

## Dm 6 settembre 1994 (cessazione dell'impiego di amianto)

---

### **Dm 6 settembre 1994**

(Supplemento ordinario alla Gazzetta ufficiale 20 settembre 1994, n. 220)

### Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'articolo 6, comma 3, e dell'articolo 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto

Il Ministro della sanità di concerto con il Ministro dell'industria, del commercio e dell'artigianato

vista la legge 27 marzo 1992, n. 257 dettante norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto ed in particolare gli articoli 6, comma 3, e 12, comma 2;

visto il documento tecnico predisposto dalla Commissione per la valutazione dei problemi ambientali e dei rischi sanitari connessi all'impiego dell'amianto di cui all'articolo 4 della legge medesima, ai sensi dell'articolo 5, comma 1, lettera f);

#### **Decreta:**

Le norme relative agli strumenti necessari ai rilevamenti e alle analisi del rivestimento degli edifici, nonché alla pianificazione e alla programmazione delle attività di rimozione e di fissaggio e le procedure da seguire nei diversi processi lavorativi di rimozione previste all'articolo 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, nonché le normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previste all'articolo 6, comma 3, della legge medesima sono riportate nell'allegato al presente decreto.

#### **Allegato**

**Normative e metodologie tecniche per la valutazione del rischio, il controllo, la manutenzione e la bonifica di materiali contenenti amianto presenti nelle strutture edilizie**

#### **Premessa**

La presente normativa si applica a strutture edilizie ad uso civile, commerciale o industriale aperte al pubblico o comunque di utilizzazione collettiva in cui sono in opera manufatti e/o materiali contenenti amianto dai quali

può derivare una esposizione a fibre aerodisperse.

Sono pertanto esclusi da tale normativa gli edifici industriali in cui la contaminazione proviene dalla lavorazione dell'amianto o di prodotti che lo contengono (quindi siti industriali dismessi o quelli nei quali è stata effettuata riconversione produttiva) e le altre situazioni in cui l'eventuale inquinamento da amianto è determinato dalla presenza di locali adibiti a stoccaggio di materie prime o manufatti o dalla presenza di depositi di rifiuti.

Il documento contiene normative e metodologie tecniche riguardanti:

- l'ispezione delle strutture edilizie, il campionamento e l'analisi dei materiali sospetti per l'identificazione dei materiali contenenti amianto;
- il processo diagnostico per la valutazione del rischio e la scelta dei provvedimenti necessari per il contenimento o l'eliminazione del rischio stesso;
- il controllo dei materiali contenenti amianto e le procedure per le attività di custodia e manutenzione in strutture edilizie contenenti materiali di amianto;
- le misure di sicurezza per gli interventi di bonifica;
- le metodologie tecniche per il campionamento e l'analisi delle fibre aerodisperse.

Il documento fa riferimento a due tipi di indicazioni:

- a) "norme prescrittive" che compaiono nel testo in carattere "grassetto";
- b) "norme indicative", da intendersi come linee guida non prescrittive che vengono indicate nel testo in carattere "corsivo".

In allegato al documento sono riportate alcune tecniche analitiche di riferimento per la determinazione della concentrazione ponderale di amianto in campioni massivi e per la determinazione della concentrazione di fibre di amianto aerodisperse in ambienti di vita (ambienti indoor).

Tali allegati vanno intesi come indicativi ed eventuali altre tecniche in grado di fornire prestazioni equivalenti in termini di rivelabilità ed accuratezza possono essere utilizzate a meno che nel testo del documento non sia esplicitamente prescritta l'adozione di una specifica metodica.

## 1. LOCALIZZAZIONE E CARATTERIZZAZIONE DELLE STRUTTURE EDILIZIE.

### 1a) Classificazione dei materiali contenenti amianto

Ai fini pratici, i materiali contenenti amianto presenti negli edifici possono essere divisi in tre grandi categorie:

- 1) materiali che rivestono superfici applicati a spruzzo o a cazzuola;
- 2) rivestimenti isolanti di tubi e caldaie;
- 3) una miscelanea di altri materiali comprendente, in particolare, pannelli ad alta densità (cemento-amianto), pannelli a bassa densità (cartoni) e prodotti tessili. I materiali in cemento-amianto, soprattutto sotto forma di lastre di copertura, sono quelli maggiormente diffusi.

La potenziale pericolosità dei materiali di amianto dipende dall'eventualità che siano rilasciate fibre aerodisperse nell'ambiente che possono venire inalate dagli occupanti. Il criterio più importante da valutare in

tal senso è rappresentato dalla friabilità dei materiali: si definiscono friabili i materiali che possono essere sbriciolati o ridotti in polvere mediante la semplice pressione delle dita. I materiali friabili possono liberare fibre spontaneamente per la scarsa coesione interna (soprattutto se sottoposti a fattori di deterioramento quali vibrazioni, correnti d'aria, infiltrazioni di acqua) e possono essere facilmente danneggiati nel corso di interventi di manutenzione o da parte degli occupanti dell'edificio, se sono collocati in aree accessibili.

In base alla friabilità, i materiali contenenti amianto possono essere classificati come:

**Friabili:** materiali che possono essere facilmente sbriciolati o ridotti in polvere con la semplice pressione manuale;

**Compatti:** materiali duri che possono essere sbriciolati o ridotti in polvere solo con l'impiego di attrezzi meccanici (dischi abrasivi, frese, trapani, ecc.).

Nella tabella 1 sono schematicamente indicati i principali materiali che possono essere presenti negli edifici, con le loro caratteristiche di contenuto in amianto e di friabilità. I ricoprimenti a spruzzo (floccati) sono generalmente materiali friabili mentre i rivestimenti di tubazioni e i materiali in cemento-amianto sono materiali in origine poco o niente friabili, lo possono tuttavia diventare a seguito del degrado subito a causa di fattori ambientali.

## 1b) Campionamento ed analisi dei materiali

Una volta individuate le strutture edilizie su cui intervenire, sarà opportuno, prima di procedere al campionamento dei materiali, articolare un finalizzato programma di ispezione, che si può così riassumere:

- 1) Ricerca e verifica della documentazione tecnica disponibile sull'edificio, per accertarsi dei vari tipi di materiali usati nella sua costruzione, e per rintracciare, ove possibile, l'impresa edile appaltatrice;
- 2) Ispezione diretta dei materiali per identificare quelli friabili e potenzialmente contenenti fibre di amianto;
- 3) Verifica dello stato di conservazione dei materiali friabili, per fornire una prima valutazione approssimativa sul potenziale di rilascio di fibre nell'ambiente;
- 4) Campionamento dei materiali friabili sospetti, e invio presso un centro attrezzato, per la conferma analitica della presenza e del contenuto di amianto;
- 5) Mappatura delle zone in cui sono presenti materiali contenenti amianto;
- 6) Registrazione di tutte le informazioni raccolte in apposite schede (allegato 5), da conservare come documentazione e da rilasciare anche ai responsabili dell'edificio.

Il personale incaricato dell'ispezione e del campionamento dovrà procedere come segue:

- 1) Rintracciare prioritariamente i siti di ubicazione di eventuali installazioni di materiali friabili.
- 2) Riconoscere approssimativamente il tipo di materiale impiegato e le sue caratteristiche.
- 3) Stabilire lo stato di integrità dei materiali e valutare le condizioni degli eventuali rivestimenti sigillanti, o dei mezzi di confinamento.
- 4) Valutare la friabilità dei materiali.
- 5) Adottare le precauzioni previste durante la manipolazione di materiali contenenti amianto.
- 6) Mettere in atto i criteri e le procedure di campionamento atti a garantire una sufficiente rappresentatività dei

campioni, evitando l'esposizione dell'operatore e la contaminazione dell'ambiente.

I materiali da campionare vanno selezionati in modo prioritario fra quelli che presentano:

- 1) Friabilità e cattivo stato di conservazione;
- 2) Facile accesso o mancanza di rivestimenti e di mezzi di confinamento.
- 3) Suscettibilità di facile danneggiamento e conseguente possibilità di rilascio di fibre nell'ambiente.
- 4) Possibilità di frequenti manomissioni.
- 5) Frequenti interventi di manutenzione.

In ogni caso, si dovrà procedere al campionamento evitando interventi che potrebbero tradursi in una contaminazione degli ambienti circostanti; si dovrà procedere al campionamento con la massima cautela, avendo cura di far sigillare immediatamente e adeguatamente il punto in cui si è effettuato il campionamento, impiegando, ad esempio, una vernice spray.

Le modalità operative del campionamento possono essere schematicamente riassunte come segue:

- 1) Acquisizione di documentazione fotografica a colori la più rappresentativa possibile del materiale da campionare, che ne evidenzia la struttura macroscopica e l'ubicazione rispetto all'ambiente potenzialmente soggetto a contaminazione.
- 2) Dotazione di adeguati mezzi personali di protezione, quali maschere contro polveri e guanti da non più riutilizzare.
- 3) Impiego di strumenti adeguati che non permettano dispersione di polvere o di fibre nell'ambiente, e che consentano il minimo grado di intervento distruttivo, quali pinze, tenaglie, piccoli scalpelli, forbici, cesoie, ecc. Evitare, quindi trapani, frese, scalpelli grossolani, lime, raspe, frullini, e simili. Per i campionamenti in profondità è consigliabile l'uso di carotatori in acciaio, o preferibilmente, se disponibili, di carotatori trasparenti in vetro o acrilico, ambedue a tenuta stagna.
- 4) Prelievo di una piccola aliquota del materiale, che sia sufficientemente rappresentativo e che non comporti alterazioni significative dello stato del materiale in situ. I materiali contenenti amianto possono essere sia omogenei che eterogenei. Materiali tipicamente omogenei sono i prodotti in amianto cemento, le pannellature isolanti per pareti o soffitti, i manufatti tessili. I materiali friabili spruzzati sono in genere omogenei, ma possono anche essere costituiti da strati di diversa composizione, per cui occorre prelevare i campioni con l'ausilio del carotatore. Gli isolamenti di tubi e caldaie sono spesso eterogenei, e quindi necessitano di prelievo tramite carotatura. Per i materiali omogenei sono per solito sufficienti uno o due campioni rappresentativi di circa 5 cmq (o circa 10 g). Per i materiali eterogenei è consigliabile prelevare da due a tre campioni ogni 100 mq circa, avendo cura di campionare anche nei punti che appaiono di diversa colorazione superficiale rispetto al complesso della superficie. Ulteriori campioni devono essere prelevati laddove siano state effettuate nel tempo delle riparazioni.
- 5) Inserimento immediato del campione in una busta di plastica ermeticamente sigillabile.
- 6) Segnalazione del punto di prelievo sul materiale mediante apposizione di un contrassegno indicante data, modalità e operatore.
- 7) Riparare con adeguati sigillanti il punto di prelievo e pulire accuratamente con panni umidi eventuali residui sottostanti.
- 8) Compilazione di una scheda di prelievo, con tutte le informazioni necessarie, da allegare al campione.
- 9) Trasmissione diretta del campione, della scheda di prelievo e della documentazione fotografica al Centro

incaricato delle analisi.

Se dall'analisi eseguita si rivela la presenza di amianto si procede alla valutazione del rischio.

## TABELLA 1

Principali tipi di materiali contenenti amianto e loro approssimativo potenziale di rilascio delle fibre

Tipo di materiale	Note	Friabilità
Ricoprimenti a spruzzo e rivestimenti isolanti	Fino all'85% circa di amianto. Spesso anfiboli (amosite, crocidolite) prevalentemente amosite spruzzata su strutture portanti di acciaio o su altre superfici come isolante termo-acustico	Elevata
Rivestimenti isolanti di tubazioni o caldaie	Per rivestimenti di tubazioni tutti i tipi di amianto, talvolta in miscela al 6-10% con silicati di calcio. In tele, feltri, imbottiture in genere al 100%	Elevato potenziale di rilascio di fibre se i rivestimenti non sono ricoperti con strati sigillante uniforme e intatto
Funi, corde, tessuti	In passato sono stati usati tutti i tipi di amianto. In seguito solo crisotilo al 100%	Possibilità di rilascio di fibre quando grandi quantità di materiali vengono immagazzinati
Cartoni, carte e prodotti affini	Generalmente solo crisotilo al 100%	Sciolti e maneggiati, carte e cartoni, non avendo una struttura molto compatta, sono soggetti a facili abrasioni ed a usur
Prodotti in amianto-cemento	Attualmente il 10-15% di amianto in genere crisotilo. Crocidolite e amosite si ritrovano in alcuni tipi di tubi e di lastre	Possono rilasciare fibre se abrasati, segati, perforati o spazzolati, oppure se deteriorati
Prodotti bituminosi, mattonelle di vinile con intercapedini di carta di amianto, mattonelle e pavimenti vinilici, PVC e plastiche rinforzate ricoprimenti e vernici, mastici, sigillanti, stucchi adesivi contenenti amianto	Dallo 0,5 al 2% per mastici, sigillanti, adesivi, al 10-25% per pavimenti e mattonelle vinilici	Improbabile rilascio di fibre durante l'uso normale. Possibilità di rilascio di fibre se tagliati, abrasati o perforati

## 2. VALUTAZIONE DEL RISCHIO.

La presenza di materiali contenenti amianto in un edificio non comporta di per sé un pericolo per la salute degli occupanti. Se il materiale è in buone condizioni e non viene manomesso, è estremamente improbabile che esista un pericolo apprezzabile di rilascio di fibre di amianto. Se invece il materiale viene danneggiato per interventi di manutenzione o per vandalismo, si verifica un rilascio di fibre che costituisce un rischio potenziale. Analogamente se il materiale è in cattive condizioni, o se è altamente friabile, le vibrazioni dell'edificio, i movimenti di persone o macchine, le correnti d'aria possono causare il distacco di fibre legate debolmente al resto del materiale.

Per la valutazione della potenziale esposizione a fibre di amianto del personale presente nell'edificio sono utilizzabili due tipi di criteri:

- l'esame delle condizioni dell'installazione, al fine di stimare il pericolo di un rilascio di fibre dal materiale;
- la misura della concentrazione delle fibre di amianto aerodisperse all'interno dell'edificio (monitoraggio ambientale).

Il monitoraggio ambientale, tuttavia, non può rappresentare da solo un criterio adatto per valutare il rilascio, in quanto consente essenzialmente di misurare la concentrazione di fibre presente nell'aria al momento del campionamento, senza ottenere alcuna informazione sul pericolo che l'amianto possa deteriorarsi o essere

danneggiato nel corso delle normali attività. In particolare, in caso di danneggiamenti, spontanei o accidentali, si possono verificare rilasci di elevata entità, che tuttavia, sono occasionali e di breve durata e che quindi non vengono rilevati in occasione del campionamento. In fase di ispezione visiva dell'installazione, devono essere invece attentamente valutati:

- il tipo e le condizioni dei materiali;
- i fattori che possono determinare un futuro danneggiamento o degrado;
- i fattori che influenzano la diffusione di fibre e l'esposizione degli individui.

Dovrà essere compilata una scheda di sopralluogo, quale ad esempio quella riportata in Allegato 5, separatamente per ciascun'area dell'edificio in cui sono presenti materiali contenenti amianto. I fattori considerati devono consentire di valutare l'eventuale danneggiamento o degrado del materiale e la possibilità che il materiale stesso possa deteriorarsi o essere danneggiato.

In base agli elementi raccolti per la valutazione possono delinarsi tre diversi tipi di situazioni (tabella 2):

#### 2a) Materiali integri non suscettibili di danneggiamento

Sono situazioni nelle quali non esiste pericolo di rilascio di fibre di amianto in atto o potenziale o di esposizione degli occupanti, come ad esempio:

- materiali non accessibili per la presenza di un efficace confinamento;
- materiali in buone condizioni, non confinati ma comunque difficilmente accessibili agli occupanti;
- materiali in buone condizioni, accessibili ma difficilmente danneggiabili per le caratteristiche proprie del materiale (duro e compatto);
- non esposizione degli occupanti in quanto l'amianto si trova in aree non occupate dell'edificio.

In questi casi non è necessario un intervento di bonifica. Occorre, invece, un controllo periodico delle condizioni dei materiali e il rispetto di idonee procedure per le operazioni di manutenzione e pulizia dello stabile, al fine di assicurare che le attività quotidiane dell'edificio siano condotte in modo da minimizzare il rilascio di fibre di amianto, secondo le indicazioni riportate nel capitolo 4.

#### 2b) Materiali integri suscettibili di danneggiamento

Sono situazioni nelle quali esiste pericolo di rilascio potenziale di fibre di amianto, come ad esempio:

- materiali in buone condizioni facilmente danneggiabili dagli occupanti;
- materiali in buone condizioni facilmente danneggiabili in occasione di interventi manutentivi;
- materiali in buone condizioni esposti a fattori di deterioramento (vibrazioni, correnti d'aria, ecc.).

In situazioni di questo tipo, in primo luogo, devono essere adottati provvedimenti idonei a scongiurare il pericolo di danneggiamento e quindi attuare un programma di controllo e manutenzione secondo le indicazioni riportate nel capitolo 4. Se non è possibile ridurre significativamente i rischi di danneggiamento dovrà essere preso in considerazione un intervento di bonifica da attuare a medio termine.

## 2c) Materiali danneggiati

Sono situazioni nelle quali esiste pericolo di rilascio di fibre di amianto con possibile esposizione degli occupanti, come ad esempio:

- materiali a vista o comunque non confinati, in aree occupate dell'edificio, che si presentino:
- danneggiati per azione degli occupanti o per interventi manutentivi;
- deteriorati per effetto di fattori esterni (vibrazioni, infiltrazioni d'acqua, correnti d'aria, ecc.), deteriorati per degrado spontaneo;
- materiali danneggiati o deteriorati o materiali friabili in prossimità dei sistemi di ventilazione.

Sono queste le situazioni in cui si determina la necessità di un'azione specifica da attuare in tempi brevi, per eliminare il rilascio in atto di fibre di amianto nell'ambiente.

I provvedimenti possibili possono essere:

- restauro dei materiali: l'amianto viene lasciato in sede senza effettuare alcun intervento di bonifica vera e propria, ma limitandosi a riparare le zone danneggiate e/o ad eliminare le cause potenziali del danneggiamento (modifica del sistema di ventilazione in presenza di correnti d'aria che erodono il rivestimento, riparazione delle perdite di acqua, eliminazione delle fonti di vibrazioni, interventi atti ad evitare il danneggiamento da parte degli occupanti). È applicabile per materiali in buone condizioni che presentino zone di danneggiamento di scarsa estensione (inferiori al 10% della superficie di amianto presente nell'area interessata). È il provvedimento di elezione per rivestimenti di tubi e caldaie o per materiali poco friabili di tipo cementizio, che presentino danni circoscritti. Nel caso di materiali friabili è applicabile se la superficie integra presenta sufficiente coesione da non determinare un rilascio spontaneo di fibre;
- intervento di bonifica mediante rimozione, incapsulamento o confinamento dell'amianto. La bonifica può riguardare l'intera installazione o essere circoscritta alle aree dell'edificio o alle zone dell'installazione in cui si determina un rilascio di fibre.

Quando si presentano situazioni di incerta classificazione è necessaria anche una indagine ambientale che misuri la concentrazione di fibre aerodisperse. Le tecniche impiegate sono la MOCF e la SEM (per la metodologia vedi Allegato 2). Va ricordato che nel caso della MOCF tutto il materiale fibroso viene considerato mentre, nel caso della SEM, è possibile individuare soltanto le fibre di amianto. Per questo motivo si ritiene che valori superiori a 20 ff/l valutati in MOCF o superiori a 2 ff/l in SEM ottenuti come valori medi su almeno tre campionamenti, possono essere indicativi di una situazione di inquinamento in atto.

Si tenga comunque presente che una valutazione dell'effettiva presenza di fibre di amianto nell'ambiente è possibile solo mediante una metodologia che permetta il riconoscimento della tipologia minerale delle fibre (tecnica della dispersione cromatica, Allegato 3, o microscopia elettronica analitica, Allegato 2).

## 3. METODI DI BONIFICA.

I metodi di bonifica che possono essere attuati, sia nel caso di interventi circoscritti ad aree limitate dell'edificio, sia nel caso di interventi generali, sono:

### 3a) Rimozione dei materiali di amianto

È il procedimento più diffuso perché elimina ogni potenziale fonte di esposizione ed ogni necessità di attuare

specifiche cautele per le attività che si svolgono nell'edificio. Comporta un rischio estremamente elevato per i lavoratori addetti e per la contaminazione dell'ambiente; produce notevoli quantitativi di rifiuti tossici e nocivi che devono essere correttamente smaltiti. È la procedura che comporta i costi più elevati ed i più lunghi tempi di realizzazione. In genere richiede l'applicazione di un nuovo materiale, in sostituzione dell'amianto rimosso.

### 3b) Incapsulamento

Consiste nel trattamento dell'amianto con prodotti penetranti o ricoprenti che (a seconda del tipo di prodotto usato) tendono ad inglobare le fibre di amianto, a ripristinare l'aderenza al supporto, a costituire una pellicola di protezione sulla superficie esposta. Costi e tempi dell'intervento risultano più contenuti. Non richiede la successiva applicazione di un prodotto sostitutivo e non produce rifiuti tossici. Il rischio per i lavoratori addetti e per l'inquinamento dell'ambiente è generalmente minore rispetto alla rimozione. È il trattamento di elezione per i materiali poco friabili di tipo cementizio. Il principale inconveniente è rappresentato dalla permanenza nell'edificio del materiale di amianto e dalla conseguente necessità di mantenere un programma di controllo e manutenzione. Occorre inoltre verificare periodicamente l'efficacia dell'incapsulamento, che col tempo può alterarsi o essere danneggiato, ed eventualmente ripetere il trattamento. L'eventuale rimozione di un materiale di amianto precedentemente incapsulato è più complessa, per la difficoltà di bagnare il materiale a causa dell'effetto impermeabilizzante del trattamento. Inoltre, l'incapsulamento può alterare le proprietà antifiamma e fonoassorbenti del rivestimento di amianto.

### 3c) Confinamento

Consiste nell'installazione di una barriera a tenuta che separi l'amianto dalle aree occupate dell'edificio. Se non viene associato ad un trattamento incapsulante, il rilascio di fibre continua all'interno del confinamento. Rispetto all'incapsulamento, presenta il vantaggio di realizzare una barriera resistente agli urti. È indicato nel caso di materiali facilmente accessibili, in particolare per bonifica di aree circoscritte (ad es. una colonna). Non è indicato quando sia necessario accedere frequentemente nello spazio confinato. Il costo è contenuto, se l'intervento non comporta lo spostamento dell'impianto elettrico, termoidraulico, di ventilazione, ecc. Occorre sempre un programma di controllo e manutenzione, in quanto l'amianto rimane nell'edificio; inoltre la barriera installata per il confinamento deve essere mantenuta in buone condizioni.

### 3d) Indicazioni per la scelta del metodo di bonifica

A scopo orientativo possono essere formulate le seguenti indicazioni:

- i) un intervento di rimozione spesso non costituisce la migliore soluzione per ridurre l'esposizione ad amianto. Se viene condotto impropriamente può elevare la concentrazione di fibre aerodisperse, aumentando, invece di ridurre, il rischio di malattie da amianto;
- ii) materiali accessibili, soprattutto se facilmente danneggiabili, devono essere protetti da un idoneo confinamento;
- iii) prima di scegliere un intervento di incapsulaggio deve essere attentamente valutata l'idoneità del materiale di amianto a sopportare il peso dell'incapsulante.

In particolare trattamenti incapsulanti non sono indicati:

- nel caso di materiali molto friabili o che presentano scarsa coesione interna o adesione al substrato, in quanto l'incapsulante aumenta il peso strutturale aggravando la tendenza del materiale a delaminarsi o a staccarsi dal substrato;

- nel caso di materiali friabili di spessore elevato (maggiore di 2 cm), nei quali il trattamento non penetra molto in profondità e non riesce quindi a restituire l'adesione al supporto sottostante.

Per contro l'aumento di peso può facilitare il distacco dell'amianto:

- nel caso di infiltrazioni di acqua: il trattamento impermeabilizza il materiale così che si possono formare internamente raccolte di acqua che appesantiscono il rivestimento e ne disciolgono i leganti, determinando il distacco;

- nel caso di materiali facilmente accessibili, in quanto il trattamento forma una pellicola di protezione scarsamente resistente agli urti. Non dovrebbe essere mai effettuato su superfici che non siano almeno a 3 metri di altezza, in aree soggette a frequenti interventi di manutenzione o su superfici, a qualsiasi altezza, che possano essere danneggiate da attrezzi (es. soffitti delle palestre);

- nel caso di installazioni soggette a vibrazioni (aeroporti, locali con macchinari pesanti, ecc.): le vibrazioni determinano rilascio di fibre anche se il materiale è stato incapsulato;

iv) tutti i metodi di bonifica alternativi alla rimozione presentano costi minori a breve termine. A lungo termine, però il costo aumenta per la necessità di controlli periodici e di successivi interventi per mantenere l'efficacia e l'integrità del trattamento. Il risparmio economico (così come la maggiore rapidità di esecuzione), rispetto alla rimozione, dipende prevalentemente dal fatto che non occorre applicare un prodotto sostitutivo e che non vi sono rifiuti tossici da smaltire. Le misure di sicurezza da attuare sono, invece, per la maggior parte le stesse per tutti i metodi;

v) interventi di ristrutturazione o demolizione di strutture rivestite di amianto devono sempre essere preceduti dalla rimozione dell'amianto stesso.

#### 4. PROGRAMMA DI CONTROLLO DEI MATERIALI DI AMIANTO IN SEDE - PROCEDURE PER LE ATTIVITÀ DI CUSTODIA E DI MANUTENZIONE.

Dal momento in cui viene rilevata la presenza di materiali contenenti amianto in un edificio, è necessario che sia messo in atto un programma di controllo e manutenzione al fine di ridurre al minimo l'esposizione degli occupanti. Tale programma implica mantenere in buone condizioni i materiali contenenti amianto, prevenire il rilascio e la dispersione secondaria di fibre, intervenire correttamente quando si verifichi un rilascio, verificare periodicamente le condizioni dei materiali contenenti amianto.

##### 4a) Programma di controllo

Il proprietario dell'immobile e/o il responsabile dell'attività che vi si svolge dovrà:

- designare una figura responsabile con compiti di controllo e coordinamento di tutte le attività manutentive che possono interessare i materiali di amianto;

- tenere un'adeguata documentazione da cui risulti l'ubicazione dei materiali contenenti amianto. Sulle installazioni soggette a frequenti interventi manutentivi (ad es. caldaia e tubazioni) dovranno essere poste avvertenze allo scopo di evitare che l'amianto venga inavvertitamente disturbato;

- garantire il rispetto di efficaci misure di sicurezza durante le attività di pulizia, gli interventi manutentivi e in occasione di qualsiasi evento che possa causare un disturbo dei materiali di amianto. A tal fine dovrà essere predisposta una specifica procedura di autorizzazione per le attività di manutenzione e di tutti gli interventi effettuati dovrà essere tenuta una documentazione verificabile;

- fornire una corretta informazione agli occupanti dell'edificio sulla presenza di amianto nello stabile, sui rischi

potenziali e sui comportamenti da adottare;

- nel caso siano in opera materiali friabili provvedere a far ispezionare l'edificio almeno una volta all'anno, da personale in grado di valutare le condizioni dei materiali, redigendo un dettagliato rapporto corredato di documentazione fotografica. Copia del rapporto dovrà essere trasmessa alla USL competente la quale può prescrivere di effettuare un monitoraggio ambientale periodico delle fibre aerodisperse all'interno dell'edificio.

#### 4b) Attività di manutenzione e custodia

Le operazioni di manutenzione vera e propria possono essere raggruppate in tre categorie:

- a) interventi che non comportano contatto diretto con l'amianto;
- b) interventi che possono interessare accidentalmente i materiali contenenti amianto;
- c) interventi che intenzionalmente disturbano zone limitate di materiali contenenti amianto.

Operazioni che comportino un esteso interessamento dell'amianto non possono essere consentite, se non nell'ambito di progetti di bonifica.

Durante l'esecuzione degli interventi non deve essere consentita la presenza di estranei nell'area interessata. L'area stessa deve essere isolata con misure idonee in relazione al potenziale rilascio di fibre: per operazioni che non comportano diretto contatto con l'amianto può non essere necessario alcun tipo di isolamento; negli altri casi la zona di lavoro deve essere confinata e il pavimento e gli arredi eventualmente presenti, coperti con teli di plastica a perdere.

L'impianto di ventilazione deve essere localmente disattivato. Qualsiasi intervento diretto sull'amianto deve essere effettuato con metodi ad umido. Eventuali utensili elettrici impiegati per tagliare, forare o molare devono essere muniti di aspirazione incorporata. Nel caso di operazioni su tubazioni rivestite con materiali di amianto vanno utilizzati quando possibile gli appositi "glove bags" (vedi paragrafo 5 b).

Al termine dei lavori, eventuali polveri o detriti di amianto caduti vanno puliti con metodi ad umido o con aspiratori portatili muniti di filtri ad alta efficienza. I lavoratori che eseguono gli interventi devono essere muniti di mezzi individuali di protezione. Per la protezione respiratoria vanno adottate maschere munite di filtro P3 di tipo semimaschera o a facciale completo, in relazione al potenziale livello di esposizione. È sconsigliabile l'uso di facciali filtranti, se non negli interventi del primo tipo. Nelle operazioni che comportano disturbo dell'amianto devono essere adottate inoltre tute intere a perdere, munite di cappuccio e di copriscarpe, di tessuto atto a non trattenere le fibre. Le tute devono essere eliminate dopo ogni intervento.

Tutto il materiale a perdere utilizzato (indumenti, teli, stracci per pulizia, ecc.) deve essere smaltito come rifiuto contaminato, in sacchi impermeabili chiusi ed etichettati. I materiali utilizzati per la pulizia ad umido vanno insaccati finché sono ancora bagnati. Procedure definite devono essere previste nel caso di consistenti rilasci di fibre: evacuazione ed isolamento dell'area interessata (chiusura delle porte e/o installazione di barriere temporanee); affissione di avvisi di pericolo per evitare l'accesso di estranei; decontaminazione dell'area da parte di operatori muniti di mezzi individuali di protezione con sistemi ad umido e/o con aspiratori idonei; monitoraggio finale di verifica. In presenza di materiali di amianto friabili esposti, soprattutto se danneggiati, la pulizia quotidiana dell'edificio deve essere effettuata con particolari cautele, impiegando esclusivamente metodi ad umido con materiali a perdere e/o aspiratori con filtri ad alta efficienza. La manutenzione ed il cambio dei filtri degli aspiratori sono operazioni che comportano esposizione a fibre di amianto e devono essere effettuate in un'area isolata, da parte di operatori muniti di mezzi individuali di protezione. Ai sensi delle leggi vigenti, il personale addetto alle attività di manutenzione e di custodia deve essere considerato professionalmente esposto ad amianto.

## 5. MISURE DI SICUREZZA DA RISPETTARE DURANTE GLI INTERVENTI DI BONIFICA.

## 5a) Materiali friabili

I lavori di bonifica di materiali friabili contenenti amianto dovranno essere eseguiti attenendosi alle raccomandazioni contenute nei punti seguenti:

### 1 - Allestimento del cantiere.

Se l'ambiente in cui avviene la rimozione non è naturalmente confinato, occorre provvedere alla realizzazione di un confinamento artificiale con idonei divisori.

Prima dell'inizio del lavoro, la zona dovrà essere sgombrata da tutti i mobili e le attrezzature che possono essere spostati.

Se i mobili e/o le attrezzature sono coperte da detriti o polvere, devono essere puliti a umido prima dello spostamento dalla zona di lavoro.

Tutti i mobili e le attrezzature che non possono essere spostati devono essere completamente ricoperti con fogli di plastica di spessore adeguato ed accuratamente sigillati sul posto.

Tutte le armature per l'illuminazione presente devono essere tolte, pulite e sigillate in fogli di plastica e depositate in zona di sicurezza incontaminata.

Devono essere asportati tutti gli equipaggiamenti di ventilazione e riscaldamento e altri elementi smontabili, puliti e tolti dalla zona di lavoro.

Tutti gli oggetti inamovibili devono essere sigillati, in modo tale che non vengano danneggiati e/o contaminati durante il lavoro.

Devono essere rimossi tutti i filtri dei sistemi di riscaldamento, ventilazione e condizionamento. I filtri sostituiti vanno posti in sacchi sigillati di plastica per essere smaltiti come rifiuti contenenti amianto. I filtri permanenti vanno puliti a umido e reinstallati.

Tutte le aperture di ventilazione, le attrezzature fisse, gli infissi e radiatori, devono essere sigillati sul posto, uno per uno, con fogli di plastica chiusi da nastro adesivo fino a che il lavoro, pulizia compresa, non sarà completato.

Il pavimento dell'area di lavoro dovrà essere ricoperto con uno o più fogli di polietilene di spessore adeguato. Le giunzioni saranno unite con nastro impermeabile; la copertura del pavimento dovrà estendersi alla parete per almeno 500 mm.

Tutte le pareti della zona di lavoro saranno ricoperte con fogli di polietilene di spessore adeguato e sigillate sul posto con nastro a prova di umidità.

Tutte le barriere di fogli di plastica e l'isolamento della zona vanno mantenuti durante tutta la preparazione del lavoro.

Bisognerà effettuare ispezioni periodiche per assicurare che le barriere siano funzionanti.

Tutti i cavedii e le altre possibili comunicazioni per il passaggio di cavi, tubazioni, ecc. devono essere individuati e sigillati. I bordi delle barriere temporanee, i fori e le fessure vanno tamponati con silicone o schiume espanse. Porte e finestre vanno sigillate applicando prima nastro adesivo sui bordi e coprendole successivamente con un telo di polietilene di superficie più estesa delle aperture.

Deve essere predisposta un'uscita di sicurezza per consentire una rapida via di fuga, realizzata con accorgimenti tali da non compromettere l'isolamento dell'area di lavoro (ad es. telo di polietilene da tagliare in caso di emergenza). Deve essere installato un impianto temporaneo di alimentazione elettrica, di tipo stagno e collegato alla messa a terra. I cavi devono essere disposti in modo da non creare intralcio al lavoro e non essere danneggiati accidentalmente.

Per realizzare un efficace isolamento dell'area di lavoro è necessario, oltre all'installazione delle barriere (confinamento statico), l'impiego di un sistema di estrazione dell'aria che metta in depressione il cantiere di bonifica rispetto all'esterno (confinamento dinamico). Il sistema di estrazione deve garantire un gradiente di pressione tale che, attraverso i percorsi di accesso al cantiere e le inevitabili imperfezioni delle barriere di confinamento, si verifichi un flusso d'aria dall'esterno verso l'interno del cantiere in modo da evitare qualsiasi fuoriuscita di fibre. Nello stesso tempo questo sistema garantisce il rinnovamento dell'aria e riduce la concentrazione delle fibre di amianto aerodisperse all'interno dell'area di lavoro.

L'aria aspirata deve essere espulsa all'esterno dell'area di lavoro, quando possibile fuori dall'edificio.

L'uscita del sistema di aspirazione deve attraversare le barriere di confinamento; l'integrità delle barriere deve essere mantenuta sigillando i teli di polietilene con nastro adesivo intorno all'estrattore o al tubo di uscita.

L'aria inquinata aspirata dagli estrattori deve essere efficacemente filtrata prima di essere emessa all'esterno del cantiere.

Gli estrattori devono essere muniti di un filtro HEPA (alta efficienza: 99.97 DOP).

Gli estrattori devono essere messi in funzione prima che qualsiasi materiale contenente amianto venga manomesso e devono funzionare ininterrottamente (24 ore su 24) per mantenere il confinamento dinamico fino a che la decontaminazione dell'area di lavoro non sia completa. Non devono essere spenti alla fine del turno di lavoro né durante le eventuali pause.

In caso di interruzione di corrente o di qualsiasi altra causa accidentale che provochi l'arresto degli estrattori, l'attività di rimozione deve essere interrotta; tutti i materiali di amianto già rimossi e caduti devono essere insaccati finché sono umidi.

L'estrattore deve essere provvisto di un manometro che consenta di determinare quando i filtri devono essere sostituiti.

Il cambio dei filtri deve avvenire all'interno dell'area di lavoro, ad opera di personale munito di mezzi di protezione individuale per l'amianto.

Tutti i filtri usati devono essere insaccati e trattati come rifiuti contaminati da amianto.

## 2 - Collaudo del cantiere.

Dopo che è stato completato l'allestimento del cantiere, compresa l'installazione dell'unità di decontaminazione e prima dell'inizio di qualsiasi operazione che comporti la manomissione dell'amianto, i sistemi di confinamento devono essere collaudati mediante prove di tenuta.

### a) Prova della tenuta con fumogeni.

Ad estrattori spenti l'area di lavoro viene saturata con un fumogeno e si osservano, dall'esterno del cantiere, le eventuali fuoriuscite di fumo. Occorre ispezionare, a seconda delle situazioni le barriere di confinamento, il perimetro esterno dell'edificio, il piano sovrastante. Tutte le falle individuate vanno sigillate dall'interno.

### b) Collaudo della depressione.

Si accendono gli estrattori uno alla volta e si osservano i teli di plastica delle barriere di confinamento: questi devono rigonfiarsi leggermente formando un ventre rivolto verso l'interno dell'area di lavoro. La direzione del flusso dell'aria viene verificata utilizzando fialette fumogene. Il test deve essere effettuato, in particolare, all'esterno del cantiere, in prossimità delle eventuali aperture per l'immissione passiva di aria e nei locali dell'unità di decontaminazione, in condizioni di quiete e durante l'apertura delle porte. Si deve osservare che il fumo venga sempre richiamato verso l'interno dell'area di lavoro. La misura della depressione può essere effettuata con un manometro differenziale, munito di due sonde che vengono collocate una all'interno e l'altra all'esterno dell'area di lavoro.

### 3 - Area di decontaminazione.

Dovrà essere approntato un sistema di decontaminazione del personale, composto da 4 zone distinte, come qui sotto descritte.

#### a) Locale di equipaggiamento.

Questa zona avrà due accessi, uno adiacente all'area di lavoro e l'altro adiacente al locale doccia. Pareti, soffitto e pavimento saranno ricoperti con un foglio di plastica di spessore adeguato. Un apposito contenitore di plastica deve essere sistemato in questa zona per permettere agli operai di riporvi il proprio equipaggiamento prima di passare al locale doccia.

#### b) Locale doccia.

La doccia sarà accessibile dal locale equipaggiamento e dalla chiusa d'aria.

Questo locale dovrà contenere come minimo una doccia con acqua calda e fredda e sarà dotato ove possibile di servizi igienici. Dovrà essere assicurata la disponibilità continua di sapone in questo locale.

Le acque di scarico delle docce devono essere convenientemente filtrate prima di essere scaricate.

#### c) Chiusa d'aria.

La chiusa d'aria dovrà essere costruita tra il locale doccia ed il locale spogliatoio incontaminato. La chiusa d'aria consisterà in uno spazio largo circa 1,5 m con due accessi. Uno degli accessi dovrà rimanere sempre chiuso: per ottenere ciò è opportuno che gli operai attraversino la chiusa d'aria uno alla volta.

#### d) Locale incontaminato (spogliatoio).

Questa zona avrà un accesso dall'esterno (aree incontaminate) ed un'uscita attraverso la chiusa d'aria. Il locale dovrà essere munito di armadietti per consentire agli operai di riporre gli abiti dall'esterno.

Quest'area servirà anche come magazzino per l'equipaggiamento pulito.

### 4 - Protezione dei lavoratori.

Prima dell'inizio dei lavori, gli operai devono venire istruiti ed informati sulle tecniche di rimozione dell'amianto, che dovranno includere un programma di addestramento all'uso delle maschere respiratorie, sulle procedure per la rimozione, la decontaminazione e la pulizia del luogo di lavoro.

Gli operai devono essere equipaggiati con adatti dispositivi di protezione individuali delle vie respiratorie (vedi

Allegato 4), devono inoltre essere dotati di un sufficiente numero di indumenti protettivi completi. Questi indumenti saranno costituiti da tuta e copricapo. Gli indumenti a perdere e le coperture per i piedi devono essere lasciati nella stanza dell'equipaggiamento contaminato sino al termine dei lavori di bonifica dell'amianto, ed a quel punto dovranno essere immagazzinati come gli scarti dell'amianto. Tutte le volte che si lascia la zona di lavoro è necessario sostituire gli indumenti protettivi con altri incontaminati.

È necessario che gli indumenti protettivi siano:

- di carta o tela plastificata a perdere. In tal caso sono da trattare come rifiuti inquinanti e quindi da smaltire come i materiali di risulta provenienti dalle operazioni di bonifica;
- di cotone o altro tessuto a tessitura compatta (da pulire a fine turno con accurata aspirazione, porre in contenitori chiusi e lavare dopo ogni turno a cura della impresa o in lavanderia attrezzata);
- sotto la tuta l'abbigliamento deve essere ridotto al minimo (un costume da bagno o biancheria a perdere).

Elencare ed affiggere, nel locale dell'equipaggiamento e nel locale di pulizia, le procedure di lavoro e di decontaminazione che dovranno essere seguite dagli operai.

Procedure di accesso all'area di lavoro.

Accesso alla zona: ciascun operaio dovrà togliere gli indumenti nel locale spogliatoio incontaminato ed indossare un respiratore dotato di filtri efficienti ed indumenti protettivi, prima di accedere alla zona di equipaggiamento ed accesso all'area di lavoro.

Uscita dalla zona di lavoro: ciascun operaio dovrà ogni volta che lascia la zona di lavoro, togliere la contaminazione più evidente dagli indumenti prima di lasciare l'area di lavoro, mediante un aspiratore; proseguire verso la zona dell'equipaggiamento, adempiere alle procedure seguenti:

- togliere tutti gli indumenti eccetto il respiratore;
- sempre indossando il respiratore e nudi, entrare nel locale doccia, pulire l'esterno del respiratore con acqua e sapone;
- togliere i filtri, sciacquarli e riporli nel contenitore predisposto per tale uso;
- lavare ed asciugare l'interno del respiratore.

Dopo aver fatto la doccia ed essersi asciugato, l'operaio proseguirà verso il locale spogliatoio dove indosserà gli abiti per l'esterno alla fine della giornata di lavoro, oppure tute pulite prima di mangiare, fumare, bere o rientrare nella zona di lavoro.

I copripiedi contaminati devono essere lasciati nel locale equipaggiamento quando non vengono usati nell'area di lavoro. Al termine del lavoro di rimozione trattarli come scarti contaminati oppure pulirli a fondo, sia all'interno che all'esterno usando acqua e sapone, prima di spostarli dalla zona di lavoro o dalla zona di equipaggiamento. Immagazzinare gli abiti da lavoro nel locale equipaggiamento per il riutilizzo dopo averli decontaminati con un aspiratore, oppure metterli nel contenitore per il deposito assieme agli altri materiali contaminati da amianto.

Gli operai non devono mangiare, bere, fumare sul luogo di lavoro, fatta eccezione per l'apposito locale incontaminato.

Gli operai devono essere completamente protetti, con idoneo respiratore ed indumenti protettivi durante la preparazione dell'area di lavoro prima dell'inizio della rimozione dell'amianto e fino al termine delle operazioni conclusive di pulizia della zona interessata.

## 5 - Tecniche di rimozione.

A meno di specifiche controindicazioni tecniche, di norma, la rimozione dell'amianto deve avvenire ad umido. Per l'imbibizione del materiale possono essere usati agenti surfattanti (soluzioni acquose di etere ed estere di poliossietilene) o impregnanti (prodotti vinil-acrilici comunemente usati per l'incapsulamento).

Generalmente è sufficiente bagnare l'amianto con un getto diffuso a bassa pressione, spruzzando il materiale una prima volta per bagnare la superficie e poi una seconda volta per ottenere la saturazione. Quando, per lo spessore del rivestimento o per la presenza di trattamenti di superficie, non è possibile ottenere un'impregnazione totale con questa tecnica, si praticano dei fori nel materiale attraverso i quali la soluzione imbibente viene iniettata in profondità. Si deve comunque evitare il ruscellamento dell'acqua. La rimozione dell'amianto deve iniziare nel punto più lontano dagli estrattori e procedere verso di essi, secondo la direzione del flusso dell'aria, in modo che, man mano che procede il lavoro, le fibre che si liberano per l'intervento siano allontanate dalle aree già decoibentate. L'amianto rimosso deve essere insaccato immediatamente e comunque prima che abbia il tempo di essiccare.

A tal fine dovranno lavorare contemporaneamente almeno due operai: uno addetto alla rimozione dell'amianto e l'altro addetto a raccogliere l'amianto caduto e ad insaccarlo. I sacchi pieni saranno sigillati immediatamente.

Dopo una prima rimozione grossolana, effettuata generalmente con raschietti a mano, le superfici rivestite vengono spazzolate ad umido in modo da asportare tutti i residui visibili di amianto. Al termine delle operazioni di rimozione le superfici decoibentate devono essere trattate con un prodotto sigillante per fissare tutte le fibre che possono non essere state asportate. L'imballaggio e l'allontanamento dei rifiuti dovrà essere effettuato adottando idonee cautele per evitare una contaminazione di amianto all'esterno dell'area di lavoro.

## 6 - Imballaggio dei rifiuti contenenti amianto.

L'imballaggio deve essere effettuato con tutti gli accorgimenti atti a ridurre il pericolo di rotture accidentali. Tutti i materiali devono essere avviati al trasporto in doppio contenitore, imballando separatamente i materiali taglienti. Il primo contenitore deve essere un sacco di materiale impermeabile (polietilene), di spessore adeguato (almeno 0,15 mm); come secondo contenitore possono essere utilizzati sacchi o fusti rigidi. I sacchi vanno riempiti per non più di due terzi, in modo che il peso del sacco pieno non ecceda i 30 kg. L'aria in eccesso dovrebbe essere aspirata con un aspiratore a filtri assoluti; la chiusura andrebbe effettuata a mezzo termosaldatura o doppio legaccio. Tutti i contenitori devono essere etichettati. L'uso del doppio contenitore è fondamentale, in quanto il primo sacco, nel quale l'amianto viene introdotto appena rimosso all'interno del cantiere, è inevitabilmente contaminato. Il secondo contenitore non deve mai essere portato dentro l'area di lavoro, ma solo nei locali puliti dell'unità di decontaminazione.

## 7 - Modalità di allontanamento dei rifiuti dall'area di lavoro.

L'allontanamento dei rifiuti dall'area di lavoro deve essere effettuato in modo da ridurre il più possibile il pericolo di dispersione di fibre. A tal fine il materiale viene insaccato nell'area di lavoro e i sacchi, dopo la chiusura e una prima pulizia della superficie, vanno portati nell'unità di decontaminazione. Quando ciò sia possibile è preferibile che venga installata una distinta U.O. destinata esclusivamente al passaggio dei materiali. Questa deve essere costituita da almeno tre locali: il primo è un'area di lavaggio dei sacchi; il successivo è destinato al secondo insaccamento; nell'ultimo locale i sacchi vengono depositati per essere successivamente allontanati dall'area di lavoro.

All'interno dell'unità operano due distinte squadre di lavoratori: la prima provvede al lavaggio, al secondo insaccamento ed al deposito dei sacchi; la seconda entra dall'esterno nell'area di deposito e porta fuori i rifiuti. La presenza di due squadre è necessaria per impedire che i lavoratori provenienti dall'area di lavoro escano all'esterno indossando indumenti contaminati, provocando così un'inevitabile dispersione di fibre. Nessun operatore deve mai utilizzare questo percorso per entrare o uscire dall'area di lavoro. A tal fine è opportuno che l'uscita dei sacchi avvenga in un'unica fase, al termine delle operazioni di rimozione e che, fino al quel momento, il percorso rimanga sigillato.

Quando venga utilizzato per l'evacuazione dei materiali l'U.D. destinata agli operatori il lavaggio dei sacchi deve avvenire nel locale doccia, il secondo insaccamento nella chiusa d'aria, mentre il locale incontaminato sarà destinato al deposito. In tali casi dovranno essere previste tre squadre di operatori: la prima introduce i sacchi dall'area di lavoro nell'unità, la seconda esegue le operazioni di lavaggio e insaccamento all'interno dell'unità, la terza provvede all'allontanamento dei sacchi. In entrambi i casi tutti gli operatori, tranne quelli addetti all'ultima fase di allontanamento, devono essere muniti di mezzi di protezione e seguire le procedure di decontaminazione per uscire dall'area di lavoro.

I sacchi vanno movimentati evitando il trascinarsi; è raccomandato l'uso di un carrello chiuso. Ascensori e montacarichi, eventualmente utilizzati, vanno rivestiti con teli di polietilene, in modo che possano essere facilmente decontaminati nell'eventualità della rottura di un sacco. Il percorso dal cantiere all'area di stoccaggio in attesa del trasporto in discarica deve essere preventivamente studiato, cercando di evitare, per quanto possibile, di attraversare aree occupate dell'edificio.

Fino al prelevamento da parte della ditta autorizzata al trasporto, i rifiuti devono essere depositati in un'area all'interno dell'edificio, chiusa ed inaccessibile agli estranei. Possono essere utilizzati in alternativa anche container scarrabili, purché chiusi anche nella parte superiore e posti in un'area controllata.

## 8 - Tecniche di incapsulamento.

La scelta del tipo di incapsulante dipende dalle caratteristiche del rivestimento in amianto e dagli scopi dell'intervento. A causa della variabilità delle situazioni che si possono presentare, prima di essere impiegato, il prodotto deve essere testato direttamente sul materiale da trattare. Se si usano incapsulanti ricoprenti bisogna verificarne l'aderenza al rivestimento; se si usano incapsulanti penetranti bisogna controllarne la capacità di penetrazione e di garantire l'aderenza al supporto del rivestimento. In tutti i casi, bisogna sempre verificare preventivamente la capacità del rivestimento di sopportare il peso dell'incapsulante. Preliminarmente la superficie del rivestimento di amianto deve essere aspirata; devono essere rimossi tutti i frammenti pendenti del rivestimento di amianto e le parti distaccate dal substrato. L'integrità del rivestimento deve essere restaurata utilizzando materiali senza amianto che presentino una sufficiente affinità con il rivestimento esistente e con il prodotto incapsulante impiegato. L'incapsulante deve essere applicato con un'apparecchiatura a spruzzo "airless", al fine di ridurre la liberazione di fibre per l'impatto del prodotto. Il trattamento completo può richiedere l'applicazione di 2 o 3 strati successivi.

## 9 - Decontaminazione del cantiere.

Durante i lavori di rimozione è necessario provvedere a periodiche pulizie della zona di lavoro dal materiale di amianto. Questa pulizia periodica e l'insaccamento del materiale impedirà una concentrazione pericolosa di fibre disperse.

Tutti i fogli di plastica, i nastri, il materiale di pulizia, gli indumenti ed altro materiale a perdere utilizzato nella zona di lavoro dovranno essere imballati in sacchi di plastica sigillabili e destinati alla discarica.

Bisogna fare attenzione nel raccogliere la copertura del pavimento per ridurre il più possibile la dispersione di residui contenenti amianto. I sacchi saranno identificati con etichette di segnalazione pericolo a norma di legge.

I fogli di polietilene verticali ed orizzontali dovranno essere trattati con prodotti fissanti e successivamente rimossi per essere insaccati come i rifiuti di amianto. Bisogna fare attenzione nel ripiegare i fogli per ridurre il più possibile la dispersione di eventuali residui contenenti amianto. I singoli fogli di plastica messi su tutte le aperture, i condotti di ventilazione, gli stipiti, i radiatori, devono rimanere al loro posto. I fogli verticali, a copertura delle pareti devono essere mantenuti fino a che non è stata fatta una prima pulizia.

Tutte le superfici nell'area di lavoro, compreso i mobili, gli attrezzi ed i fogli di plastica rimasti dovranno essere puliti usando una segatura bagnata ed un aspiratore con filtri tipo Vacuum Cleaner.

L'acqua, gli stracci e le ramazze utilizzati per la pulizia devono essere sostituiti periodicamente per evitare il propagarsi delle fibre di amianto.

Dopo la prima pulizia, i fogli verticali rimasti devono essere tolti con attenzione ed insaccati, come pure i fogli che coprono le attrezzature per la illuminazione, gli stipiti, etc.

L'area di lavoro deve essere nebulizzata con acqua o una soluzione diluita di incapsulante in modo da abbattere le fibre aerodisperse.

Conclusa la seconda operazione di pulizia, dovrà essere effettuata un'ispezione visiva di tutta la zona di lavoro (su tutte le superfici, incluse le travi e le impalcature) per assicurarsi che l'area sia sgombra da polvere. Se, dopo la seconda pulizia ad umido, sono visibili ancora dei residui, le superfici interessate devono essere nuovamente pulite ad umido.

Le zone devono essere lasciate pulite a vista.

Ispezionare tutti i condotti, specialmente le sezioni orizzontali per cercare eventuali residui contenenti amianto, e aspirarli usando un aspiratore a vuoto.

È consigliabile accertare l'agibilità della zona entro 48 ore successive al termine del lavoro mediante campionamenti dell'aria secondo quanto indicato in allegato.

Una volta accertata la rispondenza della zona di lavoro a quanto richiesto, si potranno togliere i sigilli a ventilatori e radiatori e rendere di nuovo accessibile la zona.

#### 10 - Protezione delle zone esterne all'area di lavoro.

Nello svolgimento del lavoro dovranno essere prese tutte le precauzioni per proteggere le zone adiacenti non interessate dalla contaminazione da polvere o detriti contenenti amianto.

Giornalmente dovrà essere fatta la pulizia, con aspirazione a secco o con metodo ad umido, di qualsiasi zona al di fuori dell'area di lavoro o di passaggio che sia stata contaminata da polvere o da altri residui conseguenti al lavoro fatto.

#### 11 - Monitoraggio ambientale.

Durante l'intervento di bonifica dovrà essere garantito a carico del committente dei lavori un monitoraggio ambientale delle fibre aerodisperse nelle aree circostanti il cantiere di bonifica al fine di individuare tempestivamente un'eventuale diffusione di fibre di amianto nelle aree incontaminate.

Il monitoraggio deve essere eseguito quotidianamente dall'inizio delle operazioni di disturbo dell'amianto fino alle pulizie finali. Devono essere controllate in particolare:

- le zone incontaminate in prossimità delle barriere di confinamento;
- l'uscita del tunnel di decontaminazione o il locale incontaminato dello spogliatoio.

Campionamenti sporadici vanno effettuati all'uscita degli estrattori, all'interno dell'area di lavoro e durante la movimentazione dei rifiuti.

I risultati devono essere noti in tempo reale o, al massimo, entro le 24 ore successive.

Per questo tipo di monitoraggio si adotteranno tecniche analitiche di MOCF. Sono previste due soglie di allarme:

1) Preallarme. Si verifica ogni qualvolta i risultati dei monitoraggi effettuati all'esterno dell'area di lavoro mostrano una netta tendenza verso un aumento della concentrazione di fibre aerodisperse;

2) Allarme. Si verifica quando la concentrazione di fibre aerodisperse supera il valore di 50 ff/l.

Lo Stato di preallarme prevede le seguenti procedure:

- sigillatura di eventuali montacarichi (divieto di entrata e di uscita);
- sospensione delle attività in cantiere e raccolta di tutto il materiale rimosso;
- ispezione delle barriere di confinamento;
- nebulizzazione all'interno del cantiere e all'esterno nella zona dove si è rilevato l'innalzamento della concentrazione di fibre;
- pulizia impianto di decontaminazione;
- monitoraggio (verifica).

Lo stato di allarme prevede le stesse procedure di preallarme, più:

- comunicazione immediata all'autorità competente (USL);
- sigillatura ingresso impianto di decontaminazione;
- accensione estrattore zona esterna;
- nebulizzazione zona esterna con soluzione incollante;
- pulizia pareti e pavimento zona esterna ad umido con idonei materiali;
- monitoraggio.

## 5b) Tubazioni e tecniche di glove-bag

Tecniche di glove-bag.

Nel caso di limitati interventi su tubazioni rivestite in amianto per la rimozione di piccole superfici di coibentazione (ad es. su tubazioni o valvole o giunzioni o su ridotte superfici od oggetti da liberare per altri interventi), è utilizzabile la tecnica del glove-bag (celle di polietilene, dotate di guanti interni per l'effettuazione del lavoro), con l'adozione delle seguenti procedure:

- nel glove-bag vanno introdotti, prima della sigillatura a tenuta stagna, attorno al tubo o intorno alla zona interessata, tutti gli attrezzi necessari; ci deve essere un sistema di spruzzatura degli agenti bagnanti (per l'imbibizione del materiale da rimuovere) o sigillanti (per l'incapsulamento della coibentazione che rimane in opera) e un ugello di aspirazione da collegare ad aspiratore dotato di filtro di efficienza HEPA per la messa in depressione della cella ove possibile in continuo e sempre a fine lavoro;
- gli addetti alla scoibentazione con glove-bag devono indossare indumenti protettivi a perdere e mezzi di protezione delle vie respiratorie (vedi allegato 4);
- precauzionalmente e preliminarmente alla installazione del glove-bag la zona deve essere ove possibile circoscritta e confinata (con teli di polietilene, sigillando le aperture di comunicazione con l'esterno e ricoprendo pavimento ed eventuali arredi sottostanti il punto di lavoro);

- durante l'uso del glove-bag deve essere vietato l'accesso a personale non direttamente addetto nel locale o nell'area dove ha luogo l'intervento;
- deve essere tenuto a disposizione un aspiratore a filtri assoluti per intervenire in caso di eventuali perdite di materiale dalla cella;
- il glove-bag deve essere installato in modo da ricoprire interamente il tubo o la zona dove si deve operare; tutte le aperture devono essere ermeticamente sigillate;
- la procedura di rimozione dell'amianto è quella usuale: imbibizione del materiale, pulizia delle superfici da cui è stato rimosso con spazzole, lavaggi e spruzzatura di incapsulanti;
- a fine lavoro la cella è messa in depressione collegando l'apposito ugello all'aspiratore con filtro assoluto; quindi viene pressata, "strozzata" con nastro adesivo, tenendo all'interno il materiale rimosso, svincolata ed avviata a smaltimento secondo le usuali procedure per i rifiuti contenenti amianto;
- la tecnica glove-bag non è utilizzabile per tubazioni di grosso diametro e/o temperatura superiore a 60 °C.

Bonifica di grandi strutture coibentate.

Nel caso di interventi di bonifica di intere strutture coibentate (es. grosse tubazioni o caldaie o elementi coibentati di macchina) sono da preferirsi, se tecnicamente possibili, idonee procedure di rimozione dell'intera struttura, o di parti consistenti di essa, con la coibentazione ancora in opera e la successiva scoibentazione in apposita zona confinata, allestita secondo le procedure già descritte.

In questo caso o nel caso in cui direttamente strutture coibentate in amianto (es. tubazioni, caldaie etc.) debbano essere smontate o smantellate (ad es. per essere sostituite) deve procedersi come segue:

- se esistono soluzioni di continuità nella coibentazione lo smontaggio o l'eventuale taglio deve avvenire in corrispondenza di questi punti esenti da amianto, dopo aver provveduto a fasciare e sigillare accuratamente tutta la superficie coibentata (per impedire che sollecitazioni alla struttura mettano in circolo fibre nell'aria);
- se la coibentazione non ha punti di interruzione utili, si rimuove, con le procedure della zona confinata o dei glove-bag, la superficie più ridotta possibile di coibentazione; si può quindi procedere al taglio o allo smontaggio nella zona liberata dall'amianto, dopo sfasciatura e sigillatura della coibentazione rimasta in opera;
- la movimentazione dei pezzi così ottenuti va condotta con la massima attenzione per non danneggiare la protezione della coibentazione;
- devono essere sempre a disposizione le attrezzature per interventi che si rendessero necessari in caso di liberazione di fibre nell'aria (aspiratori con filtri ad efficienza HEPA, incapsulanti etc.).

## 6. CRITERI PER LA CERTIFICAZIONE DELLA RESTITUIBILITÀ DI AMBIENTI BONIFICATI.

### 6a) Criteri guida generali

Le operazioni di certificazione di restituibilità di ambienti bonificati dall'amianto, effettuate per assicurare che le aree interessate possono essere rioccupate con sicurezza, dovranno essere eseguite da funzionari della USL competente. Le spese relative al sopralluogo ispettivo ed alla determinazione della concentrazione di fibre aerodisperse sono a carico del committente i lavori di bonifica.

I principali criteri da seguire durante la certificazione sono:

- assenza di residui di materiali contenenti amianto entro l'area bonificata;
- assenza effettiva di fibre di amianto nell'atmosfera compresa nell'area bonificata.

Per la verifica di questi criteri occorre seguire una procedura che comporta l'ispezione visuale preventiva e quindi il campionamento dell'aria che deve avvenire operando in modo opportuno per disturbare le superfici nell'area interessata (campionamento aggressivo). Il campionamento dell'aria può avvenire solo se l'area è priva di residui visibili di amianto.

L'esperienza ha mostrato che durante le operazioni di certificazione i livelli di concentrazione di amianto molto raramente superano i valori limite indicati nelle varie normative vigenti nazionali e internazionali. Di conseguenza il livello di protezione richiesto per il personale addetto alle operazioni di certificazione può essere notevolmente ridotto, in modo ragionevolmente praticabile, al fine di consentire la mobilità, l'accesso e la visibilità.

Prima di procedere alla ispezione visuale tutte le superfici all'interno dell'area operativa bonificata devono essere adeguatamente asciutte. Poiché spesso l'ispezione richiede l'accesso visuale in luoghi non sufficientemente illuminati, è necessario disporre di torce elettriche portatili.

L'ispezione visuale deve essere quanto più accurata possibile e deve comprendere non solo i luoghi e le superfici a vista, ma anche ogni altro luogo parzialmente o completamente nascosto, anche se di piccole dimensioni (quali angoli, rientranze, sporgenze sulle pareti, sul soffitto e sul pavimento).

L'ispezione deve essere condotta dopo la rimozione dei teli in polietilene utilizzati durante la bonifica ma mentre l'area è ancora confinata (prima della rimozione delle barriere, dell'unità di decontaminazione e della sigillatura di porte, finestre e impianto di ventilazione).

I sigillanti devono essere usati, ma solo dopo l'ispezione e prima del campionamento aggressivo finale, per incapsulare residui di amianto presenti in luoghi difficilmente accessibili o difficilmente praticabili.

Il campionamento aggressivo comporta il disturbo con mezzi meccanici di tutte le superfici accessibili, di regola iniziando da quelle verticali e quindi operando su quelle orizzontali. Può essere utile mantenere negli ambienti interessati l'aria in movimento, creando anche una omogeneizzazione della concentrazione, mediante ventilatori di potenza ridotta. Poiché tali operazioni provocano la diffusione di fibre nell'atmosfera, è importante che siano predisposte tutte le misure necessarie per la protezione degli operatori e per il controllo della eventuale fuoriuscita di polvere. Le operazioni di disturbo debbono iniziare contemporaneamente alla partenza degli apparecchi di campionamento.

Effettuare, indicativamente, due campionamenti per superfici fino a 50 m<sup>2</sup>, almeno tre campionamenti per superfici fino a 200 m<sup>2</sup>, un ulteriore campionamento ogni 200 m<sup>2</sup> in più. Per aree bonificate maggiori di 600 m<sup>2</sup> si può usare un numero di campioni minore. Nel caso di ambienti con molte stanze separate può essere necessario effettuare misure in ogni stanza.

Questi criteri hanno valore generale e possono essere adattati ad esigenze particolari relative a casi specifici.

#### 6b) Criteri per la certificazione della restituibilità

I locali dovranno essere riconsegnati a conclusione dei lavori di bonifica con certificazioni finali attestanti che:

- a) sono state eseguite, nei locali bonificati, valutazioni della concentrazione di fibre di amianto aerodisperse mediante l'uso della microscopia elettronica in scansione;
- b) è presente, nei locali stessi, una concentrazione media di fibre aerodisperse non superiore alle 2 ff/l.

I metodi analitici da impiegare vengono riportati nell'allegato 2.

## 7. COPERTURE IN CEMENTO-AMIANTO.

### 7a) Bonifica delle coperture in cemento-amianto

Le lastre piane o ondulate di cemento-amianto, impiegate per copertura in edilizia, sono costituite da materiale non friabile che, quando è nuovo o in buono stato di conservazione, non tende a liberare fibre spontaneamente. Il cemento-amianto, quando si trova all'interno degli edifici, anche dopo lungo tempo, non va incontro ad alterazioni significative tali da determinare un rilascio di fibre, se non viene manomesso. Invece, lo stesso materiale esposto ad agenti atmosferici subisce un progressivo degrado per azione delle piogge acide, degli sbalzi termici, dell'erosione eolica e di microrganismi vegetali. Di conseguenza, dopo anni dall'installazione si possono determinare alterazioni corrosive superficiali con affioramento delle fibre e fenomeni di liberazione.

I principali indicatori utili per valutare lo stato di degrado delle coperture in cemento-amianto, in relazione al potenziale rilascio di fibre, sono:

- la friabilità del materiale;
- lo stato della superficie ed in particolare l'evidenza di affioramenti di fibre;
- la presenza di sfaldamenti, crepe o rotture;
- la presenza di materiale friabile o polverulento in corrispondenza di scoli d'acqua, grondaie, ecc.;
- la presenza di materiale polverulento conglobato in piccole stalattiti in corrispondenza dei punti di gocciolamento.

La bonifica delle coperture in cemento-amianto viene necessariamente effettuata in ambiente aperto, non confinabile, e, pertanto, deve essere condotta limitando il più possibile la dispersione di fibre.

I metodi di bonifica applicabili sono:

#### a) Rimozione.

Le operazioni devono essere condotte salvaguardando l'integrità del materiale in tutte le fasi dell'intervento. Comporta la produzione di notevoli quantità di rifiuti contenenti amianto che devono essere correttamente smaltiti. Comporta la necessità di installare una nuova copertura in sostituzione del materiale rimosso;

#### b) Incapsulamento.

Possono essere impiegati prodotti impregnanti, che penetrano nel materiale legando le fibre di amianto tra loro e con la matrice cementizia, e prodotti ricoprenti, che formano una spessa membrana sulla superficie del manufatto. I ricoprenti possono essere convenientemente additivati con sostanze che ne accrescono la resistenza agli agenti atmosferici e ai raggi U.V. e con pigmenti. Generalmente, i risultati più efficaci e duraturi si ottengono con l'impiego di entrambi i prodotti.

Può essere conveniente applicare anche sostanze ad azione biocida.

L'incapsulamento richiede necessariamente un trattamento preliminare della superficie del manufatto, al fine di

pulirla e di garantire l'adesione del prodotto incapsulante. Il trattamento deve essere effettuato con attrezzature idonee che evitino la liberazione di fibre di amianto nell'ambiente e consentano il recupero ed il trattamento delle acque di lavaggio;

### c) Sopracopertura.

Il sistema della sopracopertura consiste in un intervento di confinamento realizzato installando una nuova copertura al di sopra di quella in amianto cemento, che viene lasciata in sede quando la struttura portante sia idonea a sopportare un carico permanente aggiuntivo. Per tale scelta il costruttore od il committente devono fornire il calcolo delle portate dei sovraccarichi accidentali previsti per la relativa struttura.

L'installazione comporta generalmente operazioni di foratura dei materiali di cemento-amianto, per consentire il fissaggio della nuova copertura e delle infrastrutture di sostegno, che determinano liberazione di fibre di amianto.

La superficie inferiore della copertura in cemento-amianto non viene confinata e rimane, quindi, eventualmente accessibile dall'interno dell'edificio, in relazione alle caratteristiche costruttive del tetto.

Nel caso dell'incapsulamento e della sopracopertura si rendono necessari controlli ambientali periodici ed interventi di normale manutenzione per conservare l'efficacia e l'integrità dei trattamenti stessi.

### 7b) Misure di sicurezza durante gli interventi sulle coperture in cemento-amianto

#### 1 - Caratteristiche del cantiere.

Le aree in cui avvengono operazioni di rimozione di prodotti in cemento-amianto che possono dar luogo a dispersione di fibre devono essere temporaneamente delimitate e segnalate.

#### 2 - Misure di sicurezza antinfortunistiche.

La bonifica delle coperture in cemento-amianto comporta un rischio specifico di caduta per sfondamento delle lastre. A tal fine, fermo restando quanto previsto dalle norme antinfortunistiche per i cantieri edili, dovranno in particolare essere realizzate idonee opere provvisorie per la protezione dal rischio di caduta, ovvero adottati opportuni accorgimenti atti a rendere calpestabili le coperture (realizzazione di camminamenti in tavole da ponte; posa di rete metallica antistrappo sulla superficie del tetto).

#### 3 - Procedure operative.

##### Rimozione delle coperture.

Lastre ed altri manufatti di copertura in cemento-amianto devono essere adeguatamente bagnati prima di qualsiasi manipolazione o movimentazione. Nel caso di pedonamento della copertura, devono essere usati prodotti collanti, vernicianti o incapsulanti specifici che non comportino pericolo di scivolamento. La bagnatura dovrà essere effettuata mediante nebulizzazione o a pioggia, con pompe a bassa pressione. In nessun caso si dovrà fare uso di getti d'acqua ad alta pressione.

Qualora si riscontri un accumulo di fibre di amianto nei canali di gronda, questi devono essere bonificati inumidendo con acqua la crosta presente sino ad ottenere una fanghiglia densa che, mediante palette e contenitori a perdere, viene posta all'interno di sacchi di plastica. Questi sacchi, sigillati con nastro adesivo, vanno smaltiti come rifiuti di amianto.

Le lastre devono essere rimosse senza romperle evitando l'uso di strumenti demolitori. Devono essere smontate rimuovendo ganci, viti o chiodi di fissaggio, avendo cura di non danneggiare le lastre stesse. Non devono essere utilizzati trapani, seghetti, flessibili o mole abrasive ad alta velocità. In caso di necessità, si dovrà far ricorso esclusivamente ad utensili manuali o ad attrezzi meccanici provvisti di sistemi di aspirazione idonei per la lavorazione del cemento-amianto, dotati di filtrazione assoluta in uscita.

I materiali asportati non devono in nessun caso essere frantumati dopo la rimozione. Non devono assolutamente essere lasciate cadere a terra. Un idoneo mezzo di sollevamento deve essere previsto per il calo a terra delle lastre.

Le lastre smontate, bagnate su entrambe le superfici, devono essere accatastate e pallettizzate in modo da consentire un'agevole movimentazione con i mezzi di sollevamento disponibili in cantiere.

I materiali in cemento-amianto rimossi devono essere chiusi in imballaggi non deteriorabili o rivestiti con teli di plastica sigillati. Eventuali pezzi acuminati o taglienti devono essere sistemati in modo da evitare lo sfondamento degli imballaggi. I rifiuti in frammenti minuti devono essere raccolti al momento della loro formazione e racchiusi in sacchi di materiale impermeabile non deteriorabile immediatamente sigillati. Tutti i materiali di risulta devono essere etichettati a norma di legge.

I materiali rimossi devono essere allontanati dal cantiere il prima possibile. L'accatastamento temporaneo deve avvenire separatamente dagli altri detriti, preferibilmente nel container destinato al trasporto, oppure in una zona appositamente destinata, in luogo non interessato dal traffico di mezzi che possano provocarne la frantumazione.

Giornalmente deve essere effettuata una pulizia ad umido e/o con aspiratori a filtri assoluti della zona di lavoro e delle aree del cantiere che possano essere state contaminate da fibre di amianto.

Installazione della sopracopertura.

Utilizzando il sistema della sopracopertura è consigliabile l'impiego di materiali che presentino idonee caratteristiche di leggerezza, infrangibilità, insonorizzazione, elevata durata nel tempo e dilatazione termica compatibile con il supporto in cemento-amianto.

Operatori muniti di indumenti protettivi a perdere e mezzi di protezione individuali delle vie respiratorie (allegato 4), mediante pompe a bassa pressione spruzzano sulle superficie della lastra un prodotto incapsulante. Vengono quindi bonificati i canali di gronda con le modalità già descritte. In alternativa, il canale di gronda può essere trattato con un prodotto incapsulante e successivamente confinato mediante idonea sopracopertura. Qualora risulti necessario movimentare le lastre di gronda, gli addetti eseguiranno tale operazione svitando i vecchi gruppi di fissaggio senza creare fratture sulle lastre. Eseguito il lavoro di bonifica e di eventuale sostituzione del canale, le lastre movimentate vanno rimontate utilizzando gli stessi fori per i nuovi gruppi di fissaggio.

Terminate tali operazioni preliminari si passa al montaggio della nuova copertura. Questa deve essere posata su una nuova orditura secondaria, generalmente in listelli di legno, fissata direttamente all'arcarecciatura sottostante in modo che i carichi previsti insistano esclusivamente sulla struttura portante. Montata l'orditura secondaria può essere steso un eventuale materassino isolante e quindi le nuove lastre di copertura.

Le operazioni di cui sopra andranno effettuate con utensili provvisti di sistemi di aspirazione idonei per la lavorazione del cemento-amianto.

4 - Protezione dei lavoratori.

Nelle operazioni che possono dar luogo a dispersione di fibre di amianto, i lavoratori devono essere muniti di idonei mezzi di protezione individuali delle vie respiratorie (allegato 4) e di indumenti protettivi.

Le calzature devono essere di tipo idoneo al pedonamento dei tetti.

## Allegato 1

Determinazione quantitativa dell'amianto in campioni in massa

### ASPETTI GENERALI DEL PROBLEMA ANALITICO.

La determinazione delle varie forme di amianto contenute in campioni in massa costituisce un problema analitico complesso, a cui a tutt'oggi non è stata data una soluzione soddisfacente.

Come è noto, esistono varie tecniche analitiche per la determinazione quantitativa delle varie forme di amianto; tutte, però, presentano vantaggi e svantaggi.

Le tecniche microscopiche - ottiche o elettroniche - permettono di distinguere tra le varietà asbestiformi e quelle non asbestiformi di uno stesso minerale ma forniscono dati solo in termini di numero di fibre presenti in un campione. La conversione da numero di fibre a valore ponderale - che costituisce l'espressione più adeguata dei risultati per un'analisi di campioni in massa - è soggetta a numerosi errori soprattutto se viene impiegata la microscopia ottica. Questi errori possono essere contenuti se si utilizza la microscopia elettronica a scansione (SEM) integrata da microanalisi a raggi X del campione.

In ogni caso, l'uso delle tecniche microscopiche di conta delle fibre è limitato, nel caso di campioni in massa, da un problema addizionale: il campione in massa, a meno che non sia molto friabile o non sia costituito da una polvere molto fine, deve prima essere macinato per poter poi essere analizzato. Il tipo e la durata della macinazione, oltre che la durezza e altre caratteristiche mineralogiche del campione, determinano le dimensioni, e quindi il numero delle fibre che verranno contate. In altre parole, la conta e la misura delle dimensioni geometriche delle fibre verrà effettuata su un artefatto. La conversione da numero di fibre a valore di massa risulterà ancora più aleatoria e soggetta ad errori che nel caso di campioni aereodispersi o polveri fini dove le fibre vengono contate così come sono state campionate.

Per quanto riguarda la determinazione ponderale delle varie forme di amianto, si è fatto ricorso, negli ultimi anni, fondamentalmente a due tecniche: la diffrattometria a raggi X (DRX) e la spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier (FT.IR).

Negli ultimi anni sono stati sviluppati vari metodi diffrattometrici che hanno permesso di superare alcuni inconvenienti legati sia alla tecnica in sé sia alla sua applicazione all'amianto. Il metodo che sembra aver dato i migliori risultati è quello del "filtro d'argento", che permette di quantificare e correggere in maniera semplice l'effetto di assorbimento dei raggi X da parte del campione. In questo modo la risposta diffrattometrica dell'analita viene resa indipendente dalla matrice nella quale si trova disperso, per cui l'analisi quantitativa risulta adeguatamente riproducibile.

Anche quando l'analisi è condotta per via diffrattometrica, il campione in massa deve essere previamente macinato. La macinazione costituisce un passaggio analitico piuttosto delicato a causa dei due fenomeni seguenti:

a) Per qualunque sostanza cristallina, la risposta diffrattometrica dipende dalla granulometria.

È quindi necessario che il campione in massa sia portato - con il processo di comminazione - ad uno spettro granulometrico vicino a quello dell'amianto puro con cui sono stati preparati gli standards della curva di taratura massa/risposta diffrattometrica;

b) La risposta diffrattometrica delle varie forme di amianto dipende fortemente dall'integrità della struttura cristallina.

Il processo di comminazione porta in genere ad una diminuzione della cristallinità dell'amianto contenuto nel campione e quindi ad un abbassamento della risposta diffrattometrica che può falsare gravemente l'analisi. Questo è vero soprattutto se il processo di comminazione è condotto con metodi drastici (ad es. "a secco").

L'abbassamento della risposta diffrattometrica può essere contenuto se la macinazione viene effettuata "ad umido", cioè in presenza di un liquido che disperde gli accumuli locali di calore a cui in genere si attribuisce la responsabilità delle distorsioni del reticolo cristallino.

In ogni caso, una volta scelti gli standards di amianto puro ed un determinato metodo di comminazione, è necessario studiare sperimentalmente le condizioni per portare il campione alla granulometria desiderata e l'effetto che il processo di macinazione ha sulla risposta diffrattometrica della forma di amianto in questione.

#### SCelta DELLE TECNICHE ANALITICHE.

Tenendo conto di tutti gli aspetti del problema appena sottolineati e avendo chiaro che forse, ad oggi, la soluzione ideale al problema analitico della determinazione dell'amianto in campioni in massa non esiste, sono proposte nel seguito come tecniche di riferimento per tale misura la diffrattometria a raggi X (DRX) con il metodo del filtro d'argento per la determinazione dell'amianto in campioni in cui è presente in concentrazioni superiori o uguali a 1% (vedi paragrafo A) e la microscopia elettronica in scansione (SEM) per la determinazione dell'amianto in campioni in cui è presente in concentrazioni inferiori a 1% (vedi paragrafo B). Recenti applicazioni della spettrometria IR in trasformata di Fourier, anche accoppiata con la microscopia ottica, hanno permesso di rivelare concentrazioni di amianti in campioni di massa dell'ordine dell'1%.

La DRX con il metodo del filtro d'argento è stata proposta in quanto attualmente è, fra le metodiche analitiche per determinazioni ponderali, quella che presenta la migliore sensibilità per i diversi tipi di amianto.

Per valutare la concentrazione di amianto in campioni in cui questa è inferiore a 1% la DRX non è più utilizzabile ed è necessario ricorrere a tecniche di microscopia.

Se l'obiettivo dell'analisi è una valutazione della concentrazione dell'amianto in termini di peso (m/m) è necessario trasformare i dati relativi alle fibre osservate - numero fibre e granulometria - in dati ponderali. Ciò in linea di principio è possibile o facendo ricorso a fattori di conversione (numero fibre)/(peso) o valutando in base alle loro dimensioni il volume delle fibre e calcolandone quindi il peso.

L'uso di fattori di conversione non sembra attuabile con campioni che sono degli artefatti, essendo ottenuti mediante una macinazione, e in cui numero e dimensioni delle fibre dipendono da tutta una serie di condizioni difficilmente controllabili e riproducibili.

L'unica strada percorribile sembra dunque quella della valutazione della granulometria delle fibre e del calcolo del loro volume.

La microscopia ottica in contrasto di fase appare a questo scopo meno adatta della microscopia elettronica in scansione per essere proposta come tecnica di riferimento, le ragioni di ciò sono essenzialmente:

- un minor potere risolutivo;
- una limitata profondità di campo;
- la difficoltà di riconoscere univocamente il tipo delle fibre osservate.

Il limitato potere risolutivo - 0.25  $\mu$ m del MOCF contro 0.01  $\mu$ m del SEM - oltre a non permettere la rivelazione delle fibre più piccole rende difficoltosa la valutazione delle dimensioni vere di oggetti che non superino di almeno 2 o 3 volte tale potere risolutivo; la limitata profondità di campo non permette di focalizzare oggetti che non si trovino esattamente sul piano immagine del microscopio; può risultare perciò difficile valutare l'esatta

granulometria di fibre sottili e in posizione inclinata rispetto a tale piano; infine la mancanza di un sistema che permetta il riconoscimento sicuro del tipo di fibra può determinare, in campioni in cui sono presenti materiali eterogenei, errori sistematici.

Il SEM analitico appare perciò per le sue caratteristiche - elevato potere risolutivo, elevata profondità di campo, possibilità di utilizzare la spettrometria X per il riconoscimento delle fibre - la metodica più indicata.

L'utilizzazione comunque della microscopia ottica in contrasto di fase in mancanza del SEM dovrebbe portare a risultati, in assenza di fibre diverse dall'amianto, che si avvicinano a quelli ottenibili con il SEM tanto più quanto maggiori sono le dimensioni medie delle fibre presenti nel campione.

## PROCEDURA DI ANALISI DEI CAMPIONI.

Di seguito è riportato uno schema di procedura per l'analisi di un campione utilizzando le metodiche analitiche dettagliatamente definite nei successivi paragrafi A) e B).

### CAMPIONAMENTO

CONTROLLO DEL CAMPIONE PER LA VERIFICA DELLA PRESENZA DI UNA COMPONENTE FIBROSA

NO

mediante stereomicroscopio, MOCF, SEM

SÌ

MACINAZIONE DEL CAMPIONE STIMA APPROSSIMATIVA DELLA QUANTITÀ DI MATERIALE FIBROSO PRESENTE mediante MOCF, SEM

SUPERIORE  $A = 3 \cdot 10^5$  fibre/mg (a)

INFERIORE  $A = 3 \cdot 10^5$  fibre/mg (a)

MISURA DELLA CONCENTRAZIONE DI AMIANTO

MISURA DELLA CONCENTRAZIONE DI AMIANTO

MEDIANTE DRX CON FILTRO

MEDIANTE SEM ANALITICO

D'ARGENTO CONCENTRAZIONE INFERIORE ALLA

SENSIBILITÀ DELLA DRX MISURA DELLA

CONCENTRAZIONE DI AMIANTO MEDIANTE SEM

ANALITICO

(a) Il limite di  $3 \cdot 10^5$  fibre/mg è stato fissato in base al fattore di conversione da numero di fibre a peso proposto dall'USEPA per la MOCF (vedi paragrafo 5.7B).

A) Diffrazione a raggi X con il metodo del filtro d'argento (per percentuali di amianto 1%)

#### 1A) Campo di applicazione

Il metodo è applicabile a materiali in massa contenenti i principali tipi di amianti commerciali (crisotilo, crocidolite, amosite) e per quantità di amianto dell'ordine dei microgrammi. L'intervallo ottimale di misura è compreso tra 20 e 100 microgrammi di amianto sul filtro di lavoro in argento. Il limite inferiore di rivelabilità (LLD) dipende da vari fattori: tipo di amianto, matrice nella quale l'analita si trova disperso, tempo di integrazione del picco analitico, area di deposizione del campione sul filtro di lavoro in argento. In ogni caso, è sempre possibile determinare le tre forme di amianto in concentrazioni intorno all'1% in peso quando il campione da analizzare sia costituito da un deposito di polvere macinata di circa 0.5 mg su un'area del filtro di lavoro di circa 1.0 cm<sup>2</sup> (Vedi Tabella 1a e 1b).

#### 2A) Principio del metodo

Macinazione controllata del campione in massa fino a raggiungere una granulometria vicina a quella degli

standards di amianto puro usati per la costruzione della curva di taratura; studio dell'effetto che la macinazione ha sulla risposta diffrattometrica dell'amianto contenuto nel campione; sospensione di una parte della polvere in adatta soluzione disperdente; filtrazione di una quantità nota di polvere in sospensione su membrana filtrante in argento; analisi diffrattometrica dei vari tipi di amianto per confronto con una curva di taratura; correzione dell'attenuazione dell'intensità dei picchi analitici misurati (attenuazione dovuta all'assorbimento dei raggi da parte del campione).

Il metodo di correzione è basato sull'uso del filtro d'argento che ha la doppia funzione di supporto filtrante e di standard interno. In pratica, dalla misura dell'attenuazione del picco di diffrazione dell'argento si ricava il fattore di correzione per l'attenuazione dei picchi analitici delle varie forme di amianto.

La riproducibilità del metodo globale non è conosciuta. È stata stimata solamente la riproducibilità del metodo di preparazione e lettura dei campioni su filtro d'argento.

In figura 1 sono riportati le medie e gli errori standard delle risposte diffrattometriche di un totale di 31 filtri, su ciascuno dei quali sono stati depositati 100 g di crisotilo puro (vedi punti 3.4A e 5.4A). I filtri provengono da 8 diverse sospensioni; n indica il numero di filtri preparati da ciascuna sospensione, mentre il trattino verticale è una misura, nella stessa scala dell'asse delle ordinate, dell'errore standard associato alla media.

Da una analisi della varianza di questi dati è risultato che le medie delle risposte diffrattometriche delle 8 sospensioni appartengono ad una stessa popolazione avente coefficiente di variazione uguale al 9%. Questo può essere preso come misura della riproducibilità del metodo di preparazione e misura dei campioni su filtro d'argento.

### 3A) Reagenti

3.1A Soluzione disperdente: H<sub>2</sub>O contenente lo 0.1% di NaCl e lo 0.1% di Areosol OT o altro tensioattivo analogo.

3.2A NaCl di purezza RPE.

3.3A Tensioattivo tipo Areosol OT.

3.4A Crisotilo canadese dell'UICC (Union International Contre le Cancer) avente lunghezza delle fibre <10 m per il 97.0%.

3.5A Crocidolite dell'UICC avente lunghezza delle fibre <10 m per il 97.0%.

3.6A Amosite dell'UICC avente lunghezza delle fibre <10 m per il 97.0%.

### 4A) Apparecchiatura

Attrezzatura di uso comune di laboratorio e:

4.1A Mulino per la macinazione controllata del campione.

4.2A Membrane in argento aventi porosità di 0.45 m e diametro di 25 mm.

4.3A Dispositivo di filtrazione sotto piccolo vuoto con setto poroso e sede per alloggiare le membrane in Ag.

4.4A Agitatore magnetico capace di fornire circa 400 giri/min.

4.5A Diffrattometro a R.X.

## 5A) Determinazione quantitativa dell'amianto

### 5.1A Macinazione del campione.

Di seguito viene descritta una procedura di comminuzione controllata di un campione in massa. Tale procedura è evidentemente solo indicativa; se ne possono adottare delle altre purché, una volta scelte le condizioni di macinazione ed individuato il tempo necessario per portare il campione ad una granulometria simile a quella degli standards, venga studiato, ed eventualmente corretto, l'abbassamento della risposta diffrattometrica dell'amianto che la comminuzione ha determinato. A questo scopo, e sempre a titolo indicativo, viene anche presentato uno studio della relazione tra tempi di macinazione, granulometria e risposta diffrattometrica dell'amianto. Il campione scelto è un frammento di amianto-cemento, contenente crisotilo; gli standards usati per la curva di calibrazione, forniti dall'UICC (Union International contre le Cancer) sono composti da fibre di lunghezza inferiore a 10 micron nel 97% dei casi e di diametro inferiore a 0.3 micron nel 92.5% dei casi.

Circa 1 grammo del campione viene macinato a mano in mortaio d'agata; il macinato viene quindi setacciato con setaccio da 400 micron. La polvere così ottenuta viene quindi sottoposta a macinazione meccanica "ad umido" e ad "impatto". Come disperdente viene utilizzato l'alcol isopropilico (circa 10 mL); la macinazione ad impatto viene realizzata per mezzo di una serie di cilindretti d'agata che un sistema di scuotimento della camera di macinazione obbliga ad urtarsi tra loro. Dopo la macinazione, condotta per un tempo prefissato, si ottiene una sospensione che viene trasferita con alcol isopropilico in un beker da 100 mL. L'alcol viene fatto evaporare in stufa a 90 °C e la polvere seccata viene sottoposta all'analisi diffrattometrica.

Per lo studio della relazione tra tempi di macinazione, granulometria del macinato e risposta diffrattometrica dell'amianto contenuto nel campione, si è proceduto nel modo seguente.

Il campione è stato sottoposto a tempi di macinazione crescenti tra 0 e 45 minuti. Dopo ciascuna macinazione, parte della polvere seccata è stata sottoposta ad un'analisi granulometrica con microscopio elettronico a scansione, mentre un'altra parte è stata depositata su filtro d'argento e letta al diffrattometro. Nelle Figure 2 e 3 sono riportate le distribuzioni dei diametri e delle lunghezze delle fibre della polvere ottenuta dopo 30 minuti di macinazione. Le due distribuzioni presentano - in questo come negli altri casi - l'atteso andamento lognormale, per cui si è preferito utilizzare la media geometrica piuttosto che quella aritmetica per la caratterizzazione morfologica dei campioni stessi. In Figura 4 appaiono le cinetiche di comminuzione per la polvere iniziale. Gli andamenti (per diametri e lunghezze) presentano una fase iniziale (corrispondente ai primi 15 minuti di macinazione) durante la quale i due parametri si riducono di oltre il 50% del valore iniziale; per tempi più lunghi di macinazione la media geometrica della lunghezza delle fibre rimane praticamente costante mentre la media geometrica del diametro tende ancora a diminuire arrivando ad un valore inferiore ad 1 micron dopo 45'.

Il complesso dei risultati ottenuti sembra indicare che il processo di comminuzione delle fibre, nella seconda fase sia causato essenzialmente da successive sfaldature