

Agenzia Tutela Salute (ATS) Brianza

Dipartimento di Igiene e Prevenzione Sanitaria

Servizio Prevenzione Sicurezza Ambienti Lavoro

UOC PSAL Direzione – Via Novara, 3 – 20832 DESIO (MB) tel. 0362 304872-3-6-7 e-mail: psaldirezione@ats-brianza.it

UOS PSAL Lecco - Corso Giacomo Matteotti, 3 - 23900 LECCO - tel. 0341 281249 e-mail: uo.alle@ats-brianza.it

UOS PSAL Monza – Via De Amicis, 17 – 20900 MONZA – tel. 039 2384625 email: uo.almo@ats-brianza.it

UOS PSAL Vimercate – Via Banfi, 6 – 20876 ORNAGO (MB) – tel. 039 6286801 e-mail: uo.alvi@ats-brianza.it

PIANO MIRATO DI PREVENZIONE

“LAVORAZIONE DELLA PIETRA”

*CAMPAGNA DI PROMOZIONE DELLA SALUTE E DELLA SICUREZZA NEL
SETTORE DELLA LAVORAZIONE DELLE PIETRE NATURALI ED ARTIFICIALI*

Le buone prassi per la prevenzione del rischio “silice”

Luglio 2020

Documento elaborato da ATS BRIANZA

Sommario

1	INTRODUZIONE	3
1.1	SILICE CRISTALLINA E PERICOLI PER LA SALUTE	3
1.1.1	Come si sviluppa la silicosi	5
1.2	LAVORAZIONI DI PIETRE ARTIFICIALI E INCREMENTO DEI CASI DI SILICOSI.....	7
2	SCHEDA DI AUTOVALUTAZIONE AZIENDALE - INFORMAZIONI PER LA COMPILAZIONE	8
2.1	RICHIESTA DI INFORMAZIONI AI FORNITORI.....	8
2.2	VALUTAZIONE DEL RISCHIO CHIMICO/CANCEROGENO	9
2.2.1	Polvere di silice cristallina respirabile	9
2.2.2	Polveri inorganiche	10
2.3	VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE A POLVERI MEDIANTE CAMPIONAMENTI AMBIENTALI	10
2.3.1	Misurazione dell'esposizione a silice cristallina.....	10
2.3.1	Misurazione dell'esposizione a polveri	12
2.4	AZIONI DI MIGLIORAMENTO E MISURE DI PROTEZIONE DELLA SALUTE DEI LAVORATORI	13
2.5	UTENSILI E MACCHINE PERICOLOSE E DISPOSITIVI DI SICUREZZA	13
2.6	FORMAZIONE DEI LAVORATORI	14
2.7	SORVEGLIANZA SANITARIA.....	14
3	CONCLUSIONI.....	17
4	BIBLIOGRAFIA.....	17
5	ACRONIMI	18

1 INTRODUZIONE

1.1 SILICE CRISTALLINA E PERICOLI PER LA SALUTE

Con il termine silice si fa riferimento a un composto formato da silicio e ossigeno (SiO_2). **La forma di silice più pericolosa per la salute se inalata è quella cristallina.** La silice si può trovare in natura nella forma amorfa (idrata o anidra) o cristallina. Le due forme differiscono per la dalla disposizione interna degli atomi di silicio e ossigeno, che possono assumere un andamento regolare (forma cristallina) o disordinato (forma amorfa). Lo stato fisico più comune in natura è quello di solido cristallino, che è presente in molti minerali e costituisce il 75% della crosta terrestre. Le principali forme di silice cristallina sono il quarzo, la tridimite e la cristobalite; Il quarzo è senza dubbio la varietà di gran lunga più diffusa.

La silice cristallina in natura è presente in maggior parte delle rocce ed è contenuta in sabbia, argilla e pietre naturali, ma è presente anche in prodotti fabbricati, quali mattoni, cemento, piastrelle e pietre artificiali e prodotta artificialmente, come le fibre artificiali vetrose. Nella Tabella 1 è riportata la percentuale di silice cristallina in alcuni materiali naturali [1].

TABELLA 1: Percentuale di silice cristallina in materiali naturali

MATERIALI	% SILICE LIBERA CRISTALLINA
Ardesia	20-25
Argilla	2-45
Bauxite	Fino al 10
Calcare	0,2
Granito	25-35
Laterizi	10-45
Lipariti	25-35
Porfidi quarziferi	25-35
Quarzite	60-100
Sabbia	5-75

Le pietre naturali sono diffuse in natura e utilizzate come tali. Tra le pietre naturali più utilizzate vi sono il granito e il marmo; altri esempi di pietre sono quarzite e travertino. Il **granito** è una roccia intrusiva, derivante dalla solidificazione del magma all'interno della crosta terrestre; è caratterizzato da una percentuale di quarzo del 25-35%. Il **marmo** è una roccia carbonatica, che si forma attraverso un processo metamorfico (trasformazione della struttura minerale) da rocce sedimentarie quali il calcare o la Dolomia; è composto principalmente da carbonato di calcio. Normalmente le polveri di materiali calcarei presentano un contenuto in silice libera cristallina inferiore all'1% ed in ragione di ciò vengono classificate come PNOC (particelle non altrimenti classificate); ciò significa che possono provocare l'insorgere di disturbi

dell'apparato respiratorio quali bronchiti, bronchiti croniche, forme asmatiche, ma non alterano fibroticamente i tessuti [2].

Negli ultimi anni, nel comparto lavorazione lapidei, si è osservata l'introduzione delle **pietre artificiali**, agglomerati costituiti principalmente da minerali, resine e pigmenti. Sono ormai ampiamente diffusi gli **agglomerati a base di quarzo** con un contenuto di silice cristallina anche superiore al 90%.

Le pietre minerali naturali non contengono percentuali così elevate di silice cristallina ad eccezione della **quarzite**, unica roccia presente in natura, composta in netta prevalenza da quarzo.

In tabella 2 si riportano le concentrazioni, dichiarate dai produttori/distributori di alcune tipologie di pietre artificiali con i rispettivi settori di utilizzo.

TABELLA 2: Percentuale di silice cristallina in pietre artificiali

NOME COMMERCIALE	% SILICE CRISTALLINA	Settore di utilizzo	Fonte d'informazione
OKITE®	Fino al 92	Complementi di arredo (piani per cucina e bagni ed altri usi)	Scheda dati di sicurezza
AGGLOMERATO DI QUARZO (Stone Italiana SPA)	90-93	Pavimenti – Rivestimenti – Top - Complementi di arredo	Scheda informativa
SILESTONE®	94	Superfici in quarzo di piani cucina, bagno, pavimenti e rivestimenti	Sito internet
QEVO	93	Top cucina, architettura interna	Sito internet

I prodotti finiti in pietra naturale e artificiale non presentano di per sé un rischio per la salute. Tuttavia, **il taglio, la smerigliatura, la sabbiatura, la bocciardatura, la levigatura, la perforazione e la lucidatura di prodotti in pietra naturale e artificiale possono rilasciare nell'aria livelli pericolosi di particelle di polvere di silice cristallina** molto piccole, a cui i lavoratori sono esposti. Le polveri inalate contenenti silice cristallina sono particolarmente dannose quando sono composte da particelle di piccola dimensione (< 3÷5 µm); la silice caratterizzata da tali dimensioni molto ridotte è denominata *silice respirabile*. L'esposizione per inalazione a silice libera cristallina (SLC) può provocare gravi patologie, che possono essere riassunte in [1,3]:

1) Malattie polmonari:

- Silicosi (acuta, accelerata 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:
 - Poliangeite microscopica
 - Granulomatosi di Wegener
- Patologia renale (a prevalente meccanismo autoimmune)

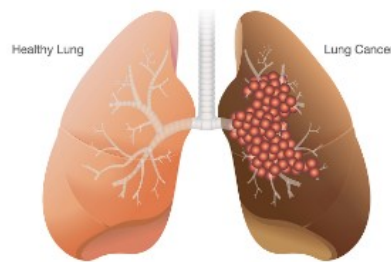
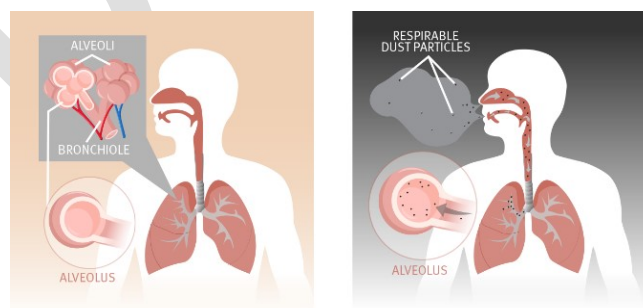


FIGURA 1: Cancro al polmone

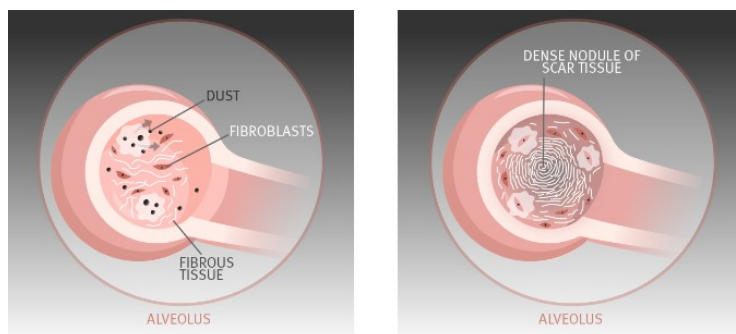
1.1.1 Come si sviluppa la silicosi

In condizioni normali, i polmoni possono rimuovere piccole quantità di polvere respirabile, ma se esposti a un elevato volume di polvere, le particelle possono rimanere intrappolate nel tessuto, causando irritazione e innescando una risposta dal sistema immunitario. Le cellule immunitarie cercano ripetutamente di curare l'area irritata e iniziano a formarsi piccole cicatrici. Questo fenomeno si chiama fibrosi. Se si forma abbastanza tessuto cicatriziale, la funzione polmonare può essere ridotta. Le seguenti immagini mostrano come si sviluppa la silicosi (immagini e informazioni tratte da Queensland Government, Department of Natural Resources and Mines 2019, webpage <https://www.dnrme.qld.gov.au/miners-health-matters/what-iscwp>).



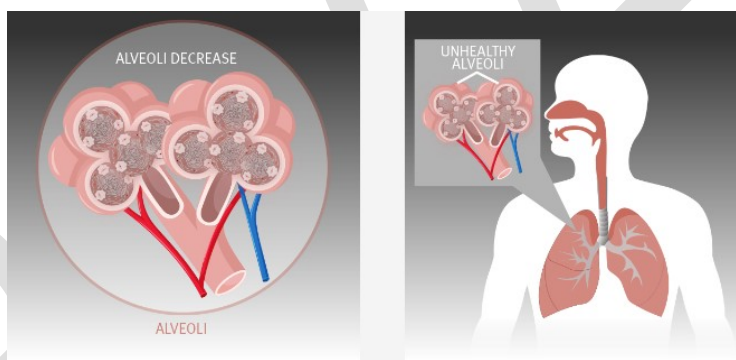
Gli alveoli sono minuscole sacche d'aria responsabili dello scambio di ossigeno e anidride carbonica con il sangue. Una tipica coppia di polmoni contiene circa 700 milioni di alveoli.

Poiché le particelle di polvere respirabile sono così piccole, sono in grado di viaggiare fino agli alveoli, dove possono causare irritazione all'interno della sacca d'aria.



Se la concentrazione di polvere respirabile è troppo elevata, i macrofagi innescano un'ampia risposta immunitaria. Le cellule fibroblastiche producono collagene per formare noduli di tessuto cicatriziale attorno alle particelle nel tentativo di intrappolare i macrofagi carichi di silice.

Nel tempo, con la continua sovraesposizione alla polvere respirabile, il processo si ripete più volte e si formano più noduli di tessuto cicatriziale.



A causa della formazione di tessuto cicatriziale, gli alveoli diventano incapaci di funzionare normalmente, riducendo il trasferimento di ossigeno nel flusso sanguigno.

Con la continua sovraesposizione alla polvere respirabile, le cicatrici diventano così estese che diventa difficile respirare profondamente. Anche la quantità di ossigeno che entra nel flusso sanguigno è ridotta.

1.2 LAVORAZIONI DI PIETRE ARTIFICIALI E INCREMENTO DEI CASI DI SILICOSI

La silicosi è una malattia polmonare professionale incurabile, causata dall'inalazione di particelle di silice cristallina respirabile. Queste particelle scatenano infiammazione e fibrosi nei polmoni, portando a una malattia progressiva, irreversibile e potenzialmente invalidante. Negli ultimi anni diversi studi hanno evidenziato un incremento dei casi di silicosi sia in Italia [4-6] che in altri paesi [7-12] tra gli operai addetti alla lavorazione delle pietre ed in particolare delle pietre artificiali, che possono contenere una percentuale di silice cristallina anche superiore al 90%.

In una pubblicazione recente[6], redatta dalle Università di Padova e di Torino e dal Dipartimento di Prevenzione ULSS 6 Euganea del Veneto, sono stati presi in esame tre casi di silicosi, insorti in lavoratori di una ditta specializzata nella produzione di piani, lavelli e altri accessori per cucine e bagni, con utilizzo prevalente di pietre sintetiche contenenti silice cristallina (circa 95%). I lavoratori svolgevano operazioni di finitura a secco, con uso di mole smeriglio e carteggiatrici presso postazioni dotate d'impianti di aspirazione. Il monitoraggio ambientale ha evidenziato delle concentrazioni di quarzo comprese tra 0.26 e 0.74 mg/m³ (10-30 volte superiori ai valori limite di esposizione professionale dell'ACGIH e 2-7 volte superiore al valore limite di 0,1 mg/m³ vigente in Italia dal 1 giugno 2020). I lavoratori avevano alla diagnosi un'età media di 37 anni con 10 anni di attività presso la stessa ditta e senza precedenti esposizioni a quarzo; si trattava di 2 ex-fumatori e 1 non fumatore. La diagnosi di silicosi è stata posta dopo un'attenta anamnesi lavorativa e l'analisi in microscopia ottica ed elettronica del parenchima, che evidenziava numerose particelle di silice (diametri tra 0.5-3 µm).

In un altro studio[11], condotto da un gruppo di pneumologi israeliani in collaborazione con il dipartimento di medicina occupazionale dell'Università di San Francisco, è stato preso in esame un gruppo di pazienti con diagnosi di silicosi, inviati al programma di trapianto del polmone dello stato di Israele, dal gennaio 1997 al dicembre 2010. Tutti i pazienti erano stati esposti a silice durante la lavorazione a secco di nuovi materiali artificiali ad elevato contenuto di silice cristallina, utilizzati per la realizzazione di piani da cucina e da bagno. Nei 14 anni di studio sono stati valutati 25 pazienti con silicosi, di cui 10 sono andati incontro a trapianto del polmone e 3 sono morti durante il follow-up senza arrivare al trapianto.

Nel 2019 negli USA sono stati pubblicati i risultati di uno studio[12], in cui sono stati esaminati 18 casi di silicosi, che comprendono i primi due eventi mortali segnalati negli Stati Uniti, tra i lavoratori del settore della fabbricazione della pietra artificiale in California, Colorado, Texas e Washington. Diversi pazienti presentavano una grave malattia progressiva e alcuni avevano associato malattie autoimmuni e infezione da tubercolosi latente. I casi sono stati identificati attraverso indagini indipendenti in ciascuno stato e confermati in base alla tomografia computerizzata (TC) dei reperti della biopsia del torace o del polmone.

Dai numerosi studi presenti in letteratura e di cui alcuni citati in questo paragrafo [4-12] **si evidenzia che i lavoratori, che fabbricano, lavorano e installano pietre artificiali in quarzo sono a rischio di sovraesposizione a silice cristallina, rilasciata durante il dimensionamento, il taglio, la molatura e la lucidatura, più di quanto lo siano in caso di lavorazione di pietre naturali.** È stato riscontrato un rischio significativo tra i lavoratori coinvolti nella lavorazione di questi materiali, con **casi gravi di silicosi insorti anche in soggetti giovani con anzianità relativamente breve** a differenza di quanto accade nella

lavorazione di pietre naturali. **L'esposizione a SLC da agglomerati artificiali è anche associata ad un aumentato rischio anche di altre patologie, quali malattie autoimmuni, infezioni polmonare (in particolare tubercolosi) e granulomi epatici.**

A fronte di un rischio significativo riscontrato tra i lavoratori coinvolti nella lavorazione di pietre artificiali, è stato condotto recentemente uno studio [12] su 3 campioni di pietre artificiali (A, B e C) a confronto con un campione di granito naturale. I campioni sono stati sottoposti a taglio e macinazione in un ambiente controllato. L'analisi gravimetrica, la diffrazione di raggi X e la microscopia elettronica a scansione con spettroscopia dispersiva di energia sono state impiegate per determinare le concentrazioni di silice cristallina e la morfologia di particelle sfuse e respirabili. **Il contenuto di silice delle polveri dai campioni artificiali A e B era del 91%**, dal campione C era <10%, mentre per il granito era del 31%. La percentuale di silice nella frazione respirabile per i campioni A e B era rispettivamente del 53% e del 54%, mentre il campione C era <5% e il granito era dell'8%. **Le concentrazioni per i campioni A e B erano principalmente nella nano-frazione.** Le particelle di silice di dimensioni nanometriche possono migrare dai polmoni al flusso sanguigno e raggiungere altri organi come il fegato e i reni. **La silicosi accelerata multiorganica è stata descritta da Guarnieri et al.[13] che hanno riportato cristalli di silice nel tessuto polmonare e granulomi epatici associati all'accumulo di particelle di silice cristallina nel tessuto epatico di due lavoratori esposti al quarzo per tagliare e lucidare piani artificiali della cucina.**

2 SCHEDE DI AUTOVALUTAZIONE AZIENDALE - INFORMAZIONI PER LA COMPILAZIONE

2.1 RICHIESTA DI INFORMAZIONI AI FORNITORI

La prima verifica, richiesta nella scheda di autovalutazione, che è stata sviluppata nell'ambito del Piano Mirato di Prevenzione "Lavorazione della Pietra", è relativa alla richiesta ai fornitori di pietre naturali e artificiali di informazioni sulla loro composizione al fine di individuare gli agenti chimici pericolosi, che possono generarsi durante le lavorazioni.

È di fondamentale importanza chiedere al fornitore tutta la documentazione disponibile sulla composizione delle pietre. Possono essere richieste **informazioni sulla tipologia e provenienza delle pietre naturali** e documenti quali **schede tecniche** e **schede informative** relative alle pietre artificiali. Alcune aziende hanno elaborato volontariamente una **scheda dati di sicurezza**, che è molto utile nella valutazione del rischio chimico e cancerogeno, che il datore di lavoro deve effettuare. È però necessario evidenziare che per le pietre naturali e artificiali non è previsto l'obbligo di redigere una scheda dati di sicurezza; esse, infatti, sono definite ai sensi del Regolamento REACH come *articoli* e non come sostanze o miscele. Il REACH prevede esclusivamente per sostanze e miscele l'obbligo di fornire una scheda dati di sicurezza in caso di presenza di costituenti pericolosi. Numerosi fornitori di pietre naturali e artificiali hanno inserito informazioni sul contenuto di quarzo o di altri componenti sul **sito internet aziendale** ed è quindi utile fare anche questa verifica.

In caso di pietre naturali informazioni utili sul contenuto di silice cristallina possono essere ricavate sia dal fornitore, sia da una ricerca in banche dati o altre fonti, studi o pubblicazioni[1], da cui è tratta anche la tabella 1 (*Percentuale di silice cristallina in materiali naturali*) a pag. 3 della presente guida.

2.2 VALUTAZIONE DEL RISCHIO CHIMICO/CANCEROGENO

Tutte le informazioni raccolte sulla composizione dei materiali lavorati sono essenziali per valutare il rischio per la salute, a cui sono esposti i lavoratori. Le pietre artificiali e naturali possono contenere silice cristallina e/o altre sostanze pericolose, che possono disperdersi nell'ambiente di lavoro. A seconda della composizione del materiale in lavorazione, occorre effettuare adeguate valutazioni del rischio chimico e/o cancerogeno.

2.2.1 Polvere di silice cristallina respirabile

Stante la legislazione attualmente in vigore, **la silice libera cristallina respirabile è considerata un agente cancerogeno**. Infatti con il D.Lgs. n. 44 del 1 giugno 2020, con cui è stata recepita la Direttiva (UE) 2017/2398 nel Decreto Legislativo 81/2008 è stata introdotta la voce "*Lavori comportanti esposizione a polvere di silice cristallina respirabile generata da un procedimento di lavorazione*" fra le attività che espongono ad agenti cancerogeni/mutageni (Allegato XLII del D.Lgs. 81/08).

Per frazione respirabile s'intende la frazione in massa delle particelle inalate, che giunge negli alveoli polmonari grazie alle loro piccole dimensioni. Secondo la norma UNI EN 481, che differenzia tre tipologie di frazioni di polveri in base alla loro dimensione (inalabili, toraciche e respirabili), la frazione respirabile è rappresentata da una sospensione di particelle con classe granulometrica generalmente inferiore ai 4 micron. Per tutte le lavorazioni in cui si generano polveri contenenti silice, si applica quindi quanto previsto dal Capo II del Titolo IX del D.Lgs. 81/08; occorre effettuare la **valutazione di rischio di cancerogeno** (art. 236) con l'eventuale istituzione del **registro degli esposti** (art. 243). Ai sensi dell'articolo 236 il datore di lavoro effettua una valutazione dell'esposizione ad agenti cancerogeni, che tiene conto, in particolare delle caratteristiche delle lavorazioni, della loro durata e della loro frequenza, dei quantitativi di agenti cancerogeni utilizzati. Il documento di valutazione dei rischi deve riportare:

- a) le attività lavorative che comportano la presenza di SLC
- b) i quantitativi di sostanze cancerogene utilizzati (percentuale di SLC nei materiali lavorati)
- c) il numero dei lavoratori esposti a SLC
- d) l'esposizione dei suddetti lavoratori a SLC e il grado della stessa;
- e) le misure preventive e protettive applicate ed il tipo dei dispositivi di protezione individuale utilizzati;
- f) le indagini svolte per la possibile sostituzione dei materiali contenenti SLC o la giustificazione dell'impossibilità di sostituzione

Il datore di lavoro deve aggiornare la valutazione dell'esposizione a sostanze cancerogene in occasione di modifiche del processo produttivo significative ai fini della sicurezza e della salute sul lavoro e, **in ogni caso, trascorsi tre anni dall'ultima valutazione.**

2.2.2 Polveri inorganiche

L'esposizione a polveri, che si liberano durante la lavorazione di pietre naturali e artificiali, può causare danni alla salute, anche se non vi è presenza di silice libera cristallina. La pericolosità delle particelle dipende dalla loro dimensione, forma e composizione chimica. In presenza di polveri negli ambienti di lavoro anche in assenza di sostanze cancerogene o mutagene occorre **valutare il rischio chimico** secondo quanto previsto dal Capo I del Titolo IX del D.Lgs. 81/08. Tutte le particelle inorganiche presenti nella polvere, siano esse di origine naturale o sintetica, possono esplicare effetti avversi in caso di esposizione per inalazione, contatto cutaneo o attraverso gli occhi. L'esposizione prolungata per inalazione ad altri tipi di polveri inorganiche può causare patologie polmonari interstiziali croniche, note come pneumoconiosi, dal greco pneuma (polmone) – konis (polvere).

2.3 VALUTAZIONE DELL'ESPOSIZIONE A POLVERI MEDIANTE CAMPIONAMENTI AMBIENTALI

La periodica misurazione della dispersione di sostanze chimiche pericolose nell'ambiente di lavoro consente di controllare l'esposizione dei lavoratori e le eventuali misure correttive adottate in caso di superamento dei valori limite permettono di mantenere il rischio per la salute entro limiti accettabili.

2.3.1 Misurazione dell'esposizione a silice cristallina

Nel caso siano utilizzate nelle lavorazioni pietre o altri materiali contenenti silice cristallina, **il datore di lavoro deve provvedere alla misurazione dell'esposizione dei lavoratori alla silice cristallina respirabile** secondo quanto previsto dall'art. 237 del D.Lgs. 81/08 per gli agenti cancerogeni. Devono essere utilizzati i metodi standardizzati di campionatura e di misurazione riportati nell'allegato XLI del D.Lgs. 81/08. **Le misurazioni devono essere ripetute periodicamente e comunque in occasione di ogni aggiornamento della valutazione dell'esposizione**, effettuata a ogni modifica del processo produttivo significativa. **La periodicità delle misure che occorre rispettare è riportata in tabella 3** ed è stabilita sulla base dell'appendice I della norma UNI EN 689, in cui si precisa che sono necessarie almeno 6 misure iniziali per ogni SEG (gruppo di esposizione simile) per stabilire la periodicità.

TABELLA 3: Criteri per stabilire la periodicità di misurazione della SCL

Condizioni da verificare per la media geometrica (GM) o la media aritmetica (AM) calcolate su 6 misure	PERIODICITÀ
GM o AM < 0,1 VLE	36 mesi
0,1 VLE < GM o AM < 0,25 VLE	24 mesi
0,25 VLE < GM o AM < 0,5 VLE	18 mesi
0,5 VLE < GM o AM	12 mesi

VLE (valore limite di esposizione) per la SCL = 0,1 mg/m³

Con il D.Lgs. n. 44 del 1 giugno 2020 è stato introdotto nell'Allegato XLIII del D.Lgs. 81/08 il **valore limite di esposizione (VLE) alla polvere di silice cristallina: 0,1 mg/m³**.

A dimostrazione di quanto possa essere significativa la presenza di SCL nelle aziende che eseguono lavorazioni di pietre naturali e artificiali contenenti quarzo, si riportano nelle tabelle 4 e 5 i risultati delle misure, effettuate nell'ambito di uno studio condotto nel 2012 dall'Azienda USL 11 di Empoli (FI) [4]:

Sia in tabella 4 che in tabella 5 si può notare che i valori di esposizione nelle mansioni di rifinitura a secco superano di 10 - 20 volte il TLV dell'ACGIH (0,25 mg/m³), preso come limite di riferimento nello studio; i valori risultano superiori anche al limite attualmente in vigore in Italia (0,1 mg/m³). Concentrazioni di molto inferiori si riscontrano nelle lavorazioni ad umido; per l'unico addetto alla rifinitura a secco di materiali esclusivamente naturali (granito), i risultati del campionamento sono notevolmente inferiori rispetto alle stesse lavorazioni di agglomerato. **Questi dati confermerebbero la maggiore pericolosità dei materiali sintetici rispetto a quelli naturali.**

TABELLA 4: Concentrazioni di polvere respirabile e di silice cristallina rilevate nell'azienda A (studio condotto nel 2012 dall'Azienda USL 11 di Empoli (FI) [4])

Operazione	Durata campionamento (min)	Flusso (l·min ⁻¹)	Polveri respirabili		Silice libera cristallina		
			mg·m ⁻³	TLV-TWA (mg·m ⁻³)	mg·m ⁻³	TLV-TWA (mg·m ⁻³)	VL SCOEL (mg·m ⁻³)
Rifinitura a secco 1 agglomerato	139	10	4,30	3	> 0,36 ⁽¹⁾	0,025	0,05
Rifinitura a secco 2 agglomerato	134	10	2,0	3	> 0,36 ⁽¹⁾	0,025	0,05
Lucidatura a umido agglomerato	139	10	0,45	3	0,041	0,025	0,05
Rifinitura a secco/taglio a umido marmo + agglomerato	141	10	4,92	3	0,059	0,025	0,05

⁽¹⁾ Concentrazioni maggiori del campo di applicazione del metodo di prova per la determinazione della silice libera cristallina (quarzo-α e cristobalite) su membrana in PVC o spugna poliuretana (400 µg/campione).

TABELLA 5: Concentrazioni di polvere respirabile e di silice cristallina rilevate nell'azienda B (studio condotto nel 2012 dall'Azienda USL 11 di Empoli (FI) [4])

Operazione	Durata campionamento (min)	Flusso (l·min ⁻¹)	Polveri respirabili		Silice libera cristallina		
			mg·m ⁻³	TLV-TWA (mg·m ⁻³)	mg·m ⁻³	TLV-TWA (mg·m ⁻³)	VL SCOEL (mg·m ⁻³)
Rifinitura a secco (granito + agglomerato)	317	1,7	0,82	3	0,215 ⁽¹⁾	0,025	0,05
Rifinitura a secco 1 (granito + agglomerato)	71	10	6,28	3	>0,519 ⁽¹⁾	0,025	0,05
Rifinitura a secco 2 (granito)	95	10	5,77	3	0,049	0,025	0,05
Rifinitura a secco 3 (granito + agglomerato)	136	10	4,59	3	> 0,29 ⁽¹⁾	0,025	0,05
Taglio a umido 1	175	10	0,38	3	0,027	0,025	0,05
Taglio a umido 2	144	10	0,40	3	0,029	0,025	0,05
Lucidatura a umido + rifinitura a secco	170	10	0,60	3	0,046	0,025	0,05
Lucidatura a umido	131	10	0,42	3	0,027	0,025	0,05
Pantografo 1	141	10	0,40	3	0,011	0,025	0,05
Pantografo 2	177	10	0,27	3	0,012	0,025	0,05

¹ Concentrazioni maggiori del campo di applicazione del metodo di prova per la determinazione della silice libera cristallina (quarzo-α e cristobalite) su membrana in PVC o spugna poliuretana (400 µg/campione).

Il documento, “*Network Italiano Silice- La valutazione dell'esposizione professionale a silice libera cristallina*” [14], pubblicato dall'Inail nel 2015, fornisce suggerimenti pratici sui temi della strategia di campionamento, dei sistemi di prelievo e di analisi delle polveri di silice cristallina respirabile.

2.3.1 Misurazione dell'esposizione a polveri

Il datore di lavoro provvede ad effettuare con metodiche standardizzate misurazioni delle polveri, generatesi durante le lavorazioni al fine di dimostrare un adeguato livello di prevenzione e di protezione dei lavoratori (art. 225 c.2 DLgs 81/08). Le misurazioni devono essere effettuate periodicamente ed ogni qualvolta sono modificate le condizioni di lavoro, che possono influire sull'esposizione. **Il campionamento deve essere svolto per tempi ampi e significativi dell'esposizione e in tutte le fasi espositive degli addetti**, preferibilmente nell'intero turno di lavoro e anche negli spostamenti all'interno dei luoghi di lavoro.

Per i valori limite di esposizione professionale delle sostanze non elencate nell'allegato XXXIII del D.Lgs. 81/08, si fa normalmente riferimento per agli organismi scientifici internazionali tra cui il più noto ed autorevole è l'ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists). L'ACGIH raccomanda che **le concentrazioni aeree di polveri negli ambienti di lavoro siano mantenute al di sotto di 3 mg/m³ nel caso di frazione granulometrica respirabile e sotto 10 mg/m³ nel caso di frazione granulometrica inalabile.**

2.4 AZIONI DI MIGLIORAMENTO E MISURE DI PROTEZIONE DELLA SALUTE DEI LAVORATORI

La norma prevede la sostituzione dell'agente pericoloso per ridurre il rischio alla fonte; si raccomanda pertanto di valutare la possibilità di utilizzare pietre, soprattutto se artificiali, con un contenuto di silice più basso possibile.

Considerando che le attività di lavorazione a secco espongono i lavoratori a concentrazioni pericolose di silice cristallina respirabile, che possono superare anche il valore limite, previsto dalla normativa, occorre:

- privilegiare le lavorazioni a umido in tutte le fasi produttive;
- separare fisicamente, se possibile le lavorazioni più polverose quali le eventuali lavorazioni a secco dalle lavorazioni ad umido.

Al fine di ridurre il più possibile l'esposizione a SLC è necessario:

- predisporre aspirazioni il più vicino possibile alle sorgenti di emissione di polveri;
- effettuare controlli e manutenzione previsti dal manuale d'uso dei singoli sistemi di aspirazione;
- mantenere la pulizia dei pavimenti e delle attrezzature al fine di evitare fenomeni di sollevamento delle polveri;
- organizzare le operazioni di pulizia degli ambienti di lavoro, adeguandole in modalità e frequenza al tipo di lavorazione;
- prevedere sistemi aspiranti in alternativa all'utilizzo di aria compressa per la pulizia degli ambienti;
- evitare per quanto possibile l'uso di scope per la pulizia;
- a seguito della valutazione del rischio prevedere l'utilizzo di dispositivi di protezione delle vie respiratorie adeguati;

Il datore di lavoro deve garantire il rispetto di misure igieniche adeguate, tra cui:

- predisporre spogliatoi, completi di armadietti a doppio scomparto, al quale l'operatore accede dopo aver eliminato dagli indumenti di lavoro residui di polvere;
- evitare per quanto possibile l'uso di aria compressa per la pulizia personale e se utilizzata farlo in prossimità di pareti aspiranti e indossando idonei dispositivi di protezione delle vie respiratorie.

2.5 UTENSILI E MACCHINE PERICOLOSE E DISPOSITIVI DI SICUREZZA

Sebbene la presente guida sia dedicata principalmente ad approfondire la valutazione del rischio per la salute derivante dall'esposizione a polveri silicee, occorre evidenziare che il rischio di infortuni sul lavoro dovuti a macchine pericolose nel comparto della lavorazione dei materiali lapidei non è per nulla trascurabile.

La norma (art. 71 del D.Lgs. 81/2008) richiede che le macchine e le attrezzature di lavoro siano sicure al momento della messa a disposizione dei lavoratori e che rimangano adeguate nel tempo, grazie ad una loro idonea manutenzione. Il datore di lavoro deve assicurarsi che siano rispettate le indicazioni riportate nel

Manuale d'uso e manutenzione e che siano mantenute sempre funzionanti le protezioni per l'uso sicuro della macchina.

2.6 FORMAZIONE DEI LAVORATORI

Rendere i lavoratori consapevoli della pericolosità delle lavorazioni in presenza di polveri e SLC è di fondamentale importanza. L'esposizione a polveri di silice libera cristallina respirabile non viene sempre percepita come un vero e grave rischio per la salute; ciò può comportare conseguenze negative sull'adozione delle necessarie misure di prevenzione.

Il datore di lavoro deve assicurare (art. 37 del D.Lgs. 81/2008) che ciascun lavoratore riceva una formazione sufficiente sui rischi specifici, presenti in azienda e quindi anche sul rischio per la salute, che comporta l'esposizione a SLC. I lavoratori dovranno essere formati sui possibili danni e sulle conseguenti misure e procedure di prevenzione e protezione da adottare.

2.7 SORVEGLIANZA SANITARIA

La sorveglianza sanitaria rientra tra le misure specifiche di prevenzione, che devono essere adottate per limitare il rischio per la salute derivante dall'esposizione a SLC; non deve essere considerata alternativa ad altri interventi preventivi, né svincolata dalla valutazione e dalla gestione del rischio.

E' di fondamentale importanza illustrare brevemente le norme che regolamentano la sorveglianza sanitaria dei lavoratori esposti all'inalazione di polveri di silice libera cristallina.

Il DPR 1124/65, norma di istituzione dell'Istituto Nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro (INAIL), oltre a stabilire per la silicosi una tutela separata (privilegiata), al capo 8 prevede che "i soggetti adibiti a lavorazioni (allegato 8)... debbono essere sottoposti a visita medica... Detti accertamenti debbono essere ripetuti ad intervalli non superiore ad un anno... La visita medica comprende, oltre all'esame clinico, anche una radiografia del torace comprendente l'intero ambito polmonare".

L'impiego della indagini radiodiagnostiche per finalità di screening è stata regolamentato nel corso degli anni sulla base dei principi di giustificazione e di ottimizzazione dalle seguenti norme:

- D.Lgs. 230/95, art. 111, comma 6: particolare attenzione deve essere posta nella giustificazione delle indagini radiodiagnostiche espletate su singole persone o gruppi di persone con fini medico legali o di assicurazione..."
- D.Lgs. 187/00, art. 4: "Il principio di ottimizzazione stabilisce che per tale accertamenti è necessario che tutte le dosi dovute ad esposizione mediche devono essere mantenute al livello più basso ragionevolmente ottenibile e compatibile con il raggiungimento dell'informazione diagnostica richiesta".

Il Decreto Legislativo 1 giugno 2020, n. 44, entrato in vigore il 24 giugno 2020, modifica l'allegato XLII del D.Lgs. 81/08, inserendo nell'elenco di sostanza, miscele e processi il punto 6: "Lavori comportanti esposizione a polvere di silice cristallina respirabile generata da un procedimento di lavorazione" e fissa nell'allegato XLIII il valore limite di 0,1 mg/m³ nella frazione respirabile. La stessa norma modifica anche l'art. 242 del D.Lgs. 81, riguardo agli obblighi informativi e la prosecuzione della sorveglianza sanitaria post-esposizione.

Nonostante sia noto da tempo il potere cancerogeno della silice libera cristallina, tanto che la IARC nella monografia n. 68 del 1997 e nella successiva monografia n. 100C del 2010 ha classificato la silice libera cristallina come cancerogeno certo (gruppo 1), l'applicazione a decorrere dal 24 giugno 2020 del capo 2 del titolo IX richiede al medico competente l'applicazione formale di tutti i precetti relativi alla sorveglianza sanitaria specifica per agenti cancerogeni e mutageni, e, tra questi, anche l'istituzione degli registro degli esposti ai sensi dell'art. 243.

Nelle Tabelle 6 e 7, tratte dalla guida dell'INAIL "Network Italiano Silice. La valutazione dell'esposizione professionale a silice libera cristallina" del 2015 [14], è riportato il protocollo sanitario consigliato dal gruppo di lavoro Network Italiano Silice (NIS).

TABELLA 6: Accertamenti previsti in caso di assunzione di un lavoratore in attività, che espongono a SLC (dalla guida dell'INAIL "Network Italiano Silice. La valutazione dell'esposizione professionale a silice libera cristallina" del 2015 [14])

Accertamento	Note
Visita medica	Verifica clinico-anamnestica dell'assenza di TBC e malattie reumatiche/autoimmuni in atto
RX torace sec. ILO/BIT (*)	Per esposizioni con rischio di superamento di 25 µg/m ³ >0,1% (UNI EN 689) o in esposizione pregressa consistente per intensità e durata
Spirometria	Completa di VR e DLCO (*)

(*) Se non disponibili analoghi accertamenti eseguiti negli ultimi 3 anni

TABELLA 7: Accertamenti periodici previsti per lavoratori esposti a SLC (dalla guida dell'INAIL "Network Italiano Silice. La valutazione dell'esposizione professionale a silice libera cristallina" del 2015 [14])

ACCERTAMENTO	PERIODICITÀ	NOTE
Visita medica	Annuale	Verifica clinico-anamnestica dell'assenza di TBC e di malattie reumatiche/autoimmuni in atto
PFR (spirometria semplice)	Annuale o biennale	A giudizio del medico competente
RX torace secondo ILO/BIT	5 anni	Esposizione di durata complessiva < a 20 anni compresa tra 25 e 50 µg/m ³ con rischio > 0,1% (UNI EN 689). Livelli di esposizione attuali o pregressi con rischio di superamento di 50 µg/m ³ > 0,1% (UNI EN 689), ma con dose cumulata stimata < 1 mg/m ³ /anno (^)
RX torace sec. ILO/BIT	2 anni	Rischio di esposizione non adeguatamente controllato >50 µg/m ³ (es. per scarsa garanzia di aderenza a corrette procedure di lavoro) Pregressa esposizione elevata e/o prolungata e/o dubbia: <ul style="list-style-type: none"> - Esposizione > 20 anni - Intensità stabilmente superiori a 50 µg/m³ - Stima dell'esposizione cumulata > 1 mg/m³/anno (^)

(^) Un'esposizione cumulata di 1 mg/m³/anno corrisponde ad una condizione di esposizione ponderata giornaliera pari a 50 µg/m³ protrattasi per 20 anni di lavoro (oppure a 100 µg/m³ per 10 anni)

Il protocollo sanitario indicato dal NIS, scientificamente rigoroso, mantiene la sua validità. La previsione in visita preventiva della spirometria globale (pletismografia) con valutazione del VR e del DLCO, nonostante sia inconfutabilmente la metodica di maggiore precisione per la valutazione funzionale respiratoria antecedente all'esposizione attuale, determina un impegno organizzativo elevato, essendo la spirometria globale eseguibile solo in laboratori pneumologici attrezzati. Si ritiene un accettabile compromesso eseguire in visita preventiva, come accertamento di base, la spirometria semplice. Nel caso di riscontro di sindrome disventilatoria, il medico competente, valutata la gravità (lieve, moderata, grave) e la tipologia della sindrome (ostruttiva, restrittiva, mista), richiederà una spirometria globale con determinazione del VR e del DLCO. Tale approfondimento diagnostico assume la massima pregnanza in caso di riscontro di deficit ventilatorio restrittivo.

Nella linea guida dell'INAIL [14] si precisa che "nelle condizioni di lavoro nelle quali sussiste un rischio di esposizione a polvere respirabile di SLC superiore a 0,025 mg/m³, resta dunque confermata la necessità di mantenere il controllo radiologico degli esposti integrato da esami funzionali dell'apparato respiratorio e, se ricorrono indicazioni cliniche, da test ed esami reumatologici. Tra 0,025 mg/m³ e 0,05 mg/m³ su giudizio del medico competente, la periodicità dell'esame RX del torace può essere mantenuta quinquennale anche dopo 20 anni d'esposizione con analoghe caratteristiche. Al di sotto di questo valore d'esposizione ponderata il controllo radiografico per la ricerca della silicosi è da considerarsi non giustificato, anche sulla base dei principi della radioprotezione".

La sorveglianza sanitaria, oltre a porsi l'obiettivo di esprimere un giudizio di idoneità che tuteli l'integrità fisica del lavoratore esposto a polveri contenenti silice libera cristallina, attraverso l'identificazione dei soggetti ipersuscettibili in visita preventiva, e intercettando quanto più precocemente possibile iniziali segni di danno, respiratorio ed extrarespiratorio, nella visita periodiche, ha anche una valenza medico legale in caso di riscontro di patologie che possono assumere il carattere di malattia professionale. In questi casi il medico competente, o qualunque altro sanitario che presti assistenza al sospetto tecnopatico, ha l'obbligo di redigere il referto (ex art. 365 c.p.), il primo certificato di malattia professione (art. 53 DPR 1124/65) e la denuncia (ex art. 139, DPR 1124/65). Quest'ultimo adempimento è obbligatorio nel caso si riscontrino una patologie indicate in una delle 3 liste dell'elenco di cui al D.M. 10 giugno 2014, di seguito riportate in tabella:

LISTA I – ELEVATA PROBABILITA'	LISTA II – LIMITATA PROBABILITA'	LISTA III - POSSIBILE
Silicosi polmonare Tumore del polmone (in silicotici)	Sclerodermia Artrite reumatoide LES	Poliangite microscopica Granulomatosi di Wegener

3 CONCLUSIONI

L'applicazione di misure adeguate per la riduzione dell'esposizione a polvere di silice cristallina insieme a una migliore sorveglianza sanitaria dei lavoratori è indispensabile per gestire adeguatamente il rischio per la salute dei lavoratori addetti al settore della lavorazione di materiali lapidei. L'applicazione di misure di prevenzione e protezione è ancor più urgente nel caso di operatori coinvolti nella lavorazione di pietre artificiali in quanto è stato riscontrato un rischio maggiore in tale settore, con casi di silicosi insorti anche in soggetti giovani con anzianità relativamente breve, a differenza di quanto accade nella lavorazione delle pietre naturali.

4 BIBLIOGRAFIA

1. NIS Network Italiano Silice - ISPESL - ISS –INAIL. *Linee guida nell'esposizione professionale a silice libera cristallina*. Settembre 2005.
2. A. Campopiano, S. Casciardi, M. Del Gaudio, F. Fioravanti, D. Lega, D. Ramires. *Esposizione a polveri respirabili nelle cave di materiali calcarei: misura della concentrazione di silice cristallina*. Prevenzione Oggi. Gennaio- marzo 2007- Vol. 3, n. 1, 19-31.
3. National Institute for Occupational Safety and Health. *Health effects of occupational exposure to respirable crystalline silica* (publication no. 2002–129). Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services, CDC, National Institute for Occupational Safety and Health; 2002. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2002-129/default.html>
4. Dusca Bartoli, Bruno Banchi, Francesco Di Benedetto, Giuseppe Antonio Farina, Tonina Enza Iaia , Carla Poli, Maurizio Romanelli, Giuseppina Scancarello, Marzia Tarchi. *Silicosi negli addetti alla lavorazione di piani da cucina, banconi di bar e negozi, ecc. in agglomerato quarzo resina. Risultati*

provvisori dell'indagine ambientale e sanitaria condotta nel territorio della USL 11 di Empoli (FI) in Toscana, tra gli addetti alla lavorazione di materiali in agglomerato quarzo-resina e revisione della letteratura sull'argomento. Ital. J. Occup. Environ. Hyg., 2012, 3(3) | 143.

5. Romano C., Maurizio C., Putzu M.G., Rossi F., Verga F.C., Zanelli R., Pira E., *Silicosi da "ARTIFICIAL STONE"* -Giornale Italiano Di Medicina Del Lavoro Ed Ergonomia, Volume XXXIX, Supplemento al n. 3 luglio-settembre 2017, 46-47.
6. Guarnieri G., Bizzotto R., Gottardo O., Rossi F., Maina G., Putzu M.G., Zuliani P., Cinetto F., Laurelli G., Neri R., Pira E., Maestrelli P. *Non è sempre sarcoidosi. La ripresa della silicosi nei lavoratori del marmo sintetico-* Giornale Italiano Di Medicina Del Lavoro Ed Ergonomia, Volume XXXIX, Supplemento al n. 3 luglio-settembre 2017, 161-162.
7. Kramer MR, Blanc PD, Fireman E, et al. *Artificial stone silicosis [corrected]: disease resurgence among artificial stone workers.* Chest 2012;142:419–24.
8. Pérez-Alonso A, Córdoba-Doña JA, Millares-Lorenzo JL, Figueroa-Murillo E, García-Vadillo C, Romero-Morillos J. *Outbreak of silicosis in Spanish quartz conglomerate workers.* Int. J. Occup. Environ. Health 2014;20:26–32.
9. Hoy RF, Baird T, Hammerschlag G, et al. *Artificial stone-associated silicosis: a rapidly emerging occupational lung disease.* Occup Environ Med 2018;75:3–5.
10. Mordechai R. Kramer, Paul D. Blanc, Elizabeth Fireman, Anat Amital , Alexander Guber, Nader Abdul R Rahman and David Shitrit, *Artificial Stone Silicosis.* CHEST 2012; 142(2):419–424
11. Cecile Rose, Amy Heinzerling, Ketki Patel, Coralynn Sack,; Jenna Wolff1; Lauren Zell-Baran, David Weissman, Emily Hall, Robbie Sooriash, Ronda B. McCarthy, Heidi Bojes, PhD5; Brian Korotzer, Jennifer Flattery, Justine Lew Weinberg, Joshua Potocko; Kirk D. Jones,; Carolyn K. Reeb-Whitaker, Nicholas K. Reul; Claire R. LaSee, Barbara L. Materna, Ganesh Raghu, Robert Harrison. *Severe Silicosis in Engineered Stone Fabrication Workers - California, Colorado, Texas, and Washington, 2017–2019.* - Centers for Disease control and prevention- September 27, 2019 / 68(38);813–818.
12. Mariella Carrieri, Carly Guzzardo, Daniel Farcas and Lorenzo G. Cena, *Characterization of Silica Exposure during Manufacturing of Artificial Stone Countertops* Int J Environ Res Public Health, 2020 Jun; 17(12): 4489.
13. Guarnieri, G.; Bizzotto, R.; Gottardo, O.; Velo, E.; Cassaro, M.; Vio, S.; Putzu, M.G.; Rossi, F.; Zuliani, P.; Liviero, F. *Multiorgan accelerated silicosis misdiagnosed as sarcoidosis in two workers exposed to quartz conglomerate dust.* Occup. Environ. Med. 2019, 76, 178–180.
14. INAIL *"Network Italiano Silice. La valutazione dell'esposizione professionale a silice libera cristallina"* edizione 2015.

5 ACRONIMI

ACGIH American Conference of Governmental Industrial Hygienists

BIT Bureau International du Travail

ILO International Labour Organization

PFR Prove di Funzionalità Respiratoria

RX Radiografia

SLC Silice Libera Cristallina

TBC Tubercolosi

TLV Threshold Limit Value

VR Volume Residuo

VLE Valore Limite di Esposizione

BOZZA