografia (*), circa la presenza di silice libera cristallina nei materiali naturali ed artificiali. I simboli utilizzati sono:

$c_{med}$ = concentrazione media $c_{min}$ = concentrazione minima

$\sigma$ = deviazione standard $c_{max}$ = concentrazione massima

I valori tabellati si riferiscono alla silice libera cristallina, per solito sotto forma di quarzo. Note sono riservate all'eventuale segnalazione di silice amorfa, calcedonio, cristobalite e tridimite, nonché ad alcuni inevitabili rimandi.

| Materiali | Silice libera cristallina | | | | Note |
|---|---|---|---|---|---|
| | $c_{med}$ | $\sigma$ | $c_{min}$ | $c_{max}$ | |
| Abrasivi | | | | | v. mole, nastri e tele, paste |
| Alabastri | ass. | | | | |
| Andesiti | 5 | | ass. | 6 | |
| Andesiti basaltiche | 2 | | ass. | 3 | |
| Anfiboliti | ass. | | | | |
| Ardesie | 20÷25 | | | | |
| Arenarie | 36,8 | 6,8 | 5 | 75 | |
| Argille | 21,9 | 7,6 | 2 | 45 | |
| Argille per laterizi | 27,5 | 5,23 | | | |
| Basalti | ass. | | | | |
| Bauxite | | | ass. | 10 | |
| Bentonite | | | ass. | 15÷20 | Cristobante con quarzo e forse a volte tridimite; presente anche opale |
| Beole | | | 30 | 45 | |
| Besimauditi | | | 30 | 45 | |
| Brecce | | | | | v. testo |
| Calcari | 0,2 | 0,2 | ass. | 17 | v. anche tab. 20 |
| Calcefiri | | | ass. | 8 | |
| Calcescisti | | | ass. | 8 | |
| Calci aeree | 0,29 | 1,11 | ass. | | |
| Calci idrauliche | 2÷3 | | | 30 | |
| Caolini per carta | 0,96 | 1,06 | ass. | 3,4 | |
| Caolini per gomma | 4,68 | 7,70 | ass. | 28 | |
| Carboni fossili | | | ass. | 4 | |
| Cementi | 1,08 | 2,96 | ass. | 15 | |
| Ceramiche a pasta bianca | | | | | |
| • impasto | | | 25 | 35 | |
| • prodotto finito | | | 6 | 25 | |
| Ceramiche a pasta colorata | | | | | |
| • impasto | 25 | | | | |
| • prodotto finito | 22,5 | 8,9 | | | |
| Ciottolati | | | | | v. testo |
| Clinker di cemento | ass. | | | | |
| Cloritescisti | ass. | | | | |
| Conglomerati | | | | | v. testo |
| Coke da gas e metallurgico | | | ass. | 0,5 | |
| Coke di petrolio | ass. | | | | |
| Daciti | 20÷22 | | 16 | 25 | |
| Diabasi | ass. | | | | |
| Diaspri | 80÷90 | | | | Calcedonio |
| Diatomiti | | | ass. | 3 | ed inoltre 80% opale |
| Dioriti | 5 | | ass. | 6 | |
| Dolomie | 0,2 | 0,2 | ass. | 8 | |

(*) da "la silice libera in natura e nei prodotti artificiali", G. Cascinai, G. Ripanucci, U. Verdel; Collana di Monografie Tecniche sulle malattie professionali, 1; edizioni INAIL pag. 99-102

| Materiali | Silice libera cristallina | | | | Note |
|---|---|---|---|---|---|
| | $c_{med}$ | σ | $c_{min}$ | $c_{max}$ | |
| Eclogiti | ass. | | | | |
| Elettrodi per saldatura (rivestimenti) | | | | tracce | |
| Eufotidi | ass. | | | | |
| Evaporiti | | | | | v. gessi e sali alcalini |
| Faenze | | | | | v. ceramiche a pasta colorata |
| Farine fossili | | | ass. | 3 | ed inoltre 80% opale |
| Farine fossili calcinate | 60 | | | | cristobalite |
| Filladi | | | 30 | 60 | |
| Fire clay | | | | | v. ceramiche a pasta colorata |
| Flussi per saldatura | | | | tracce | |
| Fosforiti | 1,7 | 1,2 | ass. | 5 | |
| Ftaniti | 80÷90 | | | | calcedonio |
| Gabbri | ass. | | | | |
| Gabbrodioriti | 2 | | ass. | 3 | |
| Gessi naturali | tracce | | ass. | 1 | |
| Gessi cotti | 0,24 | 0,70 | ass. | | |
| Ghiaie | | | | | v. testo |
| Ghiandoni | | | 30 | 45 | |
| Gneiss | | | 30 | 45 | |
| Grafiti | | | 2 | 10 | |
| Graniti | 27 | | 25 | 35 | |
| Granodioriti | 22 | | 21 | 25 | |
| Grès | | | | | v. ceramiche a pasta colorata |
| Kinzigiti | | | 30 | 45 | |
| Labradoriti | ass. | | | | |
| Laterizi | 28,8 | 5,6 | 10 | 45 | |
| Latiti | ass. | | | | |
| Lecititi | ass. | | | | |
| Lherzoliti | ass. | | | | |
| Liparíti | 27 | | 25 | 35 | |
| Lolla di riso (ceneri) | 60÷65 | | | | tridimite ed inoltre 20÷30% $SiO_2$ amorfa |
| Maioliche | | | | | v. ceramiche a pasta colorata |
| Marmette | | | | | v. testo |
| Marmi | | | | | |
| Marne | 8,3 | 8,2 | ass. | 34 | |
| Melafiri | ass. | | | | |
| Micascisti | | | 30 | 60 | |
| Miniere (rocce incassanti e mineralizzazioni) | | | | | |
| Mole abrasive | 0,63 | 1,70 | ass. | 2,5 | |
| Monzoniti | ass. | | | | |
| Nastri e tele abrasive | 0,16 | 1,38 | ass. | 1,5 | |
| Occhialini | | | 30 | 45 | |
| Ofioliti | ass. | | | | |
| Pantelleriti | 27 | | 25 | 35 | |
| Paste abrasive | | | ass. | 65 | |
| I Famiglia (40%) | ass. | | | | |
| II Famiglia (20%) | 7,1 | 5,0 | | | |
| III Famiglia (25%) | 27,9 | 7,6 | | | |
| IV Famiglia (15%) | 48,6 | 6,2 | | | |
| Peperini | ass. | | | | |
| Perliti | ass. | | | | |
| Pomici | | | | 2 | ed inoltre 20% $SiO_2$ vetrosa |
| Porcellane | | | | | v. ceramiche a pasta bianc |
| Porfidi quarziferi | 27 | | 25 | 35 | |

| Materiali | Silice libera cristallina | | | | Note |
|---|---|---|---|---|---|
| | $c_{med}$ | σ | $c_{min}$ | $c_{max}$ | |
| Porfiriti andesitiche | 5 | | ass. | 6 | |
| Porfiriti diabasiche | 2 | | ass. | 3 | |
| Porfiriti quarzifere | 20÷22 | | 16 | 25 | |
| Pozzolane | ass. | | | | |
| Prasiniti | ass. | | | | |
| Puddinghe | | | | | v. testo |
| Quarziti | | | 60 | 100 | |
| Quarzodioriti | 20 | | 16 | 21 | |
| Radiolariti | 80÷90 | | | | calcedonio |
| Refrattari alluminosi corindonici | ass. | | | | |
| Refrattari alluminosi mullitici | ass. | | | 3 | |
| Refrattari alluminosi sillimanitici | | | | 3 | |
| Refrattari basici e neutri (magnesiaci, cromomagnesiaci, cromitici, forsteritici, dolomitici, di carbone e grafite, di SiC) | ass. | | | | |
| Refrattari silicei e siliciosi | | | 70 | 85 | Tridimite e cristobalite + vetro di silice |
| Refrattari silico-alluminosi (da mescole con chamotte) | | | 2 | 12 | |
| Refrattari silico-alluminosi (da mescole con quarzite) | | | 25 | 40 | |
| Rioliti | 27 | | 25 | 35 | |
| Rocce ultrabasiche | ass. | | | | |
| Sabbie | 36,8 | 6,8 | 5 | 75 | |
| Sabbie per fonderia | 70,1 | 12,6 | | | |
| Sabbie per uso dell'industria marmifera | 69 ass. | | | | |
| Sali alcalini e alcalino-terrosi | | | | | |
| "Scagliola" per oreficeria | 80 | | | | 50% quarzo e 30% cristobalite |
| Scisti ferritici | ass. | | | | |
| Scisti sericitici | | | 30 | 60 | |
| Serpentiniti | ass. | | | | |
| Sieniti | 1 | | ass. | 10 | |
| Smalti per l'industria ceramica | ass. | | | | |
| Smerigli | ass. | | | | |
| Talchi industriali | 1,1 | 1,84 | | | |
| Talcoscisti | ass. | | | | |
| Tefriti leucitiche | ass. | | | | |
| Terraglie | | | | | v. ceramiche a pasta bianca |
| Tonaliti | 20 | | 16 | 21 | |
| Trachiti | 1 | | ass. | 10 | |
| Tripoli | | | ass. | 3 | ed inoltre 80% opale |
| Tufi vulcanici di comune impiego | ass. | | | | |
| Vermiculiti | ass. | | | | |
| Vetri artificiali | | | | | v. testo |
| Vetri meteoritici | | | 90 | 99 | |
| Vetri vulcanici | | | | | v. testo |
| Vitreous china | | | | | v. ceramiche a pasta bianca |

## RIFERIMENTI NORMATIVI E SCIENTIFICI


DECRETO LEGISLATIVO 3 febbraio 1997 n. 52. Modifiche al decreto legislativo, recante attuazione della direttiva 92/32/CEE concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose *Gazzetta Ufficiale n. 84 del 10 aprile 1998* rettificato con Decreto Legislativo 25 febbraio 1998, n. 90 *Gazzetta Ufficiale. n. 94 del 23 aprile 1998*

DECRETO DEL MINISTERO DELLA SALUTE 14 giugno 2002. Recepimento della direttiva 2001/59/CE recante XXVIII adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE, in materia di classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose. Supplemento Ordinario n. 197 alla *Gazzetta Ufficiale N. 244 del 17 Ottobre 2002*

DIRETTIVA DELLA COMMISSIONE 2004/73/CE, del 29 aprile 2004, recante ventinovesimo adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE del Consiglio concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose su Gazzetta ufficiale dell'Unione europea L 152 del 30 aprile 2004 e successive rettifiche del 16.6.2004 su L 216/3 e del su *Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea L 236/18*

DIRETTIVA DEL CONSIGLIO 67/548/CEE, del 27 giugno 1967, concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose. *Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea n. 196, 16/08/1967, p. 1-5*

DECRETO LEGISLATIVO 14 marzo 2003, n. 65. Attuazione delle direttive 1999/45/CE e 2001/60/CE relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi. Supplemento Ordinario n. 61 alla *Gazzetta Ufficiale n. 87 del 14 aprile 2003*

DECRETO DEL MINISTERO DELLA SALUTE 7 settembre 2002. Recepimento della direttiva 2001/58/CE riguardante le modalità della informazione su sostanze e preparati pericolosi immessi in commercio. Gazzetta Ufficiale N. 252 del 26 Ottobre 2002 rettificato con D.M. 12.12.2002. *Gazzetta Ufficiale N. 15 del 20 Gennaio 2003*

DECRETO DEL MINISTERO DELLA SALUTE 12 dicembre 2002
Rettifica al decreto ministeriale 7 settembre 2002, recante il recepimento della direttiva 2001/58/CE riguardante le modalità della informazione su sostanze e preparati pericolosi immessi in commercio. *Gazzetta Ufficiale N. 15 del 20 Gennaio 2003*

DECRETO LEGISLATIVO 2 gennaio 1997 n.10. Attuazione delle direttive 93/68/CEE, 93/95/CEE e 96/58/CE relative ai dispositivi di protezione individuale, pubbl. su *G.U. n.24 del 30/1/97*

DECRETO LEGISLATIVO 19 settembre 1994 n. 626. Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42/CE, 98/24/CE, 99/38/CE e 99/92/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro. *Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 265 del 12 novembre 1994*

DECRETO LEGISLATIVO 19 marzo 2000, n.242. Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 19 settembre 1994, n.626, recante attuazione di direttive comunitarie riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro, *Gazzetta Ufficiale. n.104 del 6/5/96, S.O. n.75*

DECRETO LEGISLATIVO 4 agosto 1999, n.359. Attuazione della direttiva 95/63/CE che modifica la direttiva 89/655/CEE relativa ai requisiti minimi di sicurezza e salute per l'uso di attrezzature di lavoro da parte dei lavoratori. *Gazzetta n. 246 del 19-10-1999*

DECRETO DEL PRESIDENTE DELLA REPUBBLICA 24 luglio 1996, n. 459. Regolamento per l'attuazione delle direttive 89/392/CEE, 91/368/CEE, 93/44/CEE E 93/68/CEE concernenti il riavvicinamento delle legislazioni degli stati membri relative alle macchine

DECRETO LEGISLATIVO 25 febbraio 2000, n. 66. Attuazione delle direttive 97/42/CE e 1999/38/CE, che modificano la direttiva 90/394/CEE, in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da esposizione ad agenti cancerogeni o mutageni durante il lavoro. *Gazzetta Ufficiale n. 70 del 24-03-2000*

DECRETO LEGISLATIVO 2 febbraio 2002, n. 25. Attuazione della direttiva 98/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro. *Gazzetta Ufficiale n. 57 del 8 Marzo 2002*

DECRETO LEGISLATIVO 4 dicembre 1992, n.475, Attuazione della direttiva 89/686/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1989, in materia di ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative ai dispositivi di protezione individuale, *Gazzetta Ufficiale n.289 del 9 dicembre 1992*

DECRETO DEL MINISTERO DEL LAVORO 2 maggio 2001, Criteri per l'individuazione e l'uso dei dispositivi di protezione individuale (DPI), *Gazzetta Ufficiale n. 209 del 8-9-2001- Suppl. Ordinario n.226)*

DECRETO DEL MINISTERO DELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE 13 FEBBRAIO 2003, Terzo elenco riepilogativo di norme armonizzate concernente l'attuazione della direttiva n. 89/686/CEE relativa ai dispositivi di protezione individuale, *Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20/02/2003.*

DECRETO DEL MINISTERO DEL LAVORO 27 aprile 2004, Elenco delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia, ai sensi e per gli effetti dell'art. 139 del testo unico, approvato con decreto del Presidente della repubblica 30 giugno 1965, n°1124 e succ. mod. *Gazzetta Ufficiale n. 134 del 10-6-2004*

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER (IARC)
Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans: Silica - Summary of Data Reported and Evaluation, Vol.: 68 (1997) (p. 41), Lyon, France. World Health Organization, IARC.

COMMISSIONE CONSULTIVA TOSSICOLOGICA NAZIONALE (CCTN )
Silice Cristallina - Documento CCTN/SC/22/01 approvato in data 05/06/01

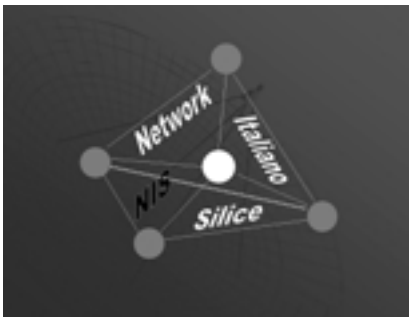
NATIONAL TOXICOLOGY PROGRAM (NTP)
Silica, Crystalline (Respirable Size), (2000). Report on Carcinogens, Ninth Edition; U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service

INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY (IPCS )
Crystalline silica, Quartz (CICAD 24, 2000), Concise international chemical assessment documents (CICADs)

NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH)
Health Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica, NIOSH HAZARD REVIEW (April 2002)- Department of health and human services Publication No. 2002–129- Centers for Disease Control and Prevention -

AMERICAN THORACIC SOCIETY (ATS)
Adverse effects of crystalline silica exposure, American journal of respiratory and critical care medicine, (July 1997) 155:761-765, American Thoracic Society Committee of the Scientific Assembly on Environmental and Occupational Health,.

INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (ILO)
Quartz, International Chemical Safety Cards (ICSC) 0808, (October 1997), International Occupational Safety and Health Information Centre (CIS)




2

# VALUTAZIONI EPIDEMIOLOGICHE

**Gruppo di lavoro NIS**
**Epidemiologia**
*Componenti*
Franco Merlo, Pietro Barbieri, Maria Cabona, Pietro Comba, Francesco Forestiere,
Bice Fubini, Anna Maria Loi, Massimo Nesti, Stefano Silvestri, Angelo Giovanazzi

**SOMMARIO**


- **Effetti sulla salute e cancerogenicità**
- **Sorveglianza epidemiologica di lavoratori esposti ed ex esposti a silice cristallina**
- **Ricostruzione dell'esposizione pregressa a polveri di silice aerodisperse**
- **Bibliografia**

## Effetti sulla salute e cancerogenicità

L'inalazione di polveri contenenti silice cristallina può causare silicosi, tubercolosi polmonare, malattie respiratorie croniche ostruttive e cancro polmonare. La silicosi è la conseguenza della reazione del tessuto polmonare con le particelle di silice depositate nei polmoni che risulta nella formazione di tessuti cicatriziali. La progressione dei tessuti cicatriziali determina difficoltà respiratorie che possono essere fatali. La *silicosi acuta*, conseguente ad esposizioni ad elevate concentrazioni ambientali di silice cristallina si manifesta entro un periodo temporale che varia tra le poche settimane e 5 anni dall'esposizione, si manifesta con difficoltà respiratorie, tosse e perdita di peso seguiti da un rapido deterioramento del quadro respiratorio che può risultare fatale entro 1-2 anni. La *silicosi accelerata* è il risultato di esposizioni ad elevate dosi di silice cristallina e insorge tra i 5 ed i 10 anni dall'esposizione può determinare il decesso entro dieci anni dall'insorgenza. Entrambe queste forme di silicosi sono rare e sono state associate con i processi di sabbiatura. La *silicosi cronica* è la forma più comune di silicosi e si manifesta dopo dieci anni di esposizione a dosi ambientali di silice cristallina relativamente basse. Le difficoltà respiratorie iniziali peggiorano col tempo sino a determinare il decesso.

Nei soggetti affetti da silicosi si riscontra una mortalità per tubercolosi più elevata rispetto a quella rilevabile in presenza di altre pneumoconiosi, asbestosi ed in assenza di silicosi e/o altre pneumoconiosi (NIOSH, 2002).

Nel 1987 l'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro di Lione (IARC, 1987) sulla base della revisione sistematica della letteratura scientifica sperimentale ed epidemiologica, si esprimeva a favore di una "sufficiente" evidenza della cancerogenicità della silice cristallina negli animali di laboratorio mentre considerava "limitata" l'evidenza di cancerogenicità nell'uomo.

Nel 1997, la IARC (IARC, 1997), sulla base dell'evidenza scientifica resasi disponibile successivamente alla pubblicazione della monografia del 1987 (IARC 1987) concludeva che "*la silice cristallina inalata nella forma di quarzo o cristobalite in ambienti occupazionali è cancerogena per l'uomo*". Specificatamente la IARC (IARC 1997) rilevava che gli studi condotti su popolazioni di lavoratori negli Stati Uniti (Steenland, 1995, Costello, 1995, 1988; Checkoway, 1993, 1996), in Italia (Puntoni, 1988; Merlo, 1991), nel Regno Unito (Cherry, 1995, 1997; McDonald, 1995, 1997; Burgess, 1997) ed in Cina (Dong, 1995, McLaughlin, 1992) ed in coorti di silicotici identificate negli USA (Amandus, 1991, 1992) ed in Finlandia (Kurppa, 1986; Partanen, 1994) contribuivano a fornire, al di là di possibili effetti attribuibili a fattori di confondimento, un'evidenza dell'associazione tra silice cristallina e cancro polmonare.

Gli studi condotti sui lavoratori esposti riportavano un rischio di cancro polmonare che tendeva ad aumentare con l'esposizione cumulativa a silice cristallina (Checkoway, 1993, 1996 [13]), la durata cumulativa dell'esposizione (Costello,1988; Merlo, 1991; Partanen, 1994; Costello, 1995; Dong , 1995), con picchi di intensità di esposizione (Burgess, 1997; Cherry, 1995; McDonald, 1997), mentre quelli condotti in coorti di silicotici mostravano incrementi di rischio in presenza di silicosi definita radiograficamente (Amandus, 1992; Dong, 1995) e con l'aumentare della durata del follow-up dalla diagnosi di silicosi (Partanen, 1994). La conclusione dell'Agenzia riflette il fatto che le associazioni osservate nei numerosi studi considerati (nonostante gli studi negativi) e le evidenti relazioni di tipo dose-risposta sono difficilmente attribuibili a fattori confondenti o ad altri bias intrinseci agli studi e che quindi, nel loro complesso, gli studi pubblicati forniscono un'evidenza scientifica che è a favore del nesso di causalità tra esposizione a silice cristallina (quarzo e cristobalite) e l'incremento del rischio di cancro polmonare.

La IARC tuttavia notava che la cancerogenicità della silice cristallina non veniva rilevata in tutte le condizioni di esposizione industriale studiate e che ciò poteva dipendere dalle caratteristiche fisiche specifiche di una data polvere di silice e/o a fattori esterni che possono determinare la sua attività biologica o la distribuzione dei suoi polimorfi (IARC, 1997). A questo giudizio fecero seguito lavori sperimentali programmati per indagare quali fossero le cause della variabilità della patogenicità delle silici (Donaldson, 1998; Elias, 2000; Fubini, 1998, 2003; Cakmak, 2003; Bruch, 2003; Seiler, 2004, 2004). In relazione alla citata variabilità nelle risposte patogene a diverse polveri di quarzo è opportuno segnalare i fatti seguenti:

1. ricerche condotte in svariati laboratori in EU e presso il NIOSH in USA hanno largamente confermato la patogenicità delle polveri generate durante le lavorazioni (Vallyathan, 1995; Castranova, 1996; Chen, 2004; Seiler, 2004);
2. la maggioranza dei lavori sperimentali condotti in EU hanno usato come standard una polvere di quarzo, non particolarmente pura, denominata DQ12, che lungi dal presentare caratteristiche intermedie è il campione di silice più fibrogenico che si conosca (Bruch, 2004) rispetto al quale altre sorgenti di polveri di quarzo risultano sempre molto meno attive (Clouter, 2001);
3. se le particelle di quarzo sono occluse in altro minerale, ad esempio argilla, condizione facilmente ottenibile durante la macinazione mediante l'aggiunta di additivi, la risposta patogena è inibita perché non vi è contatto tra la superficie della silice e la materia vivente.

La classificazione della silice cristallina quale cancerogeno per l'uomo ha indotto alcune critiche specifiche, sintetizzate in Soutar, 1997, 2000 ed in Hessel, 2000. Tra le principali critiche va ricordata la mancanza di un'evidente relazione di tipo dose risposta (Soutar, 2000; Hessel, 2000) quale criterio di valutazione della reale esistenza di un rapporto di causalità. Tale relazione è stata confermata da recenti revisioni sistematiche degli studi epidemiologici pubblicati (Rice, 2001; Steenland, 2001). Al riguardo, di particolare rilevanza risulta l'analisi pooled di 10 studi di coorti di esposti a silice cristallina (di cui 5 in lavorazioni svolte in miniera) e che riporta un aumento del rischio di cancro polmonare con l'aumento dell'esposizione cumulativa a silice cristallina (Steenland, 2001), con stime del rischio relativo di **1.3** (IC95%=1.1-1.7), **1.5** (IC95%=1.2-1.9) e **1.7** (IC95%=1.3-2.1) per intervalli di esposizione cumulativa di 2.0-5.4, 5.4-12.8 e >12.8 mg/m$^3$-anni rispetto a lavoratori esposti a livelli < 0.4 mg/m$^3$-anni. La relazione dose-risposta stimata dall'analisi pooled (basata su diversi modelli di regressione), è mostrata graficamente in figura 1 (Steenland, 2001). L'esistenza di eccessi di mortalità per cancro polmonare (*e per silicosi e malattie renali*) è stata riportata tra gli addetti alla produzione di sabbie silicee in 8 industrie produttive USA (Rando, 2001; McDonald, 2001; Hughes, 2001), tra i quali è stata identifica una relazione di tipo dose-risposta (dopo correzione per l'effetto del fumo) sia con l'esposizione cumulativa a silice cristallina (<=0.3, >0.3-1.1, >1.1-3.3, >3.3 mg/m$^3$-anni: OR =**1, 0.84, 2.02, 2.07**; $P_{trend}$ < 0.04), sia con i valori medi esposizione (<=0.77, >0.07-0.16, >0.16-0.26, >0.26 mg/m3: OR=**1, 1.1, 2.03, 1.87;** $P_{trend}$ = 0.04) (Figura 2a,b).

**13** L'aggiornamento del follow up dello studio di Checkoway et al (1997) ha dimostrato un gradiente di rischio di cancro polmonare con l'esposizione cumulative a silice cristallina che non risulta plausibilmente spiegabile da fattori di confondimento quali fumo di sigaretta o asbesto.

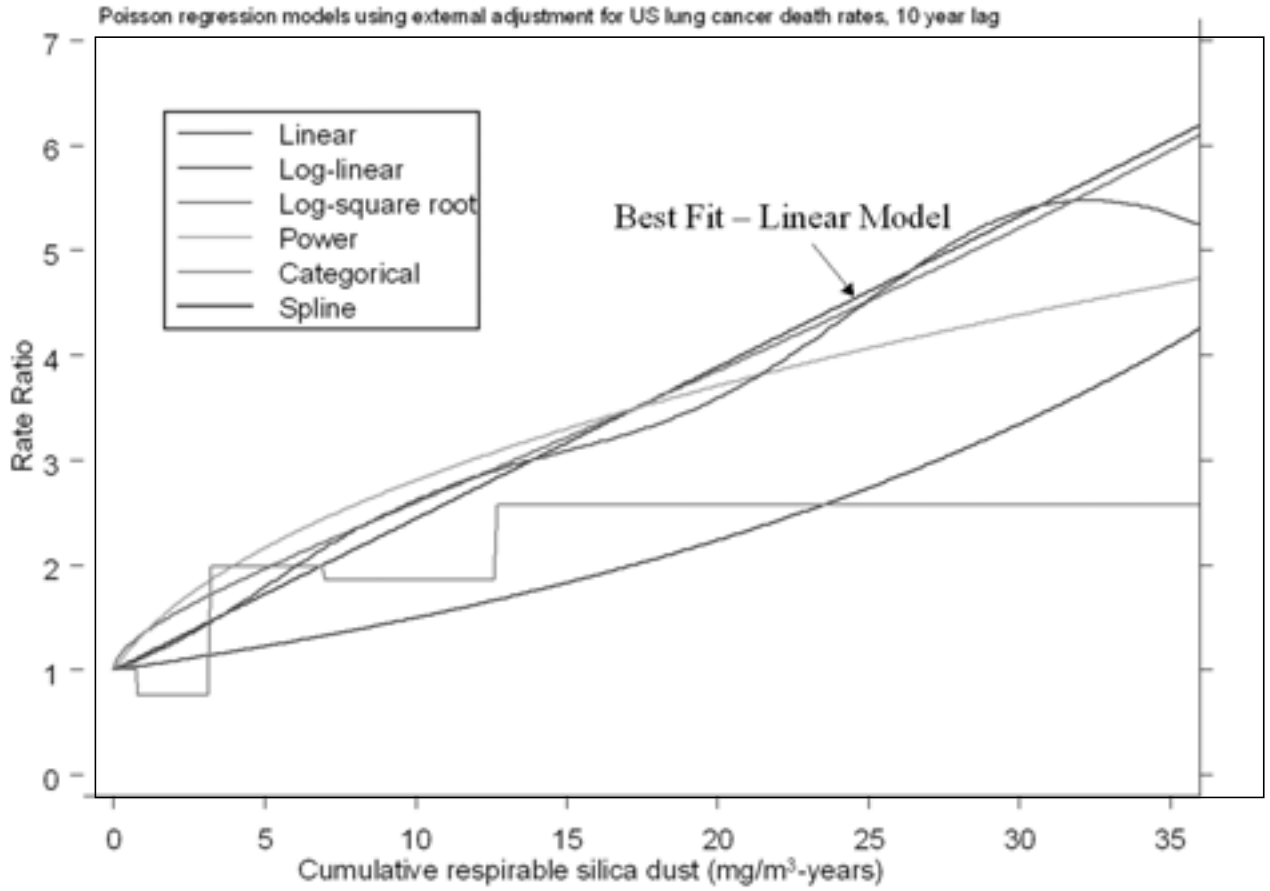



**Figura 1**- Rapporto dei tassi di mortalità per cancro polmonare in funzione dell'esposizione cumulativa a polveri di silice (da: Steenland , 2001)

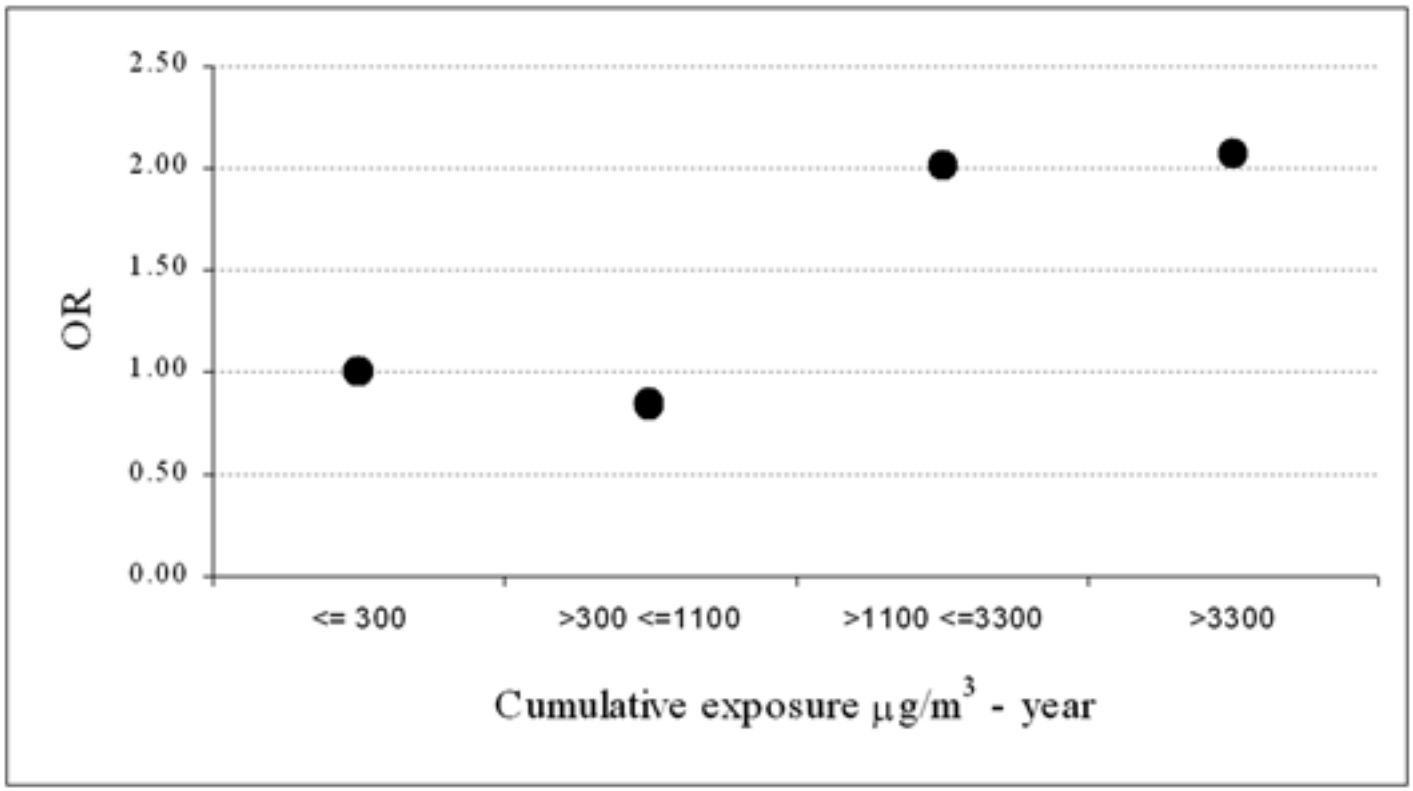



**Figura 2a** - Rischio di cancro polmonare in funzione dell'esposizione cumulativa a silice tra gli addetti alla produzione di sabbie silicee negli USA (da Hughes, 2001)

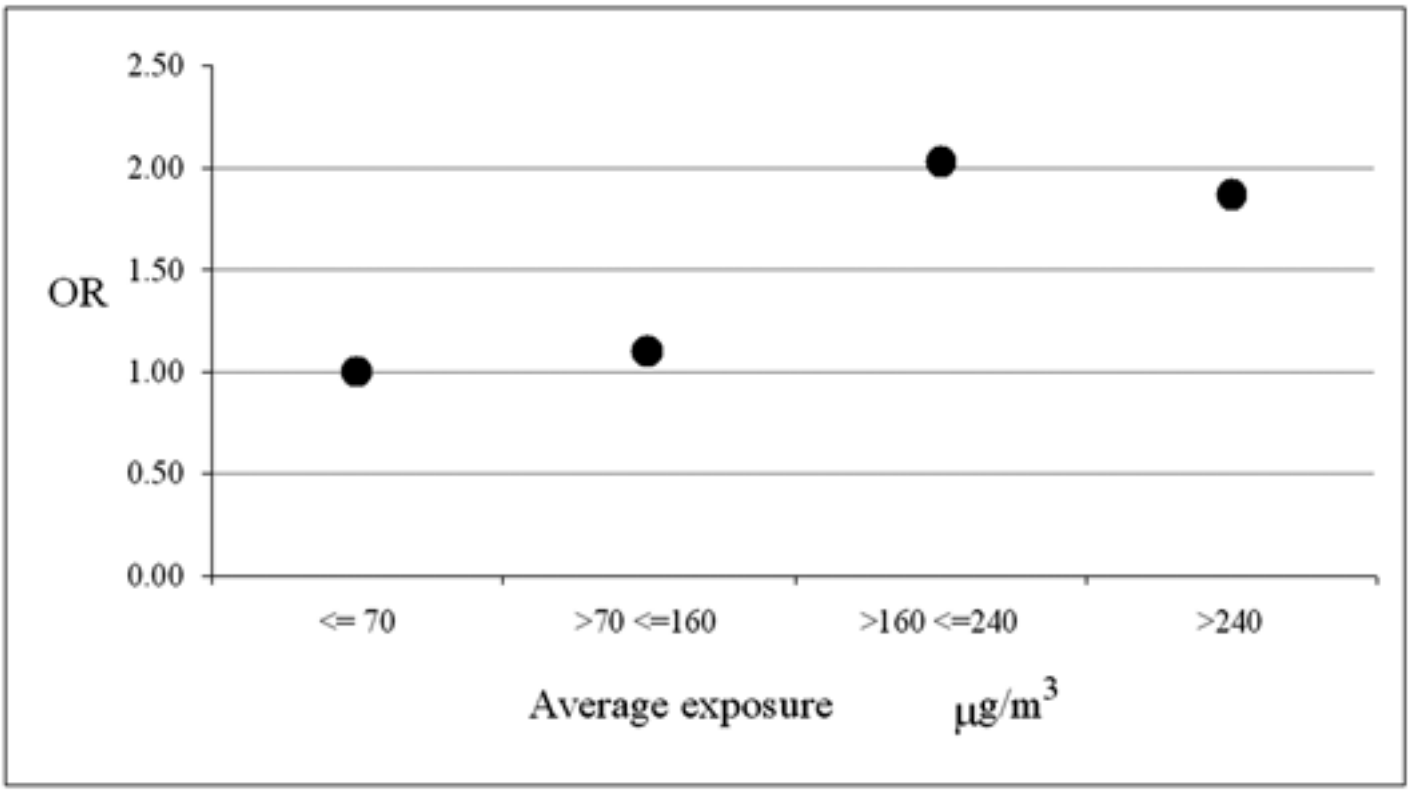



**Figura 2b** - Rischio di cancro polmonare in funzione dell'esposizione a silice tra gli addetti alla produzione di sabbie silicee negli USA (da Hughes, 2001)

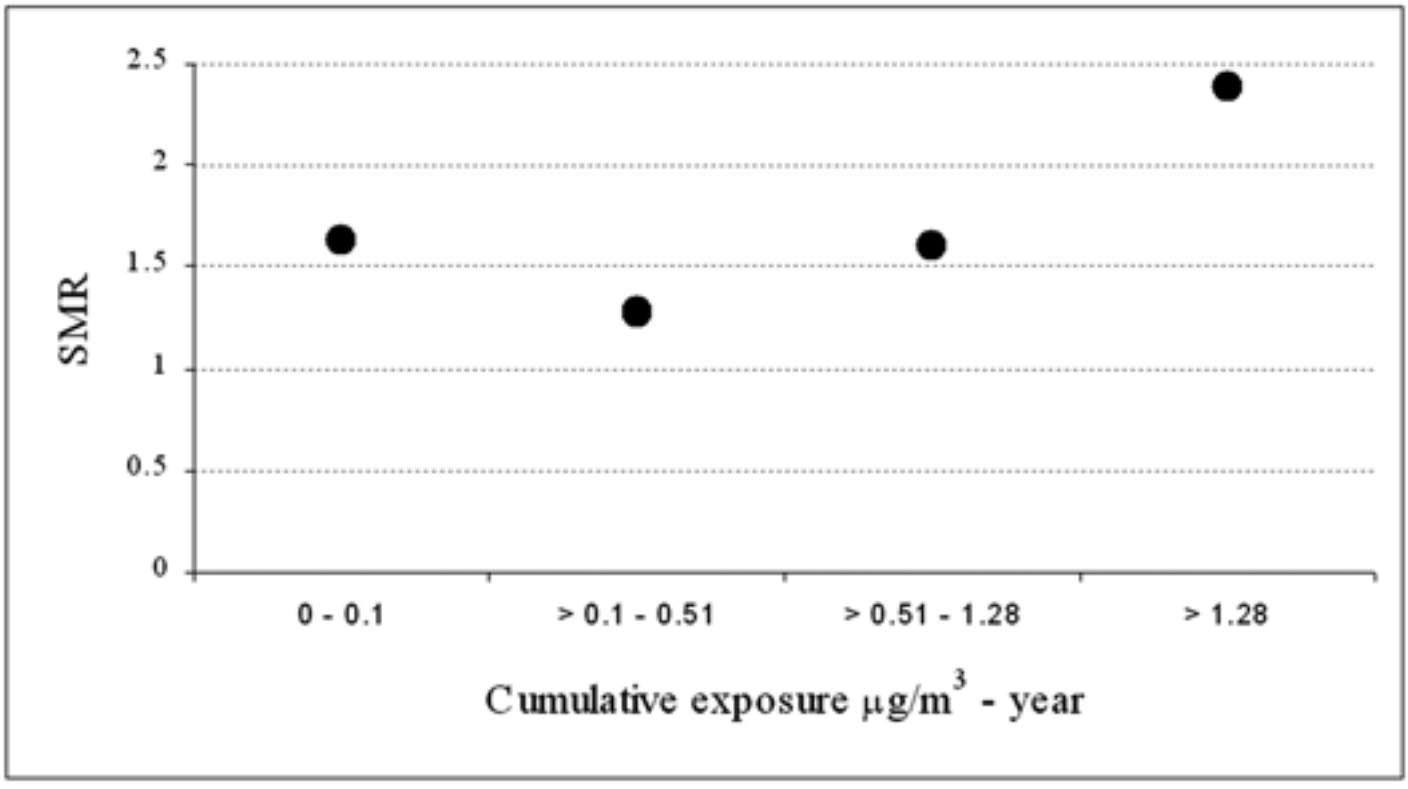



**Figura 3a** - Rischio di cancro polmonare (SMR) in funzione dell'esposizione cumulativa a silice (quartili) tra 4027 addetti alla produzione di sabbie silicee negli USA (da Steenland, 2001)

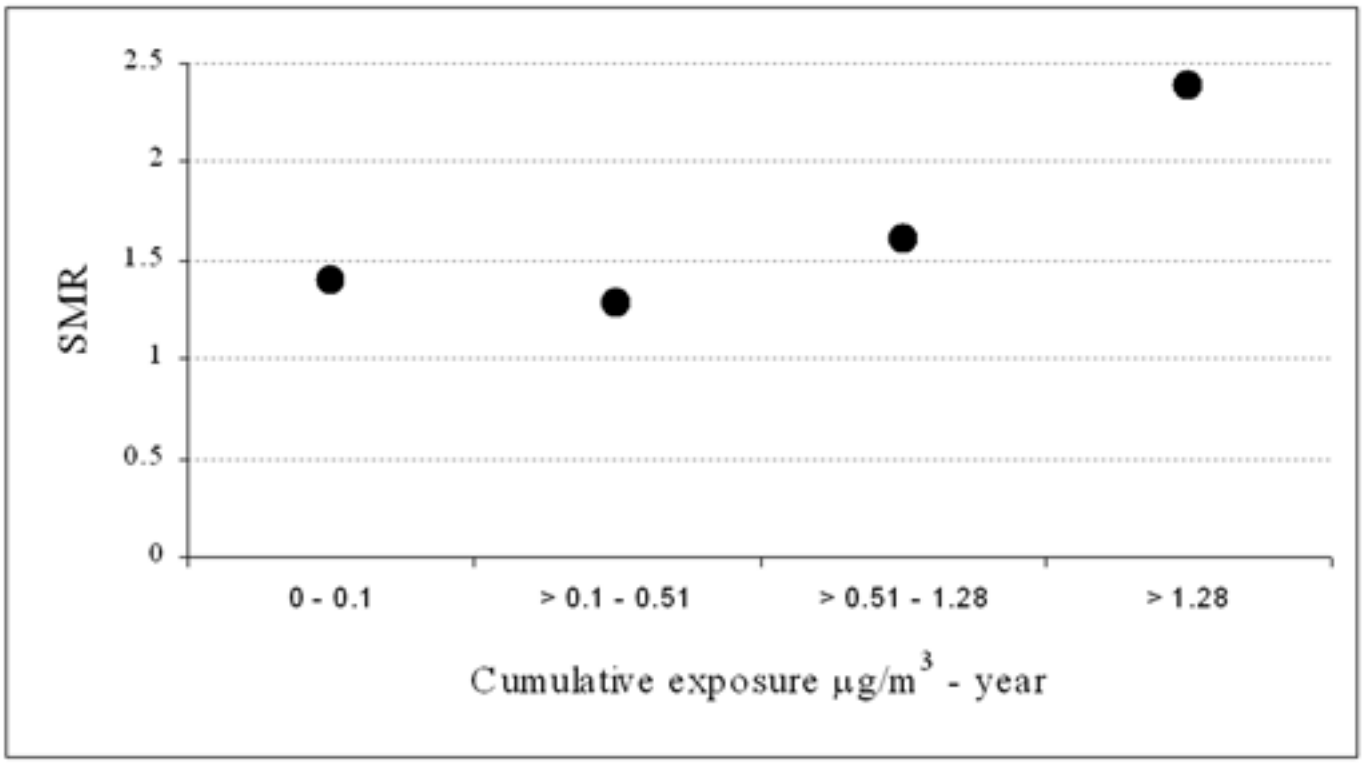



**Figura 3b** - Rischio di cancro polmonare (SMR) in funzione dell'esposizione cumulativa a silice (quartili) tra 4027 addetti alla produzione di sabbie silicee negli USA (da Steenland) 2001)

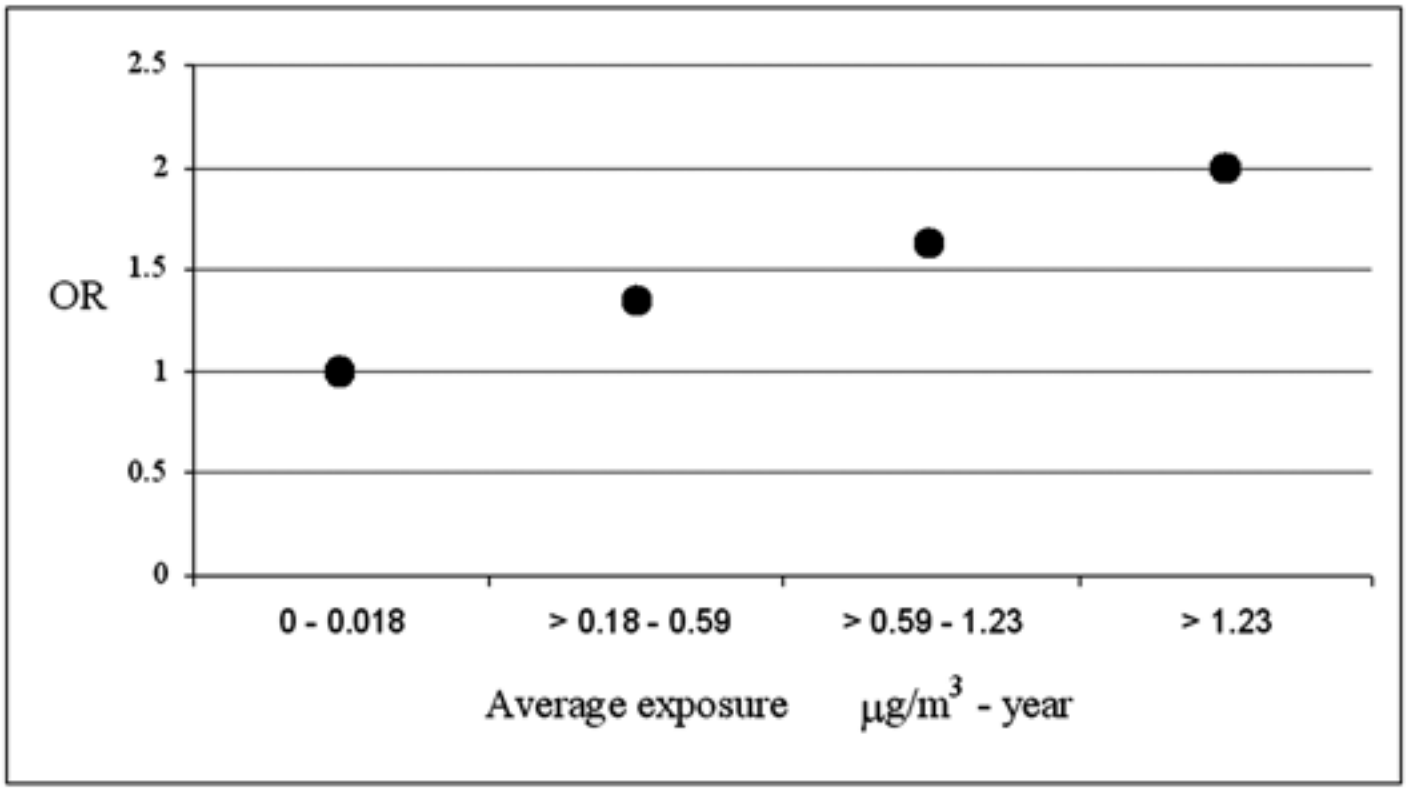



**Figura 4a** - Rischio di cancro polmonare (OR) in funzione dell'esposizione cumulativa a silice (quartili) tra addetti alla produzione di sabbie silicee negli USA: studio caso-controllo condotto all'interno della coorte di 3361 lavoratori con almeno 6 mesi di impiego(da Steenland, 2001)

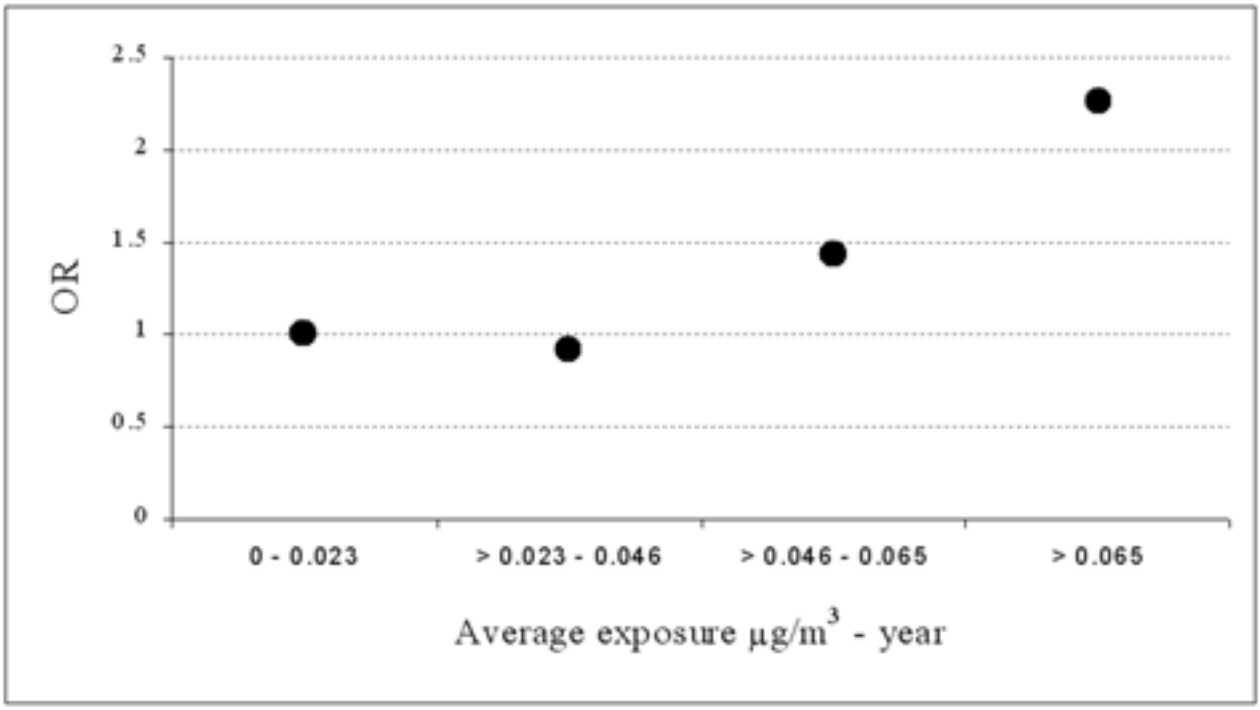



**Figura 4b** - Rischio di cancro polmonare (OR) in funzione dell'esposizione a silice (quartili) tra addetti alla produzione di sabbie silicee negli USA: studio caso-controllo condotto all'interno della coorte di 3361 lavoratori con almeno 6 mesi di impiego (modificato da Steenland, 2001).

Uno studio condotto tra 4629 addetti alla produzione di sabbie silicee in 18 industrie produttive USA (Steenland, 2001a), ha riportato un eccesso di mortalità per tumore del polmone pari al 60% (SMR=1.6, IC95% =1.31-1.93) ed una mortalità per silicosi aumentata di circa 60 volte (SMR= 66.6, IC95%=33-118) rispetto alla mortalità attesa basata sui tassi di decesso della popolazione USA. Relazioni di tipo dose-risposta sono state riportate sia con l'esposizione cumulativa sia con i valori medi di esposizione a silice cristallina dalle analisi ristrette a 4027 lavoratori per i quali è stato possibile ricostruire una buona stima quantitativa di esposizione a polveri di silice cristallina (Figura 3a, b) e nel sottogruppo (n = 3361) con almeno 6 mesi di impiego nelle industrie considerate e dall'analisi caso-controllo nidificata nella coorte (Figura 4a, b). L'effetto confondente del fumo, stimato con metodi indiretti, è risultato essere in grado di spiegare il 10-20% dell'eccesso di mortalità per cancro polmonare osservato.

Altri studi che valutano l'associazione tra l'*esposizione occupazionale a silice, la silicosi e l'insorgenza di cancro polmonare*, considerando l'effetto confondente del fumo o di altri agenti occupazionali e/o l'esistenza di relazioni dose-effetto sono stati pubblicati a partire dal 1999 (Ulm, 2003; Bruske-Holdfeld, 2000; Martin, 2000; Cocco, 2001; Carta, 2001; Boffetta, 2001; Chen, 2002; Coggiola, 2003; Kauppinen, 2003; Westberg, 2003); Ogawa, 2003; Moshammer, 2004; Berry, 2004; Graham, 2004).

Lo studio caso-controllo (Ulm, 1999) condotto all'interno di una coorte di lavoratori tedeschi dell'industria della ceramica, dei materiali lapidei e delle cave (247 casi di cancro polmonare appaiati per abitudini al fumo a 795 controlli), non ha evidenziato associazioni con indici di esposizione a silice. Lo studio escludeva i soggetti affetti da silicosi.

Uno studio caso-controllo di vaste dimensioni condotto in Germania (3498 casi di cancro polmonare e 3541 controlli) ha riportato un rischio aumentato negli esposti a silice cristallina (OR=1.41, IC95%=1.22-1.62) dopo aggiustamento per abitudine al fumo ed esposizione ad amianto (Bruske-Hohlfeld, 2000).

Un aumentato rischio per il cancro polmonare è stato riportato da uno studio caso-controllo condotto all'interno di una coorte di lavoratori della Compagnia Nazionale Francese dell'Elettricità e Gas : OR=2.27 (IC95%=1.10-4.68) nelle categorie con elevata esposizione a silice. Lo studio non riporta valutazioni del ruolo del fumo di sigaretta.

Uno studio caso-controllo (Cocco et al. 2001) condotto all'interno di una coorte di lavoratori cinesi in 4 miniere di stagno, 10 di tungsteno, 6 di rame e ferro, una di argille ed in 8 fabbriche per la produzione di ceramiche (già considerato nella revisione della monografia IARC del 1997), ha evidenziato una modesta associazione tra l'esposizione a silice ed il cancro polmonare, riportando eccessi di rischio del 60% (OR=1.6, IC95% =1.0-2.4) e del 20% (OR=1.2, IC95%=0.8-1.9) rispettivamente nei quartili di esposizione cumulativa 19.8-26.9 e >= 27 mg/m$^3$/anno. I risultati dell'analisi statistica suggeriscono "..la necessità di valutare esposizioni professionali e non nello studio della relazione silice cristallina-cancro polmonare per valutare se, ed in che misura, tali fattori agiscono sul potenziale cancerogeno della silice".

Un aggiornamento del follow-up di una coorte di silicotici sardi (Carta et al., 2001, già considerato nella revisione della monografia IARC del 1997), ha confermato l'esistenza di un moderato eccesso di mortalità per cancro polmonare (SMR=1.35, IC95%=0.98-1.91) nell'intera coorte e, dopo un periodo di 20 anni dalla diagnosi di silicosi, un raddoppio della mortalità per cancro polmonare nei silicotici (categoria radiografica ILO 3/2+, SMR=1.91, IC95%=0.92-3.95) e con esposizione cumulativa a silice respirabile > 10 gh/m$^3$ (SMR=2.08, IC95%=0.88-4.91). L'eccesso di mortalità risultava essere associato con un'elevata esposizione a radon nell'industria estrattiva mineraria (SMR=2.35, IC95% =1.20-4.61).

Uno studio caso-controllo condotto all'interno di una coorte di lavoratori cinesi addetti all'estrazione dello stagno (Chen, 2002), ha confermato il ruolo dell'esposizione ad arsenico nell'insorgenza del cancro polmonare riportato in precedenza (McLaughlin, 1992; Chen, 1992, citati in IARC 1997). Il rischio di cancro polmonare (corretto per l'esposizione a fumo) aumentava con l'esposizione cumulativa a polveri totali (OR=2.8, IC95%=1.6-5 nella categoria di esposizione >= 120 mg/m$^3$ anno, $p_{trend}$= 0.004), raggiungendo un valore di 3.5 (IC95%=1.8-7) negli esposti a livelli cumulativi di arsenico >=1000 µg/m$^3$-anno. Il rischio era comunque elevato (OR=2.2, IC95%=0.9-5.0) in minatori esposti a bassi livelli di arsenico (<100 µg/m$^3$-anno)

ma con elevata esposizione cumulativa a polveri totali (120 mg/m³-anno). Gli autori affermano che lo studio "..non permette di escludere la cancerogenicità della silice cristallina visti gli eccessi di rischio osservati a basse dosi di esposizione a polveri respirabili".
Un aggiornamento della mortalità di una coorte di esposti a polveri di talco (n=1974 lavoratori ) in Val Chisone (TO), ha evidenziato una riduzione della mortalità per cancro polmonare (SMR=0.93.8, IC95%=0.68-2.26), limitatamente alla coorte di 1795 (90.9%) lavoratori per i quali erano disponibili dati di follow-up completi (Coggiola et al, 2003). Va osservato che il talco estratto dal giacimento di Fontane in Val Germanasca presso Pinerolo è un minerale molto puro, in cui il quarzo risulta al nono posto in ordine di abbondanza dopo clorite, magnesite, dolomite, zoisite, epidoto, rutilo, tremolite ed actinolite (Zucchetti, 1969) e che valutazioni puntuali non hanno rilevato presenza di silice cristallina né al diffrattometro né allo spettrofotometro infrarosso (Verdel, 1985). Anche se è verosimile che nello stabilimento di Pinerolo venissero lavorate miscele di talco locale con altro di diversa provenienza, sembra comunque che esse contenessero meno del 2% di quarzo (Verdel, 1985). Questa tipologia dell'esposizione e l'elevata percentuale di soggetti persi al follow-up (9%) rendono lo studio di limitata utilità per la valutazione dell'associazione tra esposizione a silice cristallina e l'insorgenza del cancro polmonare.
Un'associazione tra dose qualitativa di esposizione a silice cristallina e rischio di cancro polmonare è stata riportata tra i 5676 dipendenti –per almeno 6 mesi- di compagnie Finlandesi addetti ad operazioni di asfaltatura/costruzione delle strade (Kauppinen, 2003). L'analisi dei dati finlandesi, parte della coorte Europea di asfaltatori identificata dalla IARC (Boffetta, 2001), confermava i risultati ottenuti dallo studio Europeo coordinato dalla IARC che identificava l'esposizione a silice quale responsabile di parte degli eccessi di cancro polmonare osservati in particolare nei lavoratori francesi e dei Paesi Bassi (Boffetta, 2001). L'effetto di variabili di confondimento e la breve durata del follow-up, a detta degli stessi autori, rappresentano però una limitazione alla validità delle associazioni riportate, incluse le associazioni di tipo dose-effetto tra il cancro polmonare ed indici di esposizione quantitativa a silice cristallina, fumi diesel e di bitume e qualitativa a catrame e sostanze organiche volatili.
Uno studio caso-controllo condotto all'interno di una coorte di lavoratori di fonderie dell'alluminio svedesi (Westberg, 2003) ha evidenziato una relazione dose-effetto tra esposizione cumulativa a silice cristallina e cancro polmonare riportando stime del rischio relativo (OR), rispettivamente di 1.6, IC95%=0.54-4.6 e di 2.5, IC95%=0.67-9.2 per esposizioni cumulative di 0.001-1.0 e >= 1 mg/m³ anno tra i lavoratori con almeno un anno di impiego.
Una elevata mortalità per silico-tubercolosi (SMR=3.47, IC95%=1.61-22.36) e per cancro polmonare (SMR=1.24, IC95%=0.65-11.3) e stata evidenziata in un limitato gruppo di lavoratori (n=200) addetti al taglio di pietre abrasive in Giappone (Ogawa, 2003). La dimensione dello studio ed il possibile effetto del fumo di sigaretta rappresentano un limite per l'interpretazione dei risultati.
L'associazione tra l'esposizione a polveri respirabili ed eccessi di rischio di cancro polmonare è stata riportata in uno studio di 3260 lavoratori Viennesi seguiti per 50 anni (Moshammer, 2004). Il confronto interno di specifiche categorie di lavoro (vs tutte le altre categorie con esposizioni a polveri) ha evidenziato eccessi di mortalità per carcinoma bronchiale nei lavoratori dell'industria dei mattoni e delle pietre (SMR=1.76, IC9%%=1.06-2.94) e della ceramica e del vetro (SMR=1.61, IC95%=1.03-2.22). Gli autori concludono che "..la silice cristallina pur rappresentando un'importante componente dell'esposizione a polveri possa non essere l'unico fattore di rischio per il cancro polmonare in questa industria".
Un eccesso di mortalità per cancro polmonare veniva evidenziato in uno studio condotto in una coorte di 1467 silicotici Australiani (Berry, 2004) dopo aggiustamento per effetto del fumo (SMR=1.9, IC9%%=1.5-2.3). Gli autori osservavano che l'eccesso poteva "..non essere del tutto attribuibile alla silicosi ma in parte a misclassificazioni nella diagnosi di silicosi attribuibili alla presenza di malattia polmonare cronica ostruttiva".
L'aggiornamento dello studio di mortalità condotto nei lavoratori dell'industria del granito in Vermont (già citato nella monografia IARC 1997) ha evidenziato eccessi di mortalità per cancro polmonare negli addetti alla lavorazione del granito con durata di impiego >30 anni e latenza >40 anni (Graham, 2004), indipendentemente dal fatto che fossero stati assunti prima o dopo l'introduzione di sistemi di abbattimento della polverosità (rispettivamente SMR=1.63, IC9%%=1.24-2.1 e SMR=2.17, IC95%=1.21-3.58). Gli autori affermano che "..gli eccessi di mortalità riportati per le due sottocoorti (alta e bassa esposizione a quarzo) non depongono a favore di un'associazione causale tra esposizione a silice cristallina e cancro polmonare".
Una meta analisi di trenta studi epidemiologici pubblicati tra il 1960 ed il 2001 (Kurihara, 2004) ha stimato un meta-rischio relativo (MRR) per l'esposizione a silice di 1.32 (IC95%=1.23-1.41). Il rischio risultava essere aumentato nei silicotici (MRR= 2.37, IC95%=1.98-2.84 nei non fumatori e MRR=4.47, IC95%=3.17-6.3 nei fumatori), ma non nei non silicotici (MRR=0.96, IC95%=0.81-1.15). Gli autori concludevano che l'esposizione a "silice cristallina induce il cancro polmonare nell'uomo, che la silicosi per sé rappresenta un fattore di rischio rilevante e che l'abitudine al fumo ha un effetto sul rischio nei silicotici", che "per ridurre il rischio di cancro nei lavoratori esposti occorre prevenire completamente l'insorgenza di silicosi ed incoraggiare la disassuefazione al tabagismo" e raccomandano la sorveglianza sanitaria dei soggetti silicotici mediante programmi di screening per il cancro polmonare.
L'insieme degli studi recenti (successivi alla valutazione IARC del 1997) conferma la valutazione espressa dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC, 1997): la silice cristallina è un cancerogeno per l'uomo in determinate condizioni di esposizione professionale. In particolare, il peso dell'evidenza di effetti di tipo dose-risposta riportati dagli studi condotti tra gli addetti alla produzione di sabbie silicee in USA (Hughes et al, 2001, Steenland & Sanderson, 2001), tra i lavoratori delle fonderie in Germania (Westberg, 2003) e dalle analisi sistematiche della letteratura epidemiologica (Rice, 2001; Steenland, 2001) e l'evidenza del marginale ruolo del fumo di sigaretta (Bruske-Hohlfeld, 2000, Steenland, 2000, Steenland, 2004) quale confondente delle associazioni osservate aggiungono evidenza scientifica al nesso di causalità riconosciuto dalla IARC nel 1997 (IARC. 1997).
Le stime del rischio assoluto per la silicosi (1.9%, IC95%=0.8%-2.9%) e dei rischi in eccesso per il cancro polmonare (1.7%, IC95%=0.2%-3.6%) e per le malattie renali (5.1%, IC95%=2.2%-7.3%) conseguenti ad un'esposizione di 45 anni al livello attualmente adottato dalla Occupational Health and Safety Adminstration (OSHA) di 0.1 mg/m³ di silice cristallina respirabile indicano che gli attuali standard in vigore negli USA [14] non sono sufficienti a proteggere la salute dei lavoratori esposti (Finkelstein, 1998; Greaves, 2000; Steenland, 2001b; 2002, 2002a; Stayner, 2002).
Oltre alla chiara evidenza epidemiologica a sostegno di un'associazione causale tra esposizione occupazionale a silice cristallina e silicosi, cancro polmonare, tubercolosi e malattia polmonare cronica ostruttiva (WHO, 2000), le recenti evidenze epidemiologiche suggeriscono anche la possibilità dell'esi-

**14** Limiti di esposizione: sulla base delle evidenze epidemiologiche sono stati proposti i seguenti limiti di esposizione a silice cristallina: **OSHA**, USA Occupational Health and Safety Adminstration: *0.1 mg/m³* (per il 100 % di silice cristallina); **ACGIH**, American Conference of Industrial Hygienists: *0,05 mg/m³*, **NIOSH**, USA National Institute for Occupational Safety and Health: *0.05 mg/m³*; Germania: *MAK 0.15 mg/m³*; Australia: *0.20 mg/m³*

stenza di associazioni tra esposizione a silice cristallina e malattie autoimmuni (sclerosi sistemica, lupus eritematoso sistemico, artrite reumatoide) e malattie renali (glomerulonefrite) (ATS 1997, Parks 1999, Rapiti 1999, Forestiere, 2002; NIOSH 2002, Gregorini 1993, 2002, Calvert 2003, Mulloy 2004).
Nonostante l'evidenza disponibile, la silice cristallina non è compresa nella "Lista delle sostanze classificate cancerogene e/o mutagene dalla CE (28° adeguamento al progresso tecnico della direttiva 67/548/CEE del Consiglio)", concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose.
Le evidenze epidemiologiche accumulatesi a tutt'oggi non permettono di identificare le tipologie professionali / settori industriali dove, in base alle caratteristiche fisiche specifiche delle polveri di silice cristallina, la distribuzione dei suoi polimorfi e/o i fattori esterni che possono influenzarne l'attività biologica, si verificherebbero condizioni di esposizione a silice cristallina che non rappresentano un rischio cancerogeno per i lavoratori esposti.

## Sorveglianza epidemiologica di lavoratori esposti ed ex-esposti a silice cristallina

Le evidenze epidemiologiche in tema di effetti sulla salute da esposizione a silice cristallina giustificano la messa a punto e la realizzazione di un piano d'azione che dovrebbe prevedere:

1. la revisione delle evidenze epidemiologiche e di letteratura più recenti in tema di patologie silico-correlate, con particolare riguardo alle neoplasie polmonari e delle prime vie respiratorie, associate o meno a silicosi, e alle patologie associate a disordini immunitari (sclerosi sistemica, lupus eritematoso sistemico, artrite reumatoide) e renali (glomerulonefrite);
2. la predisposizione di azioni di sensibilizzazione e stimolo alla valutazione e misura dell'esposizione nelle lavorazioni a rischio di esposizione a polveri contenenti silice cristallina;
3. la predisposizione di azioni di sensibilizzazione e stimolo alla istituzione dei *registri degli esposti* a sostanze cancerogene e/o mutagene ex D.Lgs. 66/2002 con particolare riferimento agli esposti a silice cristallina (i modelli sono già stati elaborati dall'ISPESL ), anche in mancanza dei Decreti Attuativi;
4. la realizzazione di schemi operativi utili al pieno utilizzo dei flussi informativi INAIL-ISPESL sulle malattie professionali che già vengono messi a disposizione di tutte le regioni;
5. l'attivazione da parte delle AASSLL di sistemi di ricerca attiva dei tumori polmonari di sospetta origine professionale per agevolare quanto previsto dall'art. 71 D.Lgs. 626/94. In proposito, le regioni e l'ISPESL potrebbero concordare un protocollo d'intesa per favorire con procedure standard e strumenti operativi tale attività e l'invio dei dati all'ISPESL;
6. la valutazione della possibilità di adottare, ove vi siano i presupposti organizzativi (SDO e mortalità informatizzate in modo completo ed esaustivo), il sistema informativo OCCAM (http://www.istitutotumori.mi.it/INT/AreaProfessionale/progettoOCCAM ) messo a punto dall'ISPESL e dall'Istituto dei Tumori di Milano, sistema basato sul linkage dei casi di tumore con gli archivi previdenziali per la ricostruzione completa delle storie lavorative.
7. la promozione di studi epidemiologici finalizzati ad esplorare aspetti controversi degli effetti biologici dell'inalazione di particelle di silice, anche a dosi inferiori rispetto al passato, con particolare riguardo alle neoplasie e alle patologie a sfondo autoimmune.

## Ricostruzione dell'esposizione pregressa a polveri di silice aerodisperse

L'inquinamento da polveri di silice aerodisperse è stato oggetto di monitoraggio in vari comparti industriali italiani. Molti dati sono stati pubblicati su importanti riviste scientifiche ma anche riportati in atti di convegni regionali-nazionali organizzati dalla rete nazionale dei Servizi di Prevenzione nei luoghi di lavoro e dalla Associazione degli Igienisti Industriali. Molti dati ambientali sono stati raccolti anche dalla CONTARP-INAIL in occasione di verifiche indirizzate al pagamento del sovrappremio ex 1124 (Silicosi - asbestosi).
Nel complesso possiamo affermare che nel nostro paese il "rischio silicotigeno" è stato discretamente monitorato, rispetto ad altri rischi non certo meno importanti per la gravità delle patologie ad essi connesse. Nel contempo esistono molte situazioni-comparti che potremmo definire "orfani" per i quali non sono ad oggi disponibili risultati di monitoraggi ambientali idonei ad una definizione dell'esposizione. Fanno parte di questi l'agricoltura e l'edilizia abitativa e stradale (escluso i lavori di perforazione di tunnel) che annoverano peraltro un altissimo numero di addetti.
La ricostruzione delle esposizioni pregresse a fini epidemiologici si presenta relativamente semplice per i comparti che sono stati oggetto di monitoraggi. Si tratta, in questi casi, di organizzare dei database ad hoc che permettano la costruzione di matrici mansione/esposizione ben definite nel tempo per il calcolo di esposizioni cumulative e verificare se queste matrici siano mutuabili all'intero comparto introducendo eventuali correttivi. E' indispensabile comunque che tali dati siano verificati per ottimizzare una singola "chiave di lettura" , introducendo, se necessario, fattori di correzione alle diverse metodiche utilizzate (dal campionamento all'analisi)
Più complesso risulta il compito per i comparti che non dispongono di dati ambientali. Da più parti sono state sviluppate tecniche che permettono la costruzione di matrici mansione/esposizione valutandola in termini semiquantitativi (alta, media, bassa) o applicando un punteggio che permetta calcoli matematici per la definizione dell'esposizione cumulativa. Tecniche di questo tipo ben si adattano a studi epidemiologici occupazionali di singole aziende, più difficoltosi possono essere i confronti dei punteggi tra realtà diverse.
Allo scopo di delineare il profilo delle esposizioni a silice cristallina nel tempo occorrerà avviare programmi di ricerca con gli obbiettivi di:

a. raccogliere i dati sulla produzione di materiali contenenti silice cristallina relativamente al periodo post bellico e
b. ricostruire i dati sulla forza lavoro suddivisa nei grandi comparti a rischio nello stesso periodo.

## Bibliografia

Amandus HE, Shy C, Wing S, Blair A, Heineman EF Silicosis andlung cancer in North Carolina dusty trades workers. *American journal of industrial medicine*, 20: 57-70 (1991)

Amandus HE, Castellan RM, Shy C, Heineman EF, Blair A Reevaluation of silicosis and lung cancer in North Carolina dusty trades workers. *American journal of industrial medicine*, 22:147-153(1992)

ATS (American Thoracic Society). Adverse effects of crystalline silica exposure. *American Journal of Respiratory Critical Care Medicine* 155, 761-768 (1997)

Berry G., Rogers A., Yeung P. Silicosis and lung cancer: a mortality study of compensated men with silicosis in New South Wales, Australia. *Occupational Medicine* 54: 387-394 (2004).

Boffetta P, Burstyn I, Partanen, Kromhout H, Svane O, Langard S, Jarvholm B, Frenze.Beyme R, Kauppinen T, Stucker I, Shaham J, Heederik D, Ahrens W, Bergdahl I, Cenee S, Ferro G, Heikkila P, Hooiveld M, Johansen C, Randem B, Schill W. IARC epidemiologic study of cancer mortality among European asphalt workers. *Lyon: International Agency for Research on Cancer* (2001)

Burgess GL, Turner S, McDonald JC, Cherry NM Cohort mortality study of Staffordshire pottery workers: (I) Radiographic validation of an exposure matrix for respirable crystalline silica. A*nnals of occupational hygiene*, 41 (Suppl. 1):403-407 (1997)

Bruch, J., Rehn, S., Rehn, B.: Determinig significant variance of biological activity between respirable quartz by a vector model. Int. J. Hyg. *Envir. Health* 207, 1-14 (2003)

Bruch J, Rehn S, Rehn B, Borm PJ, Fubini B. Variation of biological responses to different respirable quartz flours determined by a vector model. *Int J Hyg Environ Health*;207(3):203-16 (2004).

Bruske-Hohlfeld I, Mohner M, Pohlabeln H, Ahrens W, Bolm-Audorff U, Kreienbrock L, Kreuzer M, Jahn I, Wichmann HE, Jockel KH. Occupational lung cancer risk for men in Germany: results from a pooled case-control study. *Am J Epidemiol* ;151:384-95 (2000).

Cakmak, G.D., Schins, R.P.F., Shi, T., Fenoglio, I., Fubini, B., Borm, P.: In vitro genotoxicity assessment of commercial quartz flours in comparison to standard DQ12 quartz. *Int. J. Hyg. Envir. Health* 207, 105-113 (2003)

Calvert G.M., Rice F.L., Boiano J.M., Sheehy J.W., Sanderson W.T. Occupational silica exposure and risk of various diseases: an analysis using death certificates from 27 states of the United Staes. *Occupational and Environmental Medicine* 60:122-129 (2003).

Carta P., Aru G., Manca P. Mortalità from lung cancer among silicotic patients in Sardinia: an update study with 10 more years of follow-up. *Occup Environ Med* 58:786-93 (2001)

Castranova V, Pailes W, Judy D, Blake T, Schwegler-Berry D, Jones W. In vitro effects of large and small glass fibers on rat alveolar macrophages. J Toxicol Environ Health. 49(4):357-69 (1996)

Checkoway H, Heyer NJ, Demers PA, Breslow NE Mortality among workers in the diatomaceous earth industry. *British journal of industrial medicine*, 50:586-597 (1993).

Checkoway H, Heyer NJ, Demers PA, Gibbs GW. Reanalysis of mortality from lung cancer among diatomaceous earth industry workers, with consideration of potential confounding by asbestos exposure. *Occupational and environmental medicine*, 53:645-647 (1996).

Checkoway H., Heyer, N.J., Seixas, N.S., Welp, E A. E., Demers, P.A., Hughes, J.M. and Weill, H. Dose-response associations of silica with non-malignant respiratory disease and lung cancer mortality in the diatomaceous earth industry. *American Journal of Epidemiology* 145, 680-688 (1997).

Chen W, Chen J. Nested case-control study of lung cancer in four Chinese tin miners. *Occup Environ Med* 59:113-118 (2002)

Chen W., Stempelman K., S Rehn, Diederichs H., Rehn B., Bruch J. Biological responses of workplace particles and their association with adverse health effects in miners. *J Environ Monit* 6(12): 967-72, 2004.

Cherry N, Burgess G, McNamee R, Turner S, McDonald C Initial findings from a cohort mortality study of British pottery workers. *Applied occupational and environmental hygiene*, 10(12):1042-1045 (1995)

Cherry NM, Burgess GL, Turner S, McDonald JC. Cohort study of Staffordshire pottery workers: (II) Nested case referent analysis of lung cancer. *Annals of occupational hygiene*, 41 (Suppl. 1): 408-411 (1997).

Cherry NM, Burgess Gl, Turner S McDonald JC. Crystalline silica and risk of lung cancer in the potteries. *Occup Envir Med*, 55:779-85 (1998).

Clouter A, Brown D, Hohr D, Borm P, Donaldson K. Inflammatory effects of respirable quartz collected in workplaces versus standard DQ12 quartz: particle surface correlates. *Toxicol Sci.* Sep;63 (1):90-8 (2001).

Cocco PL, Rice CH, Chen JQ, McCawley MA, McLaaughlin JK, Dosemeci M. Lung cancer risk, silica exposure and silicosis in Chinese mines and pottery factories: the modifying role of other workplace lung carcinogens. *Am J Ind Med* 40: 674-682, (2001).

Coggiola M, Bosio D, Pira E, Piolatto PG, La Vecchia C., Negri E, Michelazzi M, Bracaloni A. An update of a mortality study of talc miners and millers in Italy. *Am J Ind Med* 44:63-69 (2003).

Costello J, Graham WGB Vermont granite workers' mortality study. *American journal of industrial medicine*, 13:483-497 (1988)

Costello J, Castellan RM, Swecker GS, Kullman GJ. Mortality of a cohort of U.S. workers employed in the crushed stone industry, 1940-1980. *American journal of industrial medicine*, 27:625-640 (1995).

Donaldson, K. and Borm, P.J.A. The quartz hazard: a variable entity. *Ann. Occup. Hyg*. 42, 287-294 (1998).

Dong D, Xu G, Sun Y, Hu P Lung cancer among workers exposed to silica dust in Chinese refractory plants. *Scandinavian journal of work, environment and health*, 21 (Suppl. 2):69-72 (1995).

Elias Z., O. Poirot, M.C. Danière, F. Terzetti, A.M. Marande, S. Dzwigaj, H. Pezerat, I. Fenoglio and B. Fubini Comparative study of cytotoxicity and morphological transformation of Syrian hamster embryo cells induced by silica with different surface properties, *Toxicol. in vitro*, 14, 409-422 (2000).

Finkelstein MM. Radiographic silicosis and lung cancer risk among workers in Ontario. *Am J Ind Med* 34:244-251 (1998)

Forastiere F, Goldsmith DF, Sperati A, Rapiti E, Miceli M, Cavariani F, Peducci CA. Silicosis and lung function decrements among female ceramic workers in Italy. *Am J Epidemiol*. 156(9):851-6 (2002).

Fubini, B. Surface chemistry and quartz hazard, *Ann. Occup. Hyg*., 42, 521-530 (1998).

Fubini B., I. Fenoglio, R. Ceschino, M. Ghiazza, G. Martra, M. Tomatis, P. Borm, R. Schins, J. Bruch Relationships between the state of the surface of four commercial quartz flours and their biological activity in vitro and in vivo *Int. J. Hyg. Envir. Health* 207, 84-104 (2003).

Graham W.G.B., Costello J, Vacek P M. Vermont granite mortality srudy: an update with emphasis on lung cancer. *JOEM*, 46 : 459-66 (2004)

Greaves IA. Not-so-simple silicosis: a case for public health action. *Am J Ind Med* 37(3):245-51 (2000)

Gregorini G. Ferioli A., Donato F. et al. Association between silica exposure and necrotizing crscentic glomerulonephritis with p-ANCA and anti-MPO antibodies: a hospital based case-control study. *Advances in Experimental Medicine and Biology.* 336 435-40 (1993).

Gregorini G, Tira P, Crippa M. ANCA positive vasculitis and silica exposure: the fifteen years experience of the Brescia area. *Presentato al "3rd International Symposium on Silica, Silicosis, Cancer and Other Diseases. Santa Margherita, Italy. October 25* (2002).

Hessel, P.A. , Gamble J F, Gee J.B.L., Gibbs G., Green F.H.G., Morgan W.K.C., Mossman B.T. Silica, silicosis, and lung cancer: a response to a recent working group report. *Journal of Occupatiuonal and Environmental Medicine* 42, 7,704-720 (2000).

Hughes J. M., Weill H., Rando R. J., Shi R., Mcdonald A. D. and. Mcdonald J. C. Cohort Mortality Study of North American Industrial Sand Workers. II. Case-Referent Analysis of Lung Cancer and Silicosis Deaths. *Ann. occup. Hyg*., Vol. 45, No. 3, pp. 201–207 (2001).

IARC - International Agency for Research on Cancer, Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 68. *Silica, Some Silicates, Coal Dust and ParaAramid Fibrils, Lyon, France: International Agency for Research on Cancer* (1997).

Kauppinen T., Heikkila P, Partanen T., Virtanen S.V., Pajjula E., Ylostalo P., Burstyn I., Ferro G. Boffetta P. Mortality and cancer incidence of workers on Finnish road paving companies. *Am J Ind Med* 43:49-57 (2003).

Kurihara N, Wada O. Silicosis and smoking strongly increase lung cancer risk in silica exposed workers. Industrial Health 42: 303-314 (2004).

Kurppa K, Gudbergsson H, Hannunkari I, Koskinen H, Hernberg S, Koskela R-S, Ahlman K Lung cancer among silicotics in Finland. In: Goldsmith DF, Winn DM, Shy CM, eds. *Silica, silicosis, and cancer: Controversy in occupational medicine. Cancer Research Monographs*, Vol. 2 pp. 311-319 New York, NY, Praeger Publishers, (1986)

Martin J.C:, Imbernom E., Goldberg M., Chevalier A., Bonenfant S. Occupational risk factors for lung cancer in the French electricity and cas industry: a case-control survey nested in a cohort of active employees. *Am J Epidemiol* 151: 902-12 (2000).

McDonald JC, Cherry N, McNamee R, Burgess G, Turner S Preliminary analysis of proportional mortality in a cohort of British pottery workers exposed to crystalline silica. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 21 (Suppl. 2):63-65 (1995).

McDonald JC, Burgess GL, Turner S, Cherry NM Cohort study of Staffordshire pottery workers: (III) Lung cancer, radiographic changes, silica exposure and smoking habit. *Annals of occupational hygiene*, 41 (Suppl. 1):412-414 (1997).

Mcdonald A. D., Mcdonald J. C., Rando R. J., Hughes J. M. and Weill H.. Cohort Mortality Study of North American Industrial Sand Workers. I. Mortality from Lung Cancer, Silicosis and Other Causes. *Ann. occup. Hyg.*, Vol. 45, No. 3, pp. 193–199 (2001).

McLaughlin JK, Jing-Qiong C, Dosemeci M, Rong-An C, Rexing SH, Zhien W, Hearl FJ, McCawley MA, Blot WJ. A nested case-control study of lung cancer among silica exposed workers in China. *British journal of industrial medicine*, 49:167-171(1992).

Merlo F, Costantini M, Reggiardo G, Ceppi M, Puntoni R Lung cancer risk among refractory brick workers exposed to crystalline silica: a retrospective cohort study. *Epidemiology*, 2(4):299-305 (1991).

Moshammer H., Neubergen M. Lung cancer and dust exposure: results of a prospective cohort study following 3260 workers for 50 years. *Occup Environ Med* 61:157-62 (2004).

Mulloy K.B. Silica exposure and systemic vasculitis. *Environmental Health Perspectives* 111: 1933-38 (2004)

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH Hazard Review: Health Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica. DHHS (NIOSH) Publication No. 2002-129, Cincinnati, Ohio (2002).

Ogawa S, Imai H, Ikeda M. Mortality due tosilico-tuberculosis and lung cancer among 200 whetstone cutters. *Industrial Health* 41:231-235 (2003).

Parks C, Conrad K, Cooper G, Occupational exposure to crystalline silica and autoimmune disease, *Environ Health Perspect* 107 Suppl 5:793-802 (1999).

Partanen T, Pukkala E, Vainio H, Kurppa K, Koskinen H Increased incidence of lung and skin cancer in Finnish silicotic patients. *Journal of occupational medicine*, 36(6):616-622 (1994).

Puntoni R, Goldsmith DG, Valerio F, Vercelli M, Bonassi S, Di Giorgio F, Ceppi M, Stagnaro E, Filiberti R, Santi L, Merlo F. A cohort study of workers employed in a refractory brick plant. *Tumori*, 74:27-33 (1988).

Rafnsson V., Gunnardottir H. Lung cancer incidence among an Icelandic cohort exposed to diatomaceous earth and cristobalite. *Scand J Work Environ Health* 23: 187-182 (1997).

Rando RJ, Shi R, Hughes JM, Weill H, McDonald AD, McDonald JC. Cohort mortality study of North American industrial sand workers. III. Estimation of past and present exposures to respirable crystalline silica. *Ann Occup Hyg* ;45(3):209-16 (2001).

Rapiti E, Sperati A, Miceli M, Forastiere F, Di Lallo D, Cavariani F, Goldsmith, DF, Perucci CA. End stage renal disease among ceramic workers exposed to silica. *Occup Environ Med. Aug*; 56(8):559-61 (1999).

Rice FL, Park R, Stayner L, Smith R, Gilbert S, Checkoway H Crystalline silica exposure and lung cancer mortality in diatomaceous earth industry workers: a quantitative risk assessment. *Occup Environ Med* 58(1):38-45 (2001).

Seiler, F., Rehn, B., Rehn, S., Bruch, J., Different toxic, fibrogenic and mutagenic effects of four commercial quartz flours in the rat lung *Int. J. Hyg. Envir. Health* 207, 115-124 (2004).

Soutar CA, Robertson A, Miller BG, Searl A *Epidemiological evidence on the carcinogenicity of silica: factors in scientific judgement*. Edinburgh, Institute of Occupational Medicine (1997).

Soutar, C.A., Robertson, A., Miller, B.G., Searl, A. and Bignon, J. Epidemiological evidence on the carcinogenicity of silica: factors in scientific judgement. *Annals of Occupational Hygiene* 44, 3-14 (2000).

Stayner L.T.,.Rice F, Park R., Kuempel E., Bena J., Smith R., Steenland K., Checkoway H. How Risky are Current Standards for Occupational Exposures to Crystalline Silica? *Presentato al "3rd International Symposium on Silica, Silicosis, Cancer and Other Diseases. Santa Margherita, Italy. October 25* (2002)

Steenland K, Brown D. Mortality study of gold miners exposed to silica and nonasbestiform amphibole minerals: an update with 14 more years of follow-up. *American journal of industrial medicine*, 27:217-229 (1995).

Steenland K, Mannetje A, Boffetta P, Stayner L et al. Pooled exposure-response analyses and risk assessment for lung cancer in 10 cohorts of silica-exposed workers: an IARC multicentre study. *Cancer Causes and Control* 12;773-784 (2001).

Steenland K, Sanderson W. Lung cancer among industrial sand workers exposed to crystalline silica. *Am J Epidemiol* 153: 696-703 (2001a).
Steenland K, Sanderson W, Calvert G., Kidney disease and arthritis among workers exposed to silica, *Epidemiology* 12: 405-412, (2001b).

Steenland K, Mannetje A, Attfield M, Pooled analysis of kidney disease mortality and silica exposure in three cohorts, *Annals of Occupational Hygiene* 46:suppl 14-9 (2002).

Steenland K. One agent, many diseases: exposure response data and comparative risks of different outcomes following silica exposure. *Presentato al "3rd International Symposium on Silica, Silicosis, Cancer and Other Diseases. Santa Margherita, Italy"* ( 2002a)

Steenland K, Greenland S. Monte Carlo sensitivity analysis and Bayesian analysis of smoking as an unmeasured confounder in a study of silica and lung cancer. *Am J Epidemiol* 160:384-92 (2004).

Stratta P., Canavese C., Messuerotti A., Fenoglio I., Fubini B. Silica and renal diseases: no longer a problem in the 21st century? *J. Nephrol.* 14, 228-247 (2001).

Ulm K, Waschulzik B, Ehnes H, Guldner K, Thomasson B, Schwebig A, Nuss H. Silica dust and lung cancer in the German stone, quarrying, and ceramics industries: results of a case-control study. *Thorax*;54(4):347-51 (1999).

Ulm K, Gerein P, Eigenthaler J, Schmidt S, Ehnes H. Silica, silicosis and lung-cancer: results from a cohort study in the stone and quarry industry. *Int Arch Occup Environ Health*; 77(5):313-8 (2004).

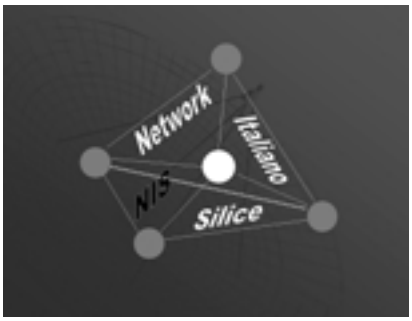
Vallyathan,V.,Castranova, V., Pack D., Leonard S., Shumaker J., Hubbs A.F. Shoemaker D.A., Ramsay D.M. Pretty J.R. McLaurin J.L. Khan A., and Teass A.Freshly fractured quartz inhalation leads to enhanced lung injury and inflammation in rats *Am J. Respir. Crit. Care Med.* 152 1003-1009 (1995).

Verdel U., Sperduto B., Ricciardi P., Laurini G.: Caratteristiche dei talchi italiani e possibilità di associazione con minerali nocivi, *Ind. min.* 2: 25 – 33 (1985).

Zucchetti S.: Osservazioni sul giacimento di talco della Val Germanasca (Torino). *Boll. Ass. Min. Subalpina*, 2: 240 – 248, (1969).

Westberg HB, Bellander T. Epidemiological adaptation of quartz exposure modling in Swedish aluminum foundries: nested case-control study of lung cancer. Appl Occup Environ Hyg 18:1006-13 (2003).

WHO-CICAD. Cristalline silica, quartz. *Concise International Chemical Assessment Document (CICAD) no. 24*. Geneva, Switzerland: World Health Organization (2000).




3

# REALIZZAZIONE DI UN SISTEMA INFORMATIVO PER LA RACCOLTA E L'ELABORAZIONE DEI DATI DI CAMPIONAMENTO E ANALISI

**Gruppo di lavoro NIS**
**Repertorio settori produttivi a rischio e mappa di rischio**
*Componenti*
Fulvio Cavariani, Carla Fanizza, Antonella Campopiano, Stefano Casciardi,
Diego Rughi, Uberto Verdel, Giorgio Clerici, Carlo Zecchi,Gabriele Fornaciai, Carla Cabona,
Achille Marconi, Antonio Massola, Massimo Magnani,
Stefano Silvestri, Pino Barbieri

**SOMMARIO**


- **Nota preliminare di accompagnamento al documento di lavoro**
- **Introduzione**
- **Organizzazione del Database NIS**
- **Allegato 1**
  *Esempio di inquadramento e classificazione delle mansioni del settore mineralurgico, utilizzato dall'INAIL ai fini della gestione del proprio archivio dati storici*

### Nota preliminare di accompagnamento al documento di lavoro

- Il Gruppo di Lavoro concorda sulla possibilità di utilizzare l'**applicativo** sviluppato nell'ambito della creazione della banca dati Contarp-Inail quale supporto per la raccolta dei dati di polverosità prodotti in Italia da vari Enti.
- La INAIL-Contarp proporrà una **procedura operativa** per il trasferimento dei dati e per l'acquisizione in tale supporto informatico e ribadisce la propria disponibilità (*impiegherà in questa raccolta il personale che si è "formato" nella costruzione della propria banca dati*). Caso per caso si prenderà in considerazione la possibilità di un supporto locale alla raccolta dei dati, nei casi di carenza di risorse, affiancando l'ente fornitore nella estrazione, pre-validazione ed eventuale sintesi dei dati disponibili.
  Riferimento: *D.Rughi, Inail-Contarp Direzione Nazionale, Roma (d.rughi@inail.it*)
- Una volta messa a punto la procedura operativa, il NIS si farà portavoce presso le Regioni, le AASSLL, le Università e gli altri Enti potenzialmente in grado di fornire dati, della procedura, delle finalità e delle modalità. Si presume che tale operazione possa iniziare nel corso del **2005**.
- Il Coordinamento delle Regioni deve inoltre supportare la creazione di un repertorio dei **Laboratori** che effettuano analisi sulla silice cristallina, anche in prospettiva di un circuito di controllo di qualità (*giudicato da tutti come fondamentale passo per la regolamentazione della problematica*).
  Riferimento: *F.Cavariani, ASL Viterbo, Laboratorio di Igiene Industriale (labig@asl.vt.it)*
- Si individua inoltre l'esigenza di attivare le altre linee delineate tra gli obiettivi di istituzione del gruppo di lavoro. Si propone di iniziare a lavorare, raccogliendo i dati disponibili ed individuando le necessità conoscitive riguardo a:

a) **Banca dati**/**Repertorio dei materiali**/**prodotti** e **Schede di Sicurezza**, per settore produttivo, contenenti $SiO_2$ cristallina. (cfr. interrelazioni con il gruppo normativa).
   Riferimento: *G.Castellet y Ballarà, Inail-Contarp, Direzione Nazionale, Roma (g.castellet@inail.it)*
b) **Materiali sostitutivi e prodotti alternativi.** In stretta connessione con le "bonifiche", intende costruire un repertorio di possibili sostituti nell'uso di materiali con SiO2.
   Riferimento: *A.Marconi, ISS, Laboratorio Igiene Ambientale, Roma (Marconi@iss.it)*
c) **Bonifiche**/**Soluzioni tecniche** praticabili e utilizzate. Si propone si attivare, all'interno del progetto SIPRE dell'Ispesl, uno spazio specifico di bonifiche sulla questione silice. Si propone di attivare: *Dipartimento Documentazione Informazione, Ispesl*
d) **Silice in Edilizia**. Si propone di attivare, per la peculiarità dell'argomento, per la diffusione e per la carenza di dati a riguardo, un punto di riferimento su tale problematica.

Riferimento: *C.Fanizza, Dipartimento Igiene del Lavoro, Ispesl (c.fanizza@dil.ispesl.it)*

e) Attivazione di un **sistema** di raccolta **segnalazioni di attività a rischio**, anche in settori non tradizionalmente considerati a rischio (*es. carica inerte con SiO2 nella plastica, nelle suole delle scarpe, nei lavelli in resina, etc.*). e di **dati ambientali attuali delle attività**/**fasi lavorative** per settore produttivo **con possibile superamento del TLV**.

Riferimento: *F.Cavariani, ASL Viterbo, Laboratorio di Igiene Industriale (labig@asl.vt.it)*

Sono emerse inoltre le seguenti indicazioni operative che, nei prossimi mesi, si sollecita vengano trasformate dal NIS in azioni positive:

- *Implementazione di un sito WEB per la messa in linea di materiali di lavoro e per la diffusione delle attività dei gruppi di lavoro*
- *Attivazione di news group di discussione*
- *Predisposizione di un depliant informativo sul rischio silice e sul NIS.*

### Introduzione

La proposta qui formulata nasce dall'esigenza del **NIS** di creare e gestire un sistema di raccolta dei dati relativi alle attività di campionamento ed analisi con l'intento di renderli più facilmente disponibili per la fase di elaborazione e di presentazione degli elaborati di sintesi.
I dati provenienti dal campionamento delle polveri aerodisperse relativi alle misure effettuate da ciascuna Struttura appartenente al gruppo repertorio del **NIS** dovranno essere inseriti in un file excel (*formato .xls*) organizzato in una singola tabella organizzata in righe (*che si definiranno "record"*) e colonne (*nel quale saranno riportate tutte le informazioni associate al record*). Nella tabella 1 viene rappresentata l'insieme dei campi da associare al dato analitico, utili ai fini delle successive elaborazioni.
Il requisito minimo di informazione che dovrà essere immesso in ciascun record è rappresentato dai campi evidenziati con la campitura in grigio (*campi obbligatori*).
Una volta completo, il file .xls contenente i dati dovrà essere inviato via E-mail alla CONTARP INAIL, all'indirizzo d.rughi@inail.it, che provvederà all'acquisizione di ciascun file pervenuto e alla successiva fase di integrazione nel database NIS per:

1. *l'analisi del contenuto dei dati del record*
2. *la validazione del contenuto*
3. *il completamento dei campi informativi non obbligatori*
4. *l'integrazione dei singoli database nel database NIS mediante l'applicazione Microsoft Access, attraverso una procedura di acquisizione automatica dei dati (organizzazione del database)*

La fase di validazione sarà condotta da un gruppo di lavoro, sottoinsieme del Gruppo repertorio, definito e coordinato dal responsabile del Gruppo repertorio NIS; in quest'ambito sarà definita anche la tipologia di codifica delle attività produttive e delle mansioni che si intenderà adottare ai fini della loro classificazione. A titolo di puro esempio si allega la ripartizione delle mansioni all'interno delle varie attività del settore mineralurgico utilizzato dalla Contarp dell'INAIL per sistematizzare i dati del proprio archivio, basata sulla classificazione della tariffa dei premi INAIL (allegato 1)

### Organizzazione del Database NIS

La struttura del sistema sarà preceduta da una breve analisi dei dati disponibili al fine di procedere a:

- **definire i campi e le loro relazioni**: determinazione del tipo e della quantità dei dati che saranno inseriti nel sistema. In questa fase verrà descritto il "dataset" e codificato il "tracciato record";
- **definire le tabelle del database**: si creerà il sistema relazionale tra le tabelle componenti il database, predisposto in funzione della versatilità da dare all'intero sistema, ai vincoli da imporre ai dati ed alla predisposizione della fase di "*data import*";
- **stabilire il Data-import**: operazione di inserimento automatico nell'archivio dei dati preventivamente controllati e validati.

I prodotti di questa fase saranno:
- **struttura del database** utilizzando Microsoft Access
- **tabelle** predisposte all'inserimento dei dati
- **procedura standard** di Data-import
- **verifica campionaria** dei dati convertiti

Per la gestione e l'organizzazione delle fasi sopra descritte verrà utilizzata la versione di Access più diffusa tra i componenti del Gruppo repertorio, al termine della quale sarà possibile procedere alla fase successiva di elaborazione dei dati. Questa fase sarà a cura della CONTARP.

L'elaborazione dei dati avverrà attraverso interrogazioni mirate del database attraverso query predefinite, in grado di estrarre i dati, anche in funzione delle necessità evidenziate al Gruppo dal lavoro degli altri Gruppi componenti il NIS. Quest'ultima attività sarà condotta da un gruppo di lavoro, sottoinsieme del Gruppo repertorio, definito e coordinato dal responsabile del gruppo stesso.

**Tabella 1**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **dati amministrativi** | Ente | ID misura | Regione | Comune | data rilievo | |
| **produzione** | codice | gruppo produttivo | settore produttivo | tipo di produzione | Tipo di produzione (omogenea) | |
| **strumentazione** | strumento | Flusso di prelievo | tipo rilievo | frazione | | |
| **parametri del campionamento** | mansione | mansione omogenea | volume campionato | durata campionamento | peso polvere su filtro | peso silice su filtro |
| **parametri dell'analisi** | metodo analitico | % SiO2 **1** | PP/CC **2** | concentrazione polvere | concentrazione silice | |

**1** diviene obbligatoria nel caso la misura riportata si riferisca al campo "PP/CC"
**2** qualora disponibili

LEGENDA

| | |
|---|---|
| **Ente:** | **Ente possessore dei dati** |
| ID misura: | identificativo progressivo della misura |
| Regione: | regione dove è presente l'azienda |
| Comune: | comune dove è presente l'azienda |
| ID azienda: | identificativo dell'azienda (DENOMINAZIONE O CODICE) |
| Data Rilievo: | data del sopralluogo |
| Codice: | andrà inserito in un secondo tempo a seconda del tipo di classificazione che si intenderà adottare |
| Gruppo produttivo: | classificazione dell'azienda in funzione del tipo di produzione |
| Settore produttivo: | classificazione della produzione |
| Tipo di produzione: | descrizione così come riportata in archivio |
| Produzione omogenea: | descrizione del tipo di produzione secondo criteri di classificazione omogenea |

| | |
|---|---|
| **Strumento:** | **dispositivo per il prelievo delle polveri utilizzata per il campionamento** |
| Flusso di prelievo: | flusso di aspirazione del sistema di prelievo in L/min |
| tipo rilievo: | descrive se il campionamento si riferisce a dispositivo impiegato per il monitoraggio ambientale o personale |
| frazione: | frazione granulometrica prelevata del sistema di monitoraggio |
| Mansione: | mansione come descritta in archivio |
| Mansione omogenea: | descrizione del tipo di classificazione secondo criteri di classificazione |
| Volume campionato: | volume d'aria campionato dal sistema di prelievo in $m^3$ |
| Durata campionamento: | durata in minuti del rilievo |
| Peso polvere: | peso (in mg) delle polveri raccolte su membrana |
| Peso silice: | peso della silice (in mg) delle polveri raccolte su membrana determinato con analisi diffrattometrica o altro sistema di determinazione analitica |
| Metodo: | Tecnica di determinazione analitica della SiO2 |
| SiO2 : | % di silice - da indicare obbligatoriamente nel caso la misura riportata si riferisca al campo "PP/CC" |
| PP/CC: | particelle per $cm^3$ registrate con metodi analitici "per conta" |
| Ctot: | concentrazione di polveri totali aerodisperse in $mg/m^3$ |
| Csil: | concentrazione di silice aerodispersa in $mg/m^3$ |

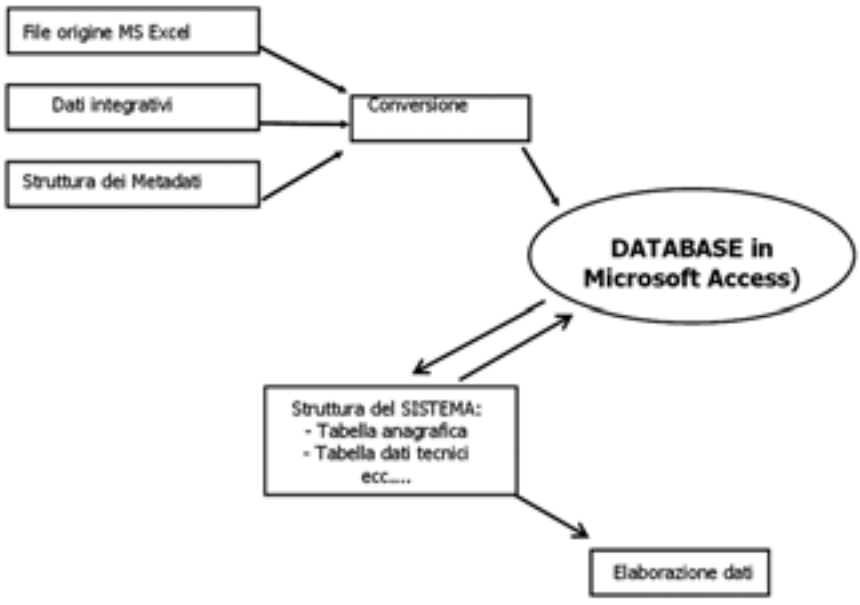



**Figura 1** – Schema dei rapporti tra le fasi di attività da svolgere

# ALLEGATO 1

**Esempio di inquadramento e classificazione delle mansioni del settore mineralurgico, utilizzato dall'INAIL ai fini della gestione del proprio archivio dati storici.**

| GRUPPO | SETTORE | PRODUZIONE | FASE LAVORATIVA |
|---|---|---|---|
| mineralurgia | ceramica | artistica | colaggio<br>cottura<br>decorazione<br>essiccazione<br>finitura<br>foggiatura<br>gessi<br>incasellatura<br>jolly<br>magazzino<br>manovale<br>preparazione impasti<br>pulizia<br>rettifica<br>rifinitura<br>trafilatura<br>verniciatura |
| | | prodotti per l'industria ceramica | controllo<br>cottura<br>essiccazione<br>foggiatura<br>insaccamento<br>jolly<br>magazzino<br>manovale<br>movimentazione<br>preparazione impasti<br>rettifica |
| | | refrattari e isolanti | colaggio<br>collaudo<br>controllo<br>cottura<br>essiccazione<br>finitura<br>formatura<br>forni<br>gessi<br>incasellatura<br>insaccamento<br>jolly<br>magazzino<br>manovale<br>manutenzione<br>movimentazione<br>movimentazione e cottura<br>preparazione impasti<br>rettifica |

| GRUPPO | SETTORE | PRODUZIONE | FASE LAVORATIVA |
|---|---|---|---|
| | | | rifinitura<br>taglio<br>trafilatura<br>verniciatura |
| | | rivestimenti | analista<br>colaggio<br>collaudo<br>controllo<br>cottura<br>decorazione<br>essiccazione<br>finitura<br>foggiatura<br>formatura<br>gessi<br>incasellatura<br>jolly<br>magazzino<br>manovale<br>manutenzione<br>movimentazione<br>preparazione impasti<br>pulizia<br>rettifica<br>rifinitura<br>scelta<br>spolveratura<br>taglio<br>verniciatura |
| | | sanitari | analista<br>colaggio<br>collaudo<br>collaudo e verniciatura<br>controllo<br>cottura<br>cottura e magazzino<br>cottura e ritocco<br>decorazione<br>essiccazione<br>finitura<br>foggiatura<br>forni<br>gessi<br>impasti<br>jolly<br>magazzino<br>manovale<br>manutenzione<br>movimentazione<br>preparazione impasti<br>pulizia<br>rettifica |

| GRUPPO | SETTORE | PRODUZIONE | FASE LAVORATIVA |
|---|---|---|---|
| | | | rifinitura<br>spolveratura<br>verniciatura |
| | | stoviglie | decorazione<br>colaggio<br>collaudo<br>controllo<br>cottura<br>decorazione<br>essiccazione<br>finitura<br>foggiatura<br>forni<br>gessi<br>incasellatura<br>jolly<br>magazzino<br>manovale<br>manutenzione<br>movimentazione<br>preparazione impasti<br>pulizia<br>rettifica<br>rifinitura<br>spolveratura<br>verniciatura |
| costruzioni | | costruzione e manutenzione forni | foggiatura |
| | | demolizione e rifacimento rivestimenti in refrattario | coibentazione |
| | | lapidei | pulizia |
| estrazione in cava | | rocce coerenti: trachite | manovale<br>scalpellino |
| | | inerti silicei | movimentazione<br>sbancamento |
| | | rocce coerenti | controllo<br>estrazione<br>jolly<br>manutenzione<br>movimentazione<br>sbancamento<br>taglio<br>trasformazione |
| | | rocce coerenti: "pietra di lucerna" | sbancamento |
| | | rocce coerenti: ardesia | jolly<br>taglio |
| | | rocce coerenti: arenaria | movimentazione<br>sbancamento |
| | | rocce coerenti: argille | sbancamento |
| | | rocce coerenti: basalto | manovale<br>sbancamento e movimentazione |
| | | rocce coerenti: bentonite | insaccamento<br>movimentazione |

| GRUPPO | SETTORE | PRODUZIONE | FASE LAVORATIVA |
|---|---|---|---|
| | | rocce coerenti: blocchetti di tufo | manovale<br>movimentazione |
| | | rocce coerenti: blocchetti peperino | taglio |
| | | rocce coerenti: calcare | estrazione<br>sbancamento<br>taglio |
| | | rocce coerenti: ceppo di Grè | sbancamento |
| | | rocce coerenti: conglomerati bituminosi | sbancamento |
| | | rocce coerenti: diatomite | controllo<br>insaccamento<br>magazzino<br>manutenzione<br>movimentazione<br>trasformazione |
| | | rocce coerenti: feldspato | movimentazione<br>sbancamento<br>trasformazione |
| | | rocce coerenti: fluorite e galena | manutenzione |
| | | rocce coerenti: gneiss | controllo<br>movimentazione<br>sbancamento |
| | | rocce coerenti: graniti | estrazione<br>manutenzione<br>movimentazione<br>sbancamento<br>taglio<br>trasformazione |
| | | rocce coerenti: lapidei | manutenzione |
| | | rocce coerenti: marmi | sbancamento |
| | | rocce coerenti: marmi e graniti | perforazione<br>sbancamento<br>taglio |
| | | rocce coerenti: marmo | jolly<br>manovale<br>movimentazione<br>sbancamento<br>taglio |
| | | rocce coerenti: marna da cemento | trasformazione |
| | | rocce coerenti: peperino | movimentazione<br>taglio |
| | | rocce coerenti: peperino e basaltina | sbancamento |
| | | rocce coerenti: pietra | taglio |
| | | rocce coerenti: pietra serena | sbancamento |
| | | rocce coerenti: porfido | controllo<br>jolly<br>manovale<br>manutenzione<br>movimentazione<br>sbancamento<br>scelta<br>taglio |
| | | rocce coerenti: quarzite | controllo |

| GRUPPO | SETTORE | PRODUZIONE | FASE LAVORATIVA |
|---|---|---|---|
| | | | essiccazione<br>manutenzione<br>movimentazione<br>sbancamento<br>spacco manuale<br>trasformazione |
| | | rocce coerenti: scisti | movimentazione<br>sbancamento<br>trasformazione |
| | | rocce coerenti: serizzo | movimentazione<br>sbancamento |
| | | rocce coerenti: sienite | jolly<br>sbancamento |
| | | rocce coerenti: trachite | sbancamento<br>scalpellino<br>taglio |
| | | rocce coerenti: travertino | movimentazione<br>sbancamento<br>taglio |
| | | rocce coerenti: tufo | manovale<br>movimentazione<br>taglio |
| | | rocce coerenti: tufo a blocchetti | sbancamento<br>taglio |
| | | rocce non coerenti | jolly<br>movimentazione<br>sbancamento<br>trasformazione |
| | | rocce non coerenti: ghiaia e sabbia | controllo<br>manutenzione e movimentazione<br>movimentazione<br>sbancamento<br>trasformazione |
| | | rocce non coerenti: pozzolana | movimentazione<br>sbancamento<br>trasformazione |
| | | terre e materiali | sbancamento |
| | estrazione in miniera | barite | movimentazione<br>perforazione |
| | | fluorite | controllo<br>manovale<br>manutenzione<br>movimentazione<br>perforazione<br>pulizia<br>trasformazione |
| | | marmo | movimentazione |
| | | zolfo | carico del materiale<br>movimentazione<br>perforazione |
| | laterizi | elementi per edilizia | accatastamento<br>controllo |

| GRUPPO | SETTORE | PRODUZIONE | FASE LAVORATIVA |
|---|---|---|---|
| | | | cottura<br>essiccatura<br>essiccazione<br>essiccazione e cottura<br>finitura<br>formatura<br>formatura e accatastamento<br>formatura e cottura<br>impilatrice<br>jolly<br>magazzino<br>manovale<br>manutenzione<br>movimentazione<br>movimentazione e confezionamento<br>movimentazione e preparazione impasti<br>preparazione impasti<br>pulizia<br>taglio<br>trasformazione |
| | | laterizi da muro e da solaio | cottura<br>essiccazione<br>formatura<br>movimentazione |
| | | laterizi speciali lavorati a mano | cottura<br>finitura<br>formatura<br>jolly<br>movimentazione<br>preparazione impasti |
| | | mattoni forati | cottura<br>essiccazione<br>formatura<br>preparazione impasti |
| | | mattoni forati per solai | controllo<br>essiccazione<br>formatura<br>manovale |
| | lavorazione di marmi ornamentali | trachite | taglio con telaio |
| | | alabastro | finitura<br>levigatura |
| | | ardesia | finitura<br>jolly<br>levigatura<br>magazzino<br>movimentazione<br>rifinitura<br>spacco<br>taglio<br>taglio con fresa |

| GRUPPO | SETTORE | PRODUZIONE | FASE LAVORATIVA |
|---|---|---|---|
| | | | taglio con telaio<br>tornitura |
| | | arenaria | rifinitura<br>taglio |
| | | calcare | finitura<br>jolly<br>levigatura<br>movimentazione<br>taglio con fresa<br>taglio con telaio |
| | | calcare e graniti | finitura |
| | | ceppo di Grè | finitura<br>levigatura<br>scalpellatura<br>taglio con fresa<br>taglio con telaio |
| | | graniti | finitura<br>levigatura<br>scalpellatura<br>taglio con fresa<br>taglio con telaio |
| | | graniti e ardesia | taglio |
| | | granito | bocciardatura<br>controllo<br>fiammatura<br>finitura<br>levigatura<br>movimentazione<br>rifinitura<br>scalpellatura<br>taglio<br>taglio con filo<br>taglio con fresa<br>taglio con telaio |
| | | marmi | bocciardatura<br>controllo<br>finitura<br>foratura<br>jolly<br>levigatura<br>movimentazione<br>preparazione impasti<br>rifinitura<br>sabbiatura<br>scalpellatura<br>spacco<br>taglio<br>taglio con filo<br>taglio con fresa<br>taglio con telaio<br>taglio e finitura<br>tornitura |

| GRUPPO | SETTORE | PRODUZIONE | FASE LAVORATIVA |
|---|---|---|---|
| | | marmi e graniti | armatura<br>bocciardatura<br>colaggio<br>controllo<br>finitura<br>imballaggio<br>jolly<br>levigatura<br>manutenzione<br>movimentazione<br>posa in opera<br>rifinitura<br>scalpellatura<br>spacco<br>taglio<br>taglio con filo<br>taglio con fresa<br>taglio con telaio<br>taglio e finitura<br>tornitura<br>verniciatura<br>zona taglio |
| | | marmi e pietra serena | finitura<br>taglio con fresa |
| | | marmi e trachite | jolly |
| | | marmi e travertino | jolly |
| | | marmo | bocciardatura<br>finitura<br>levigatura<br>taglio<br>taglio con fresa<br>taglio con telaio<br>tornitura |
| | | micascisto | rifinitura<br>scalpellatura |
| | | peperino | finitura<br>levigatura<br>taglio<br>taglio con fresa<br>taglio con telaio |
| | | peperino e basaltina | finitura<br>scalpellatura<br>taglio con telaio |
| | | pietra | taglio con fresa |
| | | pietra di Vicenza | rifinitura<br>taglio con fresa<br>taglio con telaio |
| | | pietra serena | finitura<br>movimentazione<br>rifinitura<br>taglio con telaio |
| | | pietre verdi e calcari | finitura |

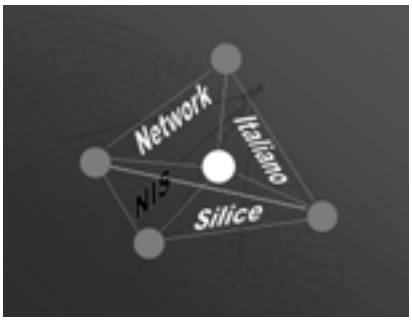
| GRUPPO | SETTORE | PRODUZIONE | FASE LAVORATIVA |
|---|---|---|---|
| | | | levigatura<br>magazzino<br>taglio con fresa<br>taglio con telaio<br>trasformazione |
| | | porfido | cubettista<br>fiammatura<br>finitura<br>jolly<br>levigatura<br>manutenzione<br>movimentazione<br>piastrellista<br>rifinitura<br>scalpellatura<br>taglio<br>taglio con fresa<br>taglio con telaio |
| | | quarzite | movimentazione<br>taglio<br>taglio con telaio |
| | | serizzo | taglio con telaio |
| | | trachite | bocciardatura<br>finitura<br>levigatura<br>rifinitura<br>scalpellatura<br>taglio con fresa<br>taglio con telaio |
| | | travertino | finitura<br>levigatura<br>scalpellatura<br>taglio<br>taglio con fresa<br>taglio con telaio<br>taglio e finitura<br>tornitura |
| | | blocchetti peperino | taglio con telaio |
| | | laboratorio lapideo | scalpellatura |
| | | lastre | finitura<br>taglio |
| | | marmi | finitura<br>scalpellatura<br>taglio |
| | | marmi e graniti | jolly<br>assemblaggio<br>finitura<br>levigatura<br>movimentazione<br>rifinitura<br>scalpellatura<br>taglio |

| GRUPPO | SETTORE | PRODUZIONE | FASE LAVORATIVA |
|---|---|---|---|
| | | | taglio con filo<br>taglio con fresa<br>taglio con telaio<br>taglio e finitura |
| | | onice | taglio<br>tornitura |
| | | porfido | cubettista<br>piastrellista<br>taglio con telaio |
| | | travertino | finitura<br>taglio |
| | | vasi in marmo | finitura<br>taglio<br>tornitura |
| | materie prime | cemento | controllo<br>cottura<br>frantumazione<br>insaccamento<br>manutenzione<br>movimentazione |
| | | bentonite | calcimetria<br>controllo<br>essiccazione<br>frantumazione<br>insaccamento<br>macinazione |
| | | calce idraulica | controllo<br>cottura<br>insaccamento<br>macinazione<br>manovale<br>movimentazione |
| | | caolino | insaccamento<br>macinazione<br>manovale<br>movimentazione |
| | | cemento | calcimetria<br>carico<br>cicloni<br>controllo<br>cottura<br>deposito materie prime<br>essiccatura<br>essiccazione<br>frantumazione<br>granulazione<br>insaccamento<br>inssaccamento<br>laboratorio<br>macinazione<br>magazzino<br>manovale |

| GRUPPO | SETTORE | PRODUZIONE | FASE LAVORATIVA |
|---|---|---|---|
| | | | manutenzione<br>movimentazione<br>preparazione impasti<br>pulizia<br>sbavatura<br>trasformazione |
| | | cemento e calce | controllo<br>cottura<br>deposito materie prime<br>essiccazione<br>frantumazione<br>insaccamento<br>macinazione<br>manutenzione |
| | | cemento pozzolanico | cottura<br>essiccazione<br>frantumazione<br>macinazione<br>movimentazione |
| | | dolomite | controllo<br>cottura |
| | | inerti di sabbia silicea e rottami ceramici | controllo<br>essiccazione<br>insaccamento<br>macinazione<br>movimentazione<br>pulizia |
| | | lana di roccia<br><br><br>materiale odontotecnico | controllo<br>magazzino<br>movimentazione<br>confezionamento<br>manovale |
| | | minerali industria ceramica | macinazione |
| | | pirite | controllo<br>cottura<br>frantumazione<br>movimentazione |
| | | quarzite | frantumazione |
| | | silicato di sodio | controllo<br>cottura<br>essicazione |
| | | talco e grafite | insaccamento<br>macinazione<br>magazzino<br>manovale |
| | | vermiculite, perlite e prodotti compositi | insaccamento |
| | trattamento rocce | inerti | betonaggio<br>trasformazione |
| | | inerti da rocce coerenti | confezionamento<br>controllo<br>controllo e movimentazione<br>insaccamento |

| GRUPPO | SETTORE | PRODUZIONE | FASE LAVORATIVA |
|---|---|---|---|
| | | | jolly<br>manutenzione<br>movimentazione<br>pesatura<br>sbancamento<br>scelta<br>trasformazione |
| | | inerti da rocce coerenti: basalto | controllo |
| | | inerti da rocce coerenti: calcare | controllo<br>trasformazione |
| | | inerti da rocce coerenti: ceppo | trasformazione |
| | | inerti da rocce coerenti: granulati marmo | insaccamento<br>trasformazione |
| | | inerti da rocce coerenti: marmi | trasformazione |
| | | inerti da rocce coerenti: porfido | controllo<br>trasformazione |
| | | inerti da rocce coerenti: quarzite | movimentazione<br>trasformazione |
| | | inerti da rocce non coerenti: ghiaia | movimentazione<br>trasformazione |
| | | inerti da rocce non coerenti: ghiaia e sabbia | movimentazione<br>trasformazione |
| | | inerti da rocce non coerenti: sabbia | controllo<br>insaccamento<br>jolly<br>magazzino<br>movimentazione<br>preparazione impasti<br>sbancamento<br>trasformazione |
| | | inerti da rocce non coerenti: sabbia di zircone | insaccamento<br>trasformazione<br>vagliatura |
| | | inerti di materiali ceramici recuperati | movimentazione<br>trasformazione |
| | | sabbie per fonderia | essiccazione<br>jolly<br>trasformazione |
| | vetrerie | vetro | colaggio<br>comando<br>controllo<br>cottura<br>demolizione<br>essiccazione<br>finitura<br>formatura<br>fusione<br>fusione e formatura<br>jolly<br>levatore<br>levigatura<br>magazzino |

| GRUPPO | SETTORE | PRODUZIONE | FASE LAVORATIVA |
|---|---|---|---|
| | | | manovale<br>manutenzione<br>miscelazione<br>movimentazione<br>movimentazione e preparazione impasti<br>preparazione impasti<br>produzione<br>pulizia<br>raffreddamento<br>sabbiatura<br>scelta<br>scelta e imballaggio<br>smaltatura<br>soffiatore<br>spillatura<br>stampaggio<br>taglio<br>tempera e scelta |




4

# VALUTAZIONI DEL RISCHIO

**Gruppo di lavoro NIS**
**Igiene industriale**
*Componenti*
Piero Altarocca, Claudio Arcari, Antonella Campopiano, Stefano Casciardi,
Fulvio Cavariani, Paolo Clerici, Marcello De Rossi, Carla Fanizza,
Marcello Ferdinandi, Gabriele Fornaciai, Walter Gaiani, Emma Incocciati,
Piero La Pegna, Massimo Magnani, Achille Marconi, Stefano Massera,
Antonio Massola, Giovanni Pecchini, Diego Rughi, Giuseppina Scancarello, Giuseppe Spagnoli,
Pieralberto Trentini, Uberto Verdel, Marco Vincentini,
Carlo Zecchi, Angelo Giovannazzi.

*Stesura e redazione del documento a cura*
Antonella Campopiano, Stefano Casciardi, Fulvio Cavariani, Marcello De Rossi,
Carla Fanizza, Emma Incocciati, Piero La Pegna, Achille Marconi,
Stefano Massera, Antonio Massola, Diego Rughi,
Giuseppina Scancarello, Marco Vicentini.

**SOMMARIO**

**1. Introduzione**
1.1 Premessa
1.2 Scopo delle linee guida NIS
1.3 Riferimenti legislativi e normativi
1.4 Terminologia

**2. Strategia di campionamento e valutazione**

**3. Procedura per eseguire il campionamento**
3.1 Strumentazione e modalità operative

**4. Analisi per la determinazione della SLC su filtro**
4.1Tecniche analitiche per il dosaggio della SLC su filtro
4.2 Approccio metodologico alla pianificazione di un'indagine
4.3 Validazione di un metodo e calcolo dell'incertezza di misura

**5. Valutazione dei risultati**
5.1 Calcolo della concentrazione mediata nel tempo (Time Weighted Average - TWA)
5.2 Calcolo dell'indice di rischio (Ir)
5.3 Calcolo di Ir per esposizione multifattoriale
5.4 Confronto dei valori sperimentali con i VLE
5.5 Considerazioni finali

**Introduzione agli allegati**

**Allegato A** – Analisi della SLC: illustrazione dei possibili approcci al calcolo dell'incertezza di misura

**Allegato B** - Approcci possibili per confrontare i valori di esposizione misurati con i VLE

**Allegato C** - Proposta di approccio metodologico per la determinazione del contenuto di SLC in campioni massivi

**Allegato D** – Proposta di modulistica per la raccolta dei dati di campionamento della SLC

**Allegato E** - Determinazione della silice libera cristallina aerodispersa: rapporto di prova

**Bibliografia**
riferita al testo - riferita agli allegati

## 1. Introduzione

### 1.1 Premessa

Il problema dell'esposizione a Silice Libera Cristallina (SLC) nei luoghi di lavoro è particolarmente rilevante, essendo questo agente di rischio presente in numerose attività lavorative. La SLC è infatti estremamente comune in natura e utilizzata in una vasta gamma di prodotti a uso civile e industriale.

La pericolosità di tale agente, già nota da tempo, è stata recentemente rivalutata dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC 1997), che ha classificato quarzo e cristobalite nel gruppo 1 (*l'agente è cancerogeno per l'uomo*) nel caso dell'esposizione negli ambienti di lavoro.

Nonostante l'Unione Europea non abbia ancora preso in considerazione la classificazione di cancerogenicità della SLC, alcuni paesi l'hanno già introdotta nella lista nazionale dei cancerogeni, applicando in tal modo a questa sostanza i principi della specifica Direttiva europea e stabilendo un Valore Limite di soglia (VLE). La classificazione di cancerogenicità della IARC è stata adottata dalla Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale (CCTN), ma tale decisione ancora non è stata pubblicata formalmente. La classificazione IARC ed il dettato normativo, a livello comunitario e nazionale, inducono comunque a raccomandare che tale sostanza sia trattata e valutata, all'interno degli ambienti di lavoro, con la massima attenzione e scrupolosità.

D'altro canto, la valutazione del rischio da esposizione a SLC presenta molteplici difficoltà, dovute sia ad evidenti problematiche tecnico-operative, sia ad aspetti normativi ed organizzativi da troppo tempo lasciati irrisolti. A titolo di esempio possiamo ricordare:

- la mancanza di Valori Limite di Esposizione Professionale (VLE) nazionali per le diverse forme di SLC;
- l'assenza di orientamenti istituzionali riguardo alla conformità alle nuove definizioni ISO/CEN/ACGIH dei sistemi di campionamento per la frazione respirabile delle polveri aerodisperse;
- la mancanza di raccomandazioni sulle tecniche analitiche per la determinazione quali-quantitativa della SLC nei campioni aerei e nei campioni massivi;
- l'inesistenza di programmi di controllo di qualità per le valutazione delle prestazioni dei laboratori.

Per affrontare in particolare gli aspetti della valutazione del rischio da inalazione a SLC si è costituto nell'ambito del Network Italiano Silice (NIS) un gruppo di lavoro con lo specifico compito di proporre le seguenti linee guida.

### 1.2 Scopo delle Linee Guida NIS

Il presente elaborato propone delle Linee Guida operative contenenti il punto di vista del Gruppo "Igiene Industriale" del NIS sul problema dell'accertamento del rischio da esposizione a SLC: l'auspicio è che il lavoro svolto possa fornire utili indicazioni a tutti gli operatori pubblici e privati impegnati in tale attività.

Seguendo per quanto possibile le indicazioni delle norme europee e nazionali vigenti, tali Linee Guida forniscono suggerimenti pratici sui temi della strategia di campionamento, sui sistemi di prelievo delle frazioni dimensionali delle polveri aerodisperse, sulle tecniche analitiche applicabili e sui loro vantaggi e svantaggi, sulla trattazione statistica dei dati, e sui sistemi di valutazione della conformità con il VLE.

### 1.3 Riferimenti legislativi e normativi

Di particolare rilievo ai fini della redazione delle Linee Guida NIS sono i riferimenti legislativi e normativi di seguito elencati.

#### *1.3.1 Leggi, Decreti*

- D. Lgs. 19 settembre 1994, n. 626 - Attuazione delle direttive comunitarie 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro. G.U. n.265, s.o. n. 141 del 12 novembre 1994.
- D. Lgs. 2 febbraio 2002, n. 25, - Attuazione della direttiva 98/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro. G.U. n. 57 del 8 marzo 2002.

#### *1.3.2 Normative*

- Comitato Europeo di Normazione (CEN). EN 13205 - Workplace Atmospheres - Assessment of Performance of Instruments for Measurement of Airborne Particle Concentrations. CEN, Brussels, April 1998.
- ISO/DIS 15767/2000: Workplace Atmospheres – Controlling and characterizing errors in weighing collected aerosols.
- UNI CEI ENV 13005:2000, "Guida all'espressione dell'incertezza di misura"
- Norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025: Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura. 2000.
- UNI EN 1232:1999 - Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Pompe per il campionamento personale di agenti chimici. Requisiti e metodi di prova.
- UNI EN 12919:2001 - Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Pompe per il campionamento di agenti chimici con portate maggiori di 5 l/min. Requisiti e metodi di prova.
- UNI EN 12919:2001 - Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Terminologia.
- UNI EN 481:1994 - Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse.
- UNI EN 482:1998 - Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Requisiti generali per le prestazioni dei procedimenti di misurazione degli agenti chimici.
- UNI EN 689:1997 - Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Guida alla valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limite e strategia di misurazione.
- UNICHIM. Ambienti di lavoro-Determinazione della frazione respirabile delle polveri atmosferiche Metodo N. 285, Ed. 2003

### 1.4 Terminologia

#### *1.4.1 Definizioni*

Ai fini della presente linea guida si applicano le seguenti definizioni, tratte dalle norme indicate in parentesi quadre ed elencate nella nota[15]

**Analita**: componente del campione d'aria che alla fine viene direttamente o indirettamente determinato [1].

**15** Le norme da cui sono tratte le definizioni sono:

[1] UNI EN 1540. Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Terminologia. Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, 2001.

[2] UNI EN 481. Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse. Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, 1994.

[3] UNICHIM, Manuale n. 151. Campionamenti e analisi di flussi gassosi convogliati. Terminilogia. Associazione per l'Unificazione nel Settore dell'Industria Chimica, Milano, 1988.

**Campione d'aria**: prodotto di un procedimento di campionamento dell'aria [1].
**Campionamento dell'aria**: operazione consistente nella raccolta, rimozione o isolamento di una quota parte di un volume d'aria di notevoli dimensioni. Può includere il simultaneo isolamento di componenti selezionati [1].
**Campione personale**: prodotto dell'operazione di campionamento personale [1].
**Campionatore personale**: dispositivo fissato su di un operatore che campiona aria nella zona di respirazione [1].
**Campionamento personale**: operazione consistente nel campionare aria, effettuata utilizzando un campionatore personale [1].
**Campione statico**: prodotto di un'operazione di campionamento statico [1].
**Campionatore statico**: dispositivo, non fissato all'operatore, che campiona aria in una particolare posizione [1].
**Campionamento statico**: operazione di campionamento dell'aria, effettuata impiegando un campionatore statico [1].
**Ciclone**: dispositivo atto a separare le particelle contenute in un fluido per effetto della forza centrifuga [3].
**Determinazione gravimetrica**: misurazione a mezzo di pesata [3].
**Diametro aerodinamico di particella**: diametro di una sfera di massa volumica 1 g/cm3, con la stessa velocità terminale della particella sotto l'azione della forza gravitazionale in aria calma nelle stesse condizioni di temperatura, pressione e umidità relativa [2].
**Distribuzione granulometrica**: percentuale relativa in peso o numero di particelle di ciascuna frazione a differente dimensione [3].
**Esposizione (per inalazione)**: situazione nella quale un agente chimico o biologico è presente nell'aria che viene inalata da una persona [1].
**Filtro micropori**: membrana da circa 150 mm di spessore con pori o fori di dimensioni precise, per rimuovere le particelle solide da un gas o da un liquido [3].
**Flussimetro (o flussometro)**: apparecchio per la misura della portata di un fluido, espressa comunemente in unità di volume per unità di tempo [3].
**Frazione inalabile**: la frazione in massa delle particelle aerodisperse totali che viene inalata attraverso il naso e la bocca [2].
**Frazione respirabile**: la frazione in massa delle particelle inalate che penetra nelle vie respiratorie non ciliate [2].
**Goniometro**: strumento per la misurazione degli angoli; usato in diffrattometria [3].
**Grafico di taratura**: rappresentazione grafica di una funzione riferita ad un sistema di coordinate (per lo più coordinate cartesiane). Il grafico di taratura è ottenuto eseguendo una serie di misure e riportando in ascisse quantità note del composto in esame e in ordinate i valori indicati dalle apparecchiature di misura [3].
**Granulometria**: misura delle dimensioni dei granuli che costituiscono un aggregato. È eseguita generalmente per setacciatura o sedimentazione. È anche sinonimo di distribuzione granulometrica [3].
**Interferente**: ogni componente del campione d'aria, escluso/i il/i costituente/i da determinare, che influenzi la lettura dello strumento [1].
**Limite di rivelabilità**: minima quantità della grandezza da misurare che è possibile determinare con l'apparecchio o con il metodo di misura adottato [3].
**Linea di prelevamento**: insieme delle apparecchiature necessarie per il campionamento delle emissioni [3].
**Materiale disperso**: sostanza distribuita in particelle, di solito di dimensioni abbastanza piccole in un mezzo continuo, in modo da costituire un sistema eterogeneo [3].
**Materiale particellare**: qualsiasi sostanza dispersa, solida o liquida, nella quale i singoli componenti sono più grandi delle singole piccole molecole (circa 0,0002 μm di diametro) ma più piccole di 500 μm. Queste particelle in questo campo di grandezze hanno un tempo di vita allo stato di sospensione nell'aria da alcuni secondi ad alcuni mesi. Altri termini per definire il materiale particellare sono: polvere, fumo, fuliggine, aerosol, bruma, nebbia [3].
**Matrice**: natura del materiale particellare [3].
**Mezzo filtrante**: materiale poroso usato per rimuovere le particelle solide da un liquido o gas [3].
**Particelle aerodisperse totali**: tutte le particelle circondate dall'aria in un dato volume di aria [2].
**Soluzione**: miscela omogenea di due o più componenti, chimicamente ben definiti uno dei quali (solvente) è di solito in quantità preponderante rispetto agli altri (soluti) [3].
**Soluzione madre**: soluzione concentrata considerata stabile nel tempo, dalla quale se ne preleva una parte che viene diluita al momento di effettuare l'analisi, perché instabile alla concentrazione richiesta dal metodo [3].
**Valore limite**: valore numerico di riferimento per la concentrazione di un agente chimico o biologico nell'aria [1].
**Zona respiratoria**: spazio attorno al viso dell'operatore, nel quale respira. Ai fini tecnici una definizione più precisa è la seguente: emisfero (generalmente del raggio di 0,3 m), che si estende davanti al viso della persona, centrato sulla metà del segmento che unisce le due orecchie; la base dell'emisfero è il piano che passa attraverso questo segmento, la parte superiore della testa e la laringe [1].

### *1.4.2 Abbreviazioni*

**ACGIH**: American Conference of Governmental Industrial Hygienists
**AEC**: U. S. Atomic Energy Commission
**BMRC**: British Medical Research Council
**CCTN**: Commissione Consultiva Tossicologica Nazionale
**CEN**: Comitato Europeo di Normazione (Comité Européen de normalisation)
**D. Lgs.**: Decreto Legislativo
**DC**: Dispersione cromatica
**DRX**: Diffrattometria dei raggi X
**DSG**: Deviazione Standard Geometrica
**GOE**: Gruppo Omogeneo di Esposizione
**HEG**: Homogeneous Exposure Group
**IARC**: Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (International Agency for Research on Cancer)
**Ir**: Indice di rischio corrispondente all'indice indicato nella norma UNI 689
**IR**: Infrarossa (di spettroscopia)
**IRTF**: Spettroscopia infrarossa a trasformata di Fourier
**ISO**: International Standardization Organization
**LASL**: Los Alamos Scientific Laboratory
**Ldr**: Limite di rivelabilità
**LdQ**: Limite di quantificabilità
**MG**: Media Geometrica
**ν**: Media Aritmetica
**NIOSH**: National Institute for Occupational Safety and Health
**NIS**: Network Italiano Silice
**OEA**: Occupational Exposure Assessement
**OEC**: Occupational Exposure Concentration
**OSHA**: Occupational Safety and Health Administration
**SLC**: Silice libera cristallina
**TLV®**: Threshold Limit Value
**TWA**: Time Weighted Average
**VLE**: Valore Limite di Esposizione

## 2. Strategia di campionamento e valutazione

I fattori che influenzano l'esposizione lavorativa includono: il tipo di lavorazione, la sua ubicazione, la durata, la frequenza, i materiali usati, l'ubicazione, i sistemi di controllo/abbattimento degli agenti inquinanti.
Mentre per una buona parte delle attività produttive è ragionevole ritenere che le condizioni di esposizione siano abbastanza ripetitive ed omogenee, in alcuni specifici cicli tecnologici, quali ad esempio quello delle costruzioni edilizie, esistono oggettive difficoltà per l'impostazione di una strategia di campionamento e per la stessa esecuzione dei campionamenti.
Avendo quale punto di riferimento la norma UNI EN 689, per i casi che maggiormente si discostano dalla normalità, l'esperienza professionale può rendere più agevole la scelta della corretta strategia di indagine. In ogni caso qualsiasi decisione deve rispettare i principi della rappresentatività degli effettivi livelli di esposizione, anche dal punto di vista statistico e della analizzabilità dei campioni con appropriato livello di affidabilità.
Nel caso della SLC la procedura di valutazione del rischio può essere articolata secondo lo schema di figura 1.

**Figura 1** – Valutazione del rischio

Per quanto riguarda la strategia di approccio la prima considerazione è che il tipo di rilievi dipende anche dalla prossimità stimata al VLE. Nell'analisi di base potranno, ad esempio, essere utilizzati rilievi spot con metodi analitici più speditivi per la rapida verifica dell'esposizione. Altre possibilità possono prevedere l'effettuazione di misure limitatamente ai "casi peggiori", oppure in prossimità della fonte di emissione. In linea teorica più prossimi siamo al VLE e maggiore sarà l'accuratezza da osservare. Nella progettazione della strategia, in funzione della finalità prefissa, possiamo eseguire tipologie di misura anche assai diverse tra loro:

- Valutazione della esposizione professionale (OEA)
- Misurazioni periodiche per controllare regolarmente se le condizioni di esposizione siano cambiate e che le misure di controllo restino efficaci

Le misure periodiche sono sostanzialmente dirette ad obiettivi di lungo termine, con programmi di monitoraggio adattati alle singole realtà, al fine di avere le informazioni necessarie per un efficace controllo. Pur se la norma UNI 689 prevede la possibilità di misurazioni in punti fissi[16], va comunque detto che i campioni prelevati per quanto possibile all'altezza delle vie respiratorie[17] con dispositivi di campionamento applicati al corpo degli addetti[18], permettono di ottenere risultati maggiormente rappresentativi dell'esposizione. Per questo motivo si ritiene che la verifica del livello di esposizione debba essere effettuata impiegando sistemi di misurazione di tipo personale.
Per quanto riguarda i criteri di scelta dei lavoratori da sottoporre a campionamento, si rimanda a guide e manuali noti facilmente accessibili nella letteratura specifica. Tuttavia è conveniente riferirsi alla norma UNI 689[19] anche per questo aspetto. Da questo punto di vista gli specifici indirizzi di campionamento sono intrinsecamente connessi ai criteri di valutazione, in particolare per quanto riguarda i criteri delle appendici C e D proposti dalla norma e ripresi in queste linee guida al capitolo 5, al quale pertanto si rimanda. Ai fini dell'individuazione degli addetti per le misurazioni di esposizione, l'approccio consigliato è quello di suddividere l'insieme del personale esposto in gruppi omogenei rispetto all'esposizione (GOE). Di norma, a partire da mansioni simili e dalla conoscenza del ciclo produttivo, si individua un gruppo di persone all'interno del quale si effettuano campionamenti rappresentativi dell'intero gruppo. Il vantaggio di questo approccio è la possibilità di selezionare sottogruppi contraddistinti da una valore di esposizione simile e contemporaneamente di ricondurre i campionamenti ad un numero accettabile. Resta quindi di fondamentale importanza la valutazione della effettiva omogeneità del gruppo prescelto, che si verifica sulla base del valore assunto da un parametro statistico che è la deviazione standard geometrica (DSG) dell'insieme dei dati del gruppo. Il numero di persone selezionate per le misure ed il numero di misure stesse sarà quindi commisurato ai parametri della distribuzione (normalmente media geometrica e deviazione standard geometrica) in rapporto al VLE di riferimento. Si conviene che un valore di riferimento verosimile per la DSG non debba essere superiore a 2, anche se non è infrequente trovare nei luoghi di lavoro anche DSG>2.
Comunque sia, tale parametro ci consente di stimare il grado di variabilità di un gruppo omogeneo e quindi di trarre delle considerazioni anche sulla scelta operata. Nei casi in cui le caratteristiche delle attività lavorative non consentano di individuare raggruppamenti omogenei di addetti ai fini della valutazione del livello si esposizione, dovrà essere adottata un'appropriata strategia di misurazioni, la quale dovrà in ogni caso attenersi ai principi generali illustrati nella norma EN 689, facendo particolare attenzione alle raccomandazioni riportate nel capitolo **5**.

## 3. Procedura per eseguire il campionamento

### 3.1 Strumentazione[20] e modalità operative

Quanto di seguito riportato si riferisce alle caratteristiche e alle modalità di impiego della strumentazione da usare ai fini del campionamento.

**16** norma UNI 689 par. 5.2.2
**17** norma UNI 689 par. 5.2.2
**18** norma UNI 689 par. 5.3
**19** Il rispetto dei criteri indicati dalla norma UNI 689 in proposito va considerato come condizione "requisiti minimi" per eseguire la valutazione; in condizioni ottimali ci si può riferire ai criteri adottati dal NIOSH in merito alla strategia di campionamento
**20** L'impiego di riferimenti a prodotti e marche specifici non implica alcuna associazione, affiliazione, cooperazione o sponsorizzazione da parte del Network Italiano Silice ed è finalizzato unicamente a scopo illustrativo, in relazione ai loro requisiti di prestazione.

### *3.1.1 Pompe aspiranti*

Le pompe da usare per il campionamento personale devono possedere le caratteristiche indicate nella norma UNI EN 1232 (1999) e in particolare:

- un sistema automatico per il controllo della portata in grado di mantenere la portata volumetrica costante, con una variazione massima del ± 5%;
- un indicatore di malfunzionamento, il quale al termine del campionamento indichi l'interruzione o la riduzione del flusso d'aria, oppure un interruttore automatico che blocchi l'aspirazione quando il flusso della pompa si riduce o si interrompe;
- un sistema per la regolazione della portata che possa essere azionato solo con l'aiuto di un dispositivo (per esempio con un cacciavite) o di un programma elettronico, in modo che sia impedita una involontaria variazione della portata durante l'impiego;
- un sistema di attenuazione delle pulsazioni, che non devono essere maggiori del 10% della portata;
- un motore elettrico alimentato da batteria in grado di funzionare continuativamente per almeno 8 ore, con substrato filtrante inserito nella linea di campionamento;
- una massa complessiva che, includendo batterie e sistemi di fissaggio integrati, sia di circa 1 kg.

Se si sospetta che le batterie dei campionatori personali non siano al pieno dell'efficienza, onde evitare spiacevoli inconvenienti in sede di sopralluogo, si consiglia di effettuare una prova di funzionamento adottando le stesse condizioni (tempi, flussi e selettori provvisti di filtro) che verranno impiegate durante il campionamento. Se alla fine del periodo di prova il flusso impostato è variato meno del 5%, ricaricare ed utilizzare la batteria, altrimenti sostituirla.

### *3.1.2 Sistemi di prelievo della frazione respirabile*

L'idea di polvere respirabile fu originalmente formulata dal British Medical Research Council (BMRC) che, nel 1952, elaborò una definizione di polvere respirabile identificandola come la concentrazione in massa delle particelle che passavano oltre un elutriatore orizzontale con un taglio o cut-off (diametro a cui si ha il 50% di penetrazione o $d_{50}$) approssimativamente eguale alla dimensione di taglio operato dalla regione di scambio gassoso. Lo stesso riferimento fu adottato dalla Conferenza Internazionale sulle Pneumoconiosi di Johannesburg nel 1959. Nel 1961 la U.S. Atomic Energy Commission (AEC) ed il Los Alamos Scientific Laboratory (LASL) formularono la loro versione di polvere respirabile, conosciuta come la curva AEC-LASL che rappresentava un modello di penetrazione delle particelle nella regione alveolare migliore di quello proposto dalla BMRC. Nel 1968 la convenzione di campionamento dell'AEC fu adottata dall'ACGIH. Sulla base di questi riferimenti sono stati sviluppati nella pratica essenzialmente due tipi di campionatori per la frazione respirabile, aventi una diversa dimensione di cut-off, ma basati ambedue sul principio di separazione ciclonica: il ciclone di tipo Casella o SIMPEDS (BMRC) avente la dimensione di taglio a 5 μm e il ciclone di nylon (ACGIH) con una dimensione di taglio a 3,5 μm. Successivamente, in questi ultimi anni, da parte dell'International Standardization Organization (ISO), del Comité Européen de Normalization (CEN) e della stessa ACGIH, é stata effettuata una revisione generale dei precedenti criteri e sono state concordemente elaborate nuove definizioni delle frazioni di aerosol di interesse sanitario, nonché dei requisiti necessari per il loro campionamento. Per il campionamento della frazione respirabile la dimensione di cut-off è stata posta a 4,0 mm. Tali criteri sono stati adottati e pubblicati dall'UNI nel 1994. Le caratteristiche dei campionatori utilizzati per il prelievo della frazione respirabile di un aerosol sono definite in termini di efficienza di campionamento, espressa in funzione del diametro aerodinamico delle particelle. La differenza principale tra le tre convenzioni è nel valore del taglio particellare al 50% (tabella 1), che corrisponde alla dimensione delle particelle che il supporto campionatore raccoglie con una efficienza del 50%. Tale valore costituisce uno dei parametri più importanti nella caratterizzazione dei cicloni usati per la captazione della frazione respirabile.

| Convenzione | cut-off (50%) | Anno di riferimento |
|---|---|---|
| BRMC | 5,0 μm | 1952 |
| ISO-CEN-ACGIH | 4,0 μm | 1959 |
| ACGIH | 3,5 μm | 1984 |

**Tabella 1** - dimensione del cut-off aerodinamico per le tre definizioni di curva respirabile

I campionatori per la frazione respirabile sono generalmente composti di due stadi. Il primo (*preselettore*) simula le vie respiratorie superiori a seconda della curva di penetrazione adottata, il secondo (*filtro*) cattura con una elevata efficienza tutto ciò penetra oltre il primo stadio e rappresenta la frazione di particelle che entra, senza necessariamente depositarsi completamente, nella zone alveolari. Il sistema preselettore più utilizzato per il campionamento di aerosol respirabile è basato sul funzionamento del ciclone. I cicloni sono separatori centrifughi in grado di selezionare e frazionare le particelle di un aerosol. Sotto l'azione della forza centrifuga le particelle contraddistinte da un diametro aerodinamico maggiore urtano le pareti interne del selettore, accumulandosi poi sul fondo dello strumento; le particelle corrispondenti alla frazione respirabile, al contrario delle precedenti, seguendo il flusso d'aria, vengono trasportate e raccolte dal secondo stadio del campionatore, la membrana filtrante.

Ai fini del prelievo della frazione respirabile di un aerosol, è necessario impiegare un dispositivo che permetta di prelevare la frazione respirabile del particolato aerodispoerso secondo i criteri definiti dalla norma UNI EN 481 e che soddisfi i requisiti prestazionali generali citati nella norma UNI EN 482. Tra i diversi cicloni disponibili in commercio, sulla base dell'esperienza maturata sul campo, delle caratteristiche prestazionali dei vari cicloni campionatori e degli approfondimenti scientifici reperibili in letteratura appaiono idonei allo scopo prefisso:

- Ciclone basato sulle caratteristiche prestazionali del ciclone Dorr-Oliver
- Ciclone basato sulle caratteristiche prestazionali del ciclone Dewell-Higgins
- Ciclone GK

Prima di utilizzare un qualunque selettore (per la taratura delle pompe e per il campionamento) è necessario che questo sia pulito esternamente ed internamente tramite lavaggio con acqua e successiva accurata asciugatura. Occorre inoltre svuotare la guaina di raccolta delle frazioni non respirabili e riposizionarla. Queste operazioni sono di grande importanza perché i cicloni variano sensibilmente la loro efficienza di raccolta man mano che procede il campionamento a causa delle particelle non respirabili che aderiscono alle pareti interne variandone le caratteristiche aerodinamiche.

| | Ciclone tipo Dorr-Oliver | | Ciclone tipo Dewell-Higgins | | Ciclone tipo GK |
|---|---|---|---|---|---|
| | Dorr-Oliver [a] | GS 3 [b] | Casella | SKC | GK 2.69 |
| Flusso di aspirazione | 1,7 | 2,75 | 2,2 | | 4,2 |

**Tabella 2** - Valore del flusso di prelievo (in L/min) da impiegare per il prelievo della frazione respirabile secondo le principali Definizioni di frazione respirabile. (a) modello in plastica conduttiva (b) differisce dal Dorr-Oliver per l'ingresso dell'aria aspirata a tre vie

| Ciclone | Portata (L/min) | Efficienza di campionamento | Criticità | Citato in |
|---|---|---|---|---|
| **Dorr-Oliver** | **1,7** | Efficienza di campionamento è fortemente influenzata dalla velocità dell'aria e dall'orientazione dell'ingresso del campionatore rispetto alla direzione della sorgente di aerosol.<br>Studi sull'effetto della distribuzione dimensionale dell'aerosol hanno mostrato che dopo tre ore di campionamento, quando l'aerosol ha un diametro mediano intorno ai 4 m, l'efficienza di campionamento del Dorr-Oliver passa dal 50% al 30% (10, 10a); quando l'aerosol ha un diametro mediano delle particelle più grande (0,8 μm) lo scostamento dalla curva teorica è minore e si verifica comunque una sottostima di circa 12% | Modelli realizzati in plastica non conduttiva presentano cariche elettrostatiche distribuite sulla superficie del ciclone che influenzano in modo significativo il campionamento del particolato. | NIOSH n° 7500<br>NIOSH n° 7601<br>NIOSH n° 7602<br>NIOSH n° 7603<br>NIOSH n° 0600<br>NIOSH Hazard review<br>OSHA Metodo 142<br>HSE - Metodo per la determinazione delle sostanze pericolose |
| **SKC** | **2,2** | | Il montaggio e la pulizia del selettore possono risultare difficoltosi a causa dei molteplici componenti del ciclone. | D.lgs 277/91<br>NIOSH n° 7601<br>NIOSH n° 7602<br>NIOSH n° 7603<br>NIOSH n° 7500<br>NIOSH n° 0600,<br>NIOSH Hazard review (2002)<br>HSE - Metodo per la determinazione di sostanze pericolose |
| **GS 3** | **2,75** | La presenza delle tre vie di ingresso sembra eliminare l'influenza della velocità dell'aria e dall'orientazione delle particelle determinando un miglioramento nell'efficienza di campionamento rispetto ai sistemi ad unico ingresso | | Non ci sono test sperimentali in proposito poiché si tratta di attrezzature di recente introduzione |
| **GK 2.69** | **4,2** | Il campionamento ad una portata più alta rispetto agli altri selettori per la frazione respirabile permette di raccogliere una quantità maggiore di polvere a parità di tempo di campionamento che risulta sicuramente un vantaggio per prelievi in ambienti lavorativi poco polverosi. | Tale selettore impone l'impiego di una pompa personale in grado di garantire flussi di aspirazione più alti rispetto a quelli usualmente impiegati con gli altri selettori, generalmente caratterizzata da un maggior peso ed un maggior ingombro. Necessità inoltre l'impiego di filtri con diametro di 37 mm[21] | NIOSH Hazard review (2002)<br>HSE - metodo per la determinazione di sostanze pericolose |

**Tabella 3** - Caratteristiche dei cicloni da impiegare nei monitoraggi

**21** In tal caso una possibile soluzione richiederebbe l'uso di membrane diverse dall'Ag per il campionamento e la loro successiva dissoluzione con la rideposizione della polvere in sospensione su di un filtro di Ag da 25 mm. Tale suggerimento è particolarmente indicato per i diffrattometri con un limite di rilevabilità più elevato.

| | | |
|---|---|---|
| GK2.69 | BGI | Görner, P. and Fabriès, J.F. (1996)<br>Kenny L. C., Gussman R. A. (1997)<br>Kenny L. C., Gussman R. A. (2000) |
| Higgins-Dewell cyclone | BCIRA<br>Casella | Bartley, D.L. et al. (1994)<br>Chen, C.-C. et al. (1999)<br>Görner, P. et al. (2001)<br>Gudmundsson, A. and Lidén, G.(1998)<br>Higgins R. I. Dewell P. (1967)<br>Lidén G. (1993)<br>Lidén G., Gudmundsson A. (1996)<br>Lidén G., Gudmundsson A. (1997)<br>Lidén G. and Kenny, C. (1991)<br>Lidén G. and Kenny, C. (1992)<br>Maynard, A.D and Kenny, L.C. (1995)<br>Ogden T. L. (1983)<br>Ogden T.L. et al. (1983)<br>Tsai, C.-J. and Shih, T.S. (1995) |
| 10 mm Nylon | Panametrics | Almich B.P., Carson G.A. (1974)<br>Bartley, D.L., et al. (1994)<br>Blachman, M.W.,Lippmann, M. (1974)<br>Briant J.K., Moss O.R. (1984)<br>Caplan K. J. et al. (1977)<br>Carsey, T.P. et al. (1987)<br>Cecala A.B. et al. (1983)<br>Chan T., Lippmann M. (1977)<br>Chen, C.-C. et al. (1999)<br>Görner, P. and Fabriès, J.F. (1996)<br>Görner, P. et al. (2001)<br>John W. (1988)<br>Kar K., Gautam M. (1995)<br>Kenny Lee C. (1996)<br>Maynard A.D. (1996)<br>Saltzman B. (1984)<br>Sass-Kortsak A. M. et al. (1993)<br>Tsai, C.-J. and Shih, T.S. (1995) |
| GS3 | | Gautam M., Sreenath A. (1997)<br>Kar K., Gautam M. (1995) |

**Tabella 4** – riferimenti bibliografici relativi ai cicloni

| Produttore | Tipo | Materiale | Porosità ($\mu$m) | Velocità di permeabilità (cm/s) ($\Delta P$ = 1 cmHg)[22] | Intervallo di efficienza di filtrazione (%)[23] |
|---|---|---|---|---|---|
| Millipore | MF-HA | Acetato/nitrato di cellulosa | 0,45 | 1,3 | 99,999- >99,999 |
| | MF-AA | | 0,8 | 4,2 | 99,999- >99,999 |
| | MF-RA | | 1,2 | 6,2 | 99,9- >99,999 |
| | Polyvic-BD | PVC | 0,6 | 0,86 | 99,94- >99,99 |
| | Polyvic-VS | | 2,0 | 5,07 | 88- >99,99 |
| | PVC-5 | | 5,0 | 11 | 96,7->99,99 |
| Metricel | GM-6 | Acetato/nitrato cellulosa | 0,45 | 1,45 | >99,8->99,99 |
| | VM-1 | PVC | 5,0 | 51,0 | 49-98,8 |
| | DM-800 | PVC/Acrilonitrile | 0,8 | 2,7 | >99,96->99,99 |
| Selas Flotronics | FM 0,45 | Argento | 0,45 | 1,8 | 93,6-99,98 |
| | FM-0,8 | | 0,8 | 6,2 | 90-99,96 |
| | FM-1,2 | | 1,2 | 9,2 | 73-99,7 |

**Tabella 5** - Caratteristiche di rilievo ai fini del campionamento di alcuni tipi di filtri a membrana porosa (Adattato da Willeke e Baron, 1993).

**22** Velocità misurata a caduta di pressione costante

**23** I valori di efficienza corrispondono a particelle con dimensioni 0,035 µm ÷ 1 µm, una caduta di pressione compresa tra 1 e 30 mmHg e una velocità facciale di 1-100 cm/s

### *3.1.3 Orientamenti per l'uso dei filtri a membrana per il monitoraggio ambientale*

La filtrazione è la tecnica più largamente utilizzata per il campionamento degli aerosol, in primo luogo per il suo basso costo e la semplicità. Mezzi filtranti di vario tipo e con diverse proprietà sono stati progettati e costruiti, o adattati, per soddisfare i requisiti del campionamento dell'aria. Prima di effettuare la scelta dell'appropriato sistema di filtrazione vanno verificati in letteratura i riferimenti relativi alle tecniche di filtrazione utilizzate in precedenza per applicazioni simili. I mezzi filtranti per la misura degli aerosol si possono suddividere in funzione delle loro caratteristiche strutturali.

In generale i filtri sono classificati in filtri fibrosi, filtri a membrana porosa (o microporosa), filtri a membrana perforata, e filtri a letto granulare. I fattori che influenzano la selezione di un mezzo filtrante per una specifica applicazione possono essere numerosi. Le considerazioni più importanti includono l'efficienza di raccolta delle particelle, la caduta di pressione attraverso il filtro in corrispondenza della portata richiesta, la compatibilità con il metodo analitico da impiegare, ed i costi. La natura ed i requisiti della tecnica analitica utilizzata per lo studio dell'aerosol raccolto sul filtro influenza in modo notevole la scelta del mezzo filtrante più appropriato. Per lo scopo della determinazione della SC, che implica sia l'analisi gravimetrica che l'analisi diffrattometrica, specifica importanza rivestono i filtri del tipo a membrana porosa.

I metodi di riferimento sviluppati ed approvati in forma ufficiale in USA ed UK (NIOSH 7500, 1984; HSE MDHS 101, 2005) per la determinazione della SLC respirabile nelle polveri aerodisperse prevedono, in modo diretto o indiretto, l'impiego di mezzi filtranti da 25 o 37 mm di diametro in cloruro di polivinile (PVC) o in PVC-acrilonitrile, e filtri da 25 mm in argento (Ag) (Tabella 5). L'analisi gravimetrica dei filtri è fortemente influenzata dagli effetti dell'umidità e della carica elettrostatica sul materiale di cui è costituito il filtro.

Gli effetti dell'umidità derivano dall'assorbimento del vapore d'acqua da parte del materiale del filtro e dalla igroscopicità delle particelle campionate. I filtri cellulosici sono i più sensibili all'assorbimento dell'umidità, mentre lo sono molto meno i filtri realizzati in argento metallico (Ag) ed alcuni tipi di filtri in PVC. Per mantenere sotto controllo e minimizzare gli inconvenienti indicati durante la determinazione gravimetrica occorre fare riferimento ai criteri descritti nella norma standard ISO 15767, 2000, incorporate nei suoi principi essenziali nel metodo di riferimento UNICHIM n. 285.

Benché le tipologie di filtri menzionate siano incluse in metodi di valore legale, al loro uso sono associati vantaggi e svantaggi, oggetto ancora di discussione in seno alla comunità scientifica (Chung e Smith, 2000). A titolo di esempio si può fare riferimento al caso dei filtri in Ag in grado di intrappolare le particelle più piccole a causa della particolare trama: in tali condizioni si determina una sorta di schermatura rispetto al fascio di raggi X incidente, con una conseguente riduzione dell'intensità misurata. Inoltre, nel caso di una elevata concentrazione di polvere raccolta sul supporto[24], per i filtri in Ag è possibile calcolare il coefficiente di assorbimento del campione, al contrario di quanto accede se si impiegano membrane in materiale organico. Quest'ultime, al contrario dei filtri in Ag, presentano indubbi vantaggi in relazione al loro costo relativamente contenuto. Relativamente alle dimensioni da impiegare, l'uso di membrane da 37 mm produce un campione di polvere distribuito su di una superficie eccessivamente larga rispetto all'apertura del fascio di raggi X e questo è il motivo del trasferimento del campione sulla membrana da 25 mm indicato nel metodo NIOSH.

| Filtri | Impiego | Pesatura | Criticità |
|---|---|---|---|
| Argento (Ag) | I filtri con porosità 0,8 μm, consentono di effettuare campionamenti ambientali di medio-lunga durata (4-8 ore); i filtri con porosità 0,45 μm possono essere utilizzati per l'analisi del particolato per rideposizione per via umida.<br>Facilitano le operazioni di pesatura perché insensibili all'umidità.<br>Migliora la risposta DRX poiché la linea di fondo è particolarmente nitida e quasi parallela alla base. | Umidità e cariche elettrostatiche sono ininfluenti sulle operazioni di pesatura e sul conseguente risultato analitico ponderale. | Costo particolarmente elevato. Se vengono impiegati dopo parecchi mesi dalla prima pesatura ("bianco" iniziale) possono subire variazioni di peso dovute alla formazione di una patina superficiale di nitrati e solfuri d'argento che ne incrementa il peso in maniera significativa. |
| Nitrato o esteri misti di cellulosa (NC) | Solitamente vengono impiegati quelli di diametro 25 mm e porosità 0,8 μm, perché consentono di effettuare campionamenti ambientali di medio-lunga durata (4-8 ore). | Fortemente igroscopici<br>Le operazioni di pesatura, a causa delle interferenze imputabili all'umidità ed alle cariche elettrostatiche, possono risultare problematiche e, pertanto, vanno pesati in condizioni ambientali idonee | L'esposizione a fonti di calore superiori a 80-100°C, può provocare l'atrofia dei pori, impedendo di fatto l'esecuzione dei monitoraggi a flussi medio-elevati (3-5 L/min).<br>Non vanno impiegati in ambienti ad elevato tasso di inquinamento da solventi particolarmente aggressivi per il NC. |
| Polivini cloruro (PVC) | Solitamente vengono impiegati con le stesse modalità e finalità dei filtri precedenti. | Stessa procedura descritta in precedenza. | Presenza di cariche elettrostatiche.<br>Fondo alto.<br>L'esposizione a fonti di calore superiori a 80-100°C, può provocare la deformazione del filtro conferendogli una ondulazione persistente |

**Tabella 6** - Caratteristiche dei filtri da impiegare nei monitoraggi

**24** Va ricordato che, per ottenere risultati DRX attendibili, il carico di particolato per unità di superficie impolverata di filtro deve rimanere al di sotto degli 8-10 mg/mm2, perché la risposta grafica del DRX risulti direttamente proporzionale al contenuto di SLC e nullo l'effetto-matrice.

Ai fini del prelievo del particolato aerodisperso, anche in relazione alle caratteristiche illustrate nella tabella 6, si ritiene che tra i filtri reperibili sul mercato siano particolarmente idonei all'utilizzo i seguenti:

- Filtri in Argento (Ag)
- Filtri di Nitrato di cellulosa (NC)
- Filtri in Polivinilcloruro (PVC)

### *3.1.4 Pesatura dei filtri*

La bilancia da impiegare nelle fasi di pesatura deve essere in grado di apprezzare 0,01 mg, secondo quanto riportato nel Metodo UNICHIM 285. La sensibilità richiesta per le determinazioni gravimetriche dovrà risultare compatibile con le modalità impiegate per le operazioni di taratura (via eolica o via umida). Ad esempio, nella preparazione di campioni per impolveramento in camera a polveri, è richiesta una maggiore sensibilità nella pesatura, data l'esiguità di polvere depositata sulla membrana.

Il piatto della bilancia deve essere sufficientemente capiente per contenere i substrati filtranti impiegati, al fine di contenere completamente il filtro, senza che sporga al di fuori dei margini del piatto L'accuratezza della bilancia dovrà essere controllata periodicamente, ad intervalli di tempo raccomandati dal produttore, utilizzando pesi di riferimento standard calibrati secondo la ISO DIS 15767 (2000).

Il peso dei filtri a membrana può subire variazioni in funzione delle cariche elettrostatiche[25] superficiali e dell'umidità, Quest'ultimo aspetto (UR%) influisce in modo non trascurabile sul peso dei filtri a membrana. I filtri in nitrocellulosa diametro 20 mm (porosità 0,8 μm) variano il loro peso di circa 7 μg al variare di ogni unità percentuale di umidità relativa (UR%), quelli in nitrocellulosa diametro 25 mm (sempre porosità 0,8 μm) di circa 13 μg. Nel caso in cui tale problema si manifesti è opportuno adottare un sistema di pesatura ad umidità controllata, in ambiente ristretto (glove-box per bilancia), la cui umidità interna è rilevabile in continuo, tramite un igrometro e ci permette di correggere proporzionalmente il peso dei filtri, diminuendolo nel caso in cui l'umidità aumenti o, viceversa, aumentandolo.

La reale quantità di polvere raccolta su ogni filtro si deduce dalla risoluzione dell'equazione di seguito riportata:

$$P = (B - A) - (\Delta p_{bianchi})$$

dove:

**P** peso della polvere (mg) depositata sul filtro a membrana micropori;

**B** peso del filtro (mg) e della polvere raccolta durante il monitoraggio ambientale, e dopo il condizionamento in box ad URB;

**A** peso del filtro (mg) bianco iniziale, dopo condizionamento;

**Dp**$_{bianchi}$ differenza fra peso finale e peso iniziale del filtro bianco;

**p** numero che esprime la variazione di peso (mg) del filtro al variare di ogni unità percentuale di UR [p = 7 mg per filtri in nitrocellulosa diametro 20 mm e porosità 0,8 mm; p = 12 mg per filtri in nitrocellulosa diametro 25 mm e porosità 0,8 mm].

### *3.1.5 Attrezzature di corredo*

Nella pianificazione del campionamento è necessario possedere:

- pinzette, preferibilmente a punta piatta
- portafiltri in plastica
- cronometro
- tubi per i raccordi di materiale adeguato
- termometro-barometro
- campionatori (borsette od altro dispositivo idoneo) muniti di cinghia e tracolla per posizionare adeguatamente la strumentazione di prelievo sul corpo del lavoratore.

### *3.1.6 Predisposizione della linea di campionamento*

Pulire i selettori dimensionali e l'alloggiamento delle membrane prima dell'uso. Smontare le parti che verranno in contatto con la polvere, lavarle con soluzione detergente, risciacquare accuratamente con acqua e lasciare asciugare prima del rimontaggio. Per effettuare queste operazioni fare riferimento alle istruzioni del fornitore.

In un ambiente pulito e non contaminato dall'analita di interesse, inserire nell'alloggiamento delle membrane il substrato filtrante già pesato, etichettare ogni linea di campionamento ed ogni contenitore per trasporto dei substrati filtranti per la loro univoca identificazione, e coprire il suo ingresso per prevenire la contaminazione. I filtri vanno posti nel relativo alloggiamento in posizione ben centrata; il selettore va assemblato facendo attenzione a serrare bene le eventuali ghiere. In alcuni tipi di ciclone, infatti, la portata può variare anche di 0,1 l/min in funzione di quanto è stretta la ghiera; d'altro canto, stringendo troppo, vi è il rischio di danneggiare il filtro. Il tubo di connessione tra selettore e pompa deve essere di materiale idoneo (ad esempio PVC o tygon). Il diametro interno e l'elasticità del tubo devono essere adeguati a garantire il collegamento a tenuta al ciclone e al campionatore, e, allo stesso tempo, la sua rigidità intrinseca deve essere tale da evitare piegamenti e strozzature durante il campionamento.

### *3.1.7 Controllo della portata*

Per la calibrazione della linea di campionamento occorre assemblare in maniera idonea il campionatore ed il selettore, e quindi utilizzare un calibratore standard primario (flussimetro la cui accuratezza è tracciabile rispetto a standard nazionali).

Scegliere un selettore dello stesso tipo di quelli che si impiegheranno per campionare. Utilizzando le pinzette, porre un filtro dello stesso lotto di quelli che si impiegheranno per campionare nell'alloggiamento portafiltro del selettore, osservando le stesse precauzioni già descritte per la predisposizione della linea di campionamento. Controllare la portata volumetrica in un ambiente pulito utilizzando filtri come bianco non destinati al campionamento. Connettere il selettore dimensionale alla pompa assicurando l'assenza di perdite. Rimuovere la copertura di protezione dal selettore dimensionale, accendere la pompa ed effettuare la connessione con il flussimetro calibrato attraverso l'ingresso del selettore dimensionale per la misura della portata.

Con i calibratori automatici ha spesso importanza la sequenza dei collegamenti. La corretta sequenza è la seguente:

CALIBRATORE ⟶ SELETTORE ⟶ POMPA

con la freccia che indica la direzione del flusso dell'aria. Lasciare che la portata si stabilizzi (in genere è sufficiente qualche minuto) prima di effettuare la misura. Impostare la portata al valore richiesto con un'accuratezza di 0,1 l/min. Spegnere la pompa e riposizionare la copertura protettiva. Da notare che, se la temperatura e la pressione nell'ambiente di campionamento differiscono significativamente da quelle esistenti nel luogo in cui è stato impostata la portata, questa può cambiare e necessita un riaggiustamento prima del campionamento.

### *3.1.8 Posizionamento sul lavoratore*

La pompa deve essere posizionata all'altezza della vita, attaccata alla cintura o ad altro sistema analogo (ad esempio, un sistema di cintura e tracolla), in modo che non intralci il normale svolgimento dell'attività lavorativa. Il tubo di raccordo tra pompa e selettore non deve essere soggetto a strozzature o piegature, né essere lungo tanto da determinare intralcio alla gestualità del lavoratore.

**25** Rispetto a quest'ultimo inconveniente le bilance attualmente in commercio sono dotate di un apparato utile a minimizzare tale effetto. porta-

La testa del selettore dimensionale deve essere posizionata nelle vicinanze della zona respiratoria del lavoratore, ad una distanza non superiore a 30 cm dalla bocca o dal naso. Il selettore dimensionale deve essere indossato in modo che l'ingresso dell'aria sia posizionato secondo la istruzioni del fabbricante.

***3.1.9 Inizio del campionamento***

Per iniziare l'operazione di campionamento togliere la copertura di protezione e accendere la pompa. Registrare il tempo e avviare il campionamento controllando periodicamente che la pompa funzioni correttamente e che i tubi della linea di prelievo siano sempre agganciati e non presentino strozzature, eventualità, queste ultime, che possono presentarsi con una certa frequenza in attività che comportano una elevata gestualità da parte del lavoratore.

***3.1.10 Termine del campionamento***

Al termine del campionamento e prima di spegnere la pompa, misurare la portata volumetrica con un'accuratezza di 0,1 l/min, mediante il flussimetro calibrato. Se le due portate (pre e post campionamento) differiscono per più di 0,1 l/min o del 5% (vale il più elevato dei due valori) il campione é considerato non valido. Se il campionamento risulta valido, assumere che la portata media é esattamente uguale alla portata raccomandata.
Al termine del controllo finale spegnere la pompa, togliere con cura dal lavoratore l'equipaggiamento per il campionamento, evitando di sottoporlo a forti urti. Spostare il sistema di campionamento in un luogo pulito e privo di polvere, quale quello utilizzato per la preparazione del medesimo. I cicloni devono essere mantenuti in posizione verticale fintantochè la pompa viene spenta ed il filtro di raccolta rimosso.
Nel caso di campionamenti ritenuti validi, rimuovere accuratamente il filtro di raccolta della polvere con l'aiuto di pinzette con estremità piatte, deporre il filtro nel contenitore etichettato e chiuderlo. Fare molta attenzione a prevenire la perdita di polvere dai filtri molto carichi.

***3.1.11 Annotazioni ed operazioni successive al campionamento***

I dati relativi al campionamento più significativi devono essere registrati e conservati, utilizzando una modulistica adeguata (un esempio è riportato nell'Allegato D). Annotare in particolare l'attività circostanziata del lavoratore su cui si è effettuato il campionamento, il luogo in cui svolge le sue funzioni, l'ora di inizio e quella di fine campionamento, le eventuali pause, le condizioni atmosferiche, la temperatura e la pressione atmosferica. Al termine del campionamento porre i filtri in contenitori in plastica conduttiva idonei al trasporto, opportunamente identificati per l'invio al laboratorio che deve effettuare l'analisi. In tutte le manipolazioni, porre particolare attenzione a non piegare o addirittura tranciare i filtri ed evitare, inoltre, che i filtri siano soggetti a urti o scossoni o che vengano in contatto con altre sostanze che possano contaminarli.

***3.1.12 Trasmissione dei campioni al Laboratorio***

I filtri da sottoporre ad analisi diffrattometrica o spettrofotometrica devono essere identificati in maniera univoca per mezzo di etichette applicate ai portafiltri e devono essere sempre accompagnati dal relativo documento identificativo. Per la movimentazione e la conservazione dei portafiltri, è consigliabile racchiuderli in un sacchetto di polietilene, unitamente ad una copia del modulo di trasmissione.
La loro spedizione al Laboratorio va poi eseguita facendo uso di contenitori idonei al trasporto e adottando accorgimenti quali, ad esempio, l'interposizione di materiale che possa proteggerli dagli urti. In ogni caso, evitare l'uso di imballaggi la cui rimozione possa risultare difficoltosa o possa determinare la perdita di informazioni (copia del modulo di trasmissione, sigla identificativa sui portafiltri) utili per la identificazione dei campioni stessi.
Nell'allegato E viene riportato un esempio di modulo di trasmissione da utilizzare per l'invio dei campioni che si vogliano sottoporre ad analisi diffrattometrica a raggi X o ad analisi spettrofotometrica infrarossa.

| **Tipo di polimorfo Cristallino** | **Simmetria** | **Gruppo spaziale** | **Stabilità (P = 1 bar)** |
|---|---|---|---|
| α-Quarzo | Esagonale | P6422 | < 573°C |
| β-Quarzo | Esagonale | P3121 | > 573°C < 867°C |
| α-Cristobalite | Tetragonale | P41212 | <200-275°C metastabile |
| β-Cristobalite | Cubico | Fd3m | <200-275°C metastabile; 1470-1713 °C stabile |
| HP-Tridimite (β-tridim) | Esagonale | P63/mmc | >380°C metastabile; 870-1470°C stabile |
| PO-n tridimite (α-trid) | Pseudo-ortorombico | ~C2221 | Temp. Ambiente |
| MX1-tridimite (α-trid) | Monoclino/pseudo-ortorombico | ~C2221 | Temp. Ambiente |
| Moganite | Monoclino | I12/al | |
| Keatite | Tetragonale | P43212 | 200-400°C; alta pressione |
| Coesite | Monoclino | C2/c | Alta pressione |
| Stishovite | Tetragonale | | Alta pressione |
| Varietà criptocristalline e non-cristalline | Contenuto di $H_2O$(% peso) | Fase | |
| Calcedonio | 0,5-2 | Quarzo/moganite, disordinato | |
| Opale-C | 1-3 | Dominio tipo C | |
| Opale-CT | 3-10 | Dominio tipo CT | |
| Silice vetrosa | Silice non-cristallina | | |

**Tabella 7** - Diverse forme della silice. Riadattato da Chung e Smith, 2000.

In laboratorio è necessario ispezionare il contenitore di trasporto, al fine di rilevare eventuali perdite di materiale dal filtro. Nel caso in cui siano sospettate delle perdite, il campionamento non è da ritenersi valido.

## 4. ANALISI PER LA DETERMINAZIONE DELLA SLC SU FILTRO

La silice cristallina (SLC) é presente in un gran numero di forme politipiche riportate nella precedente tabella 7. L'$\alpha$-quarzo è l'unico polimorfo della SLC veramente stabile a temperatura ambiente e a pressione atmosferica e, quindi, maggiormente abbondante. Il quarzo è un minerale familiare presente in molti ambienti geologici, comprendenti una gran varietà di rocce ignee, metamorfiche e sedimentarie. È un minerale molto comune nei sedimenti e nelle sabbie, mentre risulta più raro nei basalti, nelle peridotiti e nei gabbri (Chung e Smith, 2000). Il campo di stabilità per gli altri polimorfi della SLC è situato alle alte temperature e pressioni.
Ciascuno dei principali polimorfi, quarzo, cristobalite e tridimite ha distinte varianti strutturali di bassa e alta temperatura. Le varietà $\beta$ si possono formare in natura per cristallizzazione ad alta temperatura, ma si trasformano quasi istantaneamente nelle forme $\alpha$ quando la temperatura scende al di sotto di quella di transizione. Recenti studi, tuttavia, hanno mostrato che la $\beta$-cristobalite può essere stabile a temperatura ambiente in presenza di certi ossidi (Perrotta et al, 1989) e la sua presenza è stata riscontrata in materiali isolanti devetrificati costituiti da fibre ceramiche (Young et al, 1989; Brown et al, 1992; Laskowsky et al, 1994).

### 4.1 Tecniche analitiche per il dosaggio della SLC su filtro

Per la determinazione dell'esposizione professionale alla SLC aerodispersa sono sostanzialmente applicate due tecniche analitiche: spettrometria infrarossa a trasformata di Fourier (IRTF) e diffrattometria dei raggi X (DRX)[26].
Per entrambe esistono e sono applicate numerose metodiche messe a punto e validate da autorevoli organismi internazionali. Tuttavia la DRX, basata sulla risposta delle fasi cristalline all'irraggiamento con raggi X, è la tecnica attualmente più utilizzata in Italia per la determinazione della SLC su filtro.
Nel seguito sono illustrate in maggior dettaglio le caratteristiche e le modalità applicative della DRX. La disamina è condotta anche sulla base del confronto con le prestazioni della tecnica IRTF.
Per quanto riguarda l'analisi dei prodotti in massa, utile nelle fasi preliminari della valutazione per determinare contenuto di SLC dei materiali al fine di stimare il contenuto potenziale di SLC aerodispersa possono essere impiegate diverse metodologie di indagine. Una delle più conosciute e consolidate è rappresentata dalla metodica di "analisi in cuvetta" (Ripanucci, 1992) per il cui dettaglio si rimanda alle indicazioni bibliografiche. Per quanto riguarda le presenti Linee Guida nell'Allegato C viene presentata una proposta di approccio metodologico basata sulla tecnica di preparazione del campione su strato sottile depositato su filtro di Ag analogo a quella utilizzato per le determinazioni di SLC nei campioni aerei.

#### *4.1.1 IRTF e DRX: principi e metodi di riferimento*

Il principio base dell'analisi quantitativa tramite DRX è la proporzionalità tra l'intensità di raggi X diffratti e la quantità di una fase cristallina in miscela. La facile identificazione dei polimorfi di una struttura cristallina rende questa tecnica particolarmente selettiva. Le determinazioni della silice fondano sulla rivelabilità, l'identificazione e la quantificazione dei riflessi di maggiore intensità di quarzo, tridimite e cristobalite. In particolare per il quarzo, si analizza l'intorno angolare del riflesso 101 (d=3,34Å, $2\theta$=26,63° con Cu k$\alpha$ la banca dati IEM sulla DRX – vedi http://database.iem.ac.ru/mincryst/index.php - riporta quarzo alfa con Cu ka=26,638 ma ci sono 24 differenti forme di Qz i cui picchi si discostano leggermente tra loro) di massima intensità [27].
La spettrometria IR, soprattutto nella sua applicazione in trasformata di Fourier, viene diffusamente utilizzata per la quantificazione della fase quarzo in relazione alla specifica curva di assorbanza con picchi principali a 780 e 799 $cm^{-1}$. Per entrambe le tecniche esistono diverse metodiche che prevedono altrettante modalità operative connesse sia alla preparazione del campione che alla fase di taratura.
Le modalità adottabili sono sostanzialmente distinte tra quelle che comportano il trattamento della membrana di campionamento e quelle che prevedono l'analisi diretta. Diverse delle metodiche esistenti e standardizzate (NIOSH 7602, NIOSH 7500) si basano sul primo approccio. Il filtro viene distrutto e la polvere ridepositata ad umido su un'altra membrana che viene utilizzata per l'analisi. In alternativa sono stati proposti metodi [28]

---

**26** Nel passato la determinazione dell'esposizione professionale alla SLC aerodispersa avveniva per lo più attraverso l'impiego di due metodiche, la Microscopia Ottica in Contrasto di Fase (MOCF) e la Colorimetria del visibile (VIS); la MOCF (rif. metodo UNICHIM 614) prevede la dispersione della polvere in un liquido ad indice di rifrazione noto; la determinazione viene effettuata discriminando le particelle di quarzo per il fenomeno della dispersione cromatica. Applicato all'analisi quantitativa, il metodo, oltre che essere affetto da problemi di interferenza è condizionato dalla soggettività dell'analista e risulta scarsamente applicato anche perché fornisce risultati espressi in numero di particelle per unità di volume, risultati che non sono confrontabili con i limiti professionali ponderali attualmente in vigore. La VIS (rif. metodo NIOSH 7601) prevede la digestione della polvere da esaminare in $H_3PO_4$, la dissoluzione della silice in HF e l'aggiunta di composti del molibdeno che, legandosi alla silice disciolta, permettono l'effettuazione di un'analisi in colorimetria. Il metodo ha il suo limite principale nella forte interferenza dei silicati che non sono completamente rimossi nella fase di digestione e trova tuttora una sua applicazione in contesti specifici, ma fornisce risultati eccessivamente condizionati dalla composizione delle polveri indagate.

**27** Il principio fisico su cui si basa la diffrattometria è la diffrazione dei raggi X incidenti su sostanze cristalline, che si può verificare in quanto le distanze interatomiche del reticolo cristallino dei minerali è della stessa grandezza della lunghezza d'onda dei raggi X, ossia dell'Angstrom (10-8 cm). Quando un fascio di raggi X incide su una faccia di un cristallo, questo viene diffratto ossia riflesso dagli elettroni degli atomi del reticolo cristallino senza variazione di lunghezza d'onda. La riflessione dei raggi x non avviene per qualsiasi incidenza del raggio diretto su un filare di atomi, ma avviene per determinati angoli ed è regolata dalla legge di Bragg: $\lambda = 2d \operatorname{sen}\theta$ dove:
$\lambda$ lunghezza d'onda dei raggi x
d distanza reticolare tra i piani
$\theta$ angolo di derivazione del raggio diffratto misurato nel piano del fascio incidente e del fascio diffratto.
Ogni minerale è caratterizzato da un reticolo cristallino avente distanze reticolari interatomiche ben precise, per cui presenterà picchi di diffrazione ad angoli diversi aventi intensità diverse. Si otterranno così un picco di diffrazione primario, avente la maggiore intensità e dei picchi secondari, aventi intensità minori e percentualmente definite rispetto al primario. I componenti di base di un diffrattometro a raggi X sono:
- sorgente di raggi X;
- fenditure per collimare i raggi X;
- portacampione;
- rilevatore e contatore.
Il segnale registrato è un diagramma intensità di picco Vs posizione angolare (diffrattogramma) in cui si leggono direttamente i picchi corrispondenti agli angoli di diffrazione. Le aree dei picchi sono direttamente porporzionali alle intensità dei raggi diffratti per cui, nota la lunghezza d'onda della radiazione incidente, mediante l'equazione di Bragg si ricavano i valori delle distanze reticolari del materiale cristallino analizzato.

**28** HSE Methods for Determination of Hazardous Substances MDHS 101 – *Crystalline silica in respirable airborne dusts*

che prevedono l'analisi diretta del filtro di campionamento. Essi comportano una riduzione dei tempi necessari per l'analisi e, almeno nel caso del metodo diffrattometrico un abbassamento del limite di rivelabilità (**LDR**).

### *4.1.2 IRTF e DRX: interferenze*

Nella conduzione delle analisi in esame occorre valutare una serie di elementi che influiscono sui risultati finali. Si tratta di fattori che possono condurre ad errate interpretazioni dei dati sperimentali e che vanno quindi considerati con la massima attenzione.

I parametri operativi della strumentazione influiscono sul risultato dell'analisi. La manutenzione ordinaria dello strumento garantisce, a parità di parametri di funzionamento, la costanza della posizione e dell'intensità del picco sul quale si effettuano le determinazioni.

Nel caso delle determinazioni DRX è opportuno verificare la qualità dell'acquisizione (allineamento del goniometro, controllo delle posizione e delle intensità dei picchi, controllo del profilo dello spettro) servendosi di materiali standard.

Le intensità dei picchi di assorbanza per la spettrometria IRTF e dei riflessi per la DRX risentono in misura assai rilevante della composizione della polvere nella quale è ricercato l'analita. A questo effetto, inquadrabile in via generale come effetto matrice, si sommano le interferenze dei composti che hanno dei picchi caratteristici in prossimità di quelli oggetto di indagine. Ciò si riscontra, ad esempio, nel caso sia presente grafite (rilevabile nel ciclo produttivo dell'industria siderurgica) o silicato di Zr (utilizzato nell'industria ceramica). La presenza di questi, come di altri, composti minerali può alterare la forma e l'intensità dei picchi di diffrazione e può rendere necessaria la determinazione del quarzo sul picco secondario con conseguente perdita in sensibilità del metodo.

Per quanto attiene alla determinazione del quarzo in spettrometria IRTF, l'effetto matrice è particolarmente marcato per tutti i minerali che mostrano un'elevata assorbanza per lunghezze d'onda di 780-800 $cm^{-1}$. Nel caso della presenza di caolinite per esempio (picco di assorbanza a 800 $cm^{-1}$) sono gli stessi metodi di riferimento NIOSH a suggerire l'introduzione di appositi fattori di correzione.

In ragione di tali interferenze è necessario conoscere la composizione di massima della polvere indagata. Ciò significa che il laboratorio che effettua l'analisi deve esigere dal committente che ha svolto il campionamento tutte le informazioni relative al ciclo produttivo indagato, alle materie prime ed ai relativi prodotti di trasformazione in quanto la conoscenza di questi dettagli può aiutare l'analista nell'interpretazione dei risultati ottenuti. Ulteriori interferenze sono date dal tipo di membrana, che rappresenta il substrato rispetto all'analita oggetto dell'indagine. Nel caso dell'impiego della spettrometria IRTF tale effetto è particolarmente marcato e rende necessaria l'adozione di filtri (quali, ad esempio, quelli in PVC) caratterizzati da bande di assorbimento in ragioni spettrali sufficientemente distinte da quelle tipiche del quarzo. Analogo discorso può esser fatto anche per la DRX. La quantità di polvere ha un effetto non trascurabile sul risultato analitico della DRX. Un quantitativo eccessivo può dar luogo al fenomeno noto come "effetto strato" che andrebbe corretto considerando l'effetto di assorbimento dei raggi X da parte della materia. Per evitare questo fenomeno la quantità di campione depositata su filtro non deve eccedere i 2 mg. Anche la granulometria incide sui risultati delle determinazioni in esame. Si è registrata evidenza sperimentale del fatto che le risposte di un campione alla spettrometria IRTF alla DRX dipendono, sia pur in modo opposto, dalla granulometria dello stesso. A parità di contenuto in quarzo è stato dimostrato che all'aumentare delle dimensioni delle particelle l'altezza del picco IRTF diminuisce mentre quella del picco DRX aumenta. Poiché entrambi i metodi di misura sono dipendenti dalla granulometria, è importante che, nel caso si applichino metodi a standard esterno, i campioni utilizzati per la costruzione della curva di taratura e quelli da sottoporre ad analisi abbiano distribuzioni granulometriche simili. Nella tabella 8 vengono illustrate le principali interferenze riscontrabili in DRX.

| **Quarzo** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Picco analitico del quarzo | (100) | (101) | (112) | (211) |
| Intensità relativa | 22 | 100 | 14 | 9 |
| d Å | 4,26 | 3,34 | 1,82 | - |
| Angolo di diffrazione [29] (2θ)-Cu Kα | 20,85 | 26,65 | 50,17 | 59,96 |
| **Minerali interferenti** [30] | | | | |
| Albite | □ | ❍ | ❍ | ❍ |
| Anortite | ❍ | ❍ | □ | □ |
| Aragonite | ❍ | ❑ | ❍ | ❍ |
| Barite | □ | ❑ | ❑ | □ |
| Biotite | □ | ❑ | □ | ❍ |
| Cristobalite | □ | □ | □ | ❍ |
| Grafite | □ | ❑ | □ | ❍ |
| Caolinite | ❍ | ❍ | ❍ | ❍ |
| Maghemite | ❍ | ❍ | ❍ | □ |
| Microclino | ❍ | ❑ | □ | □ |
| Mullite | □ | ❑ | □ | ❍ |
| Muscovite | □ | ❑ | □ | □ |
| Ortoclasio | ❑ | ❑ | ❍ | □ |
| Sillimanite | □ | ❑ | ❍ | ❍ |
| Tridimite | ❑ | □ | ❍ | ❍ |
| Wollastonite | □ | ❑ | ❍ | ❍ |
| Wustite | □ | □ | □ | ❍ |
| Zircone | □ | ❑ | □ | ❍ |

**Tabella 8** - Interferenze sui picchi del quarzo da parte di alcuni minerali. (□ assenza di interferenze; ❍ interferenze minori; ❑ interferenze rilevanti)

### *4.1.3 Preparazione delle curve di taratura*

Ogni metodo standardizzato fornisce indicazioni dettagliate sulle modalità da seguire nella preparazione dei campioni di riferimento a concentrazione nota da impiegare per la costruzione della curva di taratura. In tal senso, i metodi che prevedono la rideposizione del campione su di una seconda membrana non sono confrontabili con quelli messi a punto nel caso di analisi diretta del filtro. In generale, i fattori critici da controllare sono almeno i seguenti:

- **a.** natura della membrana di campionamento
- **b.** granulometria della polvere campionata (che, a sua volta, è condizionata dal selettore e dalla portata di prelievo adottati)
- **c.** quantità di polvere sulla membrana
- **d.** forma/spessore della macchia di polvere (strato planare, strato convesso ecc.), fattore, questo, che è influenzato dal tipo di selettore.

I fattori a e d possono essere controllati realizzando degli standard in camera a polveri: viene disperso del particolato di minerale standard in una camera nella quale si riproduce un'atmosfera contaminata. All'interno della camera sono effettuati dei campionamenti

**29** Le posizioni dei picchi della silice possono variare nell'ordine di centesimi di grado.
**30** altri minerali non citati come calcite e dolomite, peraltro estremamente diffusi, non presentano interferenze con il quarzo.

con flusso di prelievo, selettore e membrana uguali a quelli che si utilizzeranno per i campioni incogniti. È evidente che nel caso di analisi diretta del filtro saranno, quindi, necessarie tante curve di taratura quante sono le possibili modalità operative di prelievo dei campioni incogniti. In alternativa alla via eolica esiste la possibilità di preparare i filtri standard per via umida a partire da sospensioni di silice in solventi quali, ad esempio, il 2-propanolo (rif. metodo NIOSH 7500). Va considerato che in questo caso il campione è sottoposto a numerose manipolazioni che aumentano le potenziali sorgenti di errore. Altro fattore critico, che ha influenza diretta sulle caratteristiche dello spettro DRX, è la possibile disomogeneità dello strato di polvere depositato ad umido[31]. Le curve di taratura sono solitamente costruite con quantità minima di quarzo nell'ordine della decina di microgrammi e, anche nelle migliori condizioni strumentali, si possono rendere necessarie estrapolazioni della curva di taratura per la stima dei bassissimi quantitativi di silice. Questo fattore associa un'elevata incertezza alle determinazioni rivolte alle basse concentrazioni, di particolare interesse in quanto attualmente riscontrabili con una certa frequenza negli ambienti di lavoro.
L'indicazione della quantità minima di polvere che deve risultare depositata su filtro è data dalla seguente relazione:

$$polvere(mg) = \frac{\mathrm{LDR}}{SiO_2\ \%}$$

Nel caso che il **LDR** del diffrattometro sia pari a 10 μg e prendendo in considerazione ipotetici contenuti percentuali di quarzo nelle polveri indagate[32].

| Tenore percentuale in quarzo nelle polveri aerodisperse (% in peso) | 2 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Polvere necessaria sul filtro per l'identificazione del quarzo in DRX (mg) | 0,500 | 0,200 | 0,100 | 0,066 | 0,050 | 0,040 | 0,034 | 0,028 | 0,026 |

**Tabella 9** - Quantitativi minimi di polvere necessari sulla membrana per identificare il quarzo in DRX nell'ipotesi di un **LDR** pari 10 μg.

In molte situazioni di prelievo ci si potrebbe quindi trovare nella difficoltà di raccogliere la quantità di analita necessario. Questo problema e quello della relativa rivelabilità strumentale si possono fronteggiare:
- adottando selettori che operano a flussi elevati in modo da aumentare, a parità di durata del campionamento, la quantità di polvere;
- cambiando le condizioni strumentali di acquisizione del diffrattogramma in modo da aumentare al massimo la capacità di individuare l'analita. Nel caso della DRX tale condizione si può realizzare sostanzialmente o agendo, attraverso le fenditure che regolano l'ottica dello strumento, sull'intensità del fascio di RX incidente e/o sull'efficienza del detector che acquisisce il segnale; in alternativa si può prevedere di aumentare il tempo di acquisizione del diffrattogramma in modo da migliorare la statistica dei conteggi ossia il rapporto tra il picco dell'analita ed il fondo del segnale.

Alla luce di quanto sopra esposto si desume che nella costruzione delle curve di taratura è preferibile adottare standard di cui sia nota e certificata la purezza, la granulometria e la cristallinità. Il grado di cristallinità dei materiali standard influenza la concentrazione apparente della SLC nei campioni da analizzare. La distribuzione dimensionale e la cristallinità contribuiscono ambedue a determinare significative differenze nella risposta diffrattometrica. I materiali di riferimento per la costruzione delle rette di calibrazione devono avere una distribuzione dimensionale più vicina possibile a quella dei campioni incogniti. Se gli standard usati per la calibrazione presentano dimensioni inferiori a quelle caratteristiche dei campioni incogniti, i risultati portano ad una sovrastima. L'inverso si ottiene nel caso della calibrazione con standard aventi dimensioni superiori a quelle dei campioni. I MSR attualmente disponibili commercialmente da utilizzare per la determinazione delle rette di calibrazione sono quelli prodotti attualmente dal National Institute of Standards and Technology (NIST), in precedenza denominato National Bureau of Standards (NBS), e dal Community Bureau of Reference (BCR):
- *Respirable α-quartz,* NIST 1878a
- *Quartz, BCR No. 67* (Community Bureau of Reference-BCR)
- *Respirable cristobalite,* NIST 1979a
- *Silicon Powder 2θ/d-Spacing,* SRM 640c (ex *XRD d* Spacing, SRM 640a)

Le dimensioni dei MSR di quarzo sono riportate nella tabella 10. Il MSR del NBS-NIST presenta una distribuzione dimensionale rappresentativa della frazione respirabile, mentre quello del BCR è caratterizzato da una distribuzione delle particelle più grossolana, rappresentativa delle dimensioni comunemente raggiungibili ($\phi$<40 μm) dopo una buona macinazione non troppo spinta dei campioni mediante mortaio e pestello. Esistono dati sperimentali che confermano come l'impiego di standard differenti (NIST, Sikron, Min-U-Sil ecc.) determini una variazione significativa sui risultati delle analisi condotte, a parità di campione, tramite l'impiego di diverse curve di taratura. Sempre sulla base delle indicazioni fornite dalla letteratura di merito, si è dell'avviso che dovrebbero essere impiegati standard NIST con l'avvertenza di prendere in debita considerazione i nuovi materiali certificati preparati ed immessi continuamente in commercio.

#### *4.1.4 Strategie di campionamento in relazione alle modalità di analisi adottate*

Per quanto riguarda l'analisi DRX condotta su filtro si possono determinare problemi analitici se la quantità di polvere aerodispersa raccolta sulla membrana è bassa. In tabella 11 si può osservare, in funzione del volume aspirato, la variazione della concentrazione (mg/m$^3$) per una portata di aspirazione di circa 2 L/min, calcolata nell'ipotesi che il materiale deposto sul filtro sia equivalente all'incirca al limite di determinazione strumentale. Nell'esempio si considerano le seguenti stime indicative dei limiti di determinazione per pesatura e per DRX:
- Bilancia a 5 cifre: 50 μg (polvere su filtro)
- Bilancia a 6 cifre: 5 μg (polvere su filtro)
- DRX: 10 μg (SLCsu filtro)

Osservando la tabella si nota che la concentrazione stimata, sia per la polvere che per la SLC, a parità di materiale raccolto, diminuisce di un fattore 10 passando da un'ora circa di campionamento ad un turno completo. Nel caso della SLC, per il campionamento di un'ora ricaviamo una concentrazione doppia rispetto all'attuale valore limite di esposizione di 0,05 mg/m$^3$ dell'ACGIH

**31** In questo caso tuttavia la rotazione del campione durante l'analisi attenua questo fattore
**32** Si consideri che per il principio della comminuzione differenziale la percentuale dei minerali più resistenti tende a diminuire nelle polveri sottili rispetto ai materiali massivi. Questo significa che nella maggior parte dei casi il tenore in quarzo nelle polveri aerodisperse sarà inferiore a quello del corrispondente materiale di origine.

| MSR | Purezza (% peso di quarzo cristallino) | Contenuto amorfo (%) | Intervallo dimensionale[1] ($\mu$m) | DSEM [2] ($\mu$m) | 95% [3] ($\mu$m) |
|---|---|---|---|---|---|
| NBS 1878 | 95,5 | ~3 | 0,33-5,0 | 1,7 | 10,5 |
| NIST 1878a | 100,0 | ~0,5 | 0,95-3,78 [4] | 1,6 (2,05[5])[4] | 3,78[6] |
| BCR N° 67[7] | 99,6 | - | 2,4-32,0 | 11,3 | 21,5 |
| NIST 1879a | 95,0 | 5,5 | - | 3,1 [4,5] | - |
| NBS 1879 | 98,0 | 2,0 | 2,0-5,0 [8,9] | 3,3[8] | - |

**1** Diametro sferico equivalente
**2** Diametro sferico equivalente medio.
**3** Diametro corrispondente al 95% della distribuzione cumulativa
**4** Misurato con diffusione laser
**5** Dati recenti (Brown et al, 2004)
**6** Diametro corrispondente al 90% della distribuzione cumulativa
**7** Quarzo naturale, Frechen, FRG (BCR, 1980).
**8** Misurato per sedigrafia
**9** 80% della massa delle particelle, 8% con diametro < 2 $\mu$m

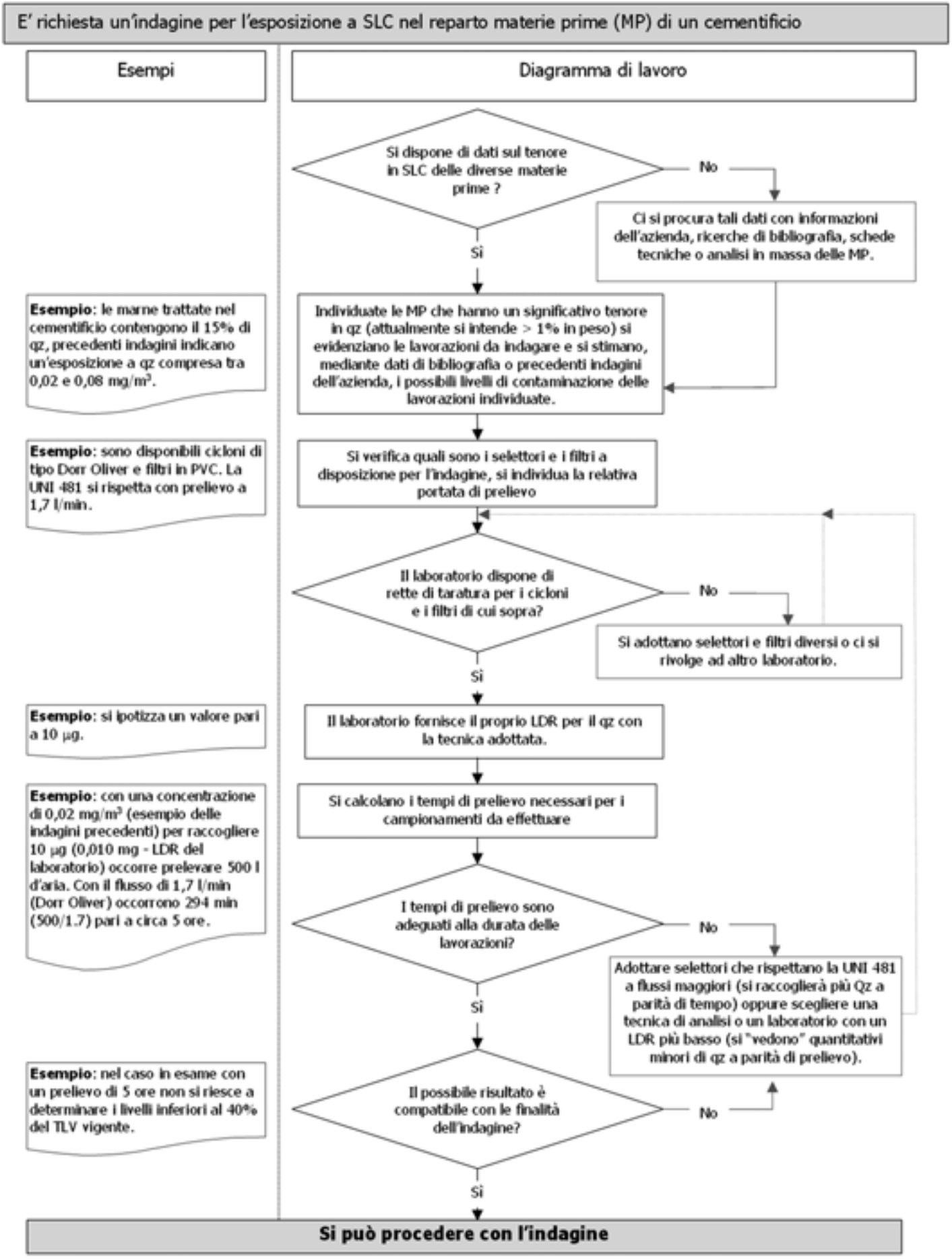
**Tabella 10** -Caratteristiche di purezza e dimensionali dei due materiali standard di riferimento (MSR) di quarzo.

| Volume (l) | Tempo (h) | Bilancia 5 cifre (mg/m$^3$) | Bilancia 6 cifre (mg/m$^3$) | DRX (mg/m$^3$) |
|---|---|---|---|---|
| 96 | 0,8 | 0,50 | 0,050 | 0,10 |
| 240 | 2,0 | 0,20 | 0,020 | 0,04 |
| 480 | 4,0 | 0,10 | 0,010 | 0,02 |
| 960 | 8,0 | 0,05 | 0,005 | 0,01 |

**Tabella 11 -** Concentrazioni di polvere e SLC (mg/m$^3$) in funzione del volume aspirato ad una portata di 2 L/min calcolate nell'ipotesi che il materiale sul filtro sia pari al limite di determinazione strumentale

preso come riferimento, mentre da una intera giornata di campionamento si stima una concentrazione pari ad 1/5 del valore di riferimento. È evidente che, poiché la quantità assoluta di SLC sul filtro è sempre quella, la concentrazione ricavata nel primo caso non ha alcun senso (addirittura il doppio del valore limite), mentre nel secondo caso potremo ragionevolmente affermare che la concentrazione non eccede il 20% del valore di riferimento. Pertanto i tempi di campionamento, fissato il preselettore e di conseguenza la portata, devono essere rapportati alla concentrazione ambientale, al fine di stimare in maniera rappresentativa la concentrazione e la conseguente esposizione. Basse concentrazioni richiedono tempi di campionamento molto lunghi. L'esempio discusso può anche essere letto in un altro modo. Supponiamo infatti di avere avuto su una membrana una risposta inferiore al limite di rivelabilità; ciò automaticamente non significa che la concentrazione di SLC aerodispersa sia trascurabile, ma che probabilmente dovremo aumentare il tempo di campionamento. In proposito basta calcolare il valore di concentrazione che otterremmo assumendo una quantità assoluta di SLC pari al valore minimo determinabile. Per esempio una risposta analitica nella quale il quarzo non è quantificabile, a fronte di un volume di 250 litri (corrispondente a 2 ore di campionamento), ci darebbe (vedi tabella 11) una concentrazione pari all' 80% dello standard di riferimento (0,04 mg/m$^3$). Pertanto ciò rende consigliabile la ripetizione del campionamento su tempi assai più lunghi, piuttosto che l'esclusione del rischio di esposizione a SLC. In linea di massima si può affermare che, quando siamo prossimi al limite di rivelabilità, è opportuno campionare almeno per l'intero turno di lavoro, quando risulti praticabile, per poter fare affermazioni che abbiano un significato dal punto di vista dell'igiene industriale sui livelli di esposizione a SLC aerodispersa.

Un altro aspetto generale dei campionamenti riguarda il tipo di preselettore utilizzato. Nella figura 2 vengono mostrati i tempi di campionamento necessari, calcolati per raccogliere circa 30 $\mu$g di SLC su filtro in funzione di valori della concentrazione ambientale compresi tra 1/10 e 2 volte il valore limite di riferimento dell'ACGIH. Il calcolo è stato effettuato per un preselettore tipo Dorr-Oliver (alla portata di 1,7 l/m) ed uno del tipo GK 2.69 (portata di 4,2 l/min). Per concentrazioni pari al valore limite sono ancora necessarie circa 6 ore di campionamento con un ciclone Dorr-Oliver che possono essere ridotte a 2,5 ore se si fa impiego preselettore del tipo GK 2.69. Poiché i tempi di campionamento vanno incrementati misura inversamente proporzionale alla diminuzione della concentrazione, la scelta della durata del prelievo influenzerà in modo diretto le performances analitiche (polvere raccolta sul filtro), a meno che la concentrazione di SLC sia assai superiori al valore di riferimento di 0,05 mg/m$^3$.
Infine è opportuno segnalare che il GK 2.69 utilizza filtri di diametro 37 mm, mentre il Dorr-Oliver utilizza di norma filtri da 25 mm. Per i metodi analitici che prevedono la determinazione diffrattometrica direttamente su membrana, il filtro da 37 mm può creare difficoltà, in quanto generalmente la sede ove viene inserito il filtro da analizzare è costruita per accogliere membrane da 25 mm. In tal caso una possibile soluzione richiederebbe l'uso di membrane diverse dall'Ag per il campionamento e la loro successiva dissoluzione con la rideposizione della polvere in sospensione su di un filtro di Ag da 25 mm. È altresì utile ricordare che il tipo di selettore in grado di fornire la maggiore raccolta di polvere per unità di superficie è il ciclone tipo GS3, che campiona ad una portata di 2,75 l/m, utilizzando filtri da 25 mm.


E' richiesta un'indagine per l'esposizione a SLC nel reparto materie prime (MP) di un cementificio
Esempi
Diagramma di lavoro
Si dispone di dati sul tenore in SLC delle diverse materie prime ?
No
Ci si procura tali dati con informazioni dell'azienda, ricerche di bibliografia, schede tecniche o analisi in massa delle MP.
Si
Esempio: le marne trattate nel cementificio contengono il 15% di qz, precedenti indagini indicano un'esposizione a qz compresa tra 0,02 e 0,08 mg/m³.
Individuate le MP che hanno un significativo tenore in qz (attualmente si intende > 1% in peso) si evidenziano le lavorazioni da indagare e si stimano, mediante dati di bibliografia o precedenti indagini dell'azienda, i possibili livelli di contaminazione delle lavorazioni individuate.
Esempio: sono disponibili cicloni di tipo Dorr Oliver e filtri in PVC. La UNI 481 si rispetta con prelievo a 1,7 l/min.
Si verifica quali sono i selettori e i filtri a disposizione per l'indagine, si individua la relativa portata di prelievo
Il laboratorio dispone di rette di taratura per i cicloni e i filtri di cui sopra?
No
Si adottano selettori e filtri diversi o ci si rivolge ad altro laboratorio.
Si
Esempio: si ipotizza un valore pari a 10 µg.
Il laboratorio fornisce il proprio LDR per il qz con la tecnica adottata.
Esempio: con una concentrazione di 0,02 mg/m³ (esempio delle indagini precedenti) per raccogliere 10 µg (0,010 mg - LDR del laboratorio) occorre prelevare 500 l d'aria. Con il flusso di 1,7 l/min (Dorr Oliver) occorrono 294 min (500/1.7) pari a circa 5 ore.
Si calcolano i tempi di prelievo necessari per i campionamenti da effettuare
I tempi di prelievo sono adeguati alla durata delle lavorazioni?
No
Adottare selettori che rispettano la UNI 481 a flussi maggiori (si raccoglierà più Qz a parità di tempo) oppure scegliere una tecnica di analisi o un laboratorio con un LDR più basso (si "vedono" quantitativi minori di qz a parità di prelievo).
Si
Esempio: nel caso in esame con un prelievo di 5 ore non si riesce a determinare i livelli inferiori al 40% del TLV vigente.
Il possibile risultato è compatibile con le finalità dell'indagine?
No
Si
Si può procedere con l'indagine

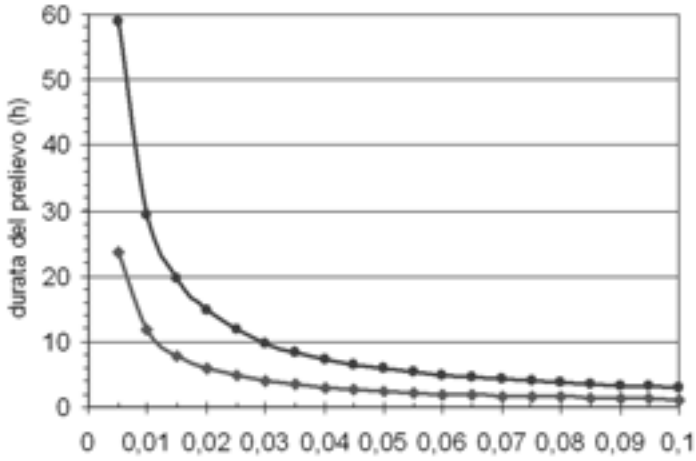



**Figura 2** - Durata del prelievo in funzione della concentrazione di SLC aerodispersa per 30 μg di quarzo sul filtro: la curva inferiore si riferisce all'udo del superiore GK 2.69 a 4,2 L/min mentre l'altra si riferisce al Dorr-Oliver a 1,7 L/min

**4.2 Approccio metodologico alla pianificazione di un'indagine**
L'adozione delle modalità di analisi illustrate nei paragrafi precedenti comporta delle scelte operative obbligate. Queste si ripercuotono sull'impostazione generale di un'indagine ambientale per la determinazione della concentrazione di SLC aerodispersa. A tal proposito si riporta a fianco un esempio pratico riferito a un'indagine in un cementificio.

**4.3 Validazione di un metodo e calcolo dell'incertezza di misura**
Le considerazioni fin qui condotte portano a concludere che i laboratori che effettuano analisi della silice devono dotarsi di metodiche idonee ai propri scopi analitici. Qualora un laboratorio intenda adottare uno dei metodi IRTF e DRX emessi da enti o associazioni scientifiche riconosciute sarà necessaria la preliminare verifica del livello di applicabilità sulla base degli scopi analitici prefissati e della sua capacità di ottenere ripetibilità comparabili con quelle pubblicate sul metodo. Nel caso si debba ricorrere ad un metodo interno, sviluppato al fine di soddisfare particolari necessità analitiche, l'iter di validazione si rende indispensabile. Solo nel caso si adotti senza modifiche un metodo standard (ad esempio uno di quelli emessi dal NIOSH), si potranno ritenere validi i dati di validazione prodotti in seno al metodo stesso. Le grandezze che caratterizzano le prestazioni di un metodo analitico, comunemente accettate ed impiegate dalle più autorevoli organizzazioni scientifiche europee ed internazionali, sono[33]:

- selettività
- limite di rivelabilità
- limite di quantificazione
- intervallo di lavoro ed intervallo di linearità
- precisione
- accuratezza
- sensibilità
- robustezza
- recupero
- incertezza.

Dunque, nell'iter di validazione di un metodo di prova è compresa anche l'incertezza. Oltre a quelle citate dall'allegato VIII sexties del D.Lgs 626/1994 (UNI EN 482, UNI EN UNI 689), le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17025 ed UNI CEI EN 13005:2000 hanno ormai imposto all'attenzione generale i concetti di incertezza di misura e di valore convenzionalmente vero quale risultato di una prova. La misura dell'incertezza, ha (e questo è anche il caso della SLC) implicazioni assai rilevanti nell'interpretazione di un risultato analitico e nel confronto (sia a fini di controllo che a fini di monitoraggio) con i valori accettabili previsti da normative e/o regolamenti. Secondo il dettato delle norme sopra menzionate l'incertezza di misura è il parametro associato al risultato di una misurazione che caratterizza la dispersione dei valori ragionevolmente attribuibili ad un misurando. Diversi approcci sono percorribili ai fini del calcolo dell'incertezza di misura: di essi alcuni sono più rigorosi ed altri di tipo empirico. In generale, l'intervallo di valori che accompagna il risultato di una determinazione analitica deriva dal contributo di tutte le possibili variabilità riscontrabili nel corso della prova e valutabili in termini numerici. Qualunque sia il criterio adottato per il calcolo dell'incertezza ciò che si deve ottenere è l'espressione numerica, in termini di scarto tipo, di un intervallo di valori corredato dalla sua unità di misura.
*L'allegato A* fornisce approfondimenti teorici ed applicativi sui possibili approcci metodologici percorribili ai fini del calcolo dell'incertezza di misura applicato all'analisi della SLC.

## 5. VALUTAZIONE DEI RISULTATI

Una volta quantificata l'esposizione professionale, determinare se questa si trovi al di sopra o al di sotto del VLE [34] è una operazione tutt'altro che banale e sulla quale esiste una certa controversia tra gli igienisti industriali, senza che una posizione abbia nettamente prevalso sulle altre. In tale ambito, la Norma UNI EN 689 fornisce delle indicazioni di estrema utilità e che hanno ormai assunto carattere cogente, dal momento che la norma stessa è esplicitamente richiamata nel D. Lgs. 626/94 e successive modificazioni. Nei paragrafi successivi è brevemente illustrato come eseguire una valutazione dei risultati in accordo con tale norma.

**5.1 Calcolo della concentrazione mediata nel tempo (Time Weighted Average - TWA)**
I VLE sono in genere espressi come concentrazioni in aria mediate nel tempo; ne consegue che, per eseguire un confronto, anche i valori di esposizione misurati debbono essere riportati nella medesima forma. Il calcolo del TWA a partire dai dati sperimentali si esegue utilizzando la formula:
con $C_1$, $C_2$, ... Cn corrispondenti alle concentrazioni in aria

$$\frac{\sum C_i \cdot T_i}{T} = \frac{C_1 \cdot T_1 + C_2 \cdot T_2 + \ldots\ldots\ldots C_n \cdot T_n}{T}$$

dell'agente inquinante relative ai periodi $T_1$, $T_2$,…. $T_n$; T esprime il tempo rispetto a cui è riferito il VLE con cui si vuole confrontare il valore trovato (normalmente 8 ore).
Nel caso non sia stato possibile monitorare per intero tutti i periodi in cui si è avuta esposizione, si devono adeguare i valori dei tempi in maniera tale che la sommatoria dei tempi al numeratore sia uguale all'effettivo periodo di esposizione. Gli esempi che seguono mettono in evidenza come l'effettivo tempo di campionamento debba essere utilizzato solo per il calcolo della concentrazione in aria (cioè le $C_1$, $C_2$….$C_n$ della precedente formula); per il calcolo del TWA debbono essere utilizzati i tempi di esposizione.

**33** si rimanda alle norme ISO e ai documenti ufficiali di varie commissioni europee ed internazionali (citati in bibliografia) per le definizioni puntuali dei parametri
**34** Nel prosieguo del capitolo verranno utilizzati gli acronimi riportati nel testo italiano della norma UNI 689.

***Esempio 1***
*VLE: mediato nel tempo rispetto ad una giornata lavorativa di 8 ore (480 minuti).*
*Esposizione totale nella giornata lavorativa: 6 ore (360 minuti).*
*Nelle 6 ore, un unico periodo a esposizione costante; la valutazione sperimentale della concentrazione viene effettuata campionando, nell'ambito delle 6 ore in cui si ha esposizione, per un periodo di 4 ore. Per calcolare il TWA da confrontare con un VLE riferito a 8 ore, nella formula precedente si metterà a numeratore il valore di concentrazione trovato moltiplicato per 360, e quindi si dividerà per 480.*

***Esempio 2***
*VLE: mediato nel tempo rispetto una giornata lavorativa di 8 ore (480 minuti).*
*Esposizione totale nella giornata lavorativa: 7 ore (420 minuti).*
*Nelle 7 ore, due periodi a differente esposizione di 4 ore (240 minuti) e di 3 ore (180 minuti); la valutazione sperimentale della concentrazione nei due periodi viene effettuata campionandoli entrambe per 2 ore. Per calcolare il TWA da confrontare con un VLE riferito a 8 ore, nella formula precedente si metteranno a numeratore i valori di concentrazione trovati moltiplicati rispettivamente per 240 e per 180, e quindi si dividerà per 480.*

La norma UNI EN 689 (appendice B) prevede l'impiego di tale procedura di calcolo anche se il tempo di esposizione totale supera il tempo a cui è riferito il VLE (ad esempio, turni lavorativi della durata di 9 ore o più) [35].
Ovviamente i valori di esposizione professionale misurati, per poter essere utilizzati nel calcolo del TWA, devono necessariamente soddisfare i requisiti di accuratezza e precisione riportati nella norma UNI EN 482.

**5.2 Calcolo dell'indice di rischio ($I_r$)**
L'indice di rischio $I_r$ è dato dal rapporto tra il TWA calcolato come descritto in precedenza ed il valore limite preso a riferimento. Quindi, $I_r > 1$, indica che il TWA è superiore al VLE, mentre $I_r < 1$ indica che il TWA è inferiore al VLE. Bisogna comunque avere ben chiaro che un Ir inferiore ad 1 non implica automaticamente che l'esposizione sia al di sotto del VLE: $I_r$ è una delle grandezze utilizzate, in riferimento alla considerazioni statistiche impiegate, per confrontare il valori di esposizione misurati con i VLE.

**5.3 Calcolo di $I_r$ per esposizione multifattoriale**
Nel caso di esposizione simultanea a più agenti chimici pericolosi i rischi vanno valutati in base al rischio globale che comporta la loro combinazione (tabella 12). Per quanto riguarda il calcolo di Ir si possono individuare, almeno in linea teorica, le possibilità descritte nella tabella 12.

Nei casi reali di esposizione multifattoriale, ammesso che si disponga dei VLE per tutti gli agenti chimici coinvolti, determinare a quale modello far riferimento è un compito che spesso può andare oltre le competenze dell'igienista industriale, richiedendo delle specifiche conoscenze sul metabolismo degli inquinanti e sui loro meccanismi di interazione. Relativamente al caso specifico della SLC, in assenza di indicazioni specifiche sembra opportuno considerare comunque un effetto additivo nel caso di esposizione contemporanea a più forme cristalline.

**5.4 Confronto dei valori sperimentali con i VLE**
Per il confronto dell'esposizione misurata con i VLE la norma UNI EN 689 fornisce, nelle appendici C e D, delle indicazioni che, pur non essendo vincolanti, rivestono notevole importanza in relazione alla risoluzione pratica del problema della valutazione di conformità. Tali appendici sono brevemente descritte e commentate in seguito.

| Tipo di effetto | Definizione | Modello |
|---|---|---|
| *Effetti indipendenti* | La tossicità di ogni composto è dovuta a meccanismi indipendenti e/o i composti agiscono su differenti organi bersaglio. Gli inquinanti esercitano la loro tossicità indipendentemente l'uno dall'altro. | 2+3=2+3 |
| *Effetti additivi* | Composti con tossicità di tipo analogo determinano una risposta che è uguale alla somma dell'effetto che produrrebbe singolarmente ogni composto. | 2+3=5 |
| *Effetti antagonistici* | La tossicità di un composto è ridotta dalla presenza di un altro composto. | 2+3<5 |
| *Effetti di potenziamento* | La tossicità di una sostanza è esaltata dalla contemporanea presenza di un'altra sostanza che, di per sé, non ha effetto tossico. | 0+3>3 |
| *Effetti sinergici* | Due sostanze tossiche agiscono sinergicamente determinando una tossicità maggiore di quella che deriverebbe dalle due sostanze prese separatamente. | 2+3>5 |

**Tabella 11** - Esposizione multifattoriale (da Whylie e Elias, 1992)

***5.4.1 Appendice C***
L'appendice C fornisce un criterio di tipo pragmatico per la valutazione dei risultati. Per poter impiegare tale criterio, devono essere soddisfatte le seguenti condizioni:
a. la concentrazione media del turno (OEC) deve fornire una descrizione rappresentativa della situazione di esposizione professionale;
b. le condizioni operative nel posto di lavoro devono ripetersi regolarmente e nel lungo periodo le condizioni di esposizione non devono variare sensibilmente.

Nel caso in cui le condizioni di esercizio risultino chiaramente differenti, queste debbono essere valutate separatamente. Se sono rispettate le precedenti condizioni, il criterio prevede che:
- se $I_r$ del primo turno misurato è minore o uguale a 0,1, l'esposizione nella condizione lavorativa a cui è riferito il turno è minore del VLE;
- se anche un solo $I_r$ risulta superiore ad 1, l'esposizione nella condizione lavorativa a cui è riferito il turno è maggiore del VLE;
- se $I_r$ di almeno tre turni diversi è minore di 0,25, l'esposizione nella condizione lavorativa a cui sono riferiti i turni è minore del VLE [36];
- se la media geometrica degli $I_r$ in almeno tre turni diversi risulta minore o uguale a 0,5 [37] e ciascun Ir è minore di 1, l'esposizione nella condizione lavorativa a cui sono riferiti i turni è minore del VLE, ma bisogna eseguire delle misurazioni periodiche (vedi appendici E ed F della norma).

Benché la procedura descritta non porti a nessuna decisione qualora tutti gli Ir risultino minori di 1 ma la loro media geometrica sia maggiore di 0,5, si ritiene che in questi casi il datore di lavoro debba comunque adottare misure di contenimento del rischio tali da riportare la media geometrica dell' Ir al di sotto il valore di 0,5.

**35** Esistono anche dei modelli più sofisticati che tengono conto di fattori quali la riduzione per il lavoratore del tempo di disintossicazione tra un'esposizione e la successiva o il tempo di dimezzamento biologico dell'inquinante come, ad esempio, nei modelli "Brief-Scala" (Paustenbach, 1994) o "Hickey-Reist" (Hickey e Reist, 1977).
**36** Benché la norma non lo chiarisca esplicitamente, è ovvio che si tratta dei tre turni (o più) sulla medesima situazione espositiva monitorati dalle prime tre indagini (o più) eseguite.

Nel caso il risultato analitico sia inferiore al **LDR**, la norma suggerisce di calcolare Ir utilizzando metà del **LDR**. Si ritiene tale approssimazione applicabile solo per Ldr che determinano valori di $\mathbf{I_r}$ dell'ordine di 0,1 (ISTISAN 04/15): nel caso questa condizione non sia verificata, come spessissimo accade per la SLC, dovrà essere utilizzato **LDR** tal quale per il calcolo di $\mathbf{I_r}$.

### *5.4.2 Appendice D*

Lo schema di confronto secondo l'appendice D si basa sull'applicazione di test statistici per valutare la probabilità che misurazioni sperimentali derivanti da una distribuzione log-normale superino o meno il VLE. Il criterio è adatto soprattutto per la valutazione di situazioni ripetitive o costanti di esposizione, in special modo negli impianti nei quali i compiti di lavoro sono bene definiti e programmati. Operativamente:

a. si seleziona un gruppo omogeneo di lavoratori (HEG), addetti cioè con schemi di lavoro analoghi che dovrebbero rappresentare situazioni espositive similari;
b. si eseguono, nell'ambito di questo gruppo, almeno 6 misurazioni [38];
c. si verifica la compatibilità dei dati con il modello di distribuzione ipotizzato (in genere distribuzione log-normale[39]);
d. si calcola la probabilità di superamento del VLE con relativo intervallo di confidenza [40].

In base al valore di probabilità ottenuto avremo:

| Probabilità (%) | Indicazione semantica del rischio | Situazione |
|---|---|---|
| **P ≤ 0,1** | **ZONA VERDE** | Esposizione è ben al di sotto del VLE; non sono necessarie altre misurazioni a meno che non si verifichino modifiche significative delle condizioni di esercizio |
| **0,1 ≤ P ≤ 5** | **ZONA ARANCIO** | Esposizione sembra al di sotto del VLE ma va verificata con misurazioni periodiche |
| **P > 5** | **ZONA ROSSA** | Probabilità di superamento del VLE è troppo elevata e si devono attuare provvedimenti adeguati per ridurre l'esposizione. |

La norma mette in guardia dall'utilizzazione acritica di questa tabella, soprattutto quando gli intervalli di confidenza sono ampi. Ulteriori dubbi potrebbero derivare dalle modalità di applicazione della procedura in presenza di misurazioni al di sotto del Ldr. Senza alcuna pretesa di voler integrare la norma, si propongono di seguito delle condizioni aggiuntive che appaiono ragionevoli da un punto di vista operativo:

- l'intervallo di confidenza della probabilità di superamento dovrebbe essere calcolato almeno al 95%;
- se la probabilità di superamento è <0,1% ma il limite superiore dell'intervallo di confidenza è >5% non si dovrebbe classificare la situazione come verde ma come arancio (se è soddisfatta la condizione seguente);
- se la probabilità di superamento è <5% ma il limite superiore dell'intervallo di confidenza è >15% non si dovrebbe classicare la situazione come arancio e si dovrebbero eseguire ulteriori indagini;
- se vi è un solo valore al di sotto del **LDR**, si utilizza il valore di concentrazione calcolato utilizzando il **LDR**;
- se più valori sono al di sotto del **LDR**, si dovrebbe esaminare attentamente il procedimento di campionamento/analisi per verificare se aumentando il tempo di campionamento e/o utilizzando selettori ad alto flusso tale evenienza possa essere scongiurata. Qualora eseguite le verifiche ed eventuali correzioni del caso continuino ad essere presenti più valori al di sotto del **LDR**, per il calcolo della probabilità di superamento del VLE si dovrebbero utilizzare i valori di concentrazione ottenuti dal **LDR** moltiplicati rispettivamente per $\mathbf{C_i/C_{max}}$, ove $\mathbf{C_i}$ è la concentrazione di polvere respirabile su filtro del i-esimo valore al di sotto del **LDR** e $\mathbf{C_{max}}$ è la concentrazione di polvere respirabile più alta tra tutti i valori al di sotto del **LDR**.

### 5.5 Considerazioni finali

I criteri descritti ai punti 5.3 e 5.4, seppure di estrema utilità, possono non essere adeguati alla valutazione del rischio in particolari circostanze. Potrebbero infatti non essere verificate le condizioni necessarie per le quali tali criteri sono proposti o si potrebbe ricadere nei casi in cui le procedure non portano a nessuna decisione. Inoltre, nei casi reali, i valori di $\mathbf{I_r}$ richiesti per l'applicazione dall'appendice C si avvicinano molto al limite di rivelabilità di tutto il processo di campionamento e analisi della SLC. Nell'allegato B vengono fornite alcune informazioni per affrontare una valutazione dei risultati anche in situazioni in cui le indicazioni della norma UNI EN 689 non sono utilizzabili.

## INTRODUZIONE AGLI ALLEGATI

Di seguito vengono presentati cinque elaborati, con i quali si è tentato di approfondire alcuni argomenti, già trattati nel documento preparatorio delle linee guida. Gli allegati hanno lo scopo di illustrare e dettagliare, in merito a tali argomenti, gli aspetti metodologici percorribili. In particolare l'approfondimento ha riguardato i seguenti temi:

- *Analisi della SLC: illustrazione dei possibili approcci al calcolo dell'incertezza di misura* - (Allegato A)
- *Confronto dei valori di esposizione misurati con i VLE* (allegato B)
- *Proposta per l'analisi della silice nei campioni massivi* (allegato C)
- *Proposte per la stesura dei rapporti di prova* - (allegato D)
- *Determinazione della silice libera cristallina aerodispersa: rapporto di prova* - (allegato E)

La complessità insita nelle tematiche affrontate ha suscitato una vivace discussione all'interno del gruppo Igiene Industriale, mettendo in evidenza la necessità di proseguire il percorso di approfondimento intrapreso.
Con tale consapevolezza, si è inteso proporre quanto elaborato con l'intento di fornire al lettore utili strumenti cognitivi a complemento di quanto già esposto nelle linee guida. Il fine ultimo che si propone è quello di far confluire, come parte integrante del testo, i contenuti degli allegati.
Emerge inoltre la necessità di realizzare un circuito di interconfronto tra i laboratori che effettuano da tempo analisi di silice cristallina, con lo scopo di conferire un taglio il più possibile applicativo a quanto trattato dagli allegati.

**37** Anche in questo caso si tratta ovviamente di turni riferiti alla medesima situazione espositiva: se si eseguono indagini per più di tre turni, è necessario calcolare la media geometrica su tutti gli indici di rischio rilevati.
**38** Per quanto possibile, non è consigliabile eseguire le misurazioni tutte nello stesso giorno o, all'estremo opposto, misurare per più giorni sempre la stessa persona.
**39** Può essere utilizzato, ad esempio, il test di Kolmogorov-Smirnov (Chakravarti e altri, 1967) verificando che il valore *p* sia almeno maggiore di 0,1.
**40** Si possono utilizzare i grafici proposti nel lavoro "Simple procedures for calculating confidence intervals around the sample mean and exceedence fraction derived from lognormally distributed data" (Hewett e Ganser, 1997)

# ALLEGATO A

## ANALISI DELLA SLC: ILLUSTRAZIONE DEI POSSIBILI APPROCCI AL CALCOLO DELL'INCERTEZZA DI MISURA

Di seguito vengono illustrate le principali tipologie di approccio metodologico impiegabili ai fini del calcolo dell'incertezza di misura e le modalità di applicazione di un paio di tali metodi all'analisi della SLC aerodispersa unitamente alle principali criticità ad esse connesse.[41]

**A.1 Calcolo dell'incertezza di misura secondo l'approccio metrologico**

La metodologia, citata dalla norma UNI CEI ENV 13005, prevede la distinzione delle variabilità in due gruppi ben definiti: le variabilità di tipo A e le variabilità di tipo B, che contribuiscono entrambe alla formazione dell'incertezza totale. Le prime si ottengono da distribuzioni di frequenza sperimentali, attraverso procedure di analisi statistica dei dati da prove ripetute, mentre le seconde sono tratte da distribuzioni di probabilità note a priori, ipotesi ragionevoli, specifiche del costruttore, certificati di taratura, ecc. Per procedere al calcolo dell'intervallo di incertezza associato al metodo analitico, si deve valutare in via preliminare la sequenza completa delle operazioni che sono necessarie all'esecuzione dell'analisi, ed attribuire ad ognuna la variabilità associata. Le fasi necessarie all'espressione finale dell'incertezza sono:

- definizione del misurando
- identificazione delle sorgenti di incertezza
- distinzione tra contributi di tipo A e di tipo B e semplificazioni delle componenti che ricadono nella ripetibilità
- quantificazione dei componenti all'incertezza
- calcolo dell'incertezza composta e dell'incertezza estesa.

L'approccio metrologico è il più rigoroso perché tiene in considerazione tutti i contributi all'incertezza.

**A.2 Calcolo dell'incertezza di misura secondo l'approccio olistico**

Nel caso di misure chimiche, caratterizzate da una netta prevalenza di variabilità casuali, è preferibile l'utilizzo di un approccio più semplice e di più facile applicazione (approccio olistico).
Si basa sull'utilizzo dei risultati di una stessa misura effettuata da laboratori diversi. La variabilità, di tipo casuale, dei risultati delle prove condotte in modo indipendente dai laboratori permette di definire la riproducibilità del metodo adottato. A tale parametro si attribuisce il valore dell'incertezza composta e, tramite opportuno fattore di copertura, dell'incertezza estesa. La partecipazione dei laboratori a tali circuiti di interconfronto (*collaborative trial*) comporta che ciascuno di essi utilizzi lo stesso metodo di prova, per uno stesso parametro del quale si intende calcolare l'incertezza, sulla stessa matrice.

**A.3 Calcolo dell'incertezza di misura secondo l'approccio empirico (relazione di Horwitz)**

Il criterio è basato sul presupposto che gli errori casuali sono inversamente proporzionali alla concentrazione e tiene conto della prevalenza di errori casuali nelle prove chimiche. Esso è definito da un'espressione matematica che lega la concentrazione dell'analita (espressa come frazione di massa) al coefficiente di variazione percentuale.
L'espressione è tratta dall'osservazione di un elevato numero di misure, effettuate a concentrazioni note, ricavate da vari studi del tipo collaborative trials. Questa relazione è caratterizzata da un campo di applicazione senza limitazioni di matrice e campo di misura, ma deve essere utilizzata con precauzione per la valutazione dell'incertezza di misura. Può essere utile, pertanto, in fase di primo approccio nella valutazione dell'incertezza nel caso in cui, ad esempio non si conoscano i dati di ripetibilità del metodo e si intenda progettarne uno interno. In tal caso l'incertezza estesa da associare alla prova si ottiene moltiplicando per un fattore di copertura lo scarto tipo di riproducibilità calcolato con la relazione di Horwitz.

**A.4 La norma UNI EN 482: incertezza globale e requisiti di prestazione dei metodi di prova**

La norma UNI EN 482 ("Requisiti generali per le prestazioni dei procedimenti di misurazione degli agenti chimici") introduce la definizione di incertezza globale: "*quantità utilizzata per caratterizzare nel suo insieme l'incertezza del risultato fornito da uno strumento o da un procedimento di misurazione*" ed "*espressa, in percentuale, tramite una combinazione fra errore sistematico e precisione*". La definizione comprende la grandezza $X_{rif}$, il valore di riferimento (reale o accettato) di una concentrazione, valore reale di cui la stessa norma dice "*non può essere conosciuto con esattezza*". Al punto 6 ("*Metodi di prova*"), la UNI EN 482 precisa che l'incertezza globale di un metodo di misura deve comprendere, valutandoli, tutti i contributi (campionamento, apparecchiature, trasporto, conservazione, analisi) pertinenti alle singole fasi di cui il metodo si compone. Inoltre, per misurazioni effettuate ai fini di confronti con valori limite vengono fornite, quali ulteriori specifiche dei requisiti di prestazione, i valori che l'incertezza globale può assumere per campi di misura delimitati dal valore limite (VL):

- incertezza globale relativa ≤ 50% da 0,1 a 0,5 VL
- incertezza globale relativa ≤ 30% da 0,5 a 2 VL

**A.5 Misura della ripetibilità**

Preliminarmente al calcolo dell'incertezza delle prove che effettua, un laboratorio deve valutare sperimentalmente il grado di accordo tra risultati indipendenti ottenuti, in condizioni ben specificate, con il procedimento di analisi scelto (ripetibilità). Possono presentarsi due possibilità:

- nel caso adotti un metodo di prova che riporta indici di precisione (scarti tipo di ripetibilità e di riproducibilità calcolati in fase di validazione) il laboratorio verifica se è in grado di eseguire la prova con la ripetibilità dichiarata dal metodo;
  nel caso adotti metodi di prova che non riportano indici di precisione, il laboratorio deve determinare sperimentalmente la ripetibilità che è in grado di garantire.

**A.6 Analisi della SLC aerodispersa**

I principali metodi di prova dedicati all'analisi della SLC (cfr capitolo 4) sono fondati sull'impiego delle tecniche DRX e di spettrometria IRTF. Essi riportano spesso dati di precisione derivanti da studi di *proficiency test*. Numerosi studi collaborativi sono stati condotti per testare le prestazioni di laboratori che analizzano SLC aerodispersa negli ambienti di lavoro mettendo a confronto tecniche d'analisi diverse e l'effetto di diverse matrici costituite da polveri cristalline multifasiche. L'utilizzo, da parte di un qualsivoglia laboratorio di prova, dei dati di precisione derivanti da tali studi (per i quali si rimanda ai lavori citati in bibliografia) trova serie limitazioni nei seguenti fattori:

**41** Si rimanda ogni approfondimento alle linee guida citate in bibliografia (si veda, in particolare, la guida EURACHEM/CITAC CG4: *Quantificazione dell'incertezza delle misura analitiche*, edizione 2000 – ISSN 1123-3117. Rapporti ISTISAN 03/30).

- negli studi condotti le quantità minime di analita dei campioni test sono considerevolmente maggiori di quelle, sempre più basse, rilevabili in ambiente di lavoro. La variazione interlaboratorio, espressa in termini di deviazione standard relativa (RSD), aumenta man mano che la quantità di quarzo su filtro diminuisce, ma l'assenza di una relazione lineare tra le due grandezze impedisce l'estrapolazione di valori di RSD corrispondenti a quantità di quarzo inferiori a 100 μg;
- ogni variazione nelle modalità di preparazione dei campioni, elaborata in fase di taratura da parte dei laboratori partecipanti rispetto ai campioni test, incide in modo marcato sulla variabilità dei risultati. Pertanto, per minimizzare la RSD i laboratori partecipanti al circuito di confronto dovrebbero operare una scelta univoca tra l'impolveramento per via eolica e quello per via umida;
- i valori di riproducibilità ottenuti nel caso di campioni reali (miscele polifasiche raccolte in ambiente di lavoro) derivano da un numero molto più esiguo di dati di interconfronto rispetto al caso di campioni monofasici e di campioni polifasici artificiali. Essi sono pertanto da considerarsi meno significativi e vanno impiegati con cautela ancora maggiore.

Alla luce di queste criticità si può concludere che la determinazione dell'incertezza di misura della SLC aerodispersa rientra nella fattispecie b) sopra richiamata. In altri termini al laboratorio che intende valutare l'incertezza associata alle prove che effettua si possono, in linea teorica, presentare diverse alternative:

**1.** il ricorso a dati di precisione riportati da norme o metodi affini (cioè basati sulla stessa tecnica analitica ed applicati alla stessa matrice) dopo aver verificato la congruenza tra la ripetibilità garantita dal laboratorio e quella garantita dal "metodo di riferimento";
**2.** una valutazione mediante un materiale di riferimento certificato (CRM) caratterizzato da matrice appropriata ed indicazione del valore di riferimento ("valore vero") e del suo scarto tipo;
**3.** una sperimentazione ed il calcolo secondo l'approccio metrologico (validazione e calcolo dell'incertezza in accordo alla ISO 5725 e la ENV 13005);
**4.** il ricorso all'approccio empirico (equazione di Horwitz) per la stima dello scarto tipo di riproducibilità sR.

Consideriamo in dettaglio le criticità che l'analisi della SLC aerodispersa presenta rispetto a ciascuna delle alternative prospettate:

**1.** I metodi (emessi da NIOSH, OSHA, MDHS) che potrebbero essere assunti quale riferimento, completi di dati di precisione utilizzabili ai fini del calcolo dell'incertezza di misura, non sono impiegabili tal quali e ciò a causa del fatto che impiegano campionatori, membrane di deposizione e procedure operative spesso assai diverse da quelle che attualmente risultano essere maggiormente diffuse.
**2.** Un collaborative trial, ossia uno studio interlaboratorio nel quale ciascun partecipante usa lo stesso metodo su una serie di campioni test e segue un protocollo ben definito, presuppone l'esistenza di un MSR a contenuto noto di silice cristallina. I MSR esistenti sono gli standard di silice (quarzo e cristobalite) normalmente impiegati quali materiali di taratura e non come materiali da saggio. Ricalcando metodologie adottate in altre tipologie d'analisi, è possibile preparare un materiale di riferimento (RM) da saggio mescolando, ad esempio, ad una prefissata matrice quantità note e crescenti di quarzo in un intervallo di concentrazioni ritenuto significativo per i bassi livelli di contaminazione attualmente rilevabili in ambiente di lavoro. Ciascuno dei laboratori partecipanti al circuito dovrebbe analizzare le stesse membrane impolverate con questo materiale da saggio [42]. Il risultato fornito da ogni laboratorio dovrebbe essere espresso in termini di massa di analita (quarzo) presente nelle miscela. Verificata, tramite test statistici, l'eventuale presenza di dati anomali ed eliminatili ove presenti, si perviene ad un valore di scarto tipo di riproducibilità (corrispondente ad un'incertezza composta) e quindi all'incertezza estesa applicando un opportuno fattore di copertura. Il passaggio da un valore espresso in massa (mg) ad un valore di concentrazione (mg/m$^3$) con associata incertezza di misura è possibile applicando la legge di propagazione degli errori, noto l'errore associato alla misura del volume di aria campionata.
**3.** L'approccio metrologico per il calcolo dell'incertezza di misura risente, al pari di quello olistico, dell'assenza di un CRM necessario a calcolare il contributo dell'incertezza di ripetibilità. L'eventuale RM preparato in laboratorio andrebbe impiegato, in questo caso, anche per la valutazione del recupero. Gli altri contributi che entrano nell'espressione del misurando sono invece calcolabili (figura A1).
**4.** Il metodo empirico va impiegato con cautela ai fini del calcolo dell'incertezza di misura e limitatamente alla fase di progettazione di un metodo interno. In tal senso il valore dell'incertezza estesa cui si perviene applicandolo non è pienamente utilizzabile se non dopo verifica sperimentale. In base all'equazione di Horwitz:

$$CV_R\% = 2^{(1-0{,}5 \log C)}$$

in cui:

$CV_R\%$ scarto tipo relativo di riporducibilità e
C concentrazione come frazione di massa,

per concentrazioni di SLC comprese tra 0,1 e 0,01 mg/m$^3$ si ottengono valori di CVR% compresi tra 23 e 33. Con riferimento alla norma UNI EN 482, se a $CV_R\%$ si fa corrispondere la definizione di incertezza globale relativa, assumendo per la SLC un VLE di 0,05 mg/m$^3$ la norma prescrive che:
- incertezza globale relativa ≤ 50% da 0,005 a 0,025 mg/m$^3$
- incertezza globale relativa ≤ 30% da 0,025 a 0,1 mg/m$^3$

Tali requisiti risulterebbero soddisfatti applicando l'equazione di Horwitz.

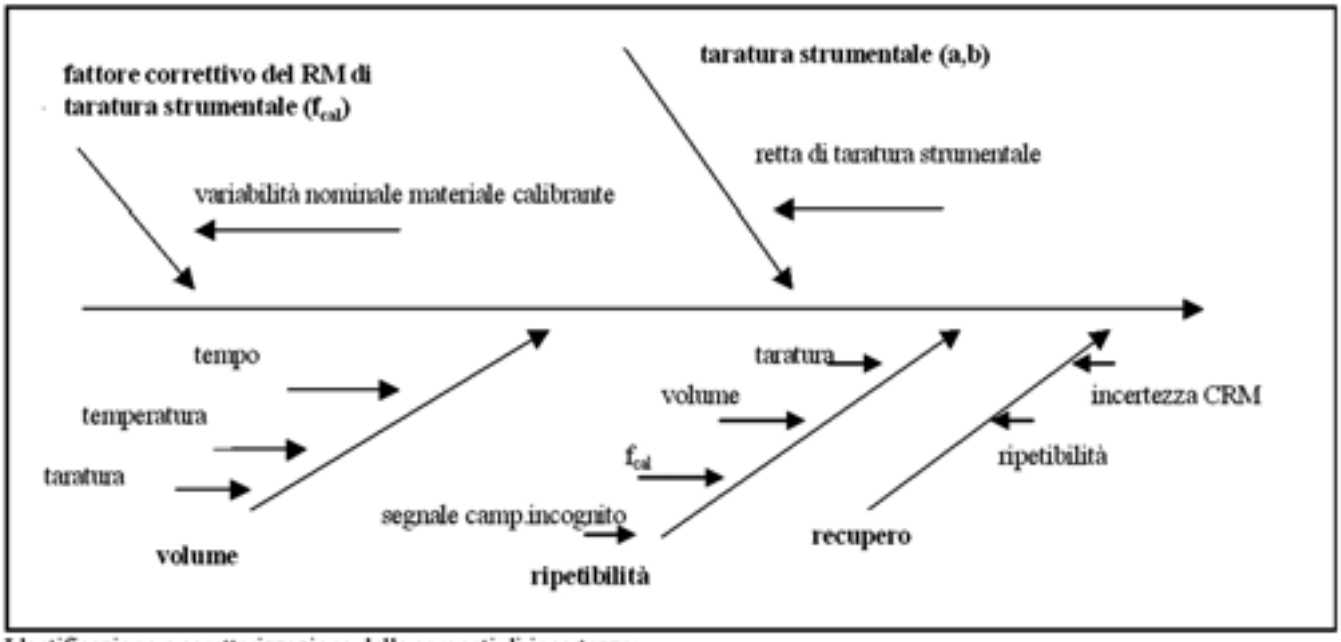
**42** È sicuramente critica la scelta del metodo di impolveramento (per via eolica o per via umida) delle membrane test. Il sistema eolico impone la scelta e l'indicazione del tipo di selettore e del relativo flusso di campionamento adottati. Il RM da saggio dovrà inoltre essere sufficientemente omogeneo, anche in termini di granulometria delle fasi copresenti, in modo da garantire che il particolato depositato su filtro presenti la stessa proporzione % in peso tra quarzo e matrice caratteristica del materiale di partenza. L'impolveramento per via umida dovrebbe garantire meglio la deposizione quantitativa del quarzo presente nella miscela polifasica ed assicurare nel contempo una omogenea distribuzione su filtro. Quest'ultimo requisito è, nel caso di analisi DRX, condizione necessaria ad evitare la formazione di multistrati che non permetterebbero di trascurare gli effetti matrice. In ogni caso, ai fini del calcolo dell'incertezza di misura, i dati di precisione ottenuti attraverso il confronto interlaboratorio saranno utilizzabili solo nel caso in cui il laboratorio impiegherà in fase di taratura lo stesso metodo di impolveramento adottato per le membrane test. Nel caso possa considerarsi trascurabile l'effetto matrice (per determinazioni DRX ciò corrisponde alla condizione di deposizione su monostrato) il valore di incertezza estesa ottenuto dal confronto interlaboratorio potrà essere assunto valido anche per miscele polifasiche diverse da quella impiegata come RM da saggio.

Definizione del misurando:

$$C = \left( \frac{I - a}{b \cdot Rec} \right) \frac{f_{cal}}{F \cdot t} \cdot 1000$$

| | |
|---|---|
| **C** | concentrazione di quarzo (mg/m³) |
| **I** | segnale del campione incognito (in misure DRX è l'area integrata del picco di massima intensità della fase quarzo) |
| ***a, b*** | intercetta e pendenza della curva di taratura strumentale (in misure DRX la curva si riferice al diffrattometro impiegato per l'analisi) |
| ***Rec*** | recupero del metodo |
| $f_{cal}$ | fattore dovuto al materiale di riferimento utilizzato per la taratura |
| **F** | flusso della pompa di campionamento (l/min) |
| **t** | tempo di campionamento (min) |
| 1000 | fattore di conversione da mg/l a mg/m³ |

Le diverse sorgenti di incertezza e le relative influenze sui misurandi possono essere schematizzate nel seguente diagramma causa-effetto:




Identificazione e caratterizzazione delle sorgenti di incertezza:

- incertezza nominale del MR utilizzato per la taratura (incertezza di tipo B): l'informazione è presente nel certificato che accompagna il materiale;
- variabilità della taratura strumentale (incertezza di tipo B) derivante dall'elaborazione dei dati utilizzando il metodo dei minimi quadrati: essa si ripercuote sull'incertezza dei coefficienti a e b della retta di regressione calcolata
- incertezza di recupero (incertezza di tipo B): è calcolabile nel caso si disponga di un RM preparato in laboratorio
- incertezza sulla misura del tempo (incertezza di tipo A): il suo contributo potrebbe essere considerato trascurabile perché, tipicamente, il campionamento ha una durata di ore o frazioni di ora e si presume che la misura sia caratterizzata da un buon livello di ripetibilità;
- incertezza sulla misura del flusso (incertezza di tipo B);
- incertezza di ripetibilità espressa come precisione del metodo (incertezza di tipo A).

**Figura A1** - Applicazione dell'approccio metrologico al calcolo dell'incertezza di misura della SLC

In conclusione, la norma UNI EN 482 pone problemi di interpretazione e di applicabilità della formula per il calcolo dell'incertezza globale. Quest'ultima, deve comprendere, valutandoli, tutti i contributi (campionamento, apparecchiature, trasporto, conservazione, analisi) associabili ad un metodo di misura. Ma qual è il valore di riferimento che entra nell'espressione analitica dell'incertezza globale? Come è definibile nel caso di un metodo empirico quale è quello impiegato per il dosaggio della silice aerodispersa? Uno degli obiettivi del NIS potrebbe essere quello di definire tale valore di riferimento tramite un circuito di confronto interlaboratorio avviando un programma di controllo di qualità per la valutazione delle prestazioni dei laboratori di prova a ciò interessati. Attualmente, in assenza di tale valore di riferimento, sembra possibile effettuare solo alcune preliminari considerazioni in merito alla stima dell'incertezza analitico-strumentale di misura.

# ALLEGATO B

## APPROCCI POSSIBILI PER CONFRONTARE I VALORI DI ESPOSIZIONE MISURATI CON I VLE.

Come prescritto dalla normativa vigente, per il confronto dei dati sperimentali con i VLE è necessario rifarsi alle indicazioni riportate nella norma UNI EN 689, appendici C e D (capitolo 5).
Nei paragrafi seguenti sono brevemente descritte le principali problematiche relative all'impiego dei VLE in igiene industriale: la descrizione è volta, oltre che a una applicazione più consapevole della norma, a fornire delle indicazioni di massima nei casi in cui la norma stessa non è applicabile o porta a situazioni di "*non decisione*".

### B.1 Condizioni per le quali il VLE si può considerare superato o rispettato

La principale difficoltà nel confrontare i dati sperimentali con il VLE consiste nel fatto che non è chiaro quando questi ultimi debbano essere considerati superati e/o rispettati. Purtroppo indicazioni inequivocabili in merito al loro uso non sono fornite neanche dagli organismi che li emanano e, pertanto, a riguardo si hanno spesso interpretazioni contrastanti.
Un approccio pragmatico al problema potrebbe suggerire di verificare che l'indice di rischio ($I_r$), calcolato come descritto nel capitolo 5, sia superiore od inferiore ad 1, ma una più attenta analisi mostra come la concentrazione misurata in una singola giornata lavorativa, e quindi $I_r$, abbia una enorme variabilità, sia tra una giornata lavorativa e l'altra, sia tra lavoratori della stessa ditta che eseguono la stessa mansione. Vi sono poi attività, come quasi tutte quelle artigianali, o tipologie di mansioni, quali quella di manutentore, in cui si possono avere elevate esposizioni solo in limitati periodi dell'anno e un'esposizione estremamente bassa per i restanti periodi.
Un approccio alternativo potrebbe consistere nell'esigere che il VLE non sia superato in nessuna giornata lavorativa: come dovrebbe risultare chiaro dai successivi paragrafi, per poter affermare sulla base di un numero limitato di misurazioni che ciò avvenga, Ir dovrebbe assumere valori dell'oridne di $10^{-2}$ (cioè l'esposizione misurata dovrebbe essere un centesimo o anche meno del VLE).
L'orientamento più accreditato tra gli igienisti industriali è quello di considerare rispettato il VLE di una specifica sostanza quando $I_r$ è inferiore ad 1 per più del 95% dei turni lavorativi [43]. Analogamente, si ha il superamento del VLE quando $I_r$ è superiore ad 1 per più del 5% dei turni lavorativi.
Per determinare il rispetto o il superamento di un VLE secondo questi criteri, sarebbero necessari i dati di esposizione relativi a tutti i turni lavorativi; nella pratica, è ragionevole supporre che si abbia un numero estremamente esiguo di dati di esposizione, spesso solo poche unità. Per confrontare un numero limitato di dati sperimentali di esposizione con un VLE, è necessario ipotizzare la distribuzione dalla quale essi provengono, scegliere un livello di confidenza (generalmente il 95%) e rifarsi a qualche procedimento statistico.
Tenendo in considerazione anche quest'ultimo aspetto, un VLE si può considerare rispettato se si può affermare, con un livello di confidenza almeno del 95% (cioè con una probabilità massima di sbagliare del 5%), che $I_r$ è inferiore a 1 per almeno il 95% dei turni lavorativi; del tutto simmetrica la definizione per il superamento [44].

### B.2 Distribuzione dei dati di concentrazione degli agenti chimici

La maggior parte degli studi effettuati hanno mostrato come la distribuzione intergiornaliera dei dati di concentrazione degli agenti chimici nei luoghi di lavoro sembri seguire un andamento di tipo log-normale, con deviazioni geometriche standard (GSD) che possono arrivare fino a 3. Rispetto alle più familiari distribuzioni normali (gaussiane), semplificando al massimo, si potrebbe dire che le distribuzioni log-normali sono asimmetriche, presentando una coda verso i valori alti, con una maggiore probabilità, a parità di media aritmetica, di ottenere valori molto al di sopra del suo valore. Di seguito (figura B1) sono mostrate due curve log-normali con stesso $I_r$ medio e differente GSD relativamente alla distribuzione nel tempo delle concentrazioni.

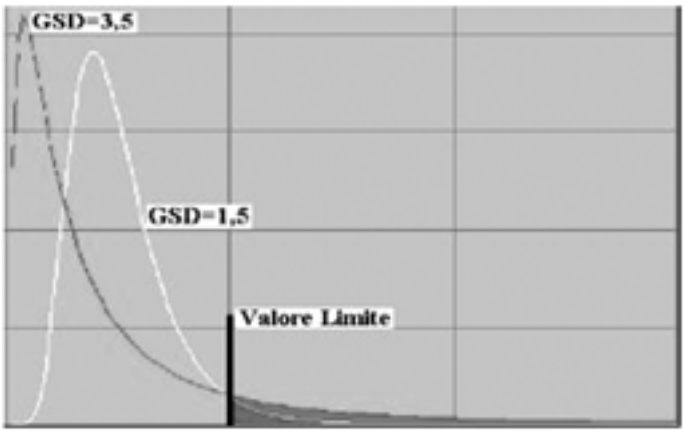



**Figura B1** - Esempi di curve log-normali

Come si può notare, a parità di $I_r$ medio (e quindi di concentrazione di inquinante globalmente assorbita nel tempo dal lavoratore), al variare della GSD varia la percentuale di turni in cui $I_r$ supera il VLE. Anche la distribuzione delle concentrazioni a cui sono esposti, nell'ambito della stessa giornata, lavoratori addetti alla stessa mansione sembra avere un andamento di tipo log-normale, benché in questo caso la questione sia ulteriormente complicata dalle modalità di classificazione delle mansioni.

#### *B.2.1 Considerazioni preliminari sui criteri statistici*

Un aspetto della massima importanza quando si ha a che fare con la valutazione dei risultati, è il fatto che questa sia effettuata per verificare che il VLE sia rispettato o per verificare che sia superato.
Infatti, pur facendo riferimento allo stesso VLE, il valore di Ir per verificare il rispetto del VLE può essere molto inferiore (anche di un fattore 10) al valore di $I_r$ per verificare il superamento del VLE. Tra i due c'è una zona di "*non decisione*" in cui non si può affermare (con il livello di confidenza scelto) né che il VLE è superato né che è rispettato. Questa zona di "*non decisione*" si può notevolmente ridurre con una più accurata conoscenza del sistema sotto esame e aumentando il numero di misurazioni.

### B.3 Valutazione dell'esposizione professionale secondo il NIOSH (1977)

IL NIOSH, eminente istituto di ricerca, nato per fornire consulenza al dipartimento del Lavoro Americano e ai suoi organismi, ha emanato nel 1977 un manuale sulla strategia di campionamento che è stato e continua ad essere uno dei principali testi di riferimento per gli igienisti industriali. Tra i vari argomenti trattati,

**43** Vedi ad esempio le indicazioni del *National Institute for Occupational Safety and Health* (Liedel et alii, 1977) e le "Guide operative di Igiene Industriale" dell'*Associazione Italiana degli Igienisti Industriali* (AIDII, 1998).

**44** Bisogna comunque ricordare che alcuni autori propongono criteri alternativi e differenziati per confrontare i dati di esposizione con i VLE in funzione dell'effetto patologico dell'inquinante e del suo tempo di dimezzamento biologico (Lyles et alii, 1997; Tornero-Velez et alii, 1997).

nell'appendice L del manuale, vengono riportate delle considerazioni sul confronto dei dati sperimentali con i valori limite di esposzione professionale, anche se non viene formalizzata una procedura. Di seguito è riportato un breve approfondimento che può essere utile a chiarire le considerazioni del NIOSH.

Il NIOSH, in pratica, propone un grafico che consente di fare considerazioni sulle probabilità di superamento (o rispetto) del VLE. Il grafico, la tabella con i valori corrispondenti e un esempio di applicazione sono riportati di seguito (figura B3, tabella B1 e esempio B1).

**Approfondimento**

Si supponga di avere un inquinante il cui Ir vari da un giorno all'altro secondo una curva log-normale con GSD pari a 2; il VLE verrà rispettato se **Ir** non supererà il valore 1 per più del 5% dei giorni lavorativi. La curva limite (a), cioè quella con GSD = 2 e con esattamente il 5% dei valori di Ir al di sopra di 1 (b) è riportata di seguito.

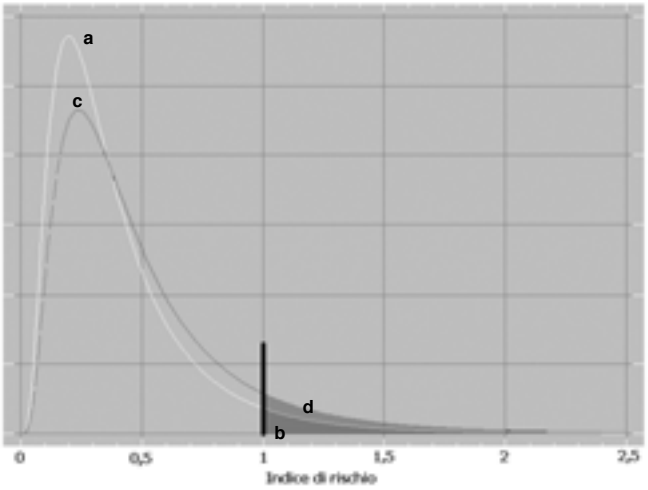



**Figura B2** - Curva limite e curva per una situazione di superamento del limite

Le curve con stessa GSD ma a destra della curva limite [45] (c), hanno una percentuale dei valori di indice di rischio superiori ad 1 maggiore del 5% (nella figura, parte d), mentre le curve a sinistra [46] hanno una percentuale dei valori di Ir superiori ad 1 inferiore al 5%.
Questo vuol dire che, estraendo un numero a caso (cioè eseguendo una misurazione per un solo turno) da una curva a sinistra della curva limite, vi è una probabilità inferiore al 5% che questo sia superiore ad 1; ciò equivale a dire che, se si ottiene un valore superiore a 1, si può affermare con una certa sicurezza (cioè con una probabilità massima di errore del 5%) che questo deriva da una curva a destra della curva limite, e quindi da una curva con un numero di superamenti del VLE superiore al 5%.
Del resto la curva limite, se da un lato ha un 5% dei valori al di sopra di 1, dall'altro ha un 5% dei valori al di sotto di 0,1. Analogamente a quanto detto in precedenza, le curve con stessa GSD ma a destra della curva limite avranno una percentuale di valori al di sotto di 0,1 inferiore al 5%, mentre quelle a sinistra avranno una percentuale di valori al di sotto di 0,1 superiore al 5%. Questo significa che vi è una probabilità inferiore al 5% che, estraendo un numero a caso (cioè eseguendo un unica misurazione) da una curva a destra della curva limite, questo sia inferiore a 0,1; in altre parole se si ottiene un valore inferiore a 0,1, si può affermare con una certa sicurezza (cioè con una probabilità massima di errore del 5%) che questo derivi da una curva a sinistra della curva limite, e quindi da una curva con un numero di superamenti del VLE inferiore al 5%.
Riassumendo, nell'ipotesi che la GSD sia 2, se si ottiene da un'unica misurazione un valore di Ir inferiore a 0,1, si può affermare con una certa sicurezza (cioè con una probabilità massima di errore del 5%) che il VLE è rispettato, mentre se si ottiene un valore di **Ir** superiore ad 1 si può affermare con una certa sicurezza (cioè con una probabilità massima di errore del 5%) che il VLE è superato. Per valori di **Ir** compresi tra 0,1 ed 1, ci si trova nella zona di "*non decisione*", ma è comunque possibile fare delle asserzioni con dei livelli di confidenza minori (cioè con una probabilità di errore superiore al 5%). Un discorso del tutto analogo si può fare per diversi valori di GSD, solo che in questo caso si farà riferimento a valori numerici differenti e la zona di "*non decisione*" cresce rapidamente al crescere della GSD (ad esempio, per GSD=3, questa va da 0,03 ad 1).

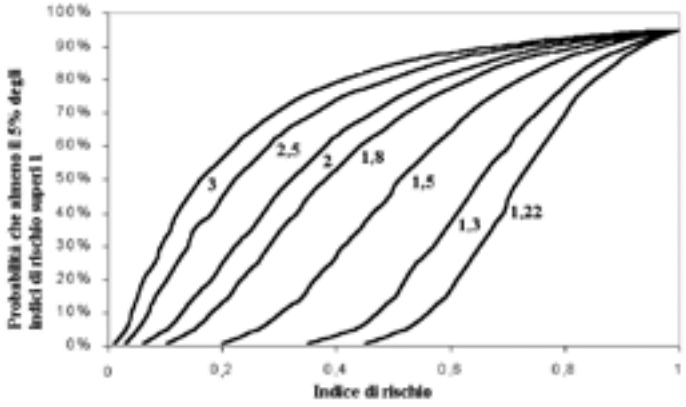



**Figura B3** - Livello di confidenza per varie deviazioni geometriche standard

| | | GSD | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1,22 | 1,3 | 1,5 | 1,8 | 2 | 2,5 | 3 |
| % | 1 | 0,45 | 0,35 | 0,20 | 0,10 | 0,06 | 0,03 | 0,01 |
| | 5 | 0,52 | 0,43 | 0,26 | 0,15 | 0,10 | 0,05 | 0,03 |
| | 10 | 0,56 | 0,47 | 0,30 | 0,18 | 0,13 | 0,07 | 0,04 |
| | 15 | 0,59 | 0,50 | 0,34 | 0,21 | 0,15 | 0,08 | 0,05 |
| | 20 | 0,61 | 0,52 | 0,36 | 0,23 | 0,18 | 0,10 | 0,06 |
| | 25 | 0,63 | 0,54 | 0,39 | 0,26 | 0,20 | 0,12 | 0,08 |
| | 30 | 0,65 | 0,57 | 0,41 | 0,28 | 0,22 | 0,14 | 0,09 |
| | 35 | 0,67 | 0,59 | 0,44 | 0,30 | 0,25 | 0,15 | 0,11 |
| | 40 | 0,69 | 0,61 | 0,46 | 0,33 | 0,27 | 0,18 | 0,12 |
| | 45 | 0,70 | 0,63 | 0,49 | 0,35 | 0,29 | 0,20 | 0,14 |
| | 50 | 0,72 | 0,65 | 0,51 | 0,38 | 0,32 | 0,22 | 0,16 |
| | 55 | 0,74 | 0,67 | 0,54 | 0,41 | 0,35 | 0,25 | 0,19 |
| | 60 | 0,76 | 0,70 | 0,57 | 0,44 | 0,38 | 0,28 | 0,22 |
| | 65 | 0,78 | 0,72 | 0,60 | 0,48 | 0,41 | 0,31 | 0,25 |
| | 70 | 0,80 | 0,75 | 0,63 | 0,52 | 0,46 | 0,36 | 0,29 |
| | 75 | 0,82 | 0,78 | 0,67 | 0,57 | 0,51 | 0,41 | 0,34 |
| | 80 | 0,85 | 0,81 | 0,72 | 0,63 | 0,57 | 0,49 | 0,41 |
| | 85 | 0,89 | 0,85 | 0,78 | 0,70 | 0,66 | 0,58 | 0,51 |
| | 90 | 0,93 | 0,91 | 0,86 | | 0,77 | 0,72 | 0,67 |
| | 95 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| | 99 | 1,15 | 1,20 | 1,34 | 1,51 | 1,60 | 1,83 | 2,21 |

**Tabella B1** - Tabella NIOSH

**45** Si tratta di curve che hanno la stessa GSD della curva limite ma media geometrica e media aritmetica superiore.
**46** Cioè curve con la stessa GSD della curva limite ma con media geometrica e media aritmetica inferiore.

***Esempio B1***

Se valutando la concentrazione di un inquinante si ottiene, eseguendo un unico campionamento, un $I_r$ di 0,40, supponendo di avere una GSD di 1,5, quello che si può affermare è:

- che tale valore aveva una probabilità inferiore al 30% di essere estratto da una curva con più del 5% di superamenti del VLE (confrontando l'$I_r$ trovato con il valore appena superiore nella colonna relativa a GSD=1,5); in altre parole, si può affermare di avere un numero di superamenti del VLE al 5% (cioè rispetto del limite) con una probabilità massima di errore del 30%;
- che tale valore aveva una probabilità inferiore al 75% di essere estratto da una curva con meno del 5% di superamenti del VLE (confrontando l'$I_r$ trovato con il valore appena inferiore nella colonna relativa a GSD=1,5 e facendo il complemento a 100%); in altre parole, si può affermare di avere un numero di superamenti del VLE maggiore del 5% (cioè superamento del limite) con una probabilità massima di errore del 75%.

Se avessi invece una GSD di 1,22, tali valori di probabilità diventerebbero rispettivamente 1% e 99%, mentre con una GSD di 2,5 sarebbero 75% e 30%.

Una cosa da mettere in evidenza è che, per qualsiasi valore di GSD, se ottengo un $I_r$ superiore ad 1 posso affermare con una certa sicurezza (probabilità massima di errore del 5%) che il VLE è superato per più del 5% dei giorni lavorativi [47].

Per una efficace utilizzazione del criterio NIOSH è necessaria una conoscenza preliminare del valore della GSD: in realtà questa non è quasi mai nota a priori ed anzi, per poterla determinare con esattezza, sarebbe necessario un numero di misure così elevato che, se fossero realmente effettuate, risulterebbe poi più conveniente impiegare altri tipi di test statistici. Si ritiene comunque che assumere un valore di GSD pari a 2 possa rilevarsi abbastanza cautelativo nella maggior parte delle situazioni reali [48].

**B.4 Confronto dei dati secondo il Test One-Sided Tolerance Level (Tuggle, 1982)**

Il test One-Sided Tolerance Level (OTL) permette, quando si ha una serie di dati derivanti da una distribuzione log- normale, di trovare quale valore debba assumere la media geometrica dei dati (in relazione alla loro deviazione geometrica standard) affinché si possa asserire, con un certo livello di confidenza, che una data percentuale di area di quella distribuzione log-normale sia al di sotto (od al di sopra) di un valore scelto.
In altri termini, se si dispone di almeno tre misurazioni di esposizione omogenei (che si suppone derivare da una distribuzione log-normale), si può stabilire, con il livello di confidenza scelto (in genere 95% o 99%), se almeno il 95% dei valori di esposizione che derivano da quella distribuzione siano inferiori al VLE (che quindi è rispettato) o, con lo stesso livello di confidenza, se più del 5% dei valori di esposizione siano superiori al VLE (che quindi è superato). Con le tabelle riportate di seguito è possibile anche far riferimento ad altri livelli di confidenza e percentuali.
Per l'effettuazione del test [49]:

1. Si fa il logaritmo dei dati (direttamente sul valore misurato, non su $I_r$ )
2. Si calcola la media (Xl) e lo scarto tipo (Sl) dei logaritmi dei dati.

$$\text{Se } (\mathbf{Lg}\ (\mathbf{VLE}) - \mathbf{Xl})/\mathbf{Sl} > \mathbf{K}$$

VLE valore limite
Xl media dei logaritmi dei dati
Sl scarto tipo del logaritmi dei dati
K vedi tabella B2

ci troviamo nelle condizioni di accettabilità (cioè, ad esempio, il VLE è rispettato).

$$\text{Se invece } (\mathbf{Lg}\ (\mathbf{VLE}) - \mathbf{Xl})/\mathbf{Sl} < \mathbf{K1}$$

K1 vedi tabella B2

ci troviamo in condizioni di inaccettabilità (cioè, ad esempio, il VLE è superato) [50].
Nel caso non venga rispettata nessuna delle due condizioni, ci si trova nella "zona grigia" citata nei paragrafi precedenti. Riportando graficamente i valori delle tabelle (figura B4), si nota come questa "zona grigia" diminuisca all'aumentare del numero di misurazioni, per quanto non si annulli mai.

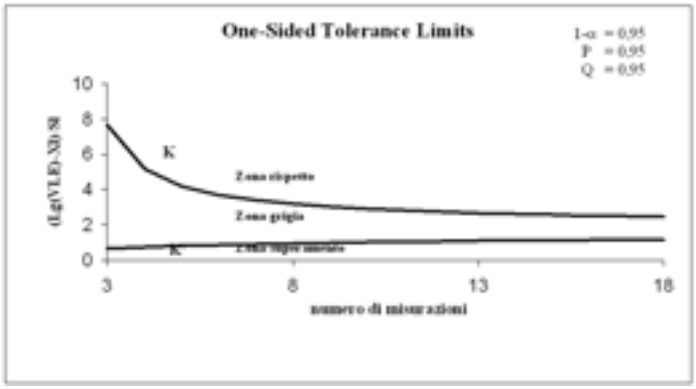



**Figura B4** - Curve OTL

**B.5 Accortezze nell'uso delle procedure statistiche**

Le procedure statistiche devono essere considerate come un imprescindibile ausilio a tutte le valutazioni che l'igienista industriale deve eseguire per stabilire, in scienza e coscienza, la rispondenza o meno ad un dato VLE.
L'igienista, del resto, non dovrà limitarsi a una loro meccanica applicazione, ma dovrà utilizzarle ed al limite interpretarle alla luce della propria esperienza, anche perché vi sono degli aspetti, alcuni dei quali riportati nei paragrafi seguenti, che, sebbene rivestano la massima importanza nella corretta valutazione del rischio, sono difficili da formalizzare in una analisi statistica.

**47** In effetti questa affermazione vale qualsiasi sia il tipo di distribuzione dalla quale provengono i dati. Infatti se il VLE è rispettato (secondo i criteri riportati in precedenza) la probabilità di trovare in un certo giorno **Ir** superiore ad 1 è inferiore al 5%, indipendentemente dal fatto che gli **Ir** siano distribuiti log-normalmente o meno.
**48** Nel caso si eseguano più misurazioni omogenee (cioè ad esempio sullo stesso lavoratore in giornate differenti), una possibilità (peraltro non indicata dal NIOSH) è quella di considerare i vari eventi (cioè le misurazioni) indipendenti e calcolare la probabilità che tutti abbiano una valore inferiore al valore massimo trovato o superiore al valore minimo.
**49** La descrizione semplificata del test è ripresa dalle "Guide operative di igiene industriale" della *Associazione Italiana degli Igienisti Industriali* (AIDII, 1998)
**50** Un modo alternativo di operare, consiste nel trovare il valore di (Lg (VLe) – Xl)/Sl e collocarlo nel grafico di figura 4.

| K | (1-α)=0,95 | | | | (1-α)=0,99 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n | P=0,90 | P=0,95 | P=0,99 | | P=0,90 | P=0,95 | P=0,99 |
| 3 | 6,158 | 7,655 | 10,552 | | - | - | - |
| 4 | 4,163 | 5,145 | 7,042 | | - | - | - |
| 5 | 3,407 | 4,202 | 5,741 | | - | - | - |
| 6 | 3,006 | 3,707 | 5,062 | | 4,408 | 5,409 | 7,334 |
| 7 | 2,755 | 3,399 | 4,641 | | 3,856 | 4,73 | 6,411 |
| 8 | 2,585 | 3,188 | 4,343 | | 3,496 | 4,287 | 5,811 |
| 9 | 2,454 | 3,031 | 4,143 | | 3,242 | 3,971 | 5,389 |
| 10 | 2,355 | 2,911 | 3,981 | | 3,048 | 3,739 | 5,075 |
| 11 | 2,275 | 2,815 | 3,852 | | 2,897 | 3,557 | 4,828 |
| 12 | 2,21 | 2,736 | 3,747 | | 2,773 | 3,41 | 4,633 |
| 13 | 2,155 | 2,67 | 3,659 | | 2,677 | 3,29 | 4,472 |
| 14 | 2,108 | 2,614 | 3,585 | | 2,592 | 3,189 | 4,336 |
| 15 | 2,068 | 2,566 | 3,52 | | 2,521 | 3,102 | 4,224 |
| 16 | 2,032 | 2,523 | 3,463 | | 2,458 | 3,028 | 4,124 |
| 17 | 2,001 | 2,486 | 3,415 | | 2,405 | 2,962 | 4,038 |
| 18 | 1,974 | 2,453 | 3,37 | | 2,357 | 2,906 | 3,961 |
| 19 | 1,949 | 2,423 | 3,331 | | 2,315 | 2,855 | 3,893 |
| 20 | 1,926 | 2,396 | 3,295 | | 2,275 | 2,807 | 3,832 |
| 30 | 1,778 | 2,22 | 3,064 | | 2,029 | 2,516 | 3,446 |

| K1 | (1-α)=0,95 | | | | (1-α)=0,99 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| n | Q=0,90 | Q=0,95 | Q=0,99 | | Q=0,90 | Q=0,95 | Q=0,99 |
| 3 | 0,335 | 0,639 | 1,13 | | - | - | - |
| 4 | 0,444 | 0,743 | 1,246 | | - | - | - |
| 5 | 0,519 | 0,817 | 1,331 | | - | - | - |
| 6 | 0,575 | 0,875 | 1,396 | | 0,318 | 0,618 | 1,108 |
| 7 | 0,619 | 0,921 | 1,449 | | 0,318 | 0,677 | 1,173 |
| 8 | 0,655 | 0,958 | 1,493 | | 0,431 | 0,726 | 1,227 |
| 9 | 0,685 | 0,99 | 1,53 | | 0,473 | 0,768 | 1,273 |
| 10 | 0,712 | 1,017 | 1,563 | | 0,507 | 0,801 | 1,314 |
| 11 | 0,734 | 1,041 | 1,591 | | 0,537 | 0,834 | 1,349 |
| 12 | 0,754 | 1,063 | 1,616 | | 0,565 | 0,862 | 1,38 |
| 13 | 0,772 | 1,081 | 1,638 | | 0,588 | 0,886 | 1,409 |
| 14 | 0,788 | 1,099 | 1,658 | | 0,608 | 0,908 | 1,435 |
| 15 | 0,802 | 1,114 | 1,677 | | 0,63 | 0,929 | 1,457 |
| 16 | 0,815 | 1,128 | 1,694 | | 0,646 | 0,946 | 1,479 |
| 17 | 0,828 | 1,141 | 1,709 | | 0,662 | 0,963 | 1,499 |
| 18 | 0,839 | 1,153 | 1,723 | | 0,677 | 0,979 | 1,517 |
| 19 | 0,849 | 1,164 | 1,737 | | 0,691 | 0,992 | 1,534 |
| 20 | 0,858 | 1,174 | 1,749 | | 0,702 | 1,006 | 1,55 |
| 50 | 0,998 | 1,323 | 1,936 | | 0,893 | 1,201 | 1,792 |

Con

| | | | |
|---|---|---|---|
| n | numero di misurazioni | 1-α | livello di confidenza |
| P | % di valori al di sotto del limite | 1-Q | % di valori al di sopra del limite |

**Tabella B2** – Valori di K e K1

***B.5.1 Rappresentatività dei valori di esposizione misurati.***
Nei paragrafi precedenti si è sempre supposto che il valore misurato rappresentasse adeguatamente la concentrazione mediata nel tempo: del resto è sempre necessario tenere conto delle considerazioni riportate nei capitoli 3 e 4 sul tempo di campionamento e sulla incertezza globale relativa della misurazione.

***B.5.2 Persone da sottoporre a campionamento.***
I VLE sono riferiti al singolo lavoratore. Dal momento che può essere problematico campionare singolarmente tutti i lavoratori di una ditta, si adottano in igiene industriale delle strategie semplificative. Due delle più utilizzate consistono nel:

- campionare, nel caso sia inequivocabile individuarla, solo la persona che si trova nella situazione di massima esposizione (*maximum risk employee*);
- suddividere i lavoratori in gruppi omogenei rispetto all'esposizione, campionare casualmente solo alcuni individui del gruppo ed estendere le considerazioni sull'esposizione anche ai lavoratori del gruppo omogeneo non campionati (strategia proposta dalla Norma UNI EN 689).

Bisogna comunque essere coscienti delle problematiche che l'impiego di tali strategie semplificate comporta: nel primo caso, se il lavoratore nella situazione di massima esposizione rispetta il VLE, ne consegue che si troveranno nella stessa situazione anche tutti gli altri lavoratori. Per contro, se tale lavoratore supera il VLE, l'informazione che ne ricavo riguarderà quell'unico lavoratore e non potrò estenderla agli altri: inoltre, se non posso asserire che tale lavoratore, pur non superandolo, rispetta il VLE, non ho di fatto alcuna informazione.
Nel secondo caso vi è la grande limitazione che l'unico modo per poter asserire con certezza che il gruppo scelto sia effettivamente un gruppo omogeneo rispetto all'esposizione (HEG) è quello di campionare tutti i membri del gruppo, per cui tale semplificazione potrebbe essere applicata a rigore solo se si ha una approfondita conoscenza pregressa della realtà industriale sotto esame. Anche nei casi in cui il buon senso consente, senza una pregressa conoscenza della specifica realtà lavorativa in esame, di individuare in maniera inequivocabile il gruppo omogeneo rispetto all'esposizione, vi possono essere delle difficoltà su come estrapolare i risultati per le persone campionate alle persone non campionate, specialmente per le situazioni in cui i valori di esposizione rilevati si trovano a cavallo dei valori scelti per determinare il rispetto e/o il superamento del VLE.

***B.5.3 Valutazione dei risultati per attività particolari***
Vi sono delle fattispecie, quali le attività stagionali, le manutenzioni saltuarie, i lavori che impiegano materiali a contenuto di silice variabile, ecc., per le quali l'applicazione della norma UNI 689 e/o di altri criteri statistici può risultare difficoltosa se non impraticabile: in questi casi, infatti, non è possibile determinare da quale distribuzione provengono i dati di esposizione. Volendosi comunque rifare ad una distribuzione log-normale e ai criteri di superamento e/o rispetto del VLE riportati al paragrafo B.1, bisogna preliminarmente decidere, in funzione del criterio di salvaguardia della salute scelto, se riferirsi al 5% dei turni lavorativi totali o al 5% dei turni lavorativi a rischio.

***B.5.4 Scelta della procedura statistica***
Le procedure statistiche precedentemente indicate (o altre eventualmente note) consentono, se sono verificate le ipotesi per cui sono applicabili, di fare delle asserzioni con una probabilità massima di errore del 5% (cioè con un livello di confidenza del 95%). È però importante ricordare che l'insieme di dati che porta ad una errata asserzione con una data procedura non è sovrapponibile con l'insieme di dati che porta ad errate asserzioni per le altre procedure. Per questo motivo, avendo un certo insieme di dati, sarebbe assolutamente da sconsigliare la pratica, abbastanza diffusa, di applicare via via tutte le procedure note fino a che qualcuna mi dai il risultato atteso, poiché in questo modo la possibilità di fare asserzioni errate può essere assai superiore al 5% (figura B5). In altre parole, se ad esempio si sceglie di applicare il test OTL, si dovrebbe sempre utilizzare tale test (quando tecnicamente possibile) e non si dovrebbero trattare i dati utilizzandone altri.

***B.5.5 Ulteriori considerazioni sulla possibilità di fare asserzioni errate***
Come detto in precedenza, qualora si abbia un Ir superiore ad uno, si può affermare con una certa sicurezza che il VLE è superato. Bisogna però essere consapevoli che, applicando esclusivamente questo criterio, molte situazioni in cui il VLE dovrebbe essere considerato superato (secondo i criteri indicati al paragrafo 8.1) potrebbero non essere rilevate. Si consideri ad esempio un caso in cui Ir è superiore ad 1 nel 40% dei giorni lavorativi (cioè 8 volte in più rispetto al caso in cui il VLE si può ancora considerare rispettato): in questa situazione vi sono comunque il 60% dei giorni in cui Ir è inferiore ad 1 e quindi, se eseguo un unico campionamento, vi è comunque una probabilità del 60% di trovarsi in una situazione in cui non si può affermare che il VLE è superato. Un discorso del tutto analogo vale per il rispetto del limite.

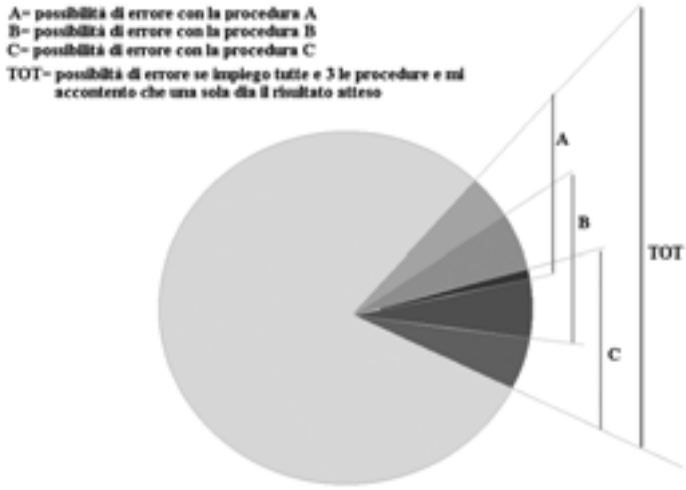



**Figura B5** – Accortezze nell'uso delle procedure statistiche

# ALLEGATO C

## PROPOSTA DI APPROCCIO METODOLOGICO PER LA DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO DI SLC IN CAMPIONI MASSIVI

La determinazione della silice cristallina nei campioni massivi è necessaria per valutare la conformità alle norme riguardanti l'etichettatura, le schede di sicurezza, la classificazione dei rifiuti, per le attività di valutazione iniziale del rischio negli ambienti di lavoro, ma anche, in generale, per le attività di valutazione del rischio ambientale. La conoscenza del contenuto di SLC nei materiali e nei prodotti, inoltre, consente di anticipare stime sulla potenziale generazione di polveri respirabili contenenti SLC durante una varietà di lavorazioni eseguite su di essi50.
Nella letteratura tecnico-scientifica esistono diversi lavori che hanno preso in esame i vari aspetti critici relativi all'analisi della SLC (Ripanucci, 1992; Smith, 1997; Miles, 1999; Chung e Smith, 2000; Marconi et al, 2002). In queste rassegne è stata evidenziata, oltre l'influenza determinante di una serie di fattori, l'importanza fondamentale dei materiali standard di riferimento (MSR) di SLC utilizzati per la calibrazione. Tra i requisiti maggiormente influenti sulla risposta analitica (purezza, assenza di strati amorfi, cristallinità), le caratteristiche dimensionali delle particelle costituiscono un parametro determinante (Verma et al, 1992; Verma and Shaw, 2001; Castellet y Ballarà e al, 2003; Brown et al, 2004; Castellet y Ballarà e al, 2004).
Mentre sono disponibili diversi metodi di riferimento per eseguire la determinazione della SLC in campioni di polveri aerodisperse depositate su filtro, ancora mancano protocolli dettagliati per la misura della SLC nei materiali in massa. Le maggiori difficoltà risiedono probabilmente nell'impossibilità di definire un metodo applicabile a tutte le matrici di interesse, e a livelli di concentrazione inferiori o uguali allo 0,1% in peso (CMA, 1994; Chung e Smith, 2000).
In questo capitolo viene presentata una proposta di approccio metodologico basata sulla tecnica di preparazione del campione su strato sottile depositato su filtro di Ag. Questo tipo di supporto assicura un basso rumore di fondo ed è lo stesso utilizzato per le determinazioni di SLC nei campioni aerei (consentendo in tal modo di uniformare le specifiche di analisi). Esso rappresenta un ulteriore vantaggio, in quanto si avvale delle stesse rette di calibrazione costruite per l'analisi dei campioni aerodispersi.
Le procedure operative riportate, quindi, pur fornendo indicazioni utili ad affrontare la gestione dei problemi fondamentali associati a questo tipo di analisi, sono da considerare provvisorie e suscettibili di modifiche e miglioramenti.

### C.1 Procedure per il campionamento e l'analisi

#### *C.1.1 Campionamento*

I materiali contenenti SLC presenti nei diversi settore lavorativi sono moltissimi e si possono presentare con forme e consistenza diverse. In sintesi essi possono essere raggruppati in tre ampie categorie:

a. materiali in forma granulare o pulverulenta
b. materiali in forma di manufatti solidi e compatti
c. polveri sedimentate

Ciascuno dei materiali elencati richiede modalità di esecuzione del campionamento diverse e specifiche. Le procedure di campionamento devono essere tali da assicurare:

- la rappresentatività del materiale originale da cui si preleva il campione;
- la disponibilità di una quantità di campione appropriata alle necessità operative previste nelle successive fasi preparative;
- l'esclusione o la minimizzazione dei rischi di esposizione respiratoria da parte dell'operatore.

Nella maggior parte dei casi è sufficiente ottenere un campione di massa non superiore ad alcuni grammi. Per assicurare una maggiore rappresentatività è consigliato eseguire più di un prelievo di campioni, estraendoli da zone diverse del corpo del materiale da esaminare (o da determinate superfici nel caso delle polveri sedimentate). Tali prelievi dovranno essere miscelati adottando per la loro omogeneizzazione tecniche appropriate, quali la quartatura (Buhrke et al, 1998) per costituire un unico campione di riferimento. In presenza di materiali compatti o di grossa pezzatura occorrerà procedere ad una disgregazione/macinatura iniziale, non troppo spinta, del campione.

#### *C.1.2 Preparazione del campione*

La preparazione del campione richiede procedure diverse per le varie categorie di materiali. In generale prima di eseguire le analisi è necessario procedere ad una preparazione preliminare del *campione di riferimento* prelevato. La preparazione preliminare può prevedere diverse fasi:

- macinazione preliminare non troppo spinta;
- macinazione per ottenere una appropriata distribuzione dimensionale (in funzione della quale verrà scelto il MSR);
- setacciatura mediante appropriati setacci per la separazione di classi granulometriche di interesse ed eventuale arricchimento nella proporzione dell'analita (SC);
- valutazione della granulometria dei materiali in polvere per la scelta del MSR più adeguato alla costruzione della retta di calibrazione.

Nella maggior parte dei casi l'analisi routinaria di campioni inorganici da sottoporre a comminuzione richiede l'osservanza dei seguenti criteri:

- le dimensioni delle particelle devono essere almeno inferiori a 45 μm e possibilmente inferiori a 10 μm per ottenere l'orientamento casuale dei cristalliti ed averne un numero sufficiente a soddisfare i requisiti diffrattometrici statistici;
- il metodo di comminuzione utilizzato per la preparazione non deve produrre distorsioni (o distruzioni) del reticolo cristallino.

##### *C.1.2.1 Macinazione*

Per ottenere il campione di lavoro su cui eseguire un'appropriata determinazione quantitativa, la macinazione del campione di riferimento idealmente richiederebbe dimensioni delle particelle inferiori a 10 μm. Tuttavia mediante una normale macinazione manuale difficilmente si raggiungono dimensioni inferiori ai 40 μm, a meno che non la si prolunghi (Buhrke et al, 1998). Ma questo può portare a significativi inconvenienti, il principale dei quali è rappresentata

**51** Se la classifica di cancerogenicità (classi europee 1 o 2) fosse definitivamente introdotta nel sistema legislativo vigente, ciò comporterebbe una serie di obblighi a carico di tutti i prodotti contenenti SLC in quantità superiore allo 0,1% in peso (etichettatura, schede di sicurezza, ecc.), nonché ricadute specifiche nel caso delle norme riguardanti lo smaltimento dei rifiuti. Se tale classifica si attestasse sulla classe 3, gli obblighi suddetti si applicherebbero per concentrazioni superiori all'1% in peso.
Questo scenario comporta la necessità di disporre di un metodo per la determinazione del contenuto in SLC nei materiali massivi capace di misurare con affidabilità concentrazioni inferiori all'1% in peso, fino allo 0,1% in peso.

dall'influenza negativa sull'intensità diffratta degli strati amorfi sviluppati alla superficie delle particelle più fini (sotto i 2-3 μm) di quarzo (O'Connor and Chang, 1986). Ciò a meno che la macinazione non venga effettuata ad umido o a temperature molto basse sotto l'effetto di azoto liquido in appositi mulini.

Per assicurare che un numero sufficiente di particelle partecipi al processo di diffrazione occorre che queste siano molto fini per garantire un numero statisticamente elevato di centri di diffrazione. Di fatto le particelle sono composte di molti cristalliti e ad esempio le particelle di 40 μm possono essere un agglomerato di cristalliti di 1 μm (Buhrke et al, 1998, p.31). Nella tabella C.1 viene mostrato il numero di cristalliti presenti in particelle di diversa dimensione. In un campione di 40 μm sono presenti solo 12 cristalliti rispetto ai 38 mila presenti in un campione di 1 μm.

| Diametro | 40 μm | 10 μm | 1 μm |
|---|---|---|---|
| N° di cristalliti | 12 | 760 | 38000 |

**Tabella C.1** - Confronto tra dimensioni delle particelle e numero di cristalliti disponibili per la diffrazione.

Per raggiungere un livello di accuratezza statistica pari a 2,3 σ (inferiore all'1%) nella misura dell'intensità occorrerebbe avere almeno 52900 cristalliti (Buhrke et al, 1998, p. 132). Di conseguenza anche un campione con dimensioni delle particelle di 1 ?m non sarebbe sufficiente per raggiungere le condizioni desiderate. Tuttavia questa analisi si riferisce ad un campione fisso con un singolo vettore di diffrazione per cristallita.
Nelle reali condizioni sperimentali intervengono molti fattori che fanno aumentare l'effettivo numero di cristalliti nel campione. Tra questi sono importanti: il tipo di simmetria cristallina che produce una moltiplicazione degli effetti di diffrazione, ancora maggiore per i cristalli a simmetria cubica (fino a 48 volte); l'area irradiata e la profondità di penetrazione in materiali a basso assorbimento, favorita dall'allargamento della fessura di divergenza e dall'esclusione della fessura di ricezione di Soller; la rotazione del campione che incrementa la statistica dei cristalliti (Chung e Smith, 2000). Nella preparazione di un campione in quantità molto limitata occorre ricordare che la profondità di dimezzamento della penetrazione del raggio è dello stesso ordine di grandezza delle dimensioni delle particelle nella maggior parte dei materiali inorganici. In tal modo uno strato molto sottile, anche invisibile all'occhio, è più efficace di uno strato spesso di polvere e può fornire un forte segnale diffrattometrico. Questa caratteristica è ancor più rilevante nel caso di materiali con elevato coefficiente di attenuazione di massa che, presentando una bassa penetrazione e, quindi, un volume di campione analizzato inferiore, saranno influenzati con maggior probabilità dall'effetto statistico delle particelle.
Per l'analisi quantitativa, quindi, occorre avere un'estrema cura nella preparazione del campione per garantire la sua omogeneità, la casualità dell'orientamento delle particelle ed un numero di cristalliti sufficiente a soddisfare i requisiti statistici.
Per quanto riguarda la macinazione in generale, si segnala che i materiali con componenti di durezza diversa, richiedono tempi di trattamento diversi in funzione del tipo di materiale di partenza.
Possono essere utilizzati vari tipi di molini e, se occorre protrarre il tempo di macinazione, è preferibile lavorare ad umido (ad esempio in alcool) al fine di minimizzare o evitare la formazione di strati amorfi alla superficie dei grani (particelle), oppure eseguire la macinazione a temperature molto basse operando con molini sotto l'effetto di azoto liquido.

Dal punto di vista generale, per campioni originariamente in forma compatta o pulverulenta e granulare, risulta quasi sempre necessaria una macinazione, in quanto la SLC è un materiale di durezza elevata e la sua distribuzione dimensionale può differire da quella della matrice, presentando dimensioni medie maggiori. In molti casi, verificabili mediante l'analisi microscopica in dispersione cromatica (DC), si raccomanda in pratica di eseguire la macinazione ad umido fino ad ottenere dimensioni medie dei grani di SLC inferiori a 10 μm. Per questo tipo di macinazione è opportuno evitare l'uso di elementi in agata, i quali possono introdurre contaminazioni significative (Elton et al, 1992).

*C.1.2.2 Setacciatura*

Il ricorso alla setacciatura su campioni in forma di polvere consente, in generale, di separare diverse frazioni dimensionali. Sulle frazioni separate è possibile eseguire la determinazione granulometrica delle particelle di SLC eventualmente presenti mediante la tecnica della dispersione cromatica e successivamente l'analisi del contenuto ponderale in SC, facendo riferimento ad appropriate rette di calibrazione. Questa operazione può produrre anche un arricchimento del tenore di SC, consentendo in tal modo un miglioramento del limite di determinazione analitico. In molti casi il processo di setacciatura viene condotto sui materiali secchi, ma quando il materiale è molto fine e tende ad agglomerarsi occorre effettuare la vagliatura ad umido. In tal caso il campione in forma di sospensione viene posto sul setaccio e addizionato di acqua in modo continuo. L'aggiunta di un tensioattivo favorisce la vagliatura riducendo la tensione superficiale. Si deve assumere sempre che una singola frazione dimensionale non verrà mai separata in modo netto, specialmente nel caso di frazioni molto fini (<100 μm) . Tuttavia se il processo di setacciatura viene condotto in modo riproducibile mantenendo sotto controllo i parametri operativi, è possibile ottenere risultati confrontabili, anche se affetti da un errore sistematico. In particolare il movimento ed il tempo della setacciatura costituiscono i fattori cruciali per ottenere una separazione più netta di una frazione dimensionale. L'ampiezza di oscillazione, l'accelerazione ed il tempo del processo di setacciatura possono essere controllati con appropriati sistemi di scuotimento.
La setacciatura può essere utilizzata per i campioni originalmente in polvere o per quelli sottoposti a macinazione, nei quali, a seguito dell'analisi dimensionale in dispersione cromatica, sia stata evidenziata una preponderanza di grani di SLC con dimensioni inferiori a circa 40 μm, oppure a circa 10 μm. Nel primo caso l'estrazione quasi completa per vagliatura della proporzione di SLC da 40 micron, producendo l'arricchimento in analita, compensa le condizioni dimensionali non ottimali per l'analisi quantitativa. A questo scopo per la vagliatura si usano setacci da 38 μm (400 mesh).
Nel secondo caso l'impiego di setacci da 10 μm, consente l'estrazione della componente costituita da SLC con dimensioni respirabili e, quindi, un effettivo arricchimento di questa componente con la prospettiva di un miglioramento del limite di quantificazione.
Queste operazioni richiedono, oltre a specifiche tecniche operative, la determinazione gravimetrica delle porzioni di campione pre e post vagliatura e l'uso di un appropriato contenitore, in cui depositare le particelle che passano al vaglio (tabella C2).

| Apertura setacci (mesh) | Dimensioni particelle (μm) |
|---|---|
| 200 | 74 |
| 325 | 45 |
| 400 | 38 |
| 600 | 25 |
| 1000 | 10 |

**Tabella C.2** - Dimensioni dei setacci e delle particelle

*C.1.2.3 Determinazione della distribuzione dimensionale*

La determinazione della distribuzione delle particelle costituenti il *campione di riferimento* può essere eseguita, sia mediante la microscopia ottica a contrasto di fase (MOCF), sia con la microscopia elettronica a scansione (SEM). Questo tipo di analisi richiede che il campione sia in forma di polvere. Le due tecniche, quindi, si applicano direttamente ai campioni originalmente in tale forma ed ai campioni provenienti dall'intervento di macinazione. L'applicazione della MOCF comporta la deposizione di una piccola porzione del campione su vetrino da microscopia, immergendolo in alcune gocce di triacetato di glicerolo (triacetina, $n_R = 1{,}43$). Dopo aver mescolato con la punta di un bastoncino di legno a punta fine (stuzzicadenti) per il tempo appropriato ad ottenere il più possibile la bagnatura dei grani di polvere, il preparato viene ricoperto con una lamina copri-oggetto.

Per eseguire la misura dimensionale il microscopio dovrà essere equipaggiato con un appropriato reticolo oculare (si raccomanda il reticolo di tipo Walton-Beckett, modello G25, dotato di tacche di riferimento di spessore fino a 0,5 μm).

Nel caso della SEM il campione da caratterizzare si può preparare depositando sul portacampioni (*stub*) una goccia di etanolo, in cui viene dispersa una piccola quantità del campione in polvere, mantenendola sotto agitazione con la punta di un bastoncino, fino a completa evaporazione del solvente. È possibile utilizzare altre procedure, purché assicurino una appropriata distribuzione delle particelle sulla superficie dello stub. Dopo metallizzazione (ad esempio con oro) per rendere conduttivo il campione, si può eseguire la determinazione.

La misura delle particelle si effettua utilizzando il sistema di analisi dimensionale incorporato nella macchina, dopo la sua calibrazione tramite un appropriato standard di riferimento (ad esempio SRM 2069b, NIST).

Per ottenere un adeguato livello di rappresentatività dei risultati, con ambedue i metodi, dovranno essere caratterizzate circa 300 particelle, misurando per ciascuna di esse i due diametri (minore e maggiore), dai quali verrà calcolato il valore medio. Occorre sottolineare che questo dato rappresenta un valore approssimato delle effettive dimensioni delle particelle, ma ai fini del metodo esso viene considerato una stima sufficientemente adeguata a fornire le informazioni necessarie per valutare la distribuzione dimensionale dei campioni.

Oltre che per la misura delle dimensioni delle particelle di SLC (quarzo) presenti nel campione da analizzare, le procedure descritte si impiegano anche per la determinazione della distribuzione granulometrica delle particelle costituenti la matrice scelta per la produzione dei campioni di riferimento in matrice, necessari alla costruzione delle rette di calibrazione. Ciò è conveniente, in quanto anche i campioni di riferimento da utilizzare per la calibrazione in matrice dovrebbero riflettere quanto più possibile, in termini di composizione e dimensioni, i campioni reali. Di conseguenza, le dimensioni medie dei materiali scelti per la matrice dovrebbero ricadere nell'intervallo respirabile.

L'analisi dimensionale nel caso della SLC richiede l'utilizzazione della MOCF in associazione alla tecnica della DC, necessaria all'evidenziazione dei grani di SC. La determinazione richiede l'immersione del campione in un liquido (Cargille, serie HD, Società Italiana Chimici, Roma) con indice di rifrazione $n_R = 1{,}55$, in cui le particelle di quarzo assumono una forte colorazione blu – indaco. La misura delle particelle si esegue impiegando il reticolo oculare indicato in precedenza.

**C.2 Interferenze**

Di frequente i materiali naturali o i prodotti artificiali in cui è presente la SLC contengono una varietà di componenti minerali. Le specie presenti dipendono dall'origine o dal processo produttivo del materiale. Le fasi accessorie possono creare seri problemi, in quanto il loro diffrattogramma può sovrapporsi a quello delle fasi di SLC d'interesse. Nella Tabella C3 vengono elencate alcune potenziali interferenze sui picchi caratteristici del quarzo. Come si nota sono soprattutto mica, feldspati e grafite responsabili di importanti interferenze sul picco corrispondente a 101 ($d$ = 3,34 Å) del quarzo. Di questo tipo di interferenze soffre anche il secondo picco più intenso 100 ($d$ = 4,55 Å). Il primo passo nell'analisi della SLC dovrebbe prevedere una dettagliata e attenta determinazione qualitativa delle possibili interferenze presenti nel campione. Occorre ricordare che anche modeste quantità di fasi interferenti possono essere sufficienti ad inficiare un'analisi al livello dello 0,1% in peso. In presenza di interferenze la valutazione del picco analitico della specie di SLC richiede procedure attagliate alla specifica interferenza.

In generale si può ricorrere a due tipi di approccio, l'applicazione di una correzione per la fase interferente oppure la rimozione della fase interferente dal campione prima della determinazione diffrattometrica. Il primo tipo di approccio richiede la valutazione della concentrazione della fase interferente utilizzando un picco caratteristico di questa fase che sia privo di interferenze. Il contributo di questa concentrazione al picco della SLC dovrà essere sottratto per ottenere la quantificazione della SC. L'influenza della propagazione degli errori nelle abbondanze individuali, le difficoltà del metodo di adattamento del diffrattogramma (*whole-pattern fitting*) e di quello del profilo (*profile fitting*) per picchi specifici rendono questo approccio poco consigliabile (Chung e Smith, 2000).

Più promettente appare il metodo di preconcentrazione mirato alla eliminazione delle fasi diverse dalla SC. Possono essere utilizzati sia metodi fisici che chimici, ma questi ultimi in molti casi risultano più efficaci, anche poiché il quarzo risulta sufficientemente inerte all'attacco chimico. I metodi chimici, infatti, mirano all'eliminazione quantitativa delle sole fasi interferenti. Questa eliminazione produce anche un arricchimento nella proporzione di SC, migliorando in tal modo il limite di determinabilità (cfr. tabella 8 di capitolo 4).

Nel caso della determinazione della cristobalite un serio prolema di interferenza è costituito dalla sovrapposizione dei picchi dell'opale-CT e opale-C nella regione di 22° 2θ (Cu Kα). La verifica della presenza di questa interferenza non è facile, ma può essere utile l'esame della forma del picco di diffrazione. Quando la larghezza del picco in corrispondenza della metà dell'altezza risulta più grande di quella riscontrata abitualmente con la macchina in dotazione, si deve sospettare la presenza dell'opale. Per tentare di risolvere il problema si possono applicare i metodi di analisi che utilizzano i sistemi di *whole-pattern fitting* e *profile fitting* (Smith, 1997).

Diversi esempi di procedure per l'eliminazione di fasi interferenti sono reperibili per la consultazione nella letteratura ed in particolare nel numero unico della rivista *Analitica Chimica Acta* vol 286 del 1994

**C.3 Preparazione dei campioni di riferimento e di lavoro**

La preparazione dei campioni da utilizzare per la costruzione delle rette di calibrazione viene comunemente effettuata per deposizione eolica su filtro o da sospensioni liquide per successiva filtrazione. Con queste tecniche si ottiene un campione in strato estremamente sottile, che non richiede correzioni per l'assorbimento poiché è trascurabile l'effetto di mascheramento da parte di altre particelle. In queste condizioni l'intensità di risposta risulta lineare rispetto alla massa presente sul filtro entro la superficie irradiata. Ciò è generalmente valido per un carico complessivo di polvere non superiore a 2 mg.

Il deposito su filtro in argento presenta il vantaggio di fornire un valore dell'intensità di fondo molto basso, ma, a causa della sua tessitura porosa, possono verificarsi effetti di mascheramento da parte del substrato poroso cristallino di Ag in cui le particelle di SLC si possono incastrare. Questo fenomeno può determinare un deficit di risposta diffrattometrica.

La preparazioni da sospensioni liquide dei campioni di riferimento per la retta di calibrazione è risultata di recente affetta da una minore variabilità rispetto alla preparazione per via eolica (Edwards et al, 2004). Questo metodo inoltre presenta sensibili vantaggi riguardo alla rapidità, semplicità, ed ai costi ridotti rispetto al metodo eolico.
Le difficoltà riscontrate nell'ottenimento di sospensioni omogenee e stabili nel tempo in liquidi a bassa viscosità sembrano essere minimizzate utilizzando liquidi più viscosi, che aiutano a mantenere in sospensione le particelle, e contenitori in politene (Popp et al, 2004). Anche i problemi di riproducibilità incontrati nel prelievo di aliquote per ottenere le appropriate diluizioni, e attribuite alla rapida sedimentazione delle particelle, può essere minimizzata con liquidi più viscosi e mantenendo sotto agitazione la sospensione durante il prelievo (Edwards et al, 2004).
Il liquido utilizzabile per la sospensione è costituito da etanolo addizionato di NaCl (0,1% peso) e di Aerosol OT (0,1% peso). Liquidi viscosi si ottengono tramite miscele di acqua e glicerolo in proporzioni tali da garantire una agevole filtrazione (Yu et al, 2002). In questo caso viene consigliato di usare miscele di glicerolo al 10/15% (in volume) in acqua e di far seguire alla dispersione, dopo una sonificazione di alcuni minuti, l'agitazione continua mediante ancoretta magnetica.

**C.4 Rette di calibrazione**

Nel caso della produzione delle rette di calibrazione basate sui MSR puri, occorre preparare una sospensione madre concentrata, disperdendo una quantità pesata di MSR (NIST 1878a, BCR No. 67, o NIST 1879a) in palloni tarati da 100 o 200 ml, in politene o in vetro. La concentrazione di tale sospensione dovrà essere tale da consentire, con il prelievo di appropriate aliquote, o mediante diluizioni, l'ottenimento di almeno 5 o 6 punti di concentrazione: 10 μg, 25 μg, 50 μg, 75 μg, 100 μg, ed eventualmente anche 200 μg.
Nel caso del ricorso a diluizioni, l'operazione si esegue utilizzando palloni tarati di volume ridotto, in politene o in vetro, portando tutto a volume (con il liquido o con la miscela viscosa descritti più sopra), sonicando e lasciando sotto agitazione con ancoretta magnetica per almeno 24 ore (a circa 300 giri/minuto). I recipienti di volume ridotto aiutano a ridurre i rischi di disomogeneità ed il politene favorisce l'ottenimento di sospensioni stabili nel tempo (Popp et al, 2004).
Particolare attenzione occorre prestare all'imboccatura d'ingresso dei recipienti, in quanto essa deve consentire l'agevole inserimento dei puntali delle pipette scelte per i prelievi delle aliquote desiderate. Se del caso occorrerà utilizzare recipienti tarati di altro tipo dotati di imboccatura più larga.
Le aliquote di sospensione stabilite per ottenere le concentrazioni desiderate deve essere prelevate sotto agitazione continua e trasferite su membrana di Ag (diametro 25 mm, porosità 0,45 μm) per filtrazione attraverso un apposito sistema di filtrazione sotto vuoto (ad esempio Millipore) costituito da un serbatoio ed una sede per alloggiare la membrana, che circoscrive la deposizione del materiale in sospensione in un'area circolare di circa 20 mm di diametro, al centro del filtro in Ag.
Per la costruzione delle rette di calibrazione basate su MSR costituiti da miscele di SLC in matrici simulanti i più comuni componenti presenti in larga parte dei campioni reali, è conveniente avvalersi di due materiali facilmente reperibili in commercio in forma di polvere a granulometria fine, come cemento e calcare. Per il cemento occorre assicurarsi che non contenga SC. Generalmente i vari prodotti di cemento del tipo Portland in commercio non contengono SLC in proporzione apprezzabile. Questi prodotti sono costituiti da particelle molto fini e la loro distribuzione dimensionale è normalmente caratterizzata da percentuali di particelle sotto i 5 μm pari a circa il 90%
Per quanto riguarda il calcare (o calce), i vari prodotti commerciali del tipo "ventilato" o "farina" garantiscono la pratica assenza di SLC e distribuzioni dimensionali delle particelle in cui il 90% circa risulta inferiore a 5 μm.
Benché, in linea teorica sia possibile preparare miscele di cemento e calcare con proporzioni diverse dei due componenti per avvicinarsi il più possibile alla composizione del (dei) campione (i) da analizzare, nei casi più comuni e dal punto di vista pratico è consigliabile operare con una sola composizione di riferimento. È possibile ricorrere a composizioni diverse, se le informazioni sulla composizione del campione lo impongono.
La miscela di riferimento costituita da cemento e calcare ritenuta più rappresentativa della maggior parte delle situazioni prevede proporzioni dei due componenti pari al 50/50%. Per ottenere una miscelazione omogenea è possibile utilizzare un miscelatore del tipo usato in cucina, o altri sistemi che assicurino il livello di omogeneità richiesto.
Per la preparazione dei campioni di riferimento necessari alla calibrazione occorrerà aggiungere alla miscela di cemento e calcare (MCC) le appropriate quantità di MSR (NIST 1878a o 1879a, oppure BCR No. 67). Anche in questo caso occorrerà preparare una dispersione della MCC in uno dei liquidi non viscosi o viscosi descritti in precedenza e a questa aggiungere un'aliquota appropriata della sospensione concentrata di MSR puro. In tal modo resta fissata la composizione della matrice contenente la forma di SLC del MSR. Dalla soluzione ottenuta, mantenuta sotto continua agitazione magnetica, verranno prelevate le aliquote appropriate ad ottenere le concentrazioni assolute di MSR (almeno 5 o 6 punti di concentrazione: 10 μg, 25 μg, 50 μg, 75 μg, 100 μg, oppure anche 200 μg), depositandole per filtrazione sulla membrana in Ag.
Tali operazioni devono essere condotte sotto cappa, adottando tutte le cautele atte ad evitare l'esposizione dell'operatore.
Con questa procedura di preparazione si ottiene il vantaggio di disporre delle stesse rette di calibrazione per ambedue i tipi di campioni: aerei e in massa.

**C.5 Limite di determinabilità, precisione e accuratezza**

Poiché con la metodologia finora delineata il campione su cui viene eseguita l'analisi diffrattometrica è analogo a quello utilizzato per la determinazione della SLC in campioni di polveri aerodispersa, le considerazioni intorno alla accuratezza e precisione sono essenzialmente le stesse. Di fatto il LOD e la precisione dipendono da quattro importanti fattori: il tipo di strumento, il tipo di substrato filtrante, i parametri analitici, e la presenza di ulteriori fasi nel campione.
Ad esempio il metodo NIOSH 7500 stabilisce un limite di determinabilità (LOD) di 5 μg per un carico di polvere sul filtro compreso tra 0,02 e 2 mg (NIOSH, 1984). Diversi lavori pubblicati sulla determinazione di SLC in massa forniscono stime del 2σ o 3σ LOD compreso tra 0,01 e 0,006 % in peso di quarzo nel caolino o nella dolomite. Questi livelli possono essere abbassati con il trattamento in acido nel caso delle matrici carbonatiche (Chung and Smith, 2000). Per migliorare la statistica delle particelle, la rotazione del campione e l'utilizzo di fessure di collimazione più larghe sono le opzioni praticabili. Può essere altrettanto utile aumentare la quantità di polvere sul filtro, ma ciò è limitato dalle difficoltà associate a carichi eccedenti i 2 mg.
In conclusione esiste l'indicazione sperimentale della possibilità di determinare il contenuto di quarzo al livello dello 0,1 % in peso, purché siano soddisfatte determinate condizioni.
La quantificazione dell'accuratezza è un problema più difficoltoso. I limitati studi interlaboratorio effettuati nel Regno Unito e in USA per le analisi di quarzo su filtro hanno mostrato in genere una buona consistenza dei risultati all'interno di uno stesso laboratorio, ma una considerevole variabilità tra i diversi laboratori (Chung and Smith, 2000). Solo l'uso delle stesso MSR ha mostrato di essere in grado di ridurre la dispersione dei risultati, evidenziando così l'importanza dell'utilizzo comune di un MSR ben caratterizzato per eseguire analisi quantitative.

# ALLEGATO D

## PROPOSTA DI MODULISTICA PER LA RACCOLTA DEI DATI DI CAMPIONAMENTO DELLA SLC

La modulistica per la raccolta dei dati di campionamento della SLC dovrebbe soddisfare le seguenti esigenze:

- fungere da supporto e da promemoria per i dati da raccogliere;
- tenere registrazione dei dati acquisiti in un'ottica di tracciabilità dell'intero processo;
- fornire gli elementi necessari per la successiva corretta e completa compilazione del rapporto di prova (allegato E).

Inoltre, nel caso si intendano utilizzare i dati acquisiti per la realizzazione di un repertorio informatizzato, si aggiungono delle ulteriori condizioni, e cioè essenzialmente:

- conformità ad un processo di acquisizione dati coerente con la struttura dei database relazionali;
- predisposizione, in tutti casi in cui sia possibile, di valori preimpostati per la compilazione dei vari campi, allo scopo di uniformare i dati e facilitarne la successiva consultazione.

Di seguito viene riportato un esempio di modulistica sviluppata nell'ambito di un progetto realizzato dall'INAIL [52] finalizzato alla gestione informatizzata dei dati di campionamento e analisi per la SLC. Per tali moduli, nei successivi paragrafi a ciò dedicati, è fornita l'illustrazione dei campi previsti con le indicazioni per la loro compilazione.
I moduli, pensati per rispondere alle esigenze specifiche del progetto, potrebbero non rappresentare efficacemente le necessità dei soggetti coinvolti a vario titolo nell'accertamento del rischio da SLC, ma si ritiene possano fornire un utile esempio di raccolta dei dati in accordo con i requisiti precedentemente indicati.

### *D.1.1 Descrizione del modulo raccolta dei dati relativi allo stabilimento e al rilievo*

Il modulo è strutturato per l'acquisizione dei dati attinenti allo *stabilimento* e al *rilievo* (ove per rilievo si intende una campagna di campionamento) nell'ambito di una sessione di monitoraggio del rischio da SLC. Relativamente a un singolo rilievo, che può ovviamente prevedere più campionamenti, tale modulo andrà riempito una sola volta. Il collegamento con i moduli relativi ai singoli campioni (vedi paragrafo successivo) è fornito dal *Codice del rilievo*. Di seguito viene riportato in dettaglio il significato dei singoli campi.

Sezione **Raccolta dei dati relativi allo stabilimento**

*Ragione sociale:* nome della ditta.
*Tipo:* tipo di società.
*C.F.:* codice fiscale.
*Gruppo tariffa:* classificazione dell'attività della ditta secondo la tariffa dei premi INAIL 2000. Sono riportati i valori preimpostati che descrivono i vari gruppi di tariffa. Ovviamente, a seconda delle esigenze, si possono predisporre moduli con classificazioni differenti (ad es. ATECO).
*Comune:* comune ove ha sede lo stabilimento campionato
*Indirizzo:* indirizzo dello stabilimento.
*Telefono, fax:* telefono, fax dello stabilimento.
*e-mail:* indirizzo di posta elettronica di riferimento.
*Dim. aziendale:* classe del numero di addeti dello stabilimento.

Sezione **Raccolta dei dati relativi al rilievo**

*Codice del rilievo:* codice attribuito al rilievo. Ogni rilievo deve avere un codice che lo identifica univocamente
*Data del rilievo:* data di inizio della campagna di campionamento.
*Titolare dell'indagine:* struttura e/o persona che supervisione la campagna di campionamento (rilievo).
*Lavorazioni:* lavorazioni svolte dallo stabilimento. È predisposto un elenco preimpostato rispetto al quale operare la scelta
*Materiali:* materiali impiegati nelle lavorazioni dello stabilimento. È predisposto un elenco preimpostato rispetto al quale operare la scelta
*Note:* spazio per eventuali annotazioni relativa alla campagna di campionamento.

**52** Obiettivo Gestionale F.3.1.11 del 2004

**D.1** Modulo raccolta dei dati relativi allo stabilimento e al rilievo

# RACCOLTA DATI RELATIVI ALLO STABILIMENTO

**Ragione Sociale**_____ **Tipo** Ditta individuale SAPA SAS SCC SNC SPA SRL SS **C. F.**_____ **Gruppi tariffa:**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ***Attività varie*** | Attività commerciali (0100) | Turismo e ristorazione (0200) | Sanità e servizi sociali (0300) | Pulizie e nettezza urbana (0400) | Cinema e spettacoli (0500) | Istruzione e ricerca (0600) | Uffici e altre attività (0700) |
| ***Lav. agricole e alimenti*** | Lav. meccanico-agricole (1100) | Mattazione e macellazione (1200) | Produzione di alimenti (1400) | | | | |
| ***Chimica, carta e cuoi*** | Chimica, plastica e gomma (2100) | Carta e poligrafia (2200) | Pelli e cuoi (2300) | | | | |
| ***Costruzioni e impianti*** | Costruzioni edili (3100) | Costruzioni idrauliche (3200) | Strade e ferrovie (3300) | Linee e condotte urbane (3400) | Fondazioni speciali (3500) | Impianti (3600) | |
| ***Energia e comunicazioni*** | Energia elettrica (4100) | Comunicazioni (4200) | Gasdotti e oleodotti (4300) | Impianti acqua e vapore (4400) | Energia nucleare (4500) | | |
| ***Legno e affini*** | Prima lavorazione legname (5100) | Falegnameria e restauro (5200) | Materiali affini al legno (5300) | | | | |
| ***Metalli e macchinari*** | Metallurgia (6100) | Metalmeccanica (6200) | Macchine (6300) | Mezzi di trasporto (6400) | Strumenti e apparecchi (6500) | | |
| ***Minerali, rocce e vetro*** | Geologia e mineraria (7100) | Lavorazione delle rocce (7200) | Lavorazione del vetro (7300) | | | | |
| ***Tessile e confezioni*** | Lavorazioni tessili (8100) | Confezioni (8200) | | | | | |
| ***Trasporti e magazzini*** | Trasporti (9100) | Facchinaggio (9200) | Magazzini (9300) | | | | |

**Comune**_____ **Indirizzo** _____

**Telefono, fax** _____ **E-mail**_____ **Dim. aziendale** <5 5-10 11-25 26-50 >50 n.d.

# RACCOLTA DATI RELATIVI AL RILIEVO

**Codice del rilievo** **Data del rilievo** / / **Titolare dell'indagine** _____

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Lavorazioni** | Cave di rocce compatte per blocchi regolari | Cave di rocce compatte per inerti e simili | Cave di rocce incoerenti, argilla e caolini | Edilizia civile e industriale, demolizioni | Fabbricazione di ceramiche - piastrelle | Fabbricazione di ceramiche - sanitari | Fabbricazione di ceramiche - stoviglie |
| | Fabbricazione laterizi, piastrelle in cotto | Fabbricazione prodotti in cemento e calcestruzzo | Lavorazione di marmi e pietre ornamentali | Lavorazione meccanica di rocce e minerali | Movimenti terra: scavi, sterri, riporti, ecc. | Produzione a macchina di vetreria comune | Produzione leganti minerali - calce |
| | Produzione leganti minerali - cemento | | | | | | |
| **Materiali** | Argille | Calcari | Calcestruzzi | Cementi | Ceramiche | Ghiaie | Graniti |
| | Laterizi | Marmi | Porfidi | Sabbie | Travertini | | |
| | | | | | | | |

**Note**

***D.2.1 Descrizione del modulo raccolta dei dati di taratura - campionamento***

Il modulo è strutturato per l'acquisizione dei dati relativi ai singoli campioni della campagna di campionamento. In tutti i casi in cui è possibile, per i campi sono proposti dei valori preimpostati. Tale modulo è collegato al precedente (MODULO RACCOLTA DEI DATI RELATIVI ALLO STABILIMENTO E AL RILIEVO) tramite il Codice di rilievo. Di seguito viene riportato in dettaglio il significato dei singoli campi.

Sezione: **Generale**

*Codice del Rilievo:* riportare il codice del rilievo attribuito nel relativo MODULO RACCOLTA DEI DATI RELATIVI ALLO STABILIMENTO E AL RILIEVO.
*Codice del campione:* è costituito dal codice del rilievo a cui viene aggiunto un numero o una sigla per indentificare, nell'ambito del rilievo, il singolo campione.
*Peso iniziale bianco (mg):* peso iniziale in milligrammi dell'eventuale bianco di riferimento.
*Peso finale bianco (mg):* peso finale in milligrammi dell'eventuale bianco di riferimento

Sezione: **Prima del campionamento**

*Flusso (ml/min):* flusso in millilitri al minuto registrato durante la calibrazione iniziale della linea di campionamento.
*Peso filtro (mg):* peso iniziale in milligrammi del filtro
*Flusso di progetto:* flusso per il quale il sistema di campionamento scelto campiona la frazione di interesse.
*Metodo di riferimento:* metodo di riferimento utilizzato nel processo di campionamento.
*Tipo di filtro:* specifiche del filtro utilizzato
*Dispositivo di campionamento:* specifiche del dispositivo di campionamento.
*Frazione raccolta:* tipo di frazione di polvere raccolta sul filtro
*Numero di pompa:* identificativo della pompa utilizzata nella linea di campionamento.
*Numero selettore:* identificativo del selettore utilizzato nella linea di campionamento.
*T(°C):* temperatura in gradi centigradi registrata durante la calibrazione iniziale.
*P(kPa):* pressione in chiloPascal registrata durante la calibrazione iniziale

Sezione **Durante il campionamento**

*A contatto con:* materiale specifico con cui è prevalentemente a contatto il lavoratore durante il campionamento. Una lista di tali materiali è riportata nel promemoria al paragrafo successivo.
*T(°C):* temperatura in gradi centigradi registrata durante il campionamento.
*P(kPa):* pressione in chiloPascal registrata durante il campionamento.
*Nome del lavoratore:* identificativo del lavoratore campionato.
*Luogo:* luogo del campionamento (per i campioni ambientali).
*Fase lav.:* fase lavorativa della persona campionata. Una lista di fasi lavorative, in relazione alle lavorazioni già indicate nel MODULO RACCOLTA DEI DATI RELATIVI ALLO STABILIMENTO E AL RILIEVO, è riportata nel promemoria al paragrafo successivo.
*Att. circ.:* descrizione dettagliata della attività svolta dalla persona campionata.
*1° int.:* inizio e fine del primo intervallo di campionamento.
*2° int.:* inizio e fine del secondo intervallo di campionamento.
*3° int.:* inizio e fine del terzo intervallo di campionamento.
*Tempo tot.:* tempo totale di campionamento.
*Sesso:* sesso della persona campionata.
*Età (anni):* classe di età della persona campionata.
*Tipo di campionamento:* tipologia di campionamenti di campionamento (ad es. ambientale o personale).
*Condizioni atmosferiche:* condizioni atmosferiche registrate durante il campionamento.
*Dist. Generazione dell'inquinante (m):* distanza in metri tra il dispositivo di campionamento è il punto in cui si genera la SLC.
*Vel. aria sist. raccolta (m/s):* velocità dell'aria in metri al secondo all'ingresso del sistema di campionamento.
*Sistemi per impedire la propagazione:* sistemi per impedire la propagazione della SLC.
*DPI:* dispositivi di protezione individuale impiegati.
*Pulizia locali:* periodicità nella pulizia dei locali di lavoro.

Sezione **Dopo il campionamento**

*Flusso (ml/min):* flusso il millilitri al minuto registrato alla fine del campionamento.
*Peso filtro (mg):* peso finale in milligrammi del filtro.
*T(°C):* temperatura in gradi centigradi registrata alla fine del campionamento.
*P(kPa):* pressione in chiloPascal registrata alla fine del campionamento.
*Note:* spazio per eventuali annotazioni relative al campionamento.

**D.2** Modulo raccolta dei dati di taratura - campionamento

# RACCOLTA DEI DATI DI TARATURA - CAMPIONAMENTO

**Codice Rilievo** _____ **Codice Campione** _____

***Peso iniziale bianco (mg)*** ☐☐☐,☐☐☐ ***Peso finale bianco (mg)*** ☐☐☐,☐☐☐

## PRIMA DEL CAMPIONAMENTO

**Flusso** (ml/min) ☐☐☐☐ **Peso filtro** (mg) ☐☐☐,☐☐☐

**Flusso di progetto (ml/min)** 1400 | 1700 | 1900 | 2200 | 2500 _____ **Metodo di riferimento** UNICHIM 285/2003 _____

**Tipo di filtro** ARGENTO, 0,8 µm, 25 mm | ESTERI MISTI, 0,8 µm, 25 mm | PVC, 0,8 µm, 25 mm _____

**Dispositivo di campionamento** CICLONE CASELLA TIPO HIGGINS-DEWELL | CICLONE DORR-OLIVER | CICLONE GS | CICLONE SKC IN ALLUMINIO _____

**Frazione raccolta** RESPIRABILE (UNI 481) | RESPIRABILE (JOHAN ) | CAMPIONE MACROSCOPICO | POLVERE SEDIMENTATA | TORACICA (UNI 481) | INALABILE (UNI 481) _____

**numero pompa** _____ **numero selettore** _____ ***T (°C)*** ☐☐ ***P(kPa)*** ☐☐☐,☐☐

## DURANTE IL CAMPIONAMENTO

**A contatto con*** _____ ***T (°C)*** ☐☐ ***P(kPa)*** ☐☐☐,☐☐

**Nome del lavoratore** _____ **Luogo** _____

**Fase lav.*** _____ **Att. Circ.** _____

**1° int. da** ☐☐☐☐ **a** ☐☐☐☐ **2° int. da** ☐☐☐☐ **a** ☐☐☐☐ **3° int. da** ☐☐☐☐ **a** ☐☐☐☐ **tempo. tot.** (min) ☐☐☐

**Sesso** UOMO | DONNA **Età (anni)** <18 | 18-30 | 31-50 | >50 **Tipo di campionamento** AMBIENTALE | PERSONALE _____

**Condizioni atmosferiche** CLIMA SECCO E VENTO | CLIMA SECCO | CLIMA UMIDO E VENTO | CLIMA UMIDO | PIOGGIA E VENTO | PIOGGIA | TEMPORALE | NON APPLICABILE _____

**Dist. generazione dell'inquinante** (m) <0,5 m | 0,5-1 m | 1-3 m | > 3 m | INQ. DIFFUSO | NON APPLICABILE _____

**Vel. dell'aria sist. raccolta** (m/s) QUIETE | < 1 m/s | 1-3 m/s | 3-5 m/s | > 5 m/s | NON APPLICABILE _____

**Sistemi per impedire la propagazione** ASPIRAZIONE | BAGNATURA | CONFINAMENTO | CONFINAMENTO E ASPIRAZIONE | NON APPLICABILE _____

**DPI** AUTORESPIRATORE | FILTRO A NORMA | FILTRO | ASSENTE _____ **Pul. locali** PIU' VOLTE AL GIORNO | UNA VOLTA AL GIORNO | PIU' VOLTE A SETTIMANA | NON APPL _____

## DOPO IL CAMPIONAMENTO

**Flusso** (ml/min) ☐☐☐☐ **Peso filtro** (mg) ☐☐☐,☐☐☐

***T (°C)*** ☐☐ ***P(kPa)*** ☐☐☐,☐☐

**Note**

*Vedi Promemoria dei materiali e delle fasi lavorative

**LISTA DI MATERIALI PER IL CAMPO "A CONTATTO CON"**

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Abrasivi | Alabastro | Ardesia | Arenaria | Argilla | Basalto | Brecce | Calcare |
| Calce | Calcestruzzo | Caolino | Cemento | Ceramica - impasto | Ceramica - prodotto finito | Cotto | Diaspro |
| Gesso naturale | Gesso cotto | Ghiaia | Gneiss | Grafite | Granito | Granodiorite | Laterizi |
| Marmo | Marna | Peperino | Porfido | Pozzolana | Quarzite | Refrattari | Riolite |
| Sabbia | Sabbia silicea | Scagliola | Scisti | Talco | Tufo | Vetro artificiale | |

**LISTA DI FASI LAVORATIVE SUDDIVISE PER LAVORAZIONI PER IL CAMPO "FASE LAV."**

| **LAVORAZIONI** | **FASI LAVORATIVE** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Cave di rocce compatte per blocchi regolari | Utilizzo di esplosivi | Taglio con filo elicoidale | Taglio con filo diamantato | Taglio con macchine tagliatrici | Sezionatura dei banchi | Trasporto dei blocchi | Pulizia piazzale | |
| Cave di rocce compatte per inerti e simili | Abbattimento con esplosivi | Escavazione con ripper | Escavazione con martelli demolitori | Asporto | Trasporto | Pulizia piazzale | Frantumazione | Vagliatura |
| | Macinazione | Lavaggio | Essiccazione | Stoccaggio | | | | |
| Cave di rocce incoerenti, argilla e caolini | Escavazione | Asporto | Trasporto | Pulizia piazzale | Frantumazione | Vagliatura | Macinazione | Lavaggio |
| | Essiccazione | Stoccaggio | | | | | | |
| Edilizia civile e industriale, demolizioni | Preparazione cantiere | Scavo e fondazione | Installazione ponteggio metallico | Installazione impianto elettrico da cantiere | Costruzione 2° solaio e successivi | Costruzione solaio di copertura | Tramezzature | Impianti tecnologici |
| | Intonaci esterni | Posa rivestimenti e pavimenti | Rivestimento scale | Tinteggiatura interna | Tinteggiatura e finitura esterna | Smontaggio ponteggio metallico | Pavimentazioni esterne | Opere di giardinaggio |
| Fabbricazione di ceramiche - piastrelle | Stoccaggio materie prime | Macinazione materie prima | Preparazione impasti | Colaggio | Pressatura | Essiccazione | Cottura | Preparazione smalti |
| | Smaltatura | Vetrinatura | Seconda cottura | Scelta | Magazzino | | | |
| Fabbricazione di ceramiche - sanitari | Stoccaggio materie prime | Preparazione modelli e forme in gesso | Preparazione impasti | Colaggio | Essiccazione | Rifinitura | Collaudo | Preparazione smalti |
| | Smaltatura | Cottura | Scelta | Ricottura | Magazzino prodotti finiti | | | |
| Fabbricazione di ceramiche - stoviglie | Stoccaggio materie prime | Preparazione impasti | Formatura | Colaggio | Rifinitura | Essiccazione | Cottura | Smaltatura |
| | Vetrinatura | Decorazione | Seconda cottura | Scelta | Magazzino | | | |
| Fabbricazione laterizi, piastrelle in cotto | Prelievo materie prime in cava | Stoccaggio materie prime | Miscelazione | Macinazione | Estrusione | Taglio | Essiccazione | Cottura |
| | Scelta | Magazzino | | | | | | |
| Fabbricazione prodotti in cemento e calcestruzzo | Stoccaggio materie prime | Miscelazione cemento e inerti | Formatura | Essiccazione | Distaffatura | Magazzino | | |
| Lavorazione di marmi e pietre ornamentali | Stoccaggio blocchi | Movimentazione blocchi | Riquadratura blocchi | Segagione blocchi | Pulizia piazzale | Stoccaggio lastre | Taglio lastre | Lucidatura lastre |
| | Levigatura lastre | Bocciardatura lastre | Movimentazione lastre | Magazzino prodotti finiti | Pulizia locali | | | |
| Lavorazione meccanica di rocce e minerali | Frantumazione | Vagliatura | Macinazione | Lavaggio | Essiccazione | Stoccaggio | Pulizia piazzale | |
| Movimenti terra: scavi, sterri, riporti, ecc. | Escavazione | Asporto | Trasporto | | | | | |
| Produzione a macchina di vetreria comune | Stoccaggio materie prime | Dosaggio e miscelazione materie prime | Fusione | Taglio del vetro fuso | Formatura | Ricottura | Controllo qualitativo | |
| Produzione leganti minerali - calce | Prelievo delle materie prime in cava (calcari) | Lavorazione meccanica delle materie prime | Stoccaggio e trasporto materie prime | Cottura | Idratazione calce viva | Spegnimento calce viva | Insaccamento | Magazzino |
| | Pulizia del piazzale | | | | | | | |
| Produzione leganti minerali - cemento | Prelievo delle materie prime in cava ) | Lavorazione meccanica delle materie prime | Stoccaggio e trasporto materie prime | Macinaz. e omogeneiz. delle materie prime | Macinazione carbone per alimentazione forno | Cottura | Raffreddamento e stoccaggio klinker | Macinazione del clinker con aggiunta additivi |
| | Insaccamento | Magazzino | Pulizia dei piazzali | | | | | |

**D.3 -** Promemoria dei materiali e delle fasi lavorative

# ALLEGATO E

## DETERMINAZIONE DELLA SILICE LIBERA CRISTALLINA AERODISPERSA: RAPPORTO DI PROVA

Il presente allegato propone:

1. un prototipo di scheda per la trasmissione dei dati di campionamento al laboratorio che effettua la prova;
2. uno schema di rapporto di prova, redatto sulla base di tutte le informazioni utili a garantire conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025.

Le informazioni richieste dal laboratorio al committente sono, come già sottolineato nella sezione 4.2 di questo manuale, funzionali ad orientare in modo corretto la procedura d'analisi e possono agevolare l'analista nell'interpretazione dei dati sperimentali rilevati.

Il rapporto di prova è specificamente riferito a determinazioni diffrattometriche della SLC, ma, con le opportune modifiche, può essere adattato anche al caso l'analisi venga effettuata con altra tecnica strumentale. Di seguito al rapporto vengono riportate alcune informazioni di chiarimento relative ai contenuti del rapporto stesso.

È evidente che nel caso in cui il laboratorio che esegue la prova non sia responsabile anche della fase di campionamento, la certificazione dovrà essere emessa solo relativamente alla determinazione analitica ed il risultato finale espresso in termini di tenore di SLC (mg o % in peso). In tal caso, chi è chiamato a valutare i dati di concentrazione di SLC, anche ai fini del confronto con valori limite di riferimento, dovrà calcolare il contributo dell'incertezza associata al volume di campionamento e tenerne conto, attraverso le leggi della propagazione degli errori, ai fini del calcolo dell'incertezza associata alla concentrazione di analita aerodisperso. A tal fine è opportuno che ogni rapporto di prova sia accompagnato da un documento nel quale siano riportati in dettaglio i parametri di campionamento per ognuno dei prelievi d'aria effettuati.

### E.1 - Rapporto di trasmissione dati di campionamento

| | | | |
|---|---|---|---|
| Scheda N.* | | Data * | |
| Attività produttiva* | | | |
| Mansione | | | |
| Punto di prelievo | | | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Tipo di campionamento | ❑ personale | ❑ area | | |
| Filtro N°* ……..… tipo …… ❑ | | | | |
| Ciclone:* | ❑ Casella | ❑ Dorr-Oliver | ❑ GK269 | ❑ GS 3 |
| ☐ peso filtro* (mg)…… | | | | |
| Peso filtro iniziale*(mg)…….. | | | | |
| Flusso* di campionamento (l/min) …… | | | | |

*- campi obbligatori

**E.2 Rapporto di prova**

Determinazione diffrattometrica di quarzo aerodisperso (redatto in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 Ed. Novembre 2000)[53]

INFORMAZIONI GENERALI

Rapporto di prova N°: Data di emissione:

Committente:

Ditta:

Rif. Committente: Rif. Laboratorio:

DATI SU PRELIEVO E CAMPIONE

| Identificazione campione | | | **Flusso e durata del prelievo [54]** |
|---|---|---|---|
| N° Rif. Committente | N° Rif. Laboratorio | Localizzazione mansione o punto di prelievo | |
| | | | |
| | | | |

| | |
|---|---|
| Metodo di prelievo[55]: | Scostamenti dal metodo: |
| Data del prelievo: | Esecutore del prelievo: |

DATI SULLA PROCEDURA DI PROVA

| |
|---|
| Data ricezione campione: |
| Tecnica Analitica: |
| Metodo di analisi utilizzato[56]: |
| Scostamenti dal metodo: |
| Strumentazione utilizzata[57]: |
| Condizioni operative[58]: |
| Data della prova: |

Rapporto di prova n° / anno

Risultati della prova

| N° progressivo analisi | Denominazione e N° Rif. Committente | Peso polvere alla ricezione (mg) | Contenuto in quarzo (mg) | Contenuto in quarzo (% in peso) | Concentrazione di quarzo aerodisperso (mg/m3)[59] |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |

**Ldr:**

LdQ

Incertezza estesa[60]:

VLE-TWA (ACGIH):

NOTE:

……

Il responsabile del Laboratorio_____ L'analista_____

**53** analogo titolo identificativo è da intendersi valido nel caso delle altre fasi della SC.

**54** Parametri dichiarati dal committente e necessari ai fini del calcolo della concentrazione di quarzo aerodisperso (cfr "risultati della prova").

**55** indicare il tipo di selettore granulometrico impiegato, il flusso di campionamento, la natura e la porosità della membrana da sottoporre ad analisi.

**56** indicare se il metodo d'analisi utilizza uno standard interno o esterno, qual è il CRM impiegato per la taratura strumentale e se gli standard di taratura sono stati ottenuti attraverso impolveramento per via eolica o per via umida. Infine indicare l'intervallo di lavoro e quello di linearità del metodo.

**57** indicare marca e modello del diffrattometro impiegato.

**58** tubo generatore di raggi X: anticatodo in ….; tensione di acquisizione: … KV; Intensità di acquisizione: … mA; Fenditura divergente: …°; Fenditura ricevente: …°; Passo ($2\vartheta$): …°; Tempo di acquisizione/passo: … sec; Intervallo angolare d'analisi: $2\vartheta$=…°÷…°.

**59** per il calcolo della concentrazione di quarzo aerodisperso si fa riferimento al volume d'aria campionata quale dichiarato dal committente.

**60** Informazioni circa l'incertezza sono necessarie nel rapporto di prova quando ciò influisce sulla validità o sull'applicazione dei risultati di prova, quando le istruzioni del cliente lo richiedono, o quando l'incertezza ha influenza sulla conformità con un limite specificato" (UNI CEI EN ISO/IEC 17025, 5.10.3.1. c).

**E.3 Elenco delle indicazioni contenute nei rapporti di prova**

***E.3.1 Premessa***

Il rapporto di prova deve includere: un titolo identificativo, il nome e l'indirizzo del laboratorio che ha eseguito la prova, un'identificazione univoca del rapporto (come il numero di serie) ed una identificazione su ogni pagina al fine di garantire che sia riconosciuta come parte del rapporto stesso.

***E.3.2 Informazioni generali***

*N. del rapporto di prova:* numero progressivo che contraddistingue il rapporto di prova.
*Data di emissione.*
*Committente:* estremi della struttura che ha commissionato l'analisi e nominativo del tecnico/professionista richiedente.
*Ditta:* denominazione della ditta presso la quale è stato prelevato il campione o codice identificativo assegnato dal committente.
*Rif. committente:* numero di protocollo della richiesta inoltrata dal committente.
*Rif. Laboratorio:* eventuale identificazione da parte del laboratorio che esegue l'analisi.

***E.3.3 Dati su prelievo e campione***

*Identificazione campione:* il numero o la lettera identificativi del campione/i così come assegnati dal committente, il corrispondente numero progressivo del laboratorio. *Localizzazione punto o mansione di prelievo*: esatta localizzazione del punto di prelievo o la mansione indagata (esempio: "*centro ambiente sala macchine*"; "*addetto alla rifinitura materiale*").
*Flusso e durata del prelievo:* parametri che permettono il calcolo del volume di campionamento e, di conseguenza l'emissione del dato di concentrazione di quarzo aerodisperso. Nel caso in cui il laboratorio che esegue la prova non sia responsabile né sia a conoscenza dei parametri di campionamento, la certificazione dovrà essere emessa solo relativamente alla determinazione analitica ed il risultato finale espresso in termini di tenore di SLC (mg o % in peso). Qualora invece siano noti i dati di campionamento, questi possono essere riportati nel rapporto di prova come "dati dichiarati" dal committente. In tal caso il rapporto di prova dovrà prevedere anche i seguenti campi:
*Metodo di prelievo:* metodo o metodi adottati nell'effettuazione del prelievo.
*Scostamenti dal metodo:* indicazione degli eventuali scostamenti dalle procedure indicate nel metodo adottato come riferimento.
*Data del prelievo:* quale dichiarata dal committente.
*Esecutore del prelievo:* tecnico / professionista che ha effettuato il prelievo.

Eventuali ulteriori dati relativi all'esistenza di impianti di aerazione nel reparto, alla fonte di emissione dell'inquinante, al tempo di esposizione ecc. possono essere considerati informazioni aggiuntive e rientrano nei "dettagli delle condizioni ambientali durante il campionamento che possono avere effetti sull'interpretazione dei risultati" (UNI CEI EN ISO/IEC 17025, 5.10,3.2 d).

***E.3.4 Dati sulla procedura di prova***

*Data ricezione campione:* data corrispondente alla consegna del campione al laboratorio di analisi.
*Tecnica di indagine:* descrizione sintetica della tecnica analitica adottata.
*Metodo di analisi utilizzato:* identificazione del metodo, normato, non normato o interno (esempio: "*metodo NIOSH 7500*") adottato per la determinazione analitica.
*Scostamenti dal metodo:* eventuali scostamenti in una o più operazioni contemplate dal metodo adottato.
*Strumentazione utilizzata:* descrizione dettagliata della strumentazione utilizzata (casa produttrice, modello ecc.).
*Condizioni operative:* condizioni strumentali adottate per l'effettuazione della/e prova/e. Vanno segnalati e giustificati, per ciascuna prova, eventuali scostamenti dalle condizioni operative standard.
*Data della prova:* data/e di effettuazione della/e prova/e.

***E.3.5 Risultati della prova***

*N° progressivo d'analisi:* il numero o la lettera identificativi del campione/i così come assegnati dal Laboratorio.
*Denominazione e N° Rif. Committente:* il numero o lettera identificativi del campione/i così come assegnati dal committente.
*Quantità di analita:* espressione del risultato analitico come quantità rilevata sul supporto o come % in peso e/o come concentrazione.
***LDR** (Limite di Rilevabilità):* concentrazione minima di un analita, in un campione, che si può distinguere dal bianco. È pari almeno a tre volte lo scarto tipo del bianco (citare in ogni caso la fonte della definizione adottata).
*LDQ (Limite di Quantificabilità):* pari almeno a dieci volte lo scarto tipo del bianco (citare in ogni caso la fonte della definizione adottata).
*Incertezza estesa:* indicare il procedimento impiegato per calcolarla [61].
*Note:* eventuali indicazioni aggiuntive sulla determinazione effettuata (eventi o fattori che possono aver influenzato i risultati, ecc.) e valutazioni relative al confronto tra i risultati della prova e il VLE-TWA.

***E.3.6 Firmatari***

Firma dell'analista e del responsabile del laboratorio

## Bibliografia

***riferita al testo***

Alessi M., Costatino C. (2001) - *Laboratori di analisi amianto: standardizzazione e controlli di qualità. Atti del 7° Convegno di Igiene Industriale "Le Giornate di Corvara". Associazione Italiana degli Igienisti Industriali.*

Almich B.P., Carson G.A. (1974) - *Some effects of charging on 10-mm nylon cyclone performance*. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 34: 603-612

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) (2001) - *Valori Limite di Soglia e Indici Biologici di Esposizione 2000.* Traduzione italiana a cura dell'AIDII. G Ig Ind, supp. 26.

ANGQ (Associazione Nazionale Garanzia Qualità) (2003) - *Corso pratico sul calcolo dell'incertezza di misura per le prove chimiche.* Dispense dell'edizione tenutasi a Modena del dicembre 2003

Bartley, D.L, Chen, C-C, Song, R, Fischbach, T.J (1994) - *Respirable aerosol sampler performance testing.* AIHA Journal 55(11):1036.

Bastianelli U. (1983) - *Prove di fattibilità di una analisi I.R. direttamente su filtro di campionamento, del quarzo cristallino nell'aria.* Perkin-Elmer Italiana S.p.A. Padova,.

Blachman, M.W. and Lippmann, M. (1974) - *Performance characteristics of the multicyclone aerosol sampler. AIHA J.* 35(6):311-326.

**61** "I laboratori di prova devono avere e devono applicare procedure per stimare l'incertezza delle misure. In certi casi la natura dei metodi di prova può escludere il calcolo dell'incertezza di misura rigoroso e valido dal punto di vista metrologico e statistico. In questi casi il laboratorio deve almeno tentare di identificare tutte le componenti dell'incertezza e fare una stima ragionevole, e deve garantire che l'espressione del risultato non fornisca un'impressione errata dell'incertezza." (UNI CEI EN ISO/IEC 17025, 5.4.6.2).

Briant J.K., Moss O.R. (1984) - *The influence of electrostatic charges on the performance of 10-mm nylon cyclones*. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 45: 440-445.

Buhrke VE, R Jenkins, DK Smith. (1998) - *A practical guide for the Preparation of Specimens for x-ray fluorescence and x-ray diffraction analysis.* Wiley-VCH.

Caplan K. J., Doemeny L., Sorenson S. D. (1977) - *Performance Characteristics of the 10 mm Cyclone Respirable Mass Sampler. Part 1* - Monodisperse studies. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 38: 83.

Carsey, T.P., Shulman, S.A. and Lorberau, C.D. (1987) - *An investigation of the performance of the 10-mm nylon cyclone.* Appl. Ind. Hyg. 2(2):47-52.

Castellet y Ballarà G, F. Cavariani, M. De Rossi, P. De Simone, C. Fanizza, A. Marconi (2003) - *La determinazione della silice cristallina nei materiali massivi mediante diffrattometria: l'importanza della granulometria nella scelta degli standards di riferimento.* In: Atti del 21° Congresso Nazionale AIDII, Como, 25-27 Giugno, 2003. A cura di D Cavallo, M Casciani, G F Peruzzo, GB Bartolucci, Pavia 2003. p. 142-146.

Castellet y Ballarà G, F. Cavariani, M. De Rossi, P. De Simone, C. Fanizza, L. Palumbo, A. Marconi (2004) - *Individuazione di un appropriato materiale standard di riferimento per la determinazione della silice cristallina in alcuni materiali massivi utilizzati in edilizia mediante diffrattometria*. In: Atti del Convegno Nazionale di Igiene Industriale-Le Giornate di Corvara, 31.03-02.04.2004, Corvara. p. 73-76.

Castellet y Ballara' G., A. Marconi, F. Falleni, U. Verdel (1998) - *La stima dell'esposizione ai fini della valutazione del rischio di silicosi: revisione di alcuni criteri per la determinazione della conformita' al limite.* In: Atti del 17° Congresso Nazionale AIDII. Le Collane della Fondazione Maugeri – I Documenti 16, Pavia, 1998. pp. 105-114.

Cecala A.B. Volkwein J., Timko R.J., Williams K.L (1983) - *Velocity and orientation effects on the 10-mm nylon Dorr-Oliver cyclone.* ROI 8764. U.S. Bureau of Mines, Pittsburgh, PA.

Chakravarti, Laha e Roy (1967) - "*Handbook of methods of applied statistics"*, Volume I, John Wiley and Sons, pg. 392-394.

Chan T., Lippmann M. (1977) - *Particle collection efficiencies of air samplings cyclones: an empirical theory.* Environ. Sci. Technol. 11: 377-382

Chemical Manufacturers Association (CMA) (1994) - *Special issue-papers presented at the international symposium: Issues and Controversy: The measurement of crystalline silica,* Cambridge, MA, USA, august 20-21, 1992. Anal Chim Acta vol. 286.

Chen, C.-C., Lai, C.-Y., Shih, T.-S. and Hwang, J.-S. (1999). *Laboratory performance comparison of respirable samplers*. AIHA J. 60(5):601-611.

Chung FH and DK Smith. *Industrial applications of X-ray diffraction*. Marcel Dekker Inc, 2000.

Community Bureau of Reference (BCR) (1980) - *Certification report on reference materials of defined particle size - Quartz (BCR No. 66, 67, 68, 70).* Commission of the European Communities, EUR 6825 en.

D.M. Sanità 7 luglio 1997 - *Approvazione della scheda di partecipazione al programma di controllo qualità per l'idoneità dei laboratori di analisi che operano nel settore "amianto".* Gazz. Uff. n° 236 del 09/10/1997.

Eller P.M., Feng H.A., Song R.S., Key-Scwartz R.J., Esche C.A., Groff J.H. (1999) - *Proficiency analitycal testing (PAT) silica variability, 1990-1998*. Am Ind Hyg Assoc J, 60: 533-539.

Elton NJ, PD Salt, JM Adams (1992) - *The determination of low levels of quartz in commercial kaolins by x-ray diffraction. Powder Diffract* 7:71-76.

EURACHEM (1998) - *The fitness for purpose of analytical methods – a laboratory guide to method validation and related topics* Edition 1

European Directive 90/394/EEC (1990) - *Directive on carcinogenic substances. Official Journal of the European Communities,* L 374.

Fanizza C, G Castellet y Ballarà, F Cavariani, M De Rossi, P De Simone, T Turesi, F Paglietti, A Marconi. (2003) - *La silice cristallina in edilizia: materiali e livelli di esposizione.* In: *Le Giornate di Corsara* - 9° Convegno di Igiene Industriale, 19-21 marzo 2003, Corvara (BZ). p. 287-291.

Gautam M., Sreenath A. (1997) - *Performance of respirable multi-inlet cyclone. Journal of aerosol science 28 (7)*: 1265-1281.

Görner, P. and Fabriès, J.-F. (1996) - I*ndustrial aerosol measurement according to the new sampling conventions*. Occup. Hyg. 3:361-376.

Görner, P., Wrobel, R., Micka, V., Skoda, V., Denis, J. and Fabriès, J.-F. (2001) - *Study of fifteen respirable aerosol samplers used in occupational hygiene.* Ann. occup. Hyg. 45(1):43-54.

Grunder F. I.: *Pat program report: background and current status.* Am Ind Hyg Assoc J, 2001, 62: 736-738.

Gudmundsson, A. and Lidén, G. (1998) - *Determination of cyclone model variability using a time-of-flight instrument.* Aerosol Sci. Technol. 28:197-214.

Harper M., Wroblewski S.C.: Laboratory selection (1997) - *Criteria that can be used to select a laboratory.* Atti della National Conference to Eliminate Silicosis, Washington, D.C.,

Hazard Review, Department of health and human services (2002) - *Health Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica.* NIOSH April 2002

Health and Safety Executive (1988) - *Quartz in respirable airborne dust. Laboratory method using X-ray diffraction (Direct method). Methods foe the determination of hazardous substances: MDHS 51/2.* UK HSE, 1988, London.

Hewett P., Ganser G.H. (1997) - *Simple procedures for calculating confidence intervals around the sample mean and exceedence fraction derived from lognormally distributed data*, Appl. Occup. Environ. Hyg., 12(2)

Higgins R. I. Dwell P. (1967) - *A gravimetric size-selecting personale dust sampler. In: Inhaled particles and vapours II,* 575-585. C.N. Davies, Ed. Pergamon Press, London

I manuali di ARPA (2003) - *Linee guida per la validazione dei metodi analitici e per il calcolo dell'incertezza di misura. Accreditamento e certificazione. Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna.* Ed. Labanti & Nanni, Bologna, settembre 2003.

II.ZZ.SS. (Istituto Zooprofilattico Sperimentale) (2002) - *Linee guida per la valutazione e l'espressione dell'incertezza di misura dei metodi chimici: Gruppo di lavoro interregionale. Dispense rev.0 del 27/05/2002. International Agency for Research on Cancer (IARC) (1997) - Evaluation of Carcinogenic Risk to Humans: Silica and Some Silicates.* Monographs, Vol. 68, Lyon, France. World Health Organization, IARC

International Agency for Research on Cancer (1997) - *IARC Mongraphs on the evaluation of carcinogenic Risks to Humans: Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils.* IARC, Lyon, France. 68,

ISO 3534-1 (1993) - *Statistics-vocabulary and symbols-part 1: probability and general statistical terms.*

ISO 5725-1 (1994) - *Accuratezza dei metodi e dei risultati di misura. Parte 1. Principi generali e definizioni.*

ISO TC 146/SC 02 N367 - *Workplace air-guidelines for ensuring the quality of respirable crystalline silica measurements*

ISSN 1123-3117. Rapporti ISTISAN 03/30 (2000) - *Quantificazione dell'incertezza nelle misure analitiche.* Seconda edizione della Guida EURACHEM/CITAC CG 4. Istituto Superiore di Sanità.

ISTISAN 04/15 (2004) - *Trattamento dei dati inferiori al limite di rivelabilità nel calcolo dei risultati analitici.* A cura di Edoardo Menichini, Giuseppe Viviano e il Gruppo di lavoro Istituto Superiore di Sanità "Metodiche per il rilevamento delle emissioni in atmosfera da impianti industriali", v, 19 p.

Jeyaratnam M., Negar N. (1993) - *Comparison of alfaquartz standard sikkron F600 (HSE A9950) with the nist respirable alfaquartz standard srm1878 for bulk and on-filter analisys.* Ann Occup Hyg 37, 2: 167-179.

John W. (1988) - *Thoracic and Respirable Particulate Mass Sampler: Current status and Future needs.* In: Advances in air sampling, pp 25-38. ACGIH, Lewis Publishers, Inc.,Chelsea, MI

Kar K., Gautam M. (1995) - *Orientation Bias of the Isolated 10 mm Cyclone at Low Stream Velocity.* Am Ind. Hyg. Assoc. J. 56: 1090-1098

Kenny L. C., Gussman R. A. (2000) - *A direct approach to the design of cyclones for aerosol-monitoring applications*. J. Aerosol Sci. 31 (12): 1407-1420

Kenny L. C., Gussman R. A. (1997) - *Characterization and modelling of a family of ciclone aerosol preseparators.* J. Aerosol Sci. 28 (4): 677-688

Kenny Lee C. (1996) - *Developments in Workplace Aerosol Sampling.* Analyst. 121: 1233-1239

Liden G. (1993) - *Evaluation of the SKC personal respirable dust sampling cyclone.* Appl. Occup. and Environ. Hyg. 8 (3): 178-190

Liden G., A. Gudmundsson (1996) - *Optimization of a cyclone to the international sampling convention for respirable dust.* Appl. Occup.and Environ. Hyg. 11 (12): 1398-1408

Liden G., A. Gudmundsson (1997) - *Semi-empirical modelling to generalize the dependence of cyclone collection efficiency on operating condition and cyclone design.* J.Aerosol Sci. 28 (5): 853-874

Lidén, G., Kenny, C. (1991) - *Comparison of measured respirable dust sampler penetration curves with sampling conventions.* Ann. occup. Hyg. 35(5):485-504.

Lidén, G., Kenny, C. (1992). *The performance of respirable dust samplers: Sampler bias, precision and inaccuracy.* Ann. occup. Hyg. 36(1):1-22.

*Linee guida per la validazione dei metodi analitici e per il calcolo dell'incertezza di misura. Accreditamento e certificazione.* Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente dell'Emilia-Romagna. I manuali di ARPA. Ed. Labanti & Nanni, Bologna, settembre 2003

*Linee guida per la valutazione e l'espressione dell'incertezza di misura dei metodi chimici: II.ZZ.SS.* (Istituto Zooprofilattico Sperimentale). Gruppo di lavoro interregionale. Dispense rev.0 del 27/05/2002

Lorberau C. D., Carsey T.P., Fischbach T.J., Mulligan K.J. (1990) - *Evaluation of Direct-on-filter methods for the determination on respirable quartz.* Appl Occup Environ Hyg, 5: 27-35.

Marconi A, S Massera, F Cavariani, U Verdel (2002) - *Rassegna delle tecniche analitiche per la determinazione della SiO2 cristallina aerodispersa: prestazioni e limitazioni d'uso.* In: Atti del 20° Congresso Nazionale AIDII, a cura di GB Bartolucci, A Foschini, G Nano, Pavia, 2002. pp. 315-320.

Maynard A.D. (1996) - *Sampling errors associated with sampling plate-like particles using Higgins-Dwell type personal respirable cyclone.* J. Aerosol Sci. 27(4): 575-586

Maynard, A.D, Kenny, L.C (1995) - *Sampling efficiency determination for three models of personal cyclone, using an Aerodynamic Particle Sizer.* J.Aerosol Sci. 26(4):671-684.

MDHS 101 -*Crystalline silica in respirable airborne dusts: direct on filter analyses by infrared spectroscopy and X-ray diffraction*

MDHS 14/3 - *General methods for sampling and gravimetric analysis of respirable and inhalable dust*

Metodo UNICHIM n. 285 - *Ambienti di lavoro. Determinazione della frazione respirabile delle polveri atmosferiche*

Miles W. J. (1999) - I*ssues and controversy: the mesaurement of crystalline Silica: review papers on analitical methods* . Am Ind Hyg Assoc J. 60: 396-402

National Institute of Occupational Safety and Health (1984) - *NIOSH Method 7500: Silica, crystalline, respirable.* Rev. 1, 5/15/89. NIOSH Manual of Analytical Methods, Cincinnati, Ohio.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health (1994) - *Method 7500: Silica, crystalline by XRD.* In NIOSH Manual of Analytical Methods 4th Edn. Cassinelli, M.E. & O'Connor, P.F. eds. U.S.A.

NIOSH - *National Institute for Occupational Safety and Health: Method 7601 (1994) - Silica, crystalline by VIS.* In NIOSH Manual of Analytical Methods 4th Edn. Cassinelli, M.E. & O'Connor, P.F. eds. U.S.A.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health: Method 7602 (1994) - *Silica, crystalline by IR. In NIOSH Manual of Analytical Methods 4th Edn.* Cassinelli, M.E. & O'Connor, P.F. eds. U.S.A.

NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health: Method 7501 (1994) - *Silica, amorphous. In NIOSH Manual of Analytical Methods 4th Edn.* Cassinelli, M.E. & O'Connor, P.F. eds. U.S.A.

Norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025 (2000) - *Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e taratura.*

O'Connor BH, WJ Chang 1986. *The amorphous character and particle size distributions of powders produced with the micronizing mill for quantitative X-ray powder diffractometry*. X-ray Spectrom 15: 267-270.

Ogden T. L. (1983) - *Inhalable, inspirable and total dust. In: Aerosol in the Mining and Industrial Work Environment, vol. 1, pp185-205.* V. A. Marple and B. Y. H. Liu, Eds. Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, MI

Ogden, T.L., Barker, D. and Clayton, M.P. (1983) - *Flow-dependence of the Casella respirable-dust cyclone.* Ann. occup. Hyg. 27(3):261-271.

Parametri per la convalida di un metodo analitico chimico. Seminario UNICHIM: Sistemi qualità nei laboratori secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025. Convalida dei metodi di prova: accuratezza, precisione, ripetibilità, riproducibilità, incertezza. Milano, ottobre 2002.

Pickard K.J., Walker R.F., West N.G. (1985) - *A comparison of X-ray diffraction and infrared spectophotometric methods for the analysis of a-quartz in airborne dust.* Ann Occup Hyg, 29: 149-167.

PrCEN/TR 15230-final draft- *Workplace atmospheres-Guidance for sampling of inhalable, thoracic and respirable aerosol fractions*

Puledda S., A. Marconi (1988) - *Determinazione quantitativa dell'asbesto con la diffrattometria a R.X secondo il metodo del filtro d'argento. I. Applicazione al crisotilo.* G. degli Igien. Ind. 13 (2); 7-31.

Puledda S., A. Marconi (1990) - *Quantitative x-ray diffraction analysis of asbestos by the silver membrane filter method: application to chrysotile.* Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 51 (3); 107-114.

Quantificazione dell'incertezza nelle misure analitiche. *Seconda edizione (2000) della Guida EURACHEM/CITAC CG 4.* Istituto Superiore di Sanità. ISSN 1123-3117. Rapporti ISTISAN 03/30

Quralt I, T Sanfeliu, E Gomez, C Alvarez (2001) - *X-ray diffraction analysis of atmospheric dust using low-background supports.* J Aerosol Sci 32: 453-459.

Ragula Bhaskar, Jianliang Li, Lijun Xu (1994) - *A comparative study of particle size dependency of IR and XRD methods for quartz analysis,* Am. Ind.Hyg.Assoc.J. (55)/July 1994

Ripanucci G. (1992) - *Guida metodologica per l'accertamento del rischio di silicosi.* Ed. Direzione Generale INAIL-CONTARP.

Saltzman B. (1984) - *Generalized performance characteristics of miniature cyclones for atmospheric particulate sampling.* Am.Ind.Hyg. Assoc. J. 45: 671-680

Sass-Kortsak A. M., O'Brien C. R., Bozek P.R., Purdham J. T. (1993) - *Comparison of the 10mm nylon Cyclone, Horizontal Elutriator, and Aluminum Cyclone for Silica and Wood Dust measurement.* Appl.Occup. Environ. Hyg. 8(1): 31-37

Shinohara Y. (1996) - *Direct quantitative analysis of respirable cristobalite on filter by infrared spectrophotometry.* Ind Health, , 34: 25-34.

Smith DK (1997) - *Evaluation of the detectability and quantification of respirable crystalline silica by X-ray powder diffraction methods.* Powder Diffr 12(4): 200-227.

Sweet D.W., Wolowicz F.R., Crable J.V. (1973) - *Spectrofotometric determination of free silica.* Am Ind Hyg Assoc J, 35: 500.

Tsai, C.-J. and Shih, T.-S. (1995) - *Particle collection efficiency of two personal respirable dust samplers*. AIHA J. 56(9): 911-918.

Tuchman, D.P. (1992) - *Research toward direct analysis of quartz dust on filters using FTIR spectroscopy.* U.S. Department of the Interior, Bureau of Mines; Information Circular n° 9309.

UNI CEI EN ISO/IEC 17025 (2000) - *Requisiti generali per la competenza dei laboratori di prova e di taratura.*

UNI CEI ENV 13005 (2000) - *Guida all'espressione dell'incertezza di misura*

UNI EN 1232 (1999) - *Pompe per il campionamento personale di agenti chimici. Requisiti e metodi di prova.*

UNI EN 481 (1994) - *Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Definizione delle frazioni granulometriche per la misurazione delle particelle aerodisperse.*

UNI EN 482 (1998) - *Atmosfera nell'ambiente di lavoro: requisiti generali per le prestazioni dei procedimenti di misurazione degli agenti chimici.*

UNI EN 689 (1997) - *Atmosfera nell'ambiente di lavoro: guida alla valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limite e strategie di misurazione.*

UNICHIM (2002) - *Parametri per la convalida di un metodo analitico chimico: Sistemi qualità nei laboratori secondo la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17025. Convalida dei metodi di prova: accuratezza, precisione, ripetibilità, riproducibilità, incertezza.*

Unichim.: Metodo Unichim 614 (1983) - *Determinazione del numero di particelle di quarzo nella frazione respirabile della polvere atmosferica mediante Microscopia Ottica in Contrasto di Fase.* Manuale n° 124 parte I: controllo degli ambienti di lavoro.

Verma D. K., Sebestyen A., Julin J. A., Muir D. C. F. (1992) - *A comparison of two methods of sampling and analisys for free crystalline silica alfaquartz.* Appl Occup Environ Hyg, 1992, 11: 758-763.

Verma DK and DS Shaw (2001) - *A comparison of international silica (?-quartz) calibration standards by Fourier Transform-Infrared Spectrophotometry.* Ann Occup Hyg 45 (6): 429-435.

Verma DK, DM Johnson, K Des Tombe (2002) - *A method for determining crystalline silica in bulk samples by Fourier Transform Infrared Spectrophotometry.* Ann Occup Hyg 46 (7): 609-615.

Willeke K e PA Baron (Eds) (1993) - *Aerosol Measurement-Principles, techniques, and applicatios.* Van Nostrand Reihnold-Library of Congress Catalog Card Number 92-11371.

Zhiyong Xu, Bahne C. Cornilsen, Domenic. C. Popko, Wayne. D. Pennington, James R. Wood, Jann-Yang Hwang (2001) - *Quantitative Minerals Analysis by FTIR Spectroscopy. Internet Journal of Vibrational spectroscopy, 5, ed. 1.* http://www.ijvs.com.

***Riferita agli allegati***

Almich B.P., Carson G.A. (1974) - *Some effects of charging on 10-mm nylon cyclone performance.* Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 34: 603-612

Bartley D., Chen C-C., Song R., Fischbach T.J. (1994) - *Respirable Aerosol performance testing.* Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 55: 1036.

Blachman M.W., Lippmann M. (1974) - *Performance Characteristics of the Multicyclone Aerosol sampler*. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 35: 311.

Briant J.K., Moss O.R. (1984) - *The influence of electrostatic charges on the performance of 10-mm nylon cyclones.* Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 45: 440-445.

Caplan K. J., Doemeny L., Sorenson S. D. (1977) - *Performance Characteristics of the 10 mm Cyclone Respirable Mass Sampler. Part 1* - Monodisperse studies. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 38: 83.

Cecala A.B. Volkwein J., Timko R.J., Williams K.L. (1983) - *Velocity and orientation effects on the 10-mm nylon Dorr-Oliver cyclone.* ROI 8764. U.S. Bureau of Mines, Pittsburgh, PA.

Chan T., Lippmann M. (1974) - *Particle collection efficiencies of air samplings cyclones: an empirical theory.* Environ. Sci. Technol. 11: 377-382

Chen C-C., Huang S-H. (1999) - *Shift of Aerosol penetration in Respirable Ciclone Samplers.* Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 60: 720-729

Chen C-C., Lai C-Y, Shih T-S, Hwang J-S. (1999) - *Laboratory Performance Comparison of Respirable Samplers.* Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 60: 601-611.

Gautam M., Sreenath A. (1999) - *Performance of respirable multi-inlet cyclone*. Journal of aerosol science 28 (7): 1265-1281.

Groves W. A., Hanhe R. M., Levine S. P, Schork M. A. (1994) - *A Field Comparison of Respirable Dust Samplers*. Am. Ind. Hyg. Assoc. 55(8): 748-755.

Harper M., Fang C. P., Bartley D. L., Cohen B.S. (1998) - *Calibration of the SKC Inc. Aluminum Cyclone for Opera in Accordance with ISO/CEN/ACGIH Respirable Aerosol Sampling Criteria.* J.Aerosol Sci. 29: Suppl.1., 347-348.

Higgins R. I. Dwell P. (1967) - *A gravimetric size-selecting personale dust sampler.* In: Inhaled particles and vapours II, 575-585. C.N. Davies, Ed. Pergamon Press, London.

HSE MSHA (1999) - *X-ray diffraction determination of quarz and cristobalite in respirable mine dust.* Method P-2. Pittsburgh, PA: U.S. Department of Labor, Mine Safety and Health Administration.

John W. (1988) - *Thoracic and Respirable Particulate Mass Sampler: Current status and Future needs.* In: Advances in air sampling, pp 25-38. ACGIH, Lewis Publishers, Inc.,Chelsea, MI.

Kar K., Gautam M. (1995) - *Orientation Bias of the Isolated 10 mm Cyclone at Low Stream Velocity.* Am Ind. Hyg. Assoc. J. 56: 1090-1098.

Kenny L. C., Gussman R. A. *A direct approach to the design of cyclones for aerosol-monitoring applications.* J. Aerosol Sci. 31 (12): 1407-1420 (2000).

Kenny L. C., Gussman R. A. (1997) - *Characterization and modelling of a family of ciclone aerosol preseparators*. J. Aerosol Sci. 28 (4): 677-688

Kenny Lee C. (1996) - *Developments in Workplace Aerosol Sampling*. Analyst. 121: 1233-1239

Liden G. (1993) - *Evaluation of the SKC personal respirable dust sampling cyclone*. Appl. Occup.and Environ. Hyg. 8 (3): 178-190

Liden G., Gudmundsson A. (1996) - *Optimization of a cyclone to the international sampling convention for respirable dust.* Appl. Occup.and Environ. Hyg. 11 (12): 1398-1408

Liden G., Gudmundsson A. (1997) - *Semi-empirical modelling to generalize the dependence of cyclone collection efficiency on operating condition and cyclone design.* J.Aerosol Sci. 28 (5): 853-874.

Maynard A.D. (1996) - *Sampling errors associated with sampling plate-like particles using Higgins-Dwell type personal respirable cyclone.* J. Aerosol Sci. 27(4): 575-586.

NIOSH (1994) - *Silica, crystalline by IR. Method 7602.* In: NIOSH Manual of analytical methods, 4th Ed. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH).

NIOSH (1994) - *Silica, crystalline by VIS. Method 7601.* In: NIOSH Manual of analytical methods, 4th Ed. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH)

NIOSH (1994) - *Silica, crystalline, in coal mine dust, by IR. Method 7603.* In: NIOSH Manual of analytical methods, 4th Ed. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH).

NIOSH (1998) - *Particulates not otherwise regulated, respirable. Method 0600* In: NIOSH Manual of analytical methods, 4th Ed. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH)

NIOSH (1998) - *Silica, crystalline, by XRD: Method 7500.* In: NIOSH Manual of analytical methods, 4th rev. Ed. 2nd suppl. Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH) Publication n° 98-119.

NIOSH (2002) - *Hazard review. Health Effects of Occupational Exposure to respirable Crystalline Silica.* Cincinnati, OH: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH).

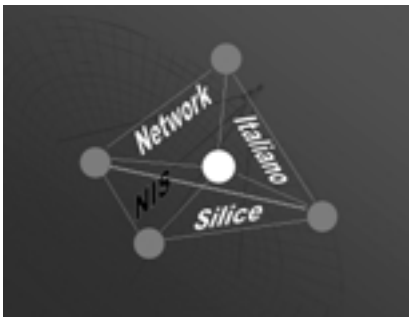
Ogden T. L. (1983) - *Inhalable, insirable and total dust.* In: Aerosol in the Mining and Industrial Work Environment, vol. 1, pp185-205. V. A. Marple and B. Y. H. Liu, Eds. Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor, MI

OSHA (1996) - *Quartz and cristobalite in workplace atmospheres: Method ID-142.* Salt Lake City, UT: U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administartion.

Saltzman B. (1984) - *Generalized performance characteristics of miniature cyclones for atmospheric particulate sampling.* Am.Ind.Hyg. Assoc. J. 45: 671-680

Sass-Kortsak A. M., O'Brien C. R., Bozek P.R., Purdham J. T. (1993) - *Comparison of the 10 mm nylon Cyclone, Horizontal Elutriator, and Aluminum Cyclone for Silica and Wood Dust measurement.* Appl.Occup. Environ. Hyg. 8(1): 31-37

Tsai C-J., Shiau H.-G., Lin K.-C., Shih T.S. (1999) - *Effect of deposited particles and particle charge on the penetration of small sampling cyclones.* J. aeros. Sci. 30(3): 313-323




5

# SORVEGLIANZA SANITARIA ED ACCERTAMENTI DIAGNOSTICI SUGLI ESPOSTI A SILICE

**Gruppo di lavoro NIS**
**Sorveglianza sanitaria**
*Componenti*
Augusto Quercia, Claudio Calabresi, Maria Cabona, Enrico Cardona,
Franco Cavalli, Marta Clemente, Andrea Innocenti, Lamberto Lastrucci,
Rita Le onori, Anna Maria Loi,
Adriano Ossicini, Oriana Rossi, Donatella Talini, Lucia Turini

**SOMMARIO**

1. **Premessa**

2. **Presupposti normativi e relative problematicità da superare**

3. **Nuove conoscenze sui rischi e danni legati alla silice libera cristallina**

4. **Nuove possibilità diagnostiche della patologia polmonare da esposizione a silice**

5. **Protocolli di sorveglianza sanitaria degli esposti ed ex esposti a silice**

6. **Il giudizio d'idoneità**

7. **Peculiarità e criteri del riconoscimento assicurativo**

8. **Strumenti di raccolta dei dati sanitari per un sistema informativo sugli esposti ed ex esposti a silice; flussi informativi**

9. **Prime proposte per un miglioramento del "sistema"**

## 1. PREMESSA

Questo report "Sorveglianza sanitaria ed accertamenti diagnostici (ai vari fini, anche assicurativi) sugli esposti a silice: problemi e prospettive" è ovviamente legato agli altri "capitoli" del primo prodotto del Network Italiano Silice, in particolare ha intrecci evidenti con la parte dedicata alla normativa e con quella relativa agli aspetti epidemiologici.
Il sottogruppo di lavoro sugli aspetti sanitari ha scelto di approfondire seppur sinteticamente i seguenti aspetti, ritenuti essenziali rispetto all'argomento:

- vecchia e nuova legislazione (DPR 1124/65; D.Lgs. 230/95 e D.Lgs. 187/00; D.Lgs. 66/00) e relative incongruenze/contraddizioni, anacronismi e possibilità di "rilettura" interpretativa;
- criteri di definizione diagnostica dei danni legati all'esposizione a silice libera cristallina, finalizzati sia alla sorveglianza sanitaria sia agli accertamenti assicurativi dell'INAIL;
- qualità degli accertamenti integrativi della visita medica (in particolare Rx torace e PFR) e loro periodicità, con particolare attenzione ai risvolti etici (nei confronti dei lavoratori) e alla necessità di produrre dati corretti per fini epidemiologici; indicazioni per il ricorso ad esami di 2° livello;
- controllo sulla qualità;
- sorveglianza sanitaria su esposti ed ex esposti;
- ruoli dei vari soggetti competenti, con particolare riferimento al Servizio pubblico di prevenzione e vigilanza, al medico competente, al medico dell'INAIL e di altri Enti coinvolti/interessati.

Di qui l'articolazione del report in otto capitoli o meglio in otto contributi, elaborati a cura dei vari componenti del sottogruppo sulla base delle proprie esperienze/conoscenze e di discussioni comuni e sottoposti successivamente ad una revisione generale a scopo armonizzativo.
I diversi contributi rappresentano in alcuni casi un tentativo di sistematizzazione, in altri l'evidenziazione di problemi e criticità che rimangono ovviamente aperte ma che, sulla base dei contributi stessi ed anche delle elaborazioni contenute nelle altre "sezioni"del prodotto complessivo curato dal NIS, potranno trovare proposte di soluzioni o indicazioni metodologiche.

## 2. PRESUPPOSTI NORMATIVI E RELATIVE PROBLEMATICITÀ DA SUPERARE

**Premessa**
Nel testo pubblicato dal WHO nel 1996 "*screening and surveillance of workers exposed of mineral dust*" si definisce come screening l'attività presuntiva di identificazione di una patologia in un individuo in una fase precedente a quella in cui si rende necessario un intervento medico (stadio preclinico) e quando un intervento può favorevolmente modificare lo stato di salute dell'individuo. L'obiettivo dello screening dovrebbe essere la prevenzione secondaria della patologia e l'identificazione di questa ad uno stadio in cui la progressione può essere arrestata o rallentata. Lo screening applicato nei luoghi di lavoro è primariamente visto come tutela individuale, ma può essere utilizzato per tutelare tutti i lavoratori e per migliorare le condizioni dell'ambiente di lavoro nel caso in cui una patologia professionale venga letta come "evento sentinella". Infatti l'individuazione di una patologia tramite lo screening rivela delle deficienze nell'ambiente di lavoro che altrimenti potrebbero passare inosservate.
Come sorveglianza si definisce invece la raccolta periodica di analisi e informazioni rilevanti per la salute allo scopo di prevenire l'insorgenza di patologie attraverso un continuo monitoraggio (vigilanza) sulla distribuzione e incidenza delle patologie con la sistematica raccolta e valutazione dei dati di morbilità e mortalità ecc..; a differenza dello screening è diretta al miglioramento della salute della popolazione ed è una componente delle pratiche di sanità pubblica. L'utilità dei programmi di sorveglianza sanitaria è correlata al livello di partecipazione al programma, alla adeguatezza della raccolta e analisi dei dati, alla diffusione di quanto osservato e alla adeguatezza degli interventi messi in atto sulla base delle risultanze delle informazioni raccolte.
Intesi in questi termini programmi di sorveglianza sanitaria sono condotti in vari paesi e all'interno di tali programmi vengono previsti anche programmi di screening.
Nel nostro paese i programmi di sorveglianza sanitaria per i lavoratori esposti a silice cristallina sono regolamentati dal DPR 1124/65 ("*Testo unico delle disposizioni per l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali*"). Tale vecchia normativa, tuttora vigente, prevede una serie di obblighi e di incombenze relativi sia ad aspetti formali e documentali sia ad aspetti tecnici e sostanziali della sorveglianza sanitaria; tra questi ultimi, l'obbligo di effettuazione di radiogrammi del torace ad intervalli annuali. Le successive disposizioni contenute nel D.Lgs.626/94 ("*Attuazione delle direttive 89/391/CEE, 89/654/CEE, 89/655/CEE, 89/656/CEE, 90/269/CEE, 90/270/CEE, 90/394/CEE, 90/679/CEE, 93/88/CEE, 95/63/CE, 97/42, 98/24 e 99/38 e 99/92/CE riguardanti il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro*") non sono del tutto coerenti con le precedenti, che pure non sono state abrogate; così come le recenti disposizioni sulla radioprotezione per "*l'esposizione di persone nell'ambito della sorveglianza sanitaria*", contenute nel D.Lgs. 187/00 ("*Attuazione della direttiva 97/43/Euratom in materia di protezione delle persone contro i pericoli delle radiazioni ionizzanti connesse ad esposizioni mediche*"), male si coniugano con l'applicazione automatica della periodicità annuale della radiografia.
Di conseguenza, il medico che effettua la sorveglianza sanitaria per i lavoratori esposti a silice si trova di fronte ad una serie di difficoltà operative dovute al contrasto tra la buona pratica (l'appropriatezza dei protocolli in relazione alla specifica situazione di rischio, alle attuali conoscenze scientifiche sul problema, alla disponibilità di tecniche diagnostiche, al rapporto costi/benefici) e alcuni adempimenti, non solo formali e burocratici, imposti dalle norme, o, addirittura, al contrasto tra due obblighi di segno opposto contenuti nella vecchia e nuova normativa.
Recenti segnalazioni, inoltre, hanno evidenziato come in alcuni casi l'approccio alla sorveglianza sanitaria degli esposti a silice non sia soddisfacente sotto il profilo della qualità tecnica degli accertamenti, in particolare radiologici; ciò potrebbe comportare, unitamente alla bassa sensibilità dell'esame, una sottostima del fenomeno. Il problema è preoccupante sia perché non viene rispettato il principio di ottimizzazione sia perché da tempo sono disponibili linee guida internazionali per la esecuzione e la lettura dei radiogrammi del torace.
Il presente lavoro ha tra gli altri lo scopo di evidenziare le criticità contenute nelle varie normative che riguardano la materia, proporre una lettura integrata dei testi cercando, dove possibile, le possibili ricomposizioni delle incoerenze presenti, proporre delle ipotesi di comportamenti ritenuti corretti sulla base delle evidenze e delle conoscenze; inoltre ha lo scopo di riproporre in forma sintetica i principali criteri di qualità per la effettuazione, la lettura e la classificazione dei radiogrammi del torace.

---

*2. a cura di Leonori R. ,Cardona E., Quercia A. - Dipartimento di prevenzione, U.o.c. Servizio PISLL , Dipartimento dei Servizi, U.o.c. Diagnostica per immagini Civitacastellana - ASL Viterbo*

| DPR 1124/65 | D.Lgs. 626/94 | D.Lgs. 187/00 |
|---|---|---|
| **Art.157**<br>**1.** I lavoratori prima di essere adibiti alle lavorazioni di cui all'Art. 140,...debbono essere sottoposti, a cura e a spese del datore di lavoro, a visita medica da eseguirsi dal medico di fabbrica, oppure da enti a ciò autorizzati, secondo le modalità di cui agli articoli 158 e seguenti, allo scopo di accertarne l'idoneità fisica...<br><br>2. Detti accertamenti debbono essere ripetuti ad intervalli non superiori ad un anno...A seguito di tali accertamenti viene rilasciata una particolare attestazione..."<br><br>**Art. 162**<br>1. I rilievi clinici e radiologici eseguiti devono essere riportati dal medico su di una scheda personale conforme al modello A allegato n° 9. | **Art.16**<br>1. La sorveglianza sanitaria è effettuata nei casi previsti dalla normativa vigente.<br>2. La s.s. di cui al comma 1 è effettuata dal medico competente e comprende: a)accertamenti preventivi...<br>b)accertamenti periodici...<br>**Art. 69**<br>**1.** I lavoratori per i quali la valutazione [dell'esposizione a agenti cancerogeni] ha evidenziato un rischio per la salute sono sottoposti a sorveglianza sanitaria.<br>**Art. 17**<br>1. Il m.c.:<br>...c) esprime i giudizi di idoneità alla mansione specifica...<br><br>d) istituisce ed aggiorna sotto la propria responsabilità, per ogni lavoratore sottoposto a s.s., una cartella sanitaria e di rischio da custodire presso il datore di lavoro con salvaguardia del segreto professionale. | **Art. 1**<br>...<br>2. Il presente decreto legislativo si applica alle seguenti esposizioni mediche:<br>a)...<br>b) esposizione di persone nell'ambito della sorveglianza sanitaria professionale;<br>... |
| **Art. 160**<br>1. La visita medica di cui all'articolo 157, comprende, oltre all'esame clinico, anche una radiografia del torace comprendente l'intero ambito polmonare | **Art. 16**<br>...<br>3. Gli accertamenti di cui al c. 2 comprendono...indagini diagnostiche mirate al rischio ritenute necessarie dal m.c.<br>**Art. 72-decies**<br>4. Gli accertamenti sanitari devono essere a basso rischio per il lavoratore. | **Art. 3**<br>E' vietata l'esposizione non giustificata.<br>Le esposizioni mediche [di persone nell'ambito della sorveglianza sanitaria professionale] devono mostrare di essere sufficientemente efficaci mediante la valutazione dei potenziali vantaggi diagnostici o terapeutici complessivi da esse prodotti, inclusi i benefici diretti per la salute della persona e della collettività, rispetto al danno alla persona che l'esposizione potrebbe causare... |
| **Art. 177**<br>...è istituita una sezione distinta del Fondo speciale infortuni...affinché il Ministero del lavoro possa...erogare somme per sussidiare: a) lavoratori assicurati nei quali la silicosi...si sia manifestata oltre il periodo massimo di indennizzabilità...b)lavoratori assicurati...non ammessi alle prestazioni in quanto la denuncia non è stata presentata entro il periodo massimo di...c) lavoratori assicurati...che, per effetto del lungo intervallo tra l'ultima occupazione in lavorazioni nocive e la manifestazione della malattia... | **Art. 69**<br>6. Il m.c. fornisce ai lavoratori adeguate informazioni sulla sorveglianza sanitaria cui sono sottoposti, con particolare riguardo all'opportunità di sottoporsi ad accertamenti sanitari anche dopo la cessazione dell'attività lavorativa. | |
| **Art. 161**<br>Gli enti che intendono ottenere l'autorizzazione a compiere gli esami medici di cui al presente capo debbono essere autorizzati dall'Ispettorato del lavoro competente, il quale, previo accertamento dell'adeguata organizzazione ed attrezzatura dell'ente stesso, decide di concerto con il medico provinciale (attuale ASL).<br>Gli enti che...intendono operare in tutto il territorio nazionale debbono essere autorizzati dal Ministero del lavoro e della previdenza sociale, sentito il Ministero della sanità. | **Art. 17**<br>2. Il medico competente può avvalersi, per motivate ragioni, della collaborazione di medici specialisti scelti dal datore di lavoro che ne sopporta gli oneri. | **Art. 8**<br>1. Le regioni...provvedono affinché:<br>...<br>c) le autorizzazioni vengano concesse sulla base dei criteri di pianificazione sanitaria regionale, tenuto conto...della necessità di evitare la inutile proliferazione di attrezzature radiologiche.<br>2. Il responsabile dell'impianto radiologico provvede:<br>a) a che siano intrapresi adeguati programmi di garanzia di qualità, compreso il controllo di qualità,...<br><br>**Art. 4**<br>1. Tutte le dosi dovute ad esposizioni mediche per scopi radiologici...devono essere mantenute al livello più basso ragionevolmente ottenibile e compatibile con il raggiungimento dell'informazione diagnostica richiesta...; il principio di ottimizzazione riguarda la scelta delle attrezzature, la produzione adeguata di un'informazione diagnostica appropriata...i programmi per la garanzia di qualità... |
| **Art. 162**<br>2. Sulla base di detti rilievi [clinici e radiologici], il medico redige l'attestazione di cui all'Art. 157, conforme al modello B, allegato n.10.<br>5. La scheda, l'originale ed una copia firmata dell'attestazione..., sono trasmessi..., a cura del medico...che li ha eseguiti, al datore di lavoro.<br>Quest'ultimo è tenuto a far pervenire la copia dell'attestazione..., al lavoratore interessato ed a conservare i documenti originali, unitamente al registro di cui all'Art. 160, nel luogo in cui si esegue il lavoro per un periodo di almeno sette anni...<br>**Art. 164**<br>Su istanza del lavoratore..., il datore di lavoro deve rilasciare entro cinque giorni dal ricevimento dell'istanza medesima copia della scheda di cui al primo comma dell'Art. 162.<br>**Art. 163**<br>Quando dalla visita medica il lavoratore sia risultato affetto da silicosi o asbestosi, anche se iniziale, deve essere trasmessa al datore di lavoro...anche una seconda copia dell'attestazione, da inviare all'Ispettorato del lavoro entro cinque giorni dal ricevimento.<br><br>2. Nel caso in cui il lavoratore venga riscontrato affetto da silicosi o asbestosi associate a tubercolosi polmonare in fase attiva, anche se iniziale, la suddetta attestazione è redatta secondo il modello C, allegato n.10, contenente la precisazione che il lavoratore non può essere assunto o permanere nelle lavorazioni medesime...<br>**Art. 150**<br>1. Quando l'assicurato abbandoni, per ragioni profilattiche, la lavorazione cui attendeva, e nella quale ha contratto la malattia, perché riscontrato affetto da conseguenze dirette di silicosi...con inabilità permanente di qualunque grado,...l'istituto assicuratore corrisponde...una rendita di passaggio. | **Art. 17**<br>1. Il m.c.:<br>...c) esprime i giudizi di idoneità alla mansione specifica ...<br><br>3. qualora il m.c....esprima un giudizio sull'inidoneità parziale o temporanea o totale del lavoratore, ne informa per iscritto il datore di lavoro e il lavoratore.<br>**Art. 4**<br>8. Il datore di lavoro custodisce, presso l'azienda ovvero l'unità produttiva, la cartella sanitaria e di rischio del lavoratore sottoposto a sorveglianza sanitaria, con salvaguardia del segreto professionale, e ne consegna copia al lavoratore stesso al momento della risoluzione del rapporto di lavoro, ovvero quando lo stesso ne fa richiesta.<br><br>**Art. 69**<br>2. Il datore di lavoro, su conforme parere del medico competente, adotta misure preventive e protettive per singoli lavoratori sulla base delle risultanze degli esami clinici e biologici effettuati.<br>3. Le misure... possono comprendere l'allontanamento del lavoratore secondo le procedure dell'Art. 8 del D.Lgs. 277/91. | |
| **Art. 157**<br>5. Entro trenta giorni dal ricevimento dell'attestazione di cui al secondo comma, il lavoratore può richiedere con istanza motivata, all'Ispettorato del lavoro territorialmente competente, un nuovo accertamento, avente carattere definitivo, da eseguirsi collegialmente.<br>6. Il collegio è composto da un ispettore medico del lavoro...dal medico rappresentante del lavoratore e da un medico designato dal datore di lavoro....." | **Art. 17**<br>4. Avverso il giudizio di cui al c.3 è ammesso ricorso ...all'organo di vigilanza...che dispone, dopo eventuali ulteriori accertamenti, la conferma, la modifica o la revoca del giudizio stesso. | |
| **Art. 160**<br>3. Il medico di fabbrica o l'ente che effettua la visita medica indica su apposito registro a numerazione progressiva, le generalità del lavoratore, il nome del radiologo, il luogo e la data dell'accertamento e il numero dello schermogramma o del radiogramma. | **Art. 70**<br>I lavoratori sono iscritti in un registro...nel quale è riportata...l'attività svolta, l'agente cancerogeno...detto registro è istituito ed aggiornato dal datore di lavoro che ne cura la tenuta per il tramite del medico competente. | **Art. 12**<br>1. L'esercente ed il responsabile dell'impianto radiologico, per quanto di rispettiva competenza, provvedono affinché le indagini ed i trattamenti con radiazioni ionizzanti vengano registrati singolarmente, anche in forma sintetica. |

**Tabella 1** – Confronto tra articoli dei DPR 1124, D.Lgs. 626 e D.Lgs. 187 relativi alla sorveglianza sanitaria dei lavoratori

**1. Analisi della normativa**

Per un quadro completo della normativa si rimanda ovviamente alla lettura dei testi integrali delle norme stesse. In questa sede si ritiene utile analizzare gli aspetti sui quali le diverse disposizioni si sovrappongono in maniera più o meno coerente, focalizzando l'attenzione su:

1. obblighi di sorveglianza sanitaria
2. periodicità degli accertamenti radiografici
3. autorizzazione delle strutture sanitarie
4. modulistica/procedure in caso di non idoneità e relativo ricorso
5. obblighi di registrazione.

Nella tabella 1 si propone una lettura parallela degli articoli delle varie normative relativi alla sorveglianza sanitaria e riconducibili ai punti sopra elencati.

L'obbligo di sorveglianza sanitaria è costante nella normativa, e prevede espressamente la formulazione del giudizio di idoneità. La *scheda personale* prevista nel DPR 1124 non può essere utilizzata di per sé in quanto finalizzata esclusivamente alla silicosi. Ma le lavorazioni che espongono a polveri silicotigene espongono quasi sempre anche ad altri, e rilevanti fattori di rischio. Il modello deve essere integrato nella *cartella sanitaria e di rischio* prevista dal D.Lgs. 626: basti pensare ai non rari casi di inidoneità per patologie dell'apparato locomotore.

La periodicità annuale della radiografia del torace prevista dal DPR 1124 appare anacronistica ed è in contrasto con il potere discrezionale assegnato al medico competente dal D.Lgs. 626 e soprattutto con il principio di giustificazione della dose codificato dal D.Lgs. 187. Questo aspetto viene analizzato più in dettaglio nel successivo paragrafo 2.2.

Riguardo alla autorizzazione prevista dall'Art. 161 del D.Lgs. 1124, non è chiaro che cosa il legislatore voglia indicare usando il termine "enti"; nel contesto attuale è naturale pensare a strutture sanitarie sia pubbliche sia private. D'altra parte, il D.Lgs. 187 prevede a sua volta un'autorizzazione regionale. Tali disposizioni limitano la possibilità di scelta che l'Art. 17 del D.Lgs. 626 attribuisce al datore di lavoro, restringendo il campo alle sole strutture autorizzate. Dalla lettura dell'articolo 161 sembra non arbitrario dedurre che il legislatore dell'epoca aveva ben presente il problema della qualità delle radiografie se riteneva necessario subordinare l'autorizzazione all'accertamento *della adeguata organizzazione ed attrezzatura*. Tali disposizioni, rilette alla luce del più recente D.Lgs. 187 e delle Linee guida per l'uso della classificazione internazionale ILO dei radiogrammi per pneumoconiosi, potrebbero tradursi, da un punto di vista pratico, nei seguenti requisiti: a) la presenza documentata di "adeguati programmi per la garanzia di qualità, inclusi il controllo di qualità…", b) la presenza di procedure per la lettura e registrazione dei radiogrammi (in particolare: l'esperienza del lettore, la presenza e l'utilizzo abituale del set di confronto ILO, l'uso di una scheda di registrazione in accordo con le Linee guida ILO), c) la verifica della scelta delle attrezzature sotto il profilo tecnico. Tutti questi requisiti concorrono al rispetto del principio di ottimizzazione della dose (Art. 4 D.Lgs. 187). Il problema della qualità delle radiografie viene analizzato con maggiore dettaglio nel paragrafo 2.1.

Gli obblighi di registrazione delle radiografie effettuate ai lavoratori previsti nel DPR 1124 vengono ripresi nel D.Lgs. 187. Sarebbe utile prevedere una modalità di registrazione che consenta ai vari soggetti che hanno titolo di attingere le informazioni da un'unica fonte.

**2. La qualità delle radiografie e la loro periodicità**

Il problema della qualità delle radiografie è di fondamentale importanza rispetto a due obiettivi largamente condivisi: ***1***) necessità che l'esame fornisca l'informazione diagnostica richiesta mantenendo le dosi al livello più basso ragionevolmente ottenibile, in accordo con il principio di ottimizzazione; ***2***) necessità di superare la periodicità annuale, in accordo con il principio di giustificazione della dose (costi/benefici) e le indicazioni della letteratura scientifica attuale.

***2.1 La qualità***

Per garantire una buona qualità delle radiografie intesa come corretta esecuzione, corretta lettura e corretta registrazione, vengono di seguito analizzati i problemi relativi alle attrezzature ed alle procedure da adottare.

| Parametri | International Labour Office (ILO) | Associazione Italiana di Radiologia medica |
|---|---|---|
| Erogazione energia elettrica | Indipendente da altri usi<br>Resistenza non superiore a 0,1 Ω<br>Fluttuazioni inferiori al 5%<br>Caduta di tensione fra presa di corrente principale ed unità radiologica < 10%<br>Minimo 300 Ma | Corrente 200-400 mA |
| Calibratura unità radiologica | All'installazione e poi con cadenza periodica | |
| Generatore | Capacità minima 300 mA per 125 Kv<br>Dotato di accurato timer (± 1%)<br>Capacità di esposizione minima < 10 mSec<br>Trifase o unità a scarico di condensatori<br>Presenza tubo anodico rotante<br>Punto focale < 2mm Ø | Punto focale 0,6 mm o < 1.2 mm |
| Potenza generatore (tensione potenziale) | 2 mm di Al | 120-150 Kv |
| Qualità del fascio (filtrazione totale del fascio primario di raggi x) | | (norma CEI 62) |
| Costanti di esposizione | 5 mAsec a tensione di 125 Kv | |
| Densità ottica | | |
| Distanza fuoco-film | ≥ 150 cm | ≥ 180 cm |
| Tempo di esposizione | 0,1s meglio 0,05 s | 5 ms (comunque ≤ 20 ms in P-A)<br>10 ms(comunque ≤ 40 ms in lat.) |
| Griglia di riduzione rad. Secondarie | Fissa con rapporto 10 | Fissa con r ≥ 12 |

**Tabella 2** – Requisiti tecnici delle attrezzature radiologiche

***2.1.1*** - L'aspetto di adeguatezza delle attrezzature dei laboratori di radiodiagnostica impegnati nel campo specifico è certamente un problema non secondario, soprattutto per quelle strutture che operano con mezzi mobili. A tale riguardo sono disponibili specifiche raccomandazioni di organismi scientifici: nella Tabella 2 vengono riportati i requisiti tecnici delle attrezzature raccomandati dall'ILO/BIT e dall'Associazione Italiana di Radiologia Medica.
La tecnica consigliata deve comportare un prodotto mA/sec costante ed un kilovoltaggio alto e variabile e comunque il più alto kilovoltaggio e la più piccola durata di esposizione in mA/sec.
La presenza dei requisiti riportati in Tabella 3 dovrebbe costituire condizione necessaria per l'autorizzazione prevista dall'Art. 161 del DPR 1124 (e/o per l'accreditamento). Contestualmente dovrebbe essere verificata l'adeguata organizzazione della struttura e quindi: a) la presenza e la conoscenza delle Linee guida ILO, b) la presenza e conoscenza del set di radiografie di riferimento ILO e c) la presenza e l'impiego abituale di schede di registrazione in accordo con le Linee guida citate. I requisiti strumentali e soprattutto quelli organizzativi dovrebbero essere verificati periodicamente; tale verifica dovrebbe rientrare tra le funzioni di controllo dei Servizi di prevenzione, intese secondo la definizione fornita dal Coordinamento tecnico delle Regioni nel documento "*Prime linee di indirizzo per l'attuazione del decreto legislativo n. 626/94 di recepimento delle direttive CEE per il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro*".
Nella figura 1 viene riportato un esempio di scheda informativa, già sperimentata in alcune realtà, per la verifica dei requisiti strumentali ed organizzativi.
Inoltre sono stati recentemente proposti strumenti operativi per valutare la qualità dei radiogrammi del torace ed individuare il tipo e la gravità degli eventuali difetti; si tratta di una griglia di analisi che prende in considerazione sette criteri, e che è stata proposta sia come strumento per la autovalutazione interna sia come strumento di valutazione dall'esterno (figura 2).

- TIPO DI APPARECCHIO UTILIZZATO: |_| Ortoscopio
  |_| Ortoclino
  |_| Schermografico
  |_| Altro _____
- COSTRUTTORE:
- MODELLO:
- MATRICOLA:
- TENSIONE POTENZIALE IN KV:
- CORRENTE NOMINALE IN MA:
- QUALITA' DEL FASCIO (SEV):
- DISTANZA FUOCO-FILM:
- MINIMA DISTANZA FUOCO-PELLE:
- DIMENSIONI MAX ESPOSIZIONE:
- AREA MASSIMA ESPOSIZIONE:
- MACCHIA FOCALE:
- GRIGLIA UTILIZZATA:
- TIPO DI COLLIMATORE: |_| AUTOMATICO
  |_| MANUALE
- DINAMICA TIMER:
- TIPO DI INTERRUTTORE: |_| A uomo presente
  |_| A impulso
- TIPO DI TEMPORIZZATORE: |_| Meccanico
  |_| Digitale
  |_| Altro
- INTENSITA' DI ESPOSIZIONE DELLA RADIAZIONE DI FUGA:
- MODALITA' DI ESECUZIONE DELLA PROVA DI RADIAZIONE DI FUGA:
- DISTANZA PAZIENTE-INTERRUTTORE DI POSA:
- TIPOLOGIA DI STRUMENTI UTILIZZATI PER CONTROLLO DI QUALITA':
- CHI ESEGUE I RADIOGRAMMI: |_| Medico
  |_| Tecnico
  |_| Altro
- CHI ESEGUE LE REFERTAZIONI:
- QUANTI SONO I REFERTATORI:
- CARATTERISTICHE TECNICHE DEL/DEI DIAFANOSCOPI:
- E' PREVISTA UNA RILETTURA DEI RADIOGRAMMI ?
- SE SI', CON QUALE PROTOCOLLO ?
- VIENE UTILIZZATO UNO SCHEMA DI LETTURA PER PNEUMOCONIOSI ?
- SE SI', QUALE ?
- COME E' STATO CLASSIFICATO IL PERSONALE:
- CHI E' IL MEDICO RESPONSABILE DELLE APPARECCHIATURE:
- CHI ESEGUE IL CONTROLLO DI QUALITA': |_| Fisico
  |_| Esperto qualificato (specificare nome, numero, grado e anno di iscrizione all'albo)
- INDICARE QUALI PROTOCOLLI DI RIFERIMENTO SONO UTILIZZATI PER IL CONTROLLO DI QUALITA':
- ESISTE IL MANUALE DELLA QUALITA' ?

**Figura 1** - Elenco delle caratteristiche tecniche e organizzative per l'esecuzione dei radiogrammi del torace ai fini della sorveglianza sanitaria per gli esposti a silice o asbesto.

DITTA _____ LABORATORIO_____

**COGNOME** _____ **NOME** _____

**DATA NASCITA** _____ **DATA RX** _____

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | FRAZIONI | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SOVRAESP./SOTTOESP. ERRATO RAPP. KV/mA | | | | | | | | | | |
| SFUMATURA DA MOVIMENTO | | | | | | | | | | |
| INSPIRAZIONE PROFONDA | | | | | | | | | | |
| SIMMETRIA TORACE | | | | | | | | | | |
| BORDI SCAPOLARI | | | | | | | | | | |
| ANGOLI COSTO-FRENICI | | | | | | | | | | |
| DIFETTI TECNICI | | | | | | | | | | |

**PUNTEGGIO TOTALE:** ☐

GIUDIZIO CONCLUSIVO: ☐ SUFFICIENTE (= > 6)

☐ INSUFFICIENTE (< 6)

DATA _____

FIRMA DEI COMPILATORI

_____

_____

_____

**Figura 2** - Scheda di valutazione qualitativa dei radiogrammi del torace in postero-anteriore

***2.1.2*** - Oltre alla qualità tecnica dei radiogrammi, è necessario controllare le altre possibili fonti di incremento della variabilità intra-interindividuale nelle fasi di lettura e di registrazione.

Per la corretta lettura dei radiogrammi si riportano alcune indicazioni tratte dalla letteratura.

I diafanoscopi su cui posizionare i radiogrammi standard e la radiografia da refertare devono essere sufficientemente vicini all'osservatore in modo da poter vedere ombre di 1 mm di diametro, il che corrisponde ad una distanza di circa 25 cm, ma deve anche essere possibile vedere l'intera radiografia ad una distanza di circa il doppio della precedente (50 cm). L'osservatore deve essere seduto e non essere costretto ad appoggiarsi in avanti in modo scomodo per esaminare da vicino le radiografie. Il numero minimo di posti di osservazione sul diafanoscopio è uguale a due e l'ottimale è cinque. Il lettore deve essere in possesso delle linee guida ILO e del set di radiogrammi standard.

Per la registrazione è indispensabile adottare la scheda proposta nelle Linee guida ILO. La scheda di registrazione è strutturata in modo che ogni campo vada completato sia in caso di negatività che di positività della radiografia; lasciare dei campi in bianco nel caso di risultato negativo potrebbe creare confondimenti rispetto ad una mancata registrazione di reperti positivi.

L'uso della scheda ILO è fondamentale quando si effettuano letture delle radiografie nell'ambito di studi epidemiologici in cui siano impegnati più operatori. L'impiego della scheda, limitando la libertà dell'osservatore e imponendo un formato standardizzato per la raccolta dei dati, limita la variabilità interindividuale. In questo ambito la lettura dovrebbe avvenire senza che il lettore sia in possesso di informazioni relative alla esposizione professionale a polveri del soggetto esaminato per evitare condizionamenti; radiografie di soggetti non esposti dovrebbero essere frammiste a quelle di soggetti esposti.

Nel capitolo dedicato agli strumenti informativi è riprodotta la scheda di registrazione utilizzata dal NIOSH e costruita sulla base delle Linee guida ILO.

E' disponibile un software per la registrazione che riproduce in italiano la scheda ILO e consente la personalizzazione della scheda (intestazione, nome del lettore…), che è già utilizzato da alcune strutture e operatori che hanno partecipato a specifiche iniziative di formazione.

Il problema della variabilità intra-interindividuale e della formazione specifica sulla lettura delle radiografie del torace per le pneumoconiosi appare in Italia ampiamente sottovalutato nella pratica della sorveglianza sanitaria di lavoratori. Negli USA è stato attivato da tempo un programma di formazione specifica per la lettura dei radiogrammi per pneumoconiosi: il NIOSH organizza corsi di formazione mirati con esame finale il cui superamento fa conseguire il certificato di

B reader cioè di lettore esperto per la lettura dei radiogrammi del torace per pneumoconiosi.
In Italia recenti iniziative di formazione messe in atto in collaborazione con il NIOSH hanno consentito la formazione di medici radiologi e medici del lavoro che hanno ottenuto il certificato di B reader. Tali esperienze andrebbero ampliate e diffuse almeno nelle zone in cui il problema è rilevante.
Un'ipotesi di lavoro potrebbe prevedere la formazione di gruppi di lettori qualificati come riferimento di aree geografiche sufficientemente ampie (regione, area vasta,…) da garantire la lettura di un numero di radiogrammi sufficiente a mantenere l'esercizio e la consuetudine con i quadri di pneumoconiosi.

### *2.2 La periodicità*

Nel capitolo dedicato ai protocolli di sorveglianza sanitaria viene proposta una periodicità della radiografia del torace tenendo conto dei livelli di esposizione. Rispetto al vincolo di periodicità annuale posto dal DPR 1124, l'operato del medico competente può basarsi oltre che sulle citate norme per la protezione dalla esposizione a radiazioni ionizzanti anche sui protocolli adottati in vari stati e costruiti sulla base di diversi criteri. Infatti, in vari paesi sono già in vigore programmi di sorveglianza sanitaria o di screening, su base volontaria o obbligatoria, rivolti ai lavoratori esposti (e, in alcuni casi, anche agli ex-esposti) a silice cristallina che prevedono periodicità meno ravvicinate nell'effettuazione della radiografia del torace. Per operare una scelta motivata, accanto a questi riferimenti normativi e tecnici, il m.c. deve avere una approfondita conoscenza del comparto lavorativo specifico, della tipologia delle polveri, dei livelli di esposizione e dei dati epidemiologici, anche storici, del comparto in esame.

Nella tabella 3 vengono riportate le periodicità adottate in alcuni paesi in base ai criteri della durata dell'esposizione e del tipo.

## Bibliografia

*(non esaustiva, contenente l'indicazione anche di alcuni siti web)*


- Bianchi S.: *Il medico competente: esperienze sul campo,* atti del Convegno Nazionale "La prevenzione del rischio cancerogeno nei luoghi di lavoro", Pisa, 2003

- Bonomo L, Berardi P, Bergamini C, Gavelli G, Gozzi G, Padovani R, Petroli G, Rossi A, Taddei G: *Assicurazione della qualità in radiologia: l'esame radiografico del torace*. Documentazione SIRM – n° 1/95.

- Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Provincie Autonome: *Linee guida per l'applicazione del D.Lgs. 626/94*, Azienda USL di Ravenna, 1996

- Conferenza dei Presidenti delle Regioni e delle Provincie Autonome: Prime linee di indirizzo per l'attuazione del D.Lgs. 626/94 di recepimento delle direttive CEE per il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori sul luogo di lavoro, 1995

- Carnevale F., Miligi L.: *Le linee guida del Coordinamento tecnico delle Regioni e delle Province Autonome per l'applicazione del D.Lgs. 626/94*, atti del Convegno Nazionale "La prevenzione del rischio cancerogeno nei luoghi di lavoro", Pisa, 2003

- Forastiere F.: *I "nuovi" cancerogeni: la ricerca e le prospettive di applicazione,* atti del Convegno Nazionale "La prevenzione del rischio cancerogeno nei luoghi di lavoro", Pisa, 2003


| | Visita preventiva | Periodicità per anni di esposizione | Periodicità per tipo lavoro | Sorveglianza ex-esposti |
|---|---|---|---|---|
| **Canada** | Non precisato | Triennale se <12 | | Non precisato |
| | | Biennale tra 12 e 20 | | |
| | | Annuale se >20 | | |
| **Australia** | Si | | Lavoro in superficie ogni 10aa | Il programma è rivolto anche ai lavoratori che hanno cessato l'attività lavorativa, non vengono però specificate le modalità |
| | | | Lavoro in sotterraneo ogni 5 aa | |
| **Germania** | Si | Annuale/triennale | | Si, con periodicità quinquennale |
| **Gran Bretagna** | Non precisato | A 2-3-4 anni di intervallo | | Non precisato |
| **USA-OSHA** | Si | Quinquennale se < 20 aa | | Alla cessazione attività lavorativa per almeno i 30 anni successivi (ad esclusione dei soggetti con anzianità lavorativa < 1 aa) |
| | | Biennale se > 20 aa | | |
| **USA-NIOSH** | Si | | Almeno triennale, più ravvicinata (ad es. annuale) per i lavoratori a rischio di silicosi acuta accelerata | |
| **Polonia** | Si | Ad 1-4 anni di intervallo in accordo con l'esposizione | | Il programma è rivolto anche ai lavoratori che hanno cessato l'attività lavorativa, non vengono però specificate le modalità |

**Tabella 3** - Esempio di periodicità nell'effettuazione della radiografia del torace in vari paesi

- Innocenti A., Ciani Passeri A., Carnevale F., Loi A.M., Seniori Costantini A.: *La sorveglianza sanitaria degli ex esposti a cancerogeni: la ricerca di un modello operativo in Toscana*, atti del Convegno Nazionale "La prevenzione del rischio cancerogeno nei luoghi di lavoro", Pisa, 2003

- International Labour Office: *Guidelines for the use of ILO International Classification of Radiographs of Pneumoconioses*. Geneva ILO, 2000.

- Loi A.M., Serretti N., Chellini E.: *La sorveglianza sanitaria degli ex esposti: l'esperienza della USL 6 e della USL 5*, atti del Convegno Nazionale "La prevenzione del rischio cancerogeno nei luoghi di lavoro", Pisa, 2003

- Manzari G., Valenti E., D'Epifanio F., Quercia A., Cardona E.: *Controllo di qualità tecnica sui radiogrammi del torace effettuati per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti al rischio di pneumoconiosi: proposta di un metodo di screening qualitativo*, MedLav 2003, 2: 242-249

- Ottenga F., Foddis R., Guidi M., Cristaudo A.: *Le indicazioni della SIMLII e le prospettive di applicazione e di studio*, atti del Convegno Nazionale "La prevenzione del rischio cancerogeno nei luoghi di lavoro", Pisa, 2003

- Wagner G.R., Attfield MD, Kennedy RD, Parker JE: *The NIOSH B Reader Certification Program*, JOM 1992, 34, 9; 879-884.

- Wagner G.R.: Screening and surveillance of workers exposed to mineral dusts, WHO Geneva 1996.

- Gruppo di lavoro Direzione Regionale per la Prevenzione del Veneto, aprile 2002
www.osha.gov/Silica/SpecialEmphasis.html
www.cdc.gov/niosh
D.P.R. 19 MARZO 1956, N. 303 G.U. 30 Aprile 1956 n.257 suppl. ord. n. 105
D. Lgs. 15 AGOSTO 1991 N. 277 G.U. 27 Agosto 1991 n. 200
D. Lgs. 19 SETTEMBRE 1994 N. 626 G.U. 12 Novembre 1994 n.265 suppl. ord n. 141
D. Lgs. 17 MARZO 1995 N. 230 G.U. 13 Giugno 1995 n. 136 suppl. ord. n. 74
D. Lgs. 25 FEBBRAIO 2000 N. 66 G.U. 24 Marzo 2000 n. 70
D. Lgs. 26 MAGGIO 2000 N. 241 G.U. 31 Agosto 2000 n. 203 suppl. ord. n. 140
D. Lgs. 26 MAGGIO 2000 N. 187 G.U. 7 Luglio 2000 n. 157 suppl. ord. n. 105
D. Lgs. 2 FEBBRAIO 2002 N. 25 G.U. 8 Marzo 2002 n. 57 suppl. ord. n. 40/L
D.G.R. 11 aprile 2000, n.460 – Bollettino Ufficiale Regione Toscana 10/5/2000 n. 19

## 3. NUOVE CONOSCENZE SU RISCHI E DANNI LEGATI ALLA SILICE LIBERA CRISTALLINA

Da sempre alcuni autori definivano la silicosi una patologia sistemica; ed in letteratura già dai primi decenni del secolo passato era segnalata la correlazione tra esposizione a silice e alcune patologie extrapolmonari.
Nonostante questo generalmente nel patrimonio professionale del medico del lavoro formatosi dopo gli anni '80 il problema "esposizione a silice e patologie correlate" era sostanzialmente relegato alla sola patologia polmonare ed alle sue complicanze.
Da quando nel 1997 la silice è stata classificata dalla IARC cancerogena del gruppo 1 in alcune condizioni d'uso, si è avuto un risveglio d'interesse che ha portato/sta portando sia a una revisione attenta della letteratura e sia a nuovi studi epidemiologici. Nello stesso tempo, in una visione "mondiale" del problema silice, non è possibile equiparare l'entità dei rischi e quindi dei danni derivanti dall'esposizione a silice che possiamo avere in Italia o comunque in Comunità Europea con quelli presenti ad esempio in paesi dell' America Latina, Cina e Sud Africa, dove oltre alle differenze di esposizione, tutela e prevenzione sui luoghi di lavoro esistono tra l'altro anche fattori genotipici e la presenza di patologie endemiche che possono influenzare le manifestazioni cliniche.
Venendo ad affrontare le malattie extrapolmonari da esposizione a silice potremmo concludere che per alcune di esse è necessario un ulteriore approfondimento scientifico, in alcuni casi proprio per una effettiva dimostrazione di un rapporto eziopatogenetico, in altri - dove questo rapporto appare ben dimostrato - per rispondere ad altri interrogativi quali ad esempio:

- i livelli e/o i tempi di esposizione necessari per sviluppare la patologia
- la latenza delle prime manifestazioni
- eventuali specificità delle manifestazioni
- la necessità per il loro divenire della coesistenza o meno di manifestazioni polmonari (silicosi).

Al momento le patologie associate ad esposizione a silice cristallina (tralasciando le complicanze delle stesse) possono essere riassunte in:

***1) Malattie polmonari:***

- Silicosi (acuta e cronica)
- Associazione Tubercolosi polmonare e Silicosi
- Bronchite Cronica e ostruzione delle vie aeree
- Cancro del Polmone

***2) Malattie extrapolmonari:***

- *Connettiviti*, in particolare:
  - Sclerodermia
  - Artrite Reumatoide
  - Lupus Erythematosus
  - Polimiosite-Dermatomiosite
- *Vasculiti*, in particolare:
  - Poliangite microscopica
  - Granulomatosi di Wegener
- *Patologia renale* (a prevalente meccanismo autoimmunitario)

E'interessante valutare la collocazione di alcune delle patologie sopra ricordate nell'elenco delle malattie per le quali è obbligatoria la denuncia, ai sensi e per gli effetti dell' Art. 139 del T.U. D.P.R. 1124/65 e successive modificazioni e integrazioni (Decreto Ministero del Lavoro e P.Soc. del 27/04/2004 pubblicato sulla G.U. della Repubblica Italiana n.134 del 10/06/2004).

---

*3. a cura di Lastrucci L. - Dipartimento della Prevenzione U.F. PISLL USL 12 Versilia*

Riguardo alla sorveglianza sanitaria possibile su lavoratori esposti e/o ex esposti relativamente alla diagnosi e la prevenzione delle patologie extrapolmonari da silice si possono porre alcune considerazioni e domande:

- Le figure mediche che possono essere coinvolte sono:
  • il medico competente che si trova ad operare direttamente sul campo nell' ambito della sorveglianza sanitaria degli esposti;
  • il medico dei Servizi di Prevenzione Sicurezza e Medicina del Lavoro delle Aziende USL che potrebbe essere coinvolto a vario titolo (ad esempio: nella gestione degli ex esposti, nell'ambito della ricerca attiva delle malattie professionali, in relazione al controllo di qualità della sorveglianza sanitaria effettuata dai medici competenti).
  • il medico degli Istituti Assicuratori (INAIL e IPSEMA) nell'ambito degli accertamenti finalizzati al riconoscimento di malattia professionale o di aggravamento della stessa;
  • il medico curante
  • il medico di patronato

- Nell'ambito della sorveglianza sanitaria a lavoratori esposti e/o ex esposti a silice è davvero possibile utilizzare strumenti diagnostici al fine di giungere a diagnosi precoci di malattia extrapolmonare?
- Può avere senso una sorveglianza sanitaria per tali patologie? L'abbattimento o la riduzione del rischio ambientale per la patologia polmonare tutela anche per le altre patologie?.
- Ha senso una diagnosi precoce?
- Che ricadute vi sono sul piano medico legale e dell'idoneità al lavoro?
- Al momento in letteratura non sono facilmente reperibili dati relativi alla sorveglianza sanitaria, ed anche nelle indicazioni che il NIOSH pubblica periodicamente per la prevenzione della silicosi e della morte dei lavoratori esposti a silice in alcune lavorazioni non vi sono riferimenti specifici di sorveglianza sanitaria per le patologie extrapolmonari.

Rispetto ai quesiti sopra posti, sul piano operativo potremmo prevedere alcune linee di lavoro:

- coinvolgimento diretto e collaborativo in studi epidemiologici al fine di ulteriore approfondimento delle conoscenze riguardanti le patologie extrapolmonari; in particolare per quelle patologie la cui correlazione con l'esposizione a silice cristallina non ha ancora una chiara evidenza scientifica, o per quelle patologie rispetto alle quali alla luce dei dati epidemiologici in letteratura è dimostrata l'effettiva correlazione con la silice, ma di cui non si conoscono, ad esempio, i livelli di esposizione necessari per lo sviluppo della patologia;
- collaborazione con le cliniche specializzate nella diagnosi delle patologie sopracitate al fine di individuare possibili esami clinico-strumentali precoci e/o di approfondimento clinico;
- utilizzo di questionari specifici e validati da somministrare ai lavoratori al fine di evidenziare dati anamnestici utili per approfondimenti diagnostici in ambito specialistico.

## Bibliografia

- INAIL Direzione Regionale per il Trentino: Atti seminario di studio "*Patologie da silice: silicosi, cancro ed altre malattie*", Trento 8 maggio 2001.

- Atti III International Symposium on Silica, Silicosis, Cancer and Other Diseases – Santa Margherita Ligure, 21-25 October 2002. La Medicina del Lavoro Vol. 93 Sup.2002.

- NIOSH: Request for assistance in Preventing Silicosis and Deaths in Construction Workers. ALERT May 1996.

## 4. NUOVE POSSIBILITÀ E PROBLEMATICHE DIAGNOSTICHE DELLA PATOLOGIA POLMONARE DA ESPOSIZIONE A SILICE

**Premessa**

L'esposizione a silice cristallina - come già detto - comporta il rischio di comparsa di diverse patologie polmonari ed extrapolmonari. Il recente riconoscimento della silice da parte dello IARC come un agente cancerogeno del gruppo 1 in alcune condizioni d'uso ha inoltre risvegliato molto interesse intorno ai problemi diagnostici non solo delle pneumoconiosi ma anche soprattutto del cancro polmonare. Ciò al fine di poter proporre test attendibili, di facile accessibilità, non invasivi, o scarsamente invasivi, finalizzati alla diagnosi precoce. Poiché i test devono essere utilizzati per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti ed ex-esposti, occorre inoltre tenere conto del contesto organizzativo dei servizi sanitari e del contesto sociale ed economico per la valutazione dei costi in rapporto soprattutto alla loro validità ed efficacia.

**Le prove diagnostiche**

La diagnosi delle malattie interstiziali del polmone dispone di numerosi presidi sia tradizionali che di nuova generazione.
La stessa cosa si può affermare anche per il cancro del polmone, perciò si stanno intensificando gli studi orientati soprattutto alla ricerca di test ottimali, basati sulla EBP, per la diagnosi precoce o precocissima finalizzata al miglioramento delle condizioni di vita e della sopravvivenza.
Nella tavola 1 è presentata una rassegna non esaustiva dei test diagnostici in uso.

**La diagnosi e lo screening**

Prendiamo ora in considerazione l'utilizzo dei vari test diagnostici indicando alcuni criteri di scelta nella diagnosi precoce ovvero negli screening di popolazione a rischio per le patologie di interesse.

**La diagnosi delle Pneumoconiosi**

Oltre alla visita medica, l'esame della funzionalità respiratoria è quello maggiormente diffuso. In particolare molti studi sono rivolti alla ricerca di una correlazione significativa tra il livello di esposizione a silice e la riduzione del FEV1 e del FVC. Infatti questi parametri mostrano una significativa associazione con la durata dell'esposizione e con le alterazioni radiologiche (Rx ILO con alterazioni di tipo 1/0 o più). Si è osservata un'associazione tra l'esposizione a concentrazioni ambientali $< 1$ mg/m$^3$ di polvere contenente il 10% di silice cristallina e una riduzione della funzione respiratoria (FEV1/FVC).

Lo spirogramma forzato appare quindi il test più diffuso nella diagnostica della funzione respiratoria delle pneumoconiosi, ma viene raccomandato costantemente che esso venga eseguito rispettando rigorosamente le norme ATS, soprattutto se si vogliono eseguire osservazioni longitudinali.
Il test Vd/Vt basale e da sforzo è utilizzato soprattutto per la valutazione della gravità dell'insufficienza ventilatoria, il rapporto aumenta con lo sforzo nelle forme gravi, tende a ridursi in quelle più lievi. Se risulta alterato nei casi più lievi occorre valutare una compromissione vascolare del polmone.
Il Dlco è spesso ridotto nelle patologie polmonari interstiziali (ILD), i parametri emogasanalitici si alterano nelle forme più avanzate.

---

*4. A cura di Loi A.M, Rossi O, Dipartimento della Prevenzione U.F PISLL, Livorno*
*Talini D., Turini L., Dipartimento della Prevenzione U.F PISLL, Pisa*

La classificazione internazionale ILO 1980 della radiografia AP del Torace (Rx ILO) per le pneumoconiosi costituisce ancora lo strumento più diffuso per la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti a polveri. Per la lettura ILO/BIT della radiografia standard del torace in PA si dispone attualmente anche della versione digitalizzata del set di riferimento (Syllabus ILO 2000).
La Tomografia Computerizzata (CT) è stata utilizzata a partire dagli anni '70 poiché era apparsa più efficace della RxT nel mettere in evidenza gli ispessimenti pleurici e le placche pleuriche da amianto. In alcuni paesi industrializzati (Germania, Finlandia, Francia, Giappone) si sono compiuti studi per verificare se la CT o la HRCT potessero essere impiegate negli esami periodici di sorveglianza sanitaria per i lavoratori esposti a polveri.
Allo scopo sono stati anche messi a punto criteri di lettura della CT per misurare le alterazioni pneumoconiotiche e le placche pleuriche (International Classification of HRCT for Pneumoconioses). La HRTC offre la opportunità di evidenziare con grande definizione le alterazioni polmonari caratteristiche delle pneumoconiosi, oltre che di altre patologie polmonari come la sarcoidosi, l'alveolite fibrosante, l'alveolite allergica estrinseca, l'istiocitosi X e la linfoangioleiomiomatosi (LAM).
Negli ultimi anni alcuni studi sono stati condotti proprio allo scopo di confrontare HRCT e RX del torace nella diagnostica della silicosi. E' emerso che l'HRCT è una tecnica più riproducibile e accurata rispetto all'Rx in quanto permette di evidenziare meglio i fenomeni di coalescenza o di conglomerazione delle pneumoconiosi e correla meglio con la compromissione funzionale. Tuttavia è stato rilevato che le due tecniche non concordano nei primi stadi della malattia e non esiste alcuna evidenza che la sensibilità dell'HRCT sia migliore di quella dell'Rx standard (con lettura ILO) nella diagnosi precoce della malattia. L'RxT eseguita con i criteri ILO 1980 si può quindi considerare un ottimo esame di screening per la silicosi, preferibile alla CT per il suo basso costo, la facile accessibilità e la minore esposizione a radiazioni ionizzanti.
Di una certa utilità possono risultare i test morfologici quali l'esame dell'espettorato o altri se sono in gioco ipotesi diagnostiche alternative alla silicosi o all'asbestosi.

***Cancro del polmone***

Grazie alla disponibilità di nuovi mezzi diagnostici e di nuove tecniche chirurgiche terapeutiche, oggi si discute molto sulla opportunità di applicare test di screening di popolazione per la diagnosi precoce del cancro polmonare. Tra i test proposti figurano tra le metodiche non invasive e per immagini i marcatori biomolecolari, la LDTC (Low-dose spiral and high resolution computer tomography) e la PET (positron emission tomography), oltre naturalmente a tutte le metodiche invasive.
In passato è stato osservato che la RxT associata all'esame citologico dell'espettorato non ha consentito di ridurre la mortalità per tumore del polmone. E' noto infatti che un risultato negativo della RxT non esclude necessariamente l'esistenza di lesioni. E' anche noto che gli esami tomografici computerizzati (CT) possono mettere in evidenza molte più numerose piccole anomalie del polmone, che peraltro spesso si rivelano di natura benigna dopo ulteriori indagini. L'impiego della LDTC e della HRCT pertanto è ancora oggetto di discussione soprattutto a causa della elevata percentuale di falsi positivi (overdiagnosis) e dei costi elevati. Al momento attuale non sono ancora pubblicati gli esiti di *trials clinici randomizzati* (RTC), che sono condotti in diverse parti del mondo. I più citati sono lo USA National Lung Screening Trial, dove sono arruolati circa 50.000 soggetti; lo studio francese Depiscan Trial con 21.000 arruolati; lo studio NELSON Trial in Olanda con 24.000 arruolati e lo studio LUCAS nel Regno Unito con 24.000 arruolati. Per ottenere dei risultati occorre un periodo minimo di 5-10 anni di follow-up e naturalmente questi studi investono molti milioni di dollari. Dati preliminari dello studio Early Lung Cancer Action Program trial (ELCAP) su 1000 soggetti sottoposti a LDTC e messi a confronto con un campione di soggetti non sottoposti allo screening, analizzati con un particolare modello statistico, hanno messo in evidenza un buon rapporto costo/beneficio, che tuttavia si riduce notevolmente o si perde qualora la overdiagnosis superi il 50%. Anche un recente lavoro di Henschke in cui sono riportati i risultati di un confronto fra lo studio ELCAP I e ELCAP II, pur confermando la buona performance diagnostica della LDTC nella diagnosi di forme iniziali di tumore polmonare, non esclude che l'overdiagnosis possa rappresentare un bias e sollecita la necessità di ulteriori studi ed approfondimenti. A questo proposito oltre agli studi clinici randomizzati di ampie dimensioni avviati dal National Cancer Institute e dall'ACCRIN negli Stati Uniti, è attiva una collaborazione United States/European Union (EU/US) alla quale partecipano diversi paesi che stanno realizzando anche in Europa, compresa l'Italia (attualmente solo con la Regione Toscana, dove lo studio ha già preso avvio), studi clinici randomizzati controllati in cui è previsto il confronto dei risultati ottenuti con un gruppo di controllo in modo da controllare efficacemente il possibile impatto dello screening sulla mortalità ed in generale sulla salute pubblica. Numerose inoltre sono le segnalazioni di come un uso associato della LDTC e della PET sarebbe efficace per una diagnosi delle lesioni cancerose in soggetti con età superiore a 50 anni e con abitudine al fumo superiore o uguale a 20 py.
Gli studi pubblicati in sostanza sono stati quasi tutti condotti in popolazioni ad alto rischio ossia in forti fumatori o ex fumatori e suggeriscono che in alcune particolari condizioni la diagnosi precoce del cancro polmonare potrebbe consentire di migliorare la storia naturale della malattia. Tuttavia questa opportunità si verifica quando siano anche disponibili tecniche terapeutiche avanzate e adeguate. Perciò lo screening di popolazione con LDTC, come anche qualsiasi altro programma di screening e di sorveglianza sanitaria, dovrebbe essere proposto quando esistano alcune condizioni preliminari descritte nella tavola 2.
La US Preventive Task Force ha indicato che, poiché non è ancora provato che lo screening con LDTC può ridurre la mortalità per cancro del polmone, specialmente nella popolazione a basso rischio, tenuto conto che l'attesa di vita è modesta, i costi anche sociali sono enormi e i possibili danni da radiazione non sono trascurabili, l'uso di questa metodica applicato su larga scala in soggetti asintomatici come screening non è al momento raccomandabile.
Altre tecniche invasive e di *imaging* sembrano essere promettenti nella diagnostica del carcinoma *in situ*. Trattandosi tuttavia di tecniche invasive non sono proponibili come metodiche di screening in soggetti asintomatici, ma eventualmente da valutare negli RTC. A questo proposito occorre inoltre ricordare che, mentre la LDTC è l'esame di scelta per le alterazioni periferiche del parenchima polmonare, gli esami broncoscopici sono invece indicati anche con le possibili varianti (immunoistochimica, fluorescenza e autofluorescenza) per le lesioni centrali.
Al momento attuale anche gli studi di screening di popolazione con l'utilizzo dei biomarcatori non sono sufficientemente definitivi e quindi non proponibili su vasta scala.

***1. Prove di funzionalità respiratoria***

Oltre all'anamnesi, ai sintomi e ai segni clinici, la valutazione della funzionalità respiratoria dispone dei seguenti test funzionali:

**A. Metodiche non invasive**

1. spirogramma forzato e calcolo degli indici FEV1, FEV1/FVC
2. spirometria completa e calcolo degli indici Vt, Vr, Vd, Vd/Vt basale e dopo sforzo
3. diffusione alveolo capillare del monossido di carbonio (Dlco)

**B. Metodiche invasive**

1. emogasanalisi arteriosa

***2.Test sierologici e chimico clinici***

1. test di routine ematologia, spesso non danno molto aiuto
2. vari test ematologici ed urinari, utili per lo più nelle diagnosi differenziali delle varie ILD
3. marcatori biomolecolari

***3. Test morfologici***

**A. Metodiche non invasive**

2. citologia dell'escreato

**B. Metodiche invasive**

1.broncoscopia a fibre ottiche associata al lavaggio broncoalveolare per ottenere cellule polmonari profonde (BAL)
2.broncoscopia ad autofluorescenza
3.ultrasonografia endobronchiale
4.biopsia transbronchiale del tessuto polmonare
5.biopsia bronchiale e indice cumulativo delle anomalie immunoistochimiche delle displasie
6.biopsia chirurgica video-assistita del tessuto polmonare

**C. Metodiche per immagini**

1.radiografia standard del torace (RxT)
2.radiografia digitale del torace (DxT)
3.radiografia AP del torace con metodica ILO 1980 ( RxILO)
4.LDTC – HRCT (Low-dose spiral and high resolution computer tomography)
5.PET (positron emission tomography)

**Tavola 1** - Rassegna dei test diagnostici in uso

| | |
|---|---|
| **Malattia** | prevalenza e probabilità di comparsa in popolazioni a rischio<br>incidenza annuale<br>storia naturale della malattia |
| **Screening test** | sensibilità e specificità<br>rischio associato alla dose di radiazione<br>perdita di qualità della vita associato allo screening e alla sua successiva gestione<br>frequenza delle complicanze e della loro gestione<br>proporzione dei non rispondenti al programma di screening<br>esistenza di screening alternativi |
| **Terapia** | disponibilità di terapie adeguate<br>proporzione tra soggetti diagnosticati e soggetti trattabili<br>beneficio legato al trattamento precoce, curabilità, efficacia, qualità della vita<br>frequenza delle complicanze legate al trattamento |
| **RTC** | entità del campione<br>programma di screening<br>durata del follow-up<br>riduzione della mortalità e della morbilità |
| **Rapporto costo/beneficio** | costi dello screening e della successiva gestione<br>costi del trattamento e del follow-up terapeutico, modifica dei fattori di rischio, modifica degli stili di vita<br>costi informali legati alla terapia, tempo e spostamenti, perdita di produttività<br>valutazione di programmi alternativi di screening<br>prospettive anche sociali<br>valutazione integrata delle misure sui rischi, i benefici e la qualità della vita<br>costi incrementali del programma di screening<br>incremento dei costi legati alla efficacia raggiunta |

**Tavola 2** - Parametri utili per valutare programmi di screening (da Hunink e Gazelle)

## Bibliografia


- Linee Guida per l'applicazione del Titolo VII- bis del D.Lgs. 626/94: Protezione da agenti cancerogeni. RisCh. 2002, Modena 27 settembre 2002.

- Sutedja G. *New techniques for early detection of lung cancer*. Eur Respir J Suppl. 2003 Jan ;39:57-66.

- Brambilla C. et al *Early detection of lung cancer: role of biomarkers*. Eur Respir J Suppl. 2003 Jan ;39:36-44.

- Field JK et al Consensus statements from the Second International Lung Cancer Molecular Biomarkers Workshop: a European strategy for developing lung cancer molecular diagnostics in high risk populations. Int J Oncol. 2002 Aug;21(2):369-73.

- Hunink M.G.M. and Gazelle G.S. *CT screening: a trade-off of risks, benefits, and costs*. J Clin Invest. 2003 Jun;111(11):1612-19.

- Wisnivesky JP et Henschke Low dose CT Scanning cost effective in lung cancer screening Chest. 2003.124(2):614-21

- Pastorino U. et al.: *Hearly lung – cancer detection whit spiral CT and positron emission tomography in heavy smokers: 2 years results*. Lancet. 2003; 23; 362(9384): 588-9.

- Suganuma N et al Asbestos-related pleural abnormalities detected by Chest X-Ray: fair agreement with detection by Computed Tomography. J Occup Health.2001;43:365-370.

- Begany T. *Helical CT: cost-effective in lung cancer and PE*.
- www.pulmonaryreviews.com/may03/pr_may03_helicalCT.html

- Ben JW et al. *Outcome of bronchial carcinoma in situ.* Chest.2000;117:1572-1576.
- www.chestjournal.org/cgi/content/full/117/6/1572

- Talmadge E. et al. *Interstitial Lung Diseases*. The Merck manual of Geriatrics. Section 10 Pulmonary Disorders. Chapter 80.

- Walker JS. *Permissible dose: a history of radiation protection in the twentieth century*. Med Lav 2003;94(3): 334-336.

- Brichet A. et al. *Pneumoconiosi dei lavoratori del carbone e silicosi*. Capitolo 7

- Meijer E. Am J Ind Med 2001;40(2):133-40.

- Ulvestad B. et al. *Cumulative exposure to dust causes accelerated decline in lung function in tunnel workers*. Occup Environ Med. 2001;58(10):663-9

- Hertzberg VS. et al. *Effect of occupational silica exposure on pulmonary function*. Chest 2002.122(2):721-8

- Forastiere F. *Silicosis and lung function decrements among female ceramic workers in Italy.* Am J Epidemiol. 2002;156(9):851-6

- Tjoe-Nij E. Am J Ind Med. 2003;43(6):574-83

- Ooi GC. *Silicosis in 76 men: qualitative and quantitative CT evaluation clinical - radiologic correlation study*. Radiology. 2003;228(3):816-25

- Moreira VB, Ferreira A, Gabetto JM, Marchiori E, Lourenco PM. *Comparative study of high resolution computer-assisted tomography with chest radiograph in silicosis.* Rev. Port. Pneumol. 2003. 9(1):33-40

- Talini D, Paggiaro PL, Falaschi F, Battolla L, Carrara M, Petrozzino M, Begliomini E, Bartolozzi C, Giuntini C. *Chest radiography and high resolution computed tomography in the evaluation of workers exposed to silica dust: realation with functional findings*. Occup. Environ. Med. 1995; 52:262-267.

- Henschke CI, Yankelevitz DF, Smith JP, Libby D, Pasmantier M, McCauley D, McGuinness G, Naidich DP, Farooqi A, Vasquez M, Miettinen OS. *CT screening for lung cancer . Assessing a regimen's diagnostic performance*. J Clin. Imaging. 2004; 28: 317-321.

- Studio sperimentale di efficacia dello screening per il cancro polmonare (ITALUNG-CT). Approvato con Delibera Regione Toscana n.7 del 12/01/04.


## 5. PROTOCOLLI DI SORVEGLIANZA SANITARIA DEGLI ESPOSTI ED EX-ESPOSTI A SILICE

Parlare di sorveglianza sanitaria degli esposti ed ex-esposti a silice significa parlare delle malattie respiratorie (silicosi, broncopneumopatia cronica ostruttiva e tumore del polmone) da una parte e delle altre malattie correlate con l'esposizione a silice dall'altra, avendo presente che il numero degli esposti stimato in Italia negli anni 1990-93 a silice cristallina era di 284.311 lavoratori (utilizzando i criteri CAREX - Mirabelli 1999).

**A. Malattie respiratorie**

***a. Silicosi e broncopneumopatia cronica ostruttiva***

**- Esposti**

Potrebbe essere razionale una periodicità che tenga conto dei livelli di esposizione (Dear 1996):

*all'assunzione:*

visita, spirometria completa di VR e DLCO, Rx torace secondo i criteri ILO/BIT, tine test.

*visite periodiche:*

Rx torace ogni 5 anni per i primi 20 anni, successivamente ogni 2 anni; visita e PFR (spirometria semplice) ogni anno lasciando eventuali approfondimenti solo al caso di una presenza di sintomi o alterazioni funzionali e/o radiografiche; tine test o Mantoux secondo indicazioni cliniche ed epidemiologiche locali senza periodicità prefissata.

Per soggetti esposti a livelli >50% TLV la periodicità potrebbe essere portata a 2 anni anche nei primi 20 anni.

*alla cessazione del lavoro:*

visita, spirometria completa di VR e DLCO, Rx torace secondo i criteri ILO/BIT, tine test o Mantoux secondo indicazioni cliniche ed epidemiologiche locali.

È utile ricordare che alla cessazione del lavoro, e/o della mansione a rischio, il lavoratore ha diritto a ricevere copia della cartella sanitaria e di rischio, compresi gli accertamenti sanitari ed in particolare la Radiografia del torace. La cartella infatti può essere utilizzata in occasione di successive visite preventive da parte del medico competente, o di altri sanitari (in particolare quelli curanti), al fine di evitare inutili ripetizioni di esami, soprattutto radiologici.

**- Ex-esposti**

La sorveglianza sanitaria degli ex esposti è tuttora considerata - anche sul piano normativo - un'opportunità e non un obbligo per il lavoratore. Come per gli ex-esposti ad altri agenti i cui effetti si possano manifestare a lunga distanza dall'inizio dell'esposizione, permane il problema di identificare chi dovrebbe farsi carico dei costi degli eventuali accertamenti.

Per i soggetti asintomatici e senza alterazioni Rx può comunque essere proposta, in caso positivo, una periodicità analoga a quella degli esposti a bassa esposizione che continuassero il lavoro, mentre per i soggetti sintomatici e/o con alterazioni Rx la visita e le PFR dovrebbero essere annuali.

***b. Tumore del polmone***

**- Esposti ed ex-esposti**

Non pare il caso di esaminare le diverse problematiche connesse alla sorveglianza sanitaria di esposti ed ex esposti a cancerogeni respiratori (Innocenti 2003). In realtà, non è ancora ben definito cosa si intenda per sorveglianza sanitaria sugli esposti ed ex esposti a cancerogeni.

---

*5. a cura di Innocenti A.- Dipartimento della Prevenzione U.F. Medicina del Lavoro, Pistoia*

La decisione sembra essere motivata, più che da ragioni scientifiche basate sull'evidenza (quando invece si parla sempre più di *Evidence Based Prevention*), soprattutto da ragioni di ordine etico-sociale. In campo occupazionale i metodi di screening possono essere più giustificati in piccoli gruppi esposti ad alti livelli di cancerogeni che in grandi gruppi esposti a bassi livelli e comunque resta ancora valido il principio che metodi di screening di *routine* per i tumori professionali non possono essere raccomandati sulla base delle conoscenze attuali (Gustavsson 1998). D'altra parte è innegabile il nuovo scenario che si potrebbe delineare nella diagnosi precoce del tumore polmonare. Ma al momento attuale sono ancora necessarie cautele prima di suggerire avventuristiche proposte di sorveglianza sanitaria mediante TC spirale.

Innanzitutto bisogna ricordare il principio cardine della radioprotezione, cioè che è vietata la esposizione a radiazioni ionizzanti non giustificata e che anche in caso di esposizione di persone sane o di pazienti che partecipano volontariamente a programmi di ricerca medica o di screening sanitario "le esposizioni mediche …. devono mostrare di essere s*ufficientemente efficaci* mediante la valutazione dei potenziali vantaggi diagnostici o terapeutici complessivi da esse prodotti, inclusi i benefici diretti per la salute della persona e della collettività, rispetto al danno alla persona che l'esposizione potrebbe causare……." (D.Lgs. 187/2000 Art. 3).

Dal punto di vista tecnico, se da una parte è vero che "è tempo per pensare positivamente" per il tumore polmonare (Smith 1999), al momento attuale non esistono ancora le condizioni tecnico-scientifiche per attuare programmi di screening attivo in quanto gli studi sperimentali basati sull'uso della TC spirale a basse dosi non hanno ancora le necessarie conferme in studi clinici randomizzati che permettano *conclusioni basate sull'evidenza* sul valore di questa tecnica (Patz 2001, Van Klaveren 2001, USPSTF 2004) ed i tassi di resezione per noduli benigni (fino al 98% di quelli messi in evidenza, con mortalità durante la resezione dell'1-4%) sono al momento ritenuti inaccettabili per un tentativo di screening di massa anche alla luce dell'eccessivo numero di sovradiagnosi (Bepler 2003, Humphrey 2004, Hunink e Gazelle 2003, Swensen 2002).

Tenuto conto dell'ampio dibattito sull'argomento tuttora in corso a livello mondiale (Berlin 2002) appare quindi corretto dare l'indicazione che soggetti con ben definiti livelli di esposizione siano utilmente inseriti in programmi di studio-ricerca, ma al momento non sia ancora proponibile di utilizzare tale tecnica per una sorveglianza sanitaria periodica su varie migliaia di lavoratori per di più in assenza (come capita frequentemente) di informazioni precise sulle pregresse esposizioni.

Ovviamente anche per la sorveglianza sanitaria sul tumore del polmone in soggetti ex esposti vale quanto già osservato per la silicosi e quindi, qualora risultino necessari approfondimenti radiologici nel singolo caso, è preferibile utilizzare la LDTC.

**B) malattie renali ed autoimmuni**

Pur essendo nota da tempo l'associazione fra silicosi e malattie autoimmuni come il lupus, l'artrite reumatoide e la sclerodermia, solo recentemente è stata messa in evidenza l'associazione fra la esposizione a silice (e non la silicosi!) e queste malattie autoimmuni e l'insufficienza renale. Non esistono quindi in letteratura ipotesi o proposte di protocolli sanitari rivolti a tale gruppo di patologie (NIOSH 2002, Wagner 1996).

Per quanto riguarda la patologia renale si può ritenere sufficiente integrare le visite periodiche (durante e dopo l'esposizione lavorativa) con il semplice esame delle urine di poco costo, di nessun disturbo per il lavoratore e che può essere considerato un test di screening abbastanza ricco di informazioni su cui basare gli eventuali accertamenti ulteriori.

Per quanto riguarda invece la patologia connettivale e/o autoimmune non sembra possibile al momento attuale individuare esami semplici, poco costosi e non diagnostici (test di screening) da proporre come integrazione alla visita periodica per tutti gli esposti in quanto troppo spesso esistono risultati falsamente positivi che inducono inappropriati approfondimenti di laboratorio e/o strumentali (Rheumatology 1999). Poiché l'anamnesi e l'esame fisico rimangono le pietre miliari nella valutazione del paziente con sintomi reumatici e muscoloscheletrici, si ritiene d'altro canto necessario per i medici competenti (e più in generale per gli eventuali altri sanitari interessati) un aggiornamento professionale su segni e sintomi precoci di queste malattie connettivali e/o autoimmuni per la precoce individuazione di quei soggetti che necessitano di percorsi diagnostici ad hoc.

## Bibliografia


- Bepler G, Carney DG, Djulbegovic B, Clark RA, Tockman M: *A systematic review and lessons learned from early lung cancer detection trials using low-dose computed tomography of the chest*. Cancer control 2003; 10: 306-314

- Berlin L: *Liability of performing CT screening for coronary artery disease and lung cancer.* Am J Roentgenol 2002; 179: 837-842

- Dear JA: *Special Emphasis Program (SEP) for SILICOSIS*. www.osha.gov/Silica/SpecialEmphasis.html

- Gustavsson P: Cancer: Prevention . in *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety* - ILO/BIT ed. - Geneva (CH) 1998 - vol. 1 pag 2.14-2.18

- Humphrey LL, Teutsch S, Johnson M: *Lung cancer screening with sputum cytologic examination, chest radiography, and computed tomography: an update for the U.S.* Preventive Task Force. Ann Intern Med 2004; 140: 740-753

- Hunink MGM, Gazelle GS: *CT screening: a trade-off of risks, benefits, and costs*. J Clin Invest 2003; 111: 1612- 1619

- Innocenti A, Ciani Passeri A, Carnevale F, Loi AM, Seniori Costantini A: *La sorveglianza sanitaria degli ex esposti a cancerogeni: la ricerca di un modello operativo in Toscana* Atti Convegno Nazionale *LA PREVENZIONE DEL RISCHIO CANCEROGENO NEI LUOGHI DI LAVORO* Pisa 20-22/2/03 pagg 133-137

- Mirabellil D: *Stima del numero dei lavoratori esposti a cancerogeni in Italia, nel contesto dello studio europeo CAREX*. Epid Prev, 1999; 23:346-359

- NIOSH HAZARD REVIEW: *Health effects of occupational exposure to respirabile crystalline silica*. NIOSH Publication 2002-129

- Patz EF, Goodman *PC: Low-dose spiral computed tomography screening for lung cancer: not ready for prime time*. Am J Respir Crit Care Med 2001; 163: 812-815

- Smith IE: *Screening for lung cancer: time to think positive*. Lancet 1999; 354: 86-87

- Swensen SJ: *CT screening for lung cancer*. Am J Roentgenol 2002; 179: 833-836

- U.S. PREVENTIVE SERVICES TASK FORCE: *Lung cancer screening: recommendation statement*. Ann Intern Med 2004; 140: 738-739

- Van Klaveren RJ, Habbema JDF, Pedersen JH, De Koning HJ, Oudkerk M, Hoogsteden HC: *Lung cancer screening by low-dose spiral tomography*. Eur Respir J 2001;18: 857-866

- Wagner GR: *Screening and surveillance of workers exposed to mineral dust*. World Health Organization - Geneva (CH) 1996
www.rheumatology.org/publications/primarycare/number6/toc.html

## 6. IL GIUDIZIO D'IDONEITÀ

Il medico competente ha l'obbligo di istituire, analogamente a qualsiasi altra situazione in cui vi sia l'obbligo della sorveglianza sanitaria, una cartella sanitaria e di rischio, nella quale vengono annotate le condizioni di esposizione, il programma di accertamenti integrativi e i giudizi di idoneità alla mansione. Esiste l'obbligo di indicare per iscritto al datore di lavoro ed al lavoratore il giudizio di non idoneità parziale o totale alla mansione o al lavoro.
Il DPR 1124 (con la relativa modulistica: scheda sanitaria e attestazione) prevede voci già definite, che peraltro non sono in discordanza con la procedura individuata nel D.Lgs. 626/94 e successive modifiche, ma solo in qualche modo più specifiche e predefinite. Tuttavia il problema principale attualmente è quello di definire se possibile criteri uniformi per l'espressione del giudizio, che rimane in ogni caso una responsabilità del medico competente.
Si può sostenere che quanto categoricamente previsto dal DPR 1124 debba essere mantenuto; quindi l'associazione di silicosi di ogni grado con la tbc polmonare costituisce una situazione di chiara non idoneità alla mansione che comporti esposizione a silice. Appare superfluo precisare che si intende per esposizione a silice qualsiasi attività lavorativa nella quale sia stata messa in evidenza una concentrazione di silice anche inferiore al VL.
Per analogia con la situazione precedente si deve considerare che la presenza di cancro del polmone in associazione a silicosi sia una condizione che impone il giudizio di non idoneità alla stessa mansione.
In entrambe le situazioni, se le condizioni di salute del lavoratore lo consentono, si può consigliare un cambio di mansione, altrimenti si dovrà esprimere un giudizio di non idoneità al lavoro e quindi l'allontanamento del lavoratore. Avverso tale giudizio espresso dal medico competente è consentito ricorso all'Organo di Vigilanza ai sensi del D.Lgs. 626/94 e successive modifiche.
Se il lavoratore esposto, sempre alle condizioni permesse dalle norme, risulta affetto da silicosi anche iniziale, ma non associata a tbc o a cancro del polmone, il giudizio di idoneità dovrà essere espresso tenendo conto fondamentalmente di due fattori: il grado di compromissione e il grado di evolutività del quadro radiologico e funzionale. Sulla base di queste considerazioni e tenendo conto delle condizioni di esposizione (accettabili secondo le norme, ossia al di sotto dei VL), il medico competente potrà esprimere un giudizio di idoneità alla mansione accompagnato da prescrizioni: uso dei DPI e controlli sanitari più frequenti rispetto alla periodicità prestabilita.
Come già ricordato in altre sezioni di questo documento esiste e persiste la possibilità, per i lavoratori affetti da silicosi, di usufruire delle prestazioni assicurative da parte INAIL, quali ad esempio la rendita di passaggio (art 150 del DPR 1124), specifiche che accompagnano l'allontanamento dalla mansione o dal lavoro.

---

*6. A cura di Loi A.M., Innocenti A. (U.F MdL ASL, Pistoia)*

## 7. PECULIARITÀ E CRITERI DEL RICONOSCIMENTO ASSICURATIVO

La tutela obbligatoria per le malattie professionali per quanto attiene la silicosi e l'asbestosi è regolamentata da norme speciali contenute nel capo VIII del vigente T.U. ("disposizioni per l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali D.P.R. 30/06/65 n.1124").
Tali norme sono state parzialmente modificate dalla legge 27 dicembre 1975 N. 780 che ha introdotto la presunzione legale del rischio di contrarre la silicosi nelle lavorazioni per le quali è obbligatoria l'assicurazione (v. Allegato 8 T.U.) ed ha abrogato la definizione giuridica delle pneumoconiosi.

**L'istruttoria e gli accertamenti medico-legali**
L'istruttoria di tutti i casi di "malattie professionali" prevede l'invio all'INAIL del **primo certificato medico** e della **denuncia**, come indicato negli Art. 52 e 53 del T.U. che stabiliscono che l'assicurato comunichi al datore di lavoro la "malattia":
"*....La denuncia di malattia professionale deve essere fatta dall'assicurato al datore di lavoro entro il termine di giorni quindici dalla manifestazione di essa sotto pena di decadenza dal diritto a indennizzo per il tempo antecedente la denuncia.*

***Articolo 53:***
"*.....La denuncia delle malattie professionali deve essere trasmessa sempre con le modalità di cui all'Art. 13 dal datore di lavoro all'Istituto assicuratore, corredata da certificato medico, entro i cinque giorni successivi a quello nel quale il prestatore d'opera ha fatto denuncia al datore di lavoro della manifestazione di malattia. Il certificato medico deve contenere, oltre l'indicazione del domicilio dell'ammalato e del luogo dove questi si trova ricoverato, una relazione particolareggiata della sintomatologia accusata dall'ammalato stesso e di quella rilevata dal medico certificatore. I medici certificatori hanno l'obbligo di fornire all'Istituto assicuratore tutte le notizie che esso reputi necessarie....*".

Nel caso della silicosi la denuncia di malattia professionale può essere fatta senza limiti di tempo dalla cessazione del rischio. Dopo aver stabilito se il richiedente rientra tra i soggetti tutelati per i quali è obbligatoria l'assicurazione contro gli infortuni sul lavoro (Art.1 T.U.), nell'INAIL si procede all'istruttoria medico-legale che prevede una anamnesi con particolare riguardo a quella lavorativa. Quanto dichiarato dall'assicurato deve essere supportato da documentazione oggettiva (libretto di lavoro o altro) che **attesti l'adibizione** ad una delle lavorazioni previste dall'Allegato 8 T.U. (Tabella delle lavorazioni per la quale è obbligatoria l'assicurazione contro la silicosi e l'asbestosi). Per le lavorazioni in elenco la normativa vigente consente di presumere il rischio specifico senza necessariamente procedere ad una valutazione tecnica della concentrazione delle polveri.
L'introduzione della citata tabella non ha presentato alcun carattere limitativo, ma anzi riconduce nella sfera della tutela tutte le lavorazioni "….che comunque espongano all'inalazione di silice libera" (v. lettera F allegato 8 T.U.).
La valutazione del rischio nei casi dubbi è affidato alla Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione (Contarp) la quale, mediante (ove possibile) sopralluoghi ed analisi quali-quantitative o esame della documentazione esistente, si esprime in merito alla sussistenza della esposizione a silice libera anche ai fini della definizione dei casi in cui sussiste l'obbligo assicurativo.

---

*7. A cura di Clemente M. - Sovrintendenza Medica Generale INAIL*

L'Istituto assicuratore, qualora la documentazione acquisita risultasse insufficiente e/o assente o incongruente, provvede autonomamente a reperire quanto necessario per la trattazione del caso anche tramite il Servizio Ispettivo. In epoca antecedente alla legge N. 780/75 sulla base di una definizione giuridica la silicosi veniva qualificata come una "fibrosi polmonare complicata o non da tubercolosi polmonare che, provocata da inalazione di polvere di biossido di silicio allo stato libero, si manifesta particolarmente con bronchite ed enfisema e ripercussione sull'apparato circolatorio ed all'esame radiologico con disseminazione diffusa di ombre nodulari miliariformi, confluenti o non". L'abrogazione della citata definizione giuridica di silicosi ha comportato l'introduzione di criteri di valutazione non più vincolati ad una rigida previsione normativa ma connessi ad un giudizio diagnostico basato sulla corretta applicazione di criteri scientifici internazionalmente riconosciuti.

A tal fine, fin dal 1976 sono state date indicazioni affinché in tutte le unità territoriali venissero eseguiti accertamenti clinici e di laboratorio (ricerca del Bacillo di Koch nell'espettorato, Emocromo, VES, EGA) ed accertamenti strumentali: elettrocardiogramma, spirometria, DLCO, esami radiografici del torace secondo le indicazioni del BIT con adozione di un modulo di refertazione attualmente informatizzato (BIT 80).
In anni più recenti è stata suggerita l'esecuzione di metodiche diagnostiche di secondo livello quali la tomografia computerizzata ad alta risoluzione del torace (HRCT).

**Le prestazioni**
Le prestazioni assicurative sono dovute in tutti i casi di silicosi con le loro conseguenze dirette da cui sia derivato un danno ed in tutti i casi di associazione della silicosi ad altre forme morbose dell'apparato respiratorio e cardiocircolatorio.
I lavoratori affetti da silicosi o asbestosi percepiscono un assegno giornaliero nei giorni in cui devono assentarsi dal lavoro per sottoporsi ad accertamenti diagnostici o cure,

- una rendita diretta per inabilità permanente per eventi antecedenti al 25 luglio 2000 (grado 11-100 %),
- un indennizzo per la menomazione della integrità psicofisica (danno biologico) e per le sue conseguenze patrimoniali (eventi successivi al 25 luglio 2000):
- =>6% < 16% indennizzo del danno biologico in capitale,
- => 16% indennizzo del danno biologico in rendita indennizzo con ulteriore quota di rendita per conseguenze patrimoniali (v. D.Lgs. 38/00).

Particolare prestazione è la rendita di passaggio (art 150 T.U.), corrisposta ai soggetti riconosciuti affetti da silicosi al fine di consentire l'allontanamento del lavoratore dalle lavorazioni morbigene. Altre prestazioni: rendita ai superstiti (se la morte è causata dalla malattia professionale), assegno funerario, assegno per assistenza personale continuativa, assegno di incollocabilità, fornitura di protesi e presidi, cure idrofango-termali (riabilitazione respiratoria) e soggiorni climatici.

**Silice-silicosi e tumore del polmone**
Per i casi di silicosi e tumore del polmone si fa riferimento all'Art. 4 della legge 780/75 che permette di riconoscere la malattia (tumore) associata sia nel caso di prestazioni diretta sia nel caso di rendita ai superstiti.
Per i casi di tumore del polmone riferito alla esposizione a silice in assenza di silicosi, trattandosi di malattia non rientrante nel sistema tabellare, con riferimento alla sentenza n. 179/88 della Corte Costituzionale si valutano i singoli casi tenuto conto dei dati epidemiologici (IARC 1997).
Al momento le poche denunce relative al tumore del polmone da esposizione a silice hanno riguardato prevalentemente lavorazioni con più rischi cancerogeni e pertanto non consentono ancora un'adeguata valutazione epidemiologica ai fini assicurativi.

**Il D.M. 27 aprile 2004**
Il Decreto del Ministero del Lavoro e delle Politiche sociali del 27 aprile 2004 (Gazzetta Ufficiale n. 134 del 10 giugno 2004) aggiorna l'elenco delle malattie da lavoro per le quali vige l'obbligo di denuncia da parte dei sanitari ai sensi e per gli effetti dell'Art. 139 del DPR n. 1124 del 30 giugno 1965. Il nuovo elenco sostituisce quello previsto dal DM 18 aprile 1973 (Gazzetta Ufficiale n. 203 del 07/08/1973) ed è costituito dalla lista I, contenente malattie la cui origine lavorativa è di "elevata probabilità", dalla lista II, contenente malattie la cui origine lavorativa è di "limitata probabilità" ed infine dalla lista III, contenente malattie la cui origine lavorativa è "possibile".
Si tratta del recepimento del lavoro prodotto da un'apposita Commissione Scientifica istituita ai sensi dell'Art. 10 del D.Lgs. 38/2000, formata da rappresentanti del Ministero del lavoro e della previdenza sociale, del Ministero della sanità, del Ministero del tesoro, del bilancio e della programmazione economica, dell'Istituto Superiore della Sanità, del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), dell'Istituto Superiore per la Prevenzione e la Sicurezza del lavoro (ISPESL), dell'Istituto italiano di medicina sociale, dell'Istituto nazionale della previdenza sociale (INPS), dell'INAIL, dell'Istituto di previdenza per il settore marittimo (IPSEMA) e delle Aziende sanitarie locali (ASL) su designazione dalla Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato.
La denuncia prevista dell'Art. 139 del DPR n. 1124/1965, da inviare all'ispettorato del lavoro competente per territorio ed in copia all'azienda sanitaria locale e/o all'INAIL, rientra tra gli atti obbligatori a carico di ciascun medico che, limitatamente alle malattie della lista I e II, dovrà riportare il codice identificativo contenuto nelle relative liste. Il nuovo flusso operativo e la modulistica non sono stati ancora del tutto chiariti anche perché le predette denunce dovranno servire ad alimentare il Registro Nazionale delle Malattie causate dal lavoro ovvero ad esse correlate che sarà istituito presso la banca dati INAIL. La finalità di tali denunce è esclusivamente statistico-epidemiologica e pertanto non sostituisce il primo certificato medico di malattia professionale. L'elenco è costituito:

- dalla lista I, contenente malattie la cui origine lavorativa è di elevata probabilità
- dalla lista II, contenente malattie la cui origine lavorativa è di limitata probabilità
- dalla lista III, contenente malattie la cui origine lavorativa è possibile.

La silice libera cristallina è stata inserita nella Lista I (**di elevata probabilità**) come agente della silicosi polmonare, nella lista II (**di limitata probabilità**, dove la Commissione ha voluto comprendere "gli agenti del gruppo 1 della IARC per quelle malattie tumorali ancora in osservazione") per il tumore del polmone, per la sclerodermia, per l'artrite reumatoide, per il lupus eritematoso sistemico, nella lista III (**possibili**) per la poliangite microscopica e per la granulomatosi di Wegener.

## 8. STRUMENTI DI RACCOLTA DEI DATI SANITARI PER UN SISTEMA INFORMATIVO SUGLI ESPOSTI ED EX ESPOSTI A SILICE; FLUSSI INFORMATIVI

**Strumenti di raccolta dei dati sanitari**

E' possibile individuare degli strumenti di raccolta dei dati sanitari obbligatori sulla base dei titoli VII e VII bis del D.Lgs. 626/94 ed altri non obbligatori.

Sono individuati come ***obbligatori*** i seguenti strumenti di raccolta dei dati sanitari:

- ***cartella sanitaria e di rischio***: deve necessariamente contenere sia i dati sanitari che i dati di esposizione individuale forniti dal Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione. E' tenuta dal Medico competente che deve integrare i dati ambientali con le informazioni ottenute sia dai lavoratori sia tramite sopralluoghi che tramite richieste specifiche al datore di lavoro. È custodita presso la azienda o unità produttiva sotto la responsabilità del Datore di Lavoro e al momento della cessazione del rapporto di lavoro o di cessazione dell'attività dell'azienda deve essere trasmessa all' ISPESL (in applicazione sia del titolo VII che del VII bis) che lo conserva per 40 anni dopo la cessazione dell'attività che espone a silice. Una copia è consegnata al lavoratore al momento della cessazione del rapporto di lavoro.
- ***Registro degli esposti***: può essere cartaceo o informatizzato e deve contenere per ogni lavoratore l'attività svolta e i livelli di esposizione a silice in applicazione del titolo VII, è istituito e aggiornato dal Datore di Lavoro che ne cura la tenuta tramite il Medico competente. In caso di cessazione dell'attività dell'azienda deve essere trasmessa all' ISPESL
- ***Documentazioni scritte*** dei risultati sanitari anonimi e collettivi che fanno parte dei verbali delle riunioni periodiche previste dal 626/94 e del documento di valutazione dei rischi.

È possibile poi individuare *altri strumenti non obbligatori* di raccolta dei dati sanitari relativi anche ad epoche antecedenti alla applicazione del 626/94 come ad esempio:

- le cartelle sanitarie dei medici competenti
- le cartelle utilizzate nei casi di piani specifici di sorveglianza sanitaria di ex esposti a silice inseriti nelle iniziative dei Servizi di Prevenzione
- le cartelle sanitarie dei casi di malattia professionale già trattati dai Servizi territoriali di prevenzione
- i fascicoli sanitari dei casi di Silicosi presenti nei dossier degli archivi INAIL che contengono radiografie del torace e altre informazioni sanitarie
- i fascicoli sanitari dei casi di sospetta o accertata silicosi presenti negli archivi delle divisioni di pneumologia o fisiopatologia respiratoria ai quali afferiscono i lavoratori per una prima diagnosi ed effettuavano radiografie del torace.
- la documentazione di eventuali ricostruzioni di coorti di lavoratori esposti per studi ad hoc da parte dei servizi epidemiologici locali o regionali

Particolare importanza assume la registrazione corretta e finalizzata al monitoraggio nel tempo dei parametri di funzionalità respiratoria e delle immagini radiologiche.

La cartella sanitaria e di rischio potrebbe essere integrata con appositi strumenti come quelli riportati nelle figure 1, 1a, 2.

**Proposta di flussi informativi**

In questo contesto i flussi previsti potrebbero essere i seguenti:

1. *In condizione di piena applicazione dei decreti legislativi* i datori di lavoro e i medici competenti hanno l'obbligo di trasmettere la cartella sanitaria e di rischio con i dati di esposizione all' ISPESL e le liste nominative di esposti ed ex esposti (registri di esposti) ai Servizi territoriali di Prevenzione delle ASL ed all' ISPESL.
2. *In condizione di non applicazione dei decreti legislativi*, in particolare per ex esposti in epoca ante 626/94, non sono definite le liste degli esposti né tantomeno degli ex esposti, nonché i livelli individuali di esposizione a silice. In questo caso si può ipotizzare che i Servizi territoriali di Prevenzione delle ASL possano svolgere la funzione di individuazione e raccolta degli elenchi dei lavoratori ex esposti utili ad una ricostruzione ad hoc delle coorti e delle esposizioni lavorative (tramite i libri matricola e le altre informazioni reperite negli archivi storici aziendali) e che i Servizi stessi possano svolgere una funzione di registrazione dei dati nonché nodo intermedio nel comunicare i dati registrati a livello locale ai Servizi epidemiologici regionali.
3. I dati di patologia tumorale dei soggetti al lavoro devono essere inviati da parte dei medici competenti all'ISPESL, refertati ai servizi territoriali ed inviati all'INAIL come primo certificato medico di malattia professionale.
4. I dati di patologia tumorale dei soggetti ex esposti devono essere refertati, da parte dei Medici che vengono a conoscenza della sospetta malattia professionale, ai Servizi territoriali ed inviati all'INAIL come primo certificato medico di malattia professionale nonché inviati all'ISPESL.
5. I casi di patologia non tumorale correlata con l'esposizione a silice devono essere refertati ai servizi territoriali ed inviati all'INAIL come primo certificato medico di malattia professionale.
6. I Servizi di Prevenzione si possono far carico della registrazione locale dei casi refertati e della loro eventuale attribuzione e instaurare un flusso verso i Servizi epidemiologici regionali per valutazioni epidemiologiche ad hoc.

---

*8. A cura di Loi A.M., Rossi O., Talini D., Turini L.*

Nome_____ Residenza_____ Mansione _____

Sesso: ☐ Maschio ☐ Femmina Razza_____ n° identificativo_____

| Data | Tipo di strumento | Temp. Amb. (°C) | Età | Alt.* | Valori osservati (BTPS) | | | Teorici * | | | | Variazione (± % o litri) | | | Cooperazione del soggetto (buona, discreta, scarsa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $FEV_1$ | FVC | $FEV_1$/FVC% | $FEV_1$ | % Predetto | FVC | % Predetto | $FEV_1$ | FVC | $FEV_1$/FVC% | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

* Per i non-Caucasici, i Teorici per FEV1 e FVC devono essere moltiplicati per 0,85
\+ A piedi scalzi
1) Tradotta e modificata da: Occupational Health Program for Exposure to Crystalline Silica in the Industrial Sand Industry, first edition, 1997 - National Industrial Sand Association

**Figura 1** - Registrazione degli studi di funzionalità polmonare (1)

Nome Bianchi Francesco Residenza Novara Via Damiani, 1_ Mansione ceramista colatore____

Sesso: ☐ Maschio ☐ Femmina Razza Caucasica_____ n° identificativo _____

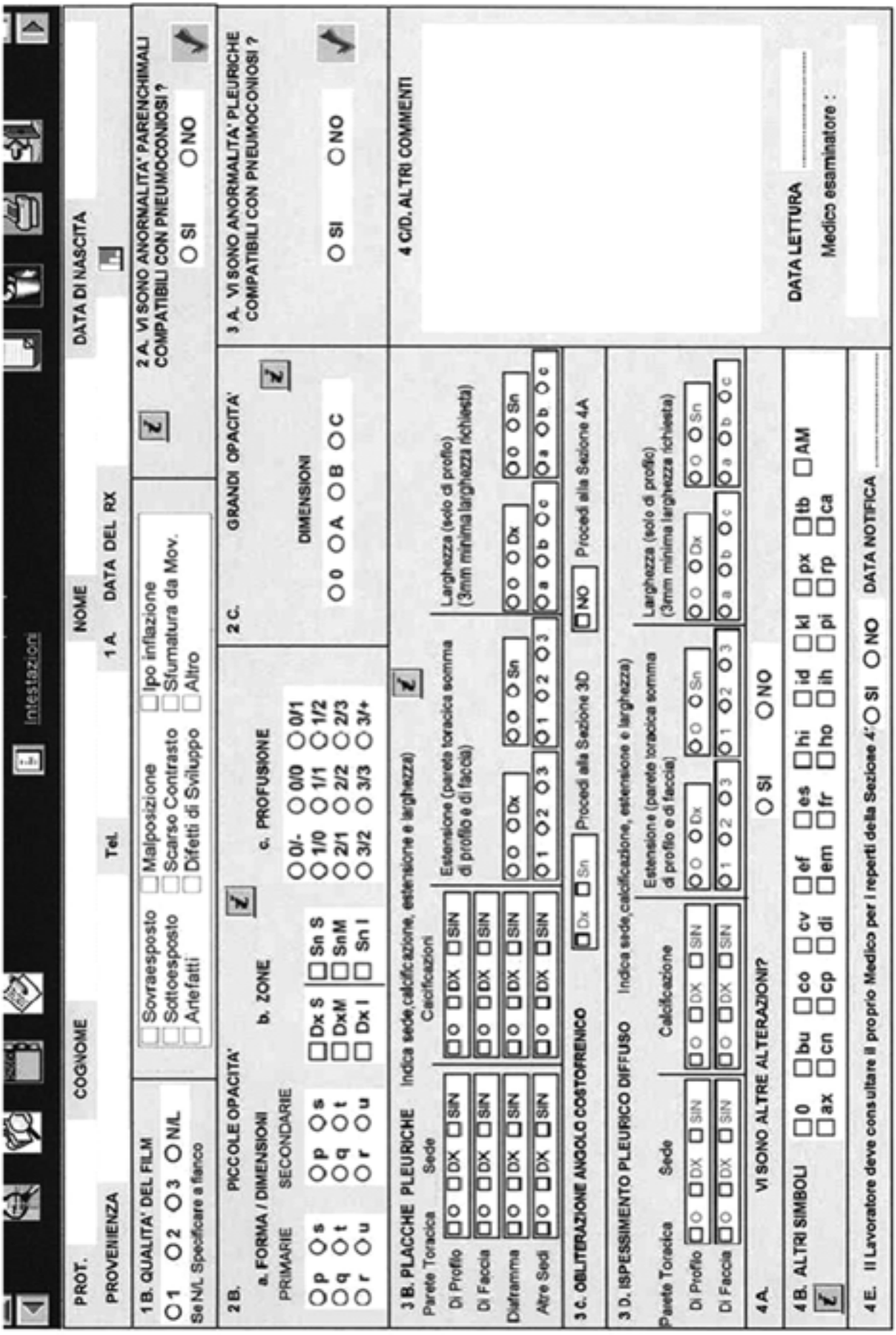
| Data | Tipo di strumento | Temp. Amb. (°C) | Età | Alt.* | Valori osservati (BTPS) | | | Teorici * | | | | Variazione (± % o litri) | | | Cooperazione del soggetto (buona, discreta, scarsa) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $FEV_1$ | FVC | $FEV_1$/FVC% | $FEV_1$ | % Predetto | FVC | % Predetto | $FEV_1$ | FVC | $FEV_1$/FVC% | |
| 21/01/82 | Rolling Seal | 23 | 26 | 1,83 | 4,71 | 5,80 | 81,2 | 4,60 | 102,4 | 5,65 | 102,7 | -- | -- | -- | D |
| 24/01/84 | " | 22 | 28 | 1,83 | 4,80 | 5,84 | 82,2 | 4,55 | 105,5 | 5,55 | 105,2 | +1,9 | +0,7 | +1,0 | B |
| 29/01/86 | " | 21,5 | 30 | 1,83 | 4,60 | 5,56 | 82,7 | 4,50 | 102,2 | 5,50 | 101,1 | -4,2 | -5,0 | +0,5 | B |
| 14/01/88 | " | 23 | 32 | 1,83 | 4,42 | 5,48 | 80,7 | 4,40 | 100,5 | 5,45 | 100,6 | -4,1 | -1,4 | -2,0 | D |
| 17/01/90 | " | 21 | 34 | 1,83 | 4,30 | 5,25 | 81,9 | 4,35 | 98,9 | 5,40 | 97,2 | -2,7 | -4,2 | +1,2 | B |
| 11/03/92 | " | 24 | 36 | 1,83 | 4,23 | 4,70 | 90,0 | 4,28 | 98,8 | 5,35 | 87,9 | -1,6 | -10,5 | +8,9 | B |
| 10/02/94 | " | 22 | 38 | 1,83 | 4,03 | 4,20 | 95,9 | 4,25 | 94,8 | 5,30 | 79,2 | -4,7 | -10,6 | +5,9 | B |
| 26/01/96 | " | 21,5 | 40 | 1,83 | 3,04 | 3,20 | 95,0 | 4,20 | 72,3 | 5,25 | 61,0 | -24,6 | -23,8 | -0,9 | B |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | |

* Per i non-Caucasici, i Teorici per FEV1 e FVC devono essere moltiplicati per 0,85
\+ A piedi scalzi

**Figura 1a** - Registrazione degli studi di funzionalità polmonare (esempio)

**Figura 2**

**PRIME PROPOSTE** **9.**



### PER UN MIGLIORAMENTO DEL "SISTEMA"

Partendo dalle nuove consapevolezze sui rischi connessi all'esposizione a silice libera cristallina ed in particolare dalla definizione IARC della silice come cancerogena nel gruppo 1 in alcune condizioni d'uso, si è cercato in questo documento di contribuire ad alcune chiarezze e di formulare indicazioni migliorative su alcuni degli aspetti che appaiono essenziali per una "buona pratica" in tema di approccio sanitario rispetto alle possibili conseguenze dell'esposizione alla silice.
Si è fatto un punto aggiornato sul complesso della legislazione complessivamente vigente, che percorre un lungo periodo, a partire dal 1124 del 1965 fino al recente D.M. del 27.4.2004.
Si sono delineate, sulla base delle esperienze, indicazioni sia sulla spinosa questione della periodicità del controllo radiologico sia sul fondamentale aspetto della qualità degli accertamenti eseguibili, in particolare per quanto concerne proprio gli esami radiologici e la loro refertazione; a tali aspetti è collegato (si vedano in proposito i ripetuti riferimenti nel documento) un miglioramento delle conoscenze e dell'aggiornamento professionale dei sanitari che a vario titolo vengono a contatto con soggetti esposti o affetti da danni correlabili alla silice.
Naturalmente gli accertamenti sanitari non possono prescindere dall'identificazione del rischio e dall'individuazione degli esposti, così come gli approfondimenti e le proposte contenute in questo documento sono imprescindibilmente connesse agli altri elaborati del Network; in particolare questa parte ha evidenti connessioni con il contributo epidemiologico, anche nella prospettiva di procedere a nuovi studi che portino a maggiori conoscenze sugli aspetti finora meno approfonditi quali in particolare la questione silice-cancro e le patologie extrapolmonari silice-correlate.

Come detto in premessa, rimangono tuttora aperti vari problemi e criticità: l'auspicio è che il presente contributo, insieme con le altre elaborazioni contenute nel prodotto complessivo curato dal NIS, concorra a determinare indicazioni metodologiche e soluzioni di sistema.

---
*9. a cura del* Gruppo di lavoro N.I.S.