

AMIANTO NATURALE E AMBIENTI DI LAVORO

INAIL

Indicazioni operative per la prevenzione

2021

COLLANA **SALUTE E SICUREZZA**



AMIANTO NATURALE E AMBIENTI DI LAVORO

INAIL

Indicazioni operative per la prevenzione

2021

Pubblicazione realizzata da

Inail

Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti ed insediamenti antropici (Dit)

Consulenza tecnica accertamento rischi e prevenzione (Contarp)

A cura di

Annalisa Guercio¹, Bianca Rimoldi¹, Sergio Malinconico², Federica Paglietti²,
Beatrice Conestabile della Staffa²

Responsabile scientifico del progetto

Sergio Malinconico²

Coordinatore del progetto per Contarp

Liliana Frusteri¹

Autori

Annalisa Guercio¹, Bianca Rimoldi¹, Sergio Malinconico², Federica Paglietti², Beatrice Conestabile della Staffa², Sergio Bellagamba², Roberto Addia¹, Bianca Antonelli¹, Daniela Bellomo¹, Rosanna Bevilacqua¹, Maria Paola Bogliolo², Chiara Buffa¹, Fernando Cifelli¹, Giovanni Colafemmina¹, Rossella Continisio¹, Emma Della Penda¹, Paolo De Simone², Rossella Di Benedetto¹, Liliana Frusteri¹, Riccardo Galassi¹, Marco Mecchia¹, Carmelo Gargano¹, Annamaria Iotti¹, Donato Lancellotti¹, Enrico Marchesi¹, Stefano Massera¹, Luca Nori¹, Nunzio Papapietro¹, Patrizia Santucci¹, Giusto Tamigio¹, Luca Valori, Carlo Zecchi¹

Fotografie

Alessandro Cavallo³, Sergio Malinconico², Stefano Massera¹, Marco Mecchia¹, Bianca Rimoldi¹

¹ Consulenza tecnica accertamento rischi e prevenzione

² Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti ed insediamenti antropici

³ Università degli Studi di Milano Bicocca

per informazioni

Inail - Consulenza tecnica accertamento
rischi e prevenzione
via Roberto Ferruzzi, 38/40 - 00143 Roma
contarp@inail.it
www.inail.it

Inail - Dipartimento innovazioni tecnologiche e
sicurezza degli impianti, prodotti
ed insediamenti antropici
via Roberto Ferruzzi, 38/40 - 00143 Roma
dit@inail.it
www.inail.it

© 2021 Inail
isbn 978-88-7484-682-5

Gli autori hanno la piena responsabilità delle opinioni espresse nella pubblicazione, che non vanno intese come posizioni ufficiali dell'Inail.
Le pubblicazioni vengono distribuite gratuitamente e ne è quindi vietata la vendita nonché la riproduzione con qualsiasi mezzo. È consentita solo la citazione con l'indicazione della fonte.

Indice

PREFAZIONE	5
1. Introduzione	7
2. Normativa in tema di amianto	8
2.1 Legislazione europea	8
2.2 Legislazione nazionale	9
2.3 Legislazione regionale	12
3. Minerali di amianto: origine e geologia	14
4. Naturally occurring asbestos (Noa)	20
5. Mappatura delle aree in presenza di Noa	21
5.1 La mappatura ai sensi del d.m. 101/03	22
5.2 Le attività dell'Inail	24
5.3 Inquadramento geologico regionale	25
6. Azioni di prevenzione in siti produttivi con presenza di Noa	41
6.1 Estrazione e lavorazione di pietre ornamentali e di pietrisco	43
6.1.1 Estrazione e lavorazione di pietre ornamentali	43
6.1.2 Estrazione e lavorazione di pietrischi	68
6.2 Bonifica e messa in sicurezza di siti contaminati da amianto naturale	75
6.3 Scavi per gallerie stradali e ferroviarie	100
6.4 Scavi e opere di urbanizzazione a diverse scale	130
6.5 Lavorazioni agrarie e forestali	145
6.5.1 Lavorazioni agrarie	146
6.5.2 Lavorazioni forestali	149
6.6 Rimozione e smaltimento/bonifica di ballast	156
7. Considerazioni generali per la gestione dei rischi correlati alla presenza di amianto naturale negli ambienti di lavoro	165
8. Conclusioni	167

Allegato 1 - “Elenco non esaustivo della legislazione europea in tema di amianto”	169
Allegato 2 - “Elenco non esaustivo della legislazione nazionale in tema di amianto”	174
Allegato 3 - “Elenco della legislazione regionale in tema di amianto”	181
Bibliografia	191

Prefazione

L'Inail, Istituto Nazionale Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro, gestisce l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali con l'obiettivo di fornire una tutela integrale al lavoratore, dalla prevenzione al reinserimento lavorativo a seguito di un infortunio o di una malattia professionale.

A questo scopo, l'Inail realizza iniziative di:

- monitoraggio continuo dell'andamento degli infortuni;
- assistenza, formazione e consulenza in materia di prevenzione alle piccole e medie imprese;
- finanziamento alle imprese che investono in sicurezza;
- ricerca finalizzata alla prevenzione e sicurezza sui luoghi di lavoro.

In tale contesto l'Istituto promuove e svolge specifici progetti di ricerca. Tra questi, è stato realizzato il progetto dal titolo "Naturally Occurring Asbestos" (Progetto Noa), che nasce dalla sinergia tra le strutture centrali e territoriali sia della Consulenza tecnica accertamento rischi e prevenzione centrale (Contarp) che del Dipartimento innovazioni tecnologiche e sicurezza degli impianti, prodotti e insediamenti antropici (Dit). La Contarp si occupa di rilevare gli elementi di igiene e sicurezza sul lavoro utili per la valutazione del rischio professionale ai fini dell'applicazione delle norme in materia assicurativa e ne garantisce l'omogenea applicazione sul territorio. Realizza le attività tecniche integrate alle altre funzioni istituzionali: accordi e finanziamenti in materia di prevenzione, verifiche di conformità alle norme e gestione della prevenzione interna, anche con azioni connesse a specifiche situazioni di rischio, come l'esposizione ad amianto. Inoltre, la stessa consulenza, anche con il supporto del proprio Laboratorio di Igiene Industriale, gestisce la presenza di amianto nei patrimoni immobiliari dell'Ente, fornendo supporto ai servizi prevenzione e protezione per la valutazione del rischio amianto.

Il Dit promuove e svolge, in relazione all'evoluzione tecnologica dei sistemi di sicurezza del lavoro, attività di studio, ricerca e sperimentazione finalizzati alla proposta normativa, allo sviluppo e alla validazione di buone prassi, di metodiche, di procedure di gestione e di valutazione del rischio in materia di sicurezza degli ambienti di lavoro e di vita. Uno specifico gruppo di lavoro è dedicato alla gestione della salute e sicurezza dei lavoratori nei siti inquinati di interesse nazionale. Attraverso le attività svolte nel Laboratorio Sicurezza delle attività di produzione e degli insediamenti antropici, specifica attenzione è rivolta alla problematica amianto, in particolare per tutti gli aspetti riguardanti la gestione in sicurezza dei siti e dei rifiuti contaminati da tale sostanza.

L'insieme delle pluriennali esperienze maturate da queste strutture Inail in materia di prevenzione dei rischi e sicurezza sul lavoro, con particolare riferimento agli agenti cancerogeni tra cui l'amianto, anche in cooperazione con altre strutture della Pubblica Amministrazione ed Enti locali, ha portato a proporre ed attuare una specifica ricerca indirizzata a caratterizzare, anche per la prevenzione dei rischi lavorativi, i siti con presenza di amianto naturale in Italia, meglio definiti a scala internazionale con la dicitura Naturally Occurring Asbestos (Noa).

Fabrizio Benedetti
Coordinatore Generale Contarp

Carlo De Petris
Direttore Dit

1. Introduzione

In Italia, per la sua conformazione geologica, esistono diversi affioramenti di rocce che possono contenere amianto naturale e che sono state sfruttate per l'estrazione del minerale grezzo.

L'amianto, infatti, è un minerale presente in natura; con questo termine si intende un gruppo costituito da sei minerali fibrosi (Crisotilo, Crocidolite, Amosite, Tremolite, Antofillite, Actinolite), ampiamente sfruttati e commercializzati in passato, fino alla messa al bando sancita dalla l. 257/1992.

Questa pubblicazione si prefigge l'obiettivo di diffondere informazioni e conoscenze attraverso la trattazione e la descrizione delle evidenze geologiche e delle attività lavorative che possono insistere su aree con presenza di amianto naturale, al fine di migliorare la consapevolezza per la gestione di tali situazioni.

Infatti, il corpo centrale di questo documento consiste in una serie di indicazioni operative utili ad una migliore gestione e all'impiego delle risorse del territorio.

Per tale motivo, il volume, che può rappresentare una sintesi delle conoscenze relative alla gestione dei siti con presenza di Noa in Italia, ha un carattere volutamente operativo e non solo informativo.

In questo lavoro sono riportate le informazioni in merito agli affioramenti italiani di ofioliti (dal nome greco *ophis*, serpente, più comunemente note con il nome commerciale di "Pietre Verdi"), che rappresentano le principali litologie in cui è possibile riscontrare minerali di amianto, e ad altri tipi di affioramenti.

I principali fattori antropici che contribuiscono all'affioramento di litotipi contenenti amianto, da cui può essere prodotta aerodispersione di fibre, sono legati ad attività produttive (industrie estrattive, lavorazione di litoidi, realizzazione di infrastrutture, reti di sottoservizi) o a insediamenti urbani.

È importante quindi fornire e divulgare specifiche indicazioni tecniche in modo che possano essere approntate tutte le misure di prevenzione necessarie, prima dell'inizio delle lavorazioni, anche in caso di situazioni di potenziale presenza di amianto.

Il termine "potenziale" si riferisce a rocce e affioramenti in cui è possibile, dal punto di vista geopetrogenetico, la presenza di minerali di amianto dei quali però non sono disponibili studi approfonditi o che non sono stati ancora censiti ai sensi del d.m. 101/2003.

2. Normativa in tema di amianto

2.1 Legislazione europea

A partire dai seguenti provvedimenti:

- direttiva 83/477/CEE del Consiglio del 19 settembre 1983 “sulla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi con un’esposizione all’amianto durante il lavoro (seconda direttiva particolare ai sensi dell’articolo 8 della direttiva 80/1107/CEE)”;
- direttiva 85/610/CE del Consiglio del 20 dicembre 1985 “recante settima modifica (amianto) della direttiva 76/769/CEE concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati Membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi”;
- direttiva 87/217/CEE del Consiglio del 19 marzo 1987 “concernente la prevenzione e la riduzione dell’inquinamento dell’ambiente causato dall’amianto”;
- l’attenzione al problema “amianto” ha avuto una diffusione praticamente globale e ha investito tutti i settori produttivi ad esso correlati.

La direttiva 2003/18/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 27 marzo 2003 recante modifiche alla direttiva 83/477/CEE, fatte salve altre disposizioni comunitarie in materia di commercializzazione e di utilizzazione dell’amianto, disciplina le limitazioni delle attività che comportano un’esposizione all’amianto. Nello specifico, la norma impone di “escludere le attività che espongono i lavoratori alle fibre di amianto durante l’estrazione dell’amianto, la fabbricazione e la lavorazione di prodotti a base di amianto o la fabbricazione e la lavorazione di prodotti contenenti fibre d’amianto aggiunte deliberatamente, tenuto conto che il livello d’esposizione delle stesse è elevato e difficile da prevenire.”

La successiva direttiva 2009/148/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 novembre 2009 ha per oggetto la protezione dei lavoratori contro i rischi che derivano o possono derivare per la loro salute dall’esposizione all’amianto, durante il lavoro, nonché la prevenzione di tali rischi.

Il campo di applicazione sono tutte le attività nelle quali i lavoratori sono, o possono essere, esposti durante il lavoro alla polvere proveniente dall’amianto o da materiali contenenti amianto. Sono fissati i valori limite di tale esposizione e altre disposizioni specifiche. In particolare, l’articolo 6 prevede che “per tutte le attività di cui all’articolo 3, paragrafo 1, l’esposizione dei lavoratori alla polvere prodotta dall’amianto o da materiali contenenti amianto nel luogo di lavoro deve essere ridotta al minimo e in ogni caso al di sotto del valore limite fissato nell’articolo 8...”. Inoltre, la norma

prevede che i residui delle lavorazioni debbano essere raccolti e rimossi dal luogo di lavoro il più presto possibile in appropriati imballaggi chiusi su cui sarà apposta un'etichettatura indicante che contengono amianto. La particolarità di questo comma è che non si applica alle attività estrattive; detti residui devono essere successivamente trattati ai sensi della direttiva 91/689/CEE del Consiglio, del 12 dicembre 1991, relativa ai rifiuti pericolosi. Particolare importanza è data all'idonea formazione (articolo 14), per tutti i lavoratori esposti o potenzialmente esposti alla polvere proveniente dall'amianto o da materiali contenenti amianto, quale obbligo periodico per i datori di lavoro. Il contenuto della formazione deve essere facilmente comprensibile per i lavoratori e deve consentire loro di acquisire le conoscenze e le competenze necessarie in materia di prevenzione e sicurezza. Analogamente, l'articolo 17 prevede che siano prese misure appropriate affinché i lavoratori, nonché i loro rappresentanti nell'impresa o nello stabilimento, ricevano adeguate informazioni tecniche.

Per ciò che riguarda la valutazione del rischio di esposizione alla polvere proveniente dall'amianto o da materiali contenenti amianto, è necessario stabilire la natura e il grado dell'esposizione dei lavoratori in base alle singole attività lavorative. In ogni caso, i luoghi in cui si svolgono attività che comportano esposizione ad amianto devono essere chiaramente delimitati e contrassegnati da appositi cartelli, inerenti il rischio specifico, il divieto di fumare, l'obbligo di adozione di idonei Dispositivi di protezione individuale (DPI), nonché accessibili esclusivamente ai lavoratori in funzione delle specifiche mansioni.

In allegato 1 si riportano ulteriori riferimenti normativi di settore da consultare per una più ampia e dettagliata disamina della tematica a livello europeo.

2.2 Legislazione nazionale

Per la trattazione della legislazione nazionale inerente la tematica Noa è opportuno considerare al contempo le norme in materia di amianto, sulla sicurezza dei lavoratori e per la tutela delle matrici ambientali, aria, acqua e suolo. Ne deriva un complesso quadro generale, in quanto dette norme risultano emanate da ben tre Ministeri differenti con ricadute di tipo sanitario, ambientale e socioeconomico, di difficile interpretazione e recepimento da parte di tutti i soggetti operanti nel settore.

A partire dai seguenti provvedimenti cardine:

- d.lgs. n. 277 del 15 agosto 1991 "Attuazione di alcune direttive CEE in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi durante il lavoro";
- l. n. 257 del 27 marzo 1992 "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto";
- d.p.r. 08/08/1994 "Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni ed alle provincie autonome di Trento e Bolzano per l'adozione di piani di protezione, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica dell'ambiente, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto";

- d.m. 06/09/1994 "Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art.6 comma 3, e dell'art.12 comma 2 della legge 27-3-92 n. 257 relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto";
- d.m. 18/03/2003 n. 101 "Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto, ai sensi dell'art.20 della legge 23 marzo 2001, n. 93".

Sono state emanate ulteriori disposizioni normative volte a disciplinare i diversi aspetti amministrativi e tecnici della materia.

Al fine di diffondere la conoscenza delle norme specifiche riferibili in tutto o in parte ai principi di sicurezza da applicare nella gestione dei Noa, vengono di seguito riportate le principali norme di riferimento ed i loro contenuti sostanziali:

- d.m. 14/5/1996 "Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art.5 comma 1 lettera f della legge 27/3/1992 n. 257 recante: Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto", pubblicato sulla Gazzetta ufficiale n. 251 del 25 ottobre 1996;
- d.lgs. 152/2006 "Norme in materia ambientale";
- d.lgs. 81/2008 "Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro".

In particolare il decreto ministeriale del 14/05/1996, all'Allegato 4 tratta dei "Criteri relativi alla classificazione ed all'utilizzo delle "Pietre Verdi" in funzione del loro contenuto di amianto". Classifica altresì le Pietre Verdi in funzione del loro contenuto di amianto e sulla base delle informazioni di natura petrografica oggi disponibili in letteratura, in sette litotipi di riferimento. Nel decreto si specifica che la quantità esatta di amianto, sia esso amianto di serpentino o amianto di anfibolo, non può essere definita a priori in modo assoluto, ma deve essere valutata caso per caso. Pertanto, per una corretta definizione dei controlli da eseguire sulle Pietre Verdi al fine di un loro utilizzo come rocce ornamentali o come inerti, vengono stabiliti i criteri generali per la valutazione del contenuto di amianto nel giacimento e relativi controlli durante l'attività estrattiva da parte degli Organi di vigilanza. In particolare si prescrive di provvedere ad un controllo iniziale del contenuto di amianto stimato medio sul giacimento ed effettuare continui rilievi ed analisi di tipo mineralogico-petrografico durante l'avanzamento del fronte di taglio, effettuando al contempo monitoraggi di particolato aerodisperso ed analisi in microscopia. Soprattutto si stabilisce che l'eventuale affioramento di filoni ricchi di amianto dovrà essere prontamente segnalato prima che il proseguire dell'attività estrattiva provochi un inquinamento ambientale; in questo modo si rende possibile intervenire con azioni di prevenzione (incapsulamento, altri sistemi che modifichino la procedura estrattiva, etc.) volte a tutelare i lavoratori addetti. Detto Decreto prevede inoltre la valutazione del contenuto di amianto nei materiali estratti ed in particolare delle fibre liberabili dal materiale, mediante l'applicazione di un indice di rilascio che determina la sua pericolosità. Tali tematiche, più approfonditamente descritte nei successivi para-

grafi, costituiscono l'unico riferimento normativo specifico per le litologie presenti nei Noa.

Il d.lgs. 152/06 stabilisce le norme in materia ambientale. In particolare alla parte quarta esso disciplina la gestione dei rifiuti e di bonifica dei siti inquinati. Il Titolo I parte IV relativo ai rifiuti tratta, tra l'altro, della gestione dei Rifiuti Contenenti Amianto (RCA). Esso rimanda inoltre all'Allegato D, ove è riportato, ai fini della classificazione, l'elenco dei codici presenti nel Catalogo europeo dei rifiuti (codici Cer). Ivi vengono esplicitati 8 codici specificatamente correlati all'amianto ed altri 21 riferibili a rifiuti contenenti sostanze pericolose, tra cui può essere annoverato l'amianto. Poiché le attività antropiche in siti Noa spesso generano rifiuti pericolosi (es: 16.10.01*Soluzioni acquose di scarto, contenenti sostanze pericolose, 17.05.03*Terre e rocce contenenti sostanze pericolose, 17.05.07* - Pietrisco per massicciate ferroviarie, contenente sostanze pericolose, 19.13.01* - Rifiuti solidi prodotti dalle operazioni di bonifica dei terreni, contenenti sostanze pericolose, 19.13.03* - Fanghi prodotti dalle operazioni di bonifica dei terreni, contenenti sostanze pericolose, 15.02.02* - Assorbenti, materiali filtranti, stracci e indumenti protettivi, contaminati da sostanze pericolose, etc.), è indispensabile una approfondita conoscenza di tali aspetti normativi.

Il Titolo V disciplina invece gli interventi di bonifica e ripristino ambientale di siti contaminati definendo le procedure, i criteri e le modalità per lo svolgimento delle operazioni necessari alla eliminazione/riduzione della contaminazione. I principi ivi indicati risultano basilari per la gestione in sicurezza di aree contaminate sia di origine antropica che naturale, e per la realizzazione di idonei interventi di ripristino ambientale.

Il d.lgs. 81/08 incide sulla tematica Noa per ciò che concerne la tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori che operano in aree potenzialmente a rischio. In particolare il rischio da esposizione ad amianto è specificamente normato al Capo III del Titolo IX, relativo a tutte "le rimanenti attività lavorative che possono comportare, per i lavoratori, un'esposizione ad amianto". Ivi emerge la volontà di tutelare i lavoratori dai rischi correlati a tale agente cancerogeno, pur non essendovi direttamente disciplinate le attività di estrazione, coltivazione e lavorazione di Pietre Verdi in cui è possibile rinvenire vene e filoni di amianto.

Tali attività sono implicitamente tutelate nel principio secondo cui la protezione dei lavoratori dal rischio amianto, oltre alle tipiche attività di manutenzione, bonifica e gestione dei rifiuti, va attuata per qualunque altra attività lavorativa che comporti una esposizione al rischio specifico.

Di conseguenza, il datore di lavoro ha l'obbligo di adottare ogni misura necessaria volta ad individuare la presenza di materiali a potenziale contenuto d'amianto, anche se vi è il minimo dubbio. Ciò comporta di fatto che il datore di lavoro deve sempre provvedere alla valutazione dei rischi nei luoghi di lavoro (art.249) ove si presupponga una potenziale esposizione ad amianto, al fine di stabilire il grado dell'esposizione e le misure preventive e protettive da adottare.

La Sentenza della Corte di Cassazione - Sezione III Penale n. 10527 del 10 marzo

2009 (U. P. del 3 febbraio 2009 - Pres. Lupo - Est. Gentile - P.M. Passacantando - Ric. V. V. A.) ribadisce questo concetto affermando che in presenza di amianto, sussiste comunque a carico del datore di lavoro l'obbligo di informare i dipendenti sui rischi specifici, di consentire agli stessi di verificare mediante i loro rappresentanti l'applicazione delle misure di tutela e di sicurezza sul lavoro, di fornire ai dipendenti i necessari dispositivi di protezione connessi al rischio specifico al quale sono esposti, di provvedere ad uno specifico addestramento circa l'uso degli stessi Dispositivi di protezione individuale nonché di pretendere l'osservanza da parte del medico competente degli obblighi previsti dal citato decreto legislativo.

Le misure di prevenzione e protezione (articolo 251, lettera e) richiedono che i processi lavorativi siano concepiti in modo tale da evitare di produrre polvere di amianto o, se ciò non fosse possibile, evitare emissione di polvere di amianto nell'aria. L'articolo stabilisce l'obbligo per il datore di lavoro di provvedere alla riduzione dell'esposizione dei lavoratori alle fibre di amianto nel luogo di lavoro che deve essere mantenuta, in ogni caso, al di sotto del valore limite; fissa inoltre le attività di informazione e formazione dei lavoratori ad intervalli regolari.

2.3 Legislazione regionale

Il d.p.r. 8/8/94 costituisce un atto di indirizzo e coordinamento delle attività delle regioni e delle province autonome in materia di difesa dei pericoli derivanti dall'amianto. All'art. 1, si prevede che le regioni e le province autonome adottino, ai sensi dell'art. 10 della l. 27 marzo 1992, n. 257, i piani di protezione dell'ambiente, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto. La normativa emanata dalle singole regioni, affronta dunque le seguenti tematiche, sebbene non uniformemente elaborate ed applicate a scala nazionale:

- censimento dei siti interessati da attività di estrazione dell'amianto;
- censimento delle imprese che utilizzano o hanno utilizzato amianto nelle attività produttive e censimento delle imprese che svolgono attività di smaltimento e bonifica, predisposizione di programmi per dismettere l'attività estrattiva e realizzare la relativa bonifica dei siti;
- predisposizione di programmi per realizzare la bonifica dei siti interessati in passato da attività estrattiva dell'amianto;
- armonizzazione dei piani di smaltimento dei rifiuti di amianto con i piani di organizzazione dei servizi di smaltimento dei rifiuti;
- individuazione dei siti che devono essere utilizzati per l'attività di smaltimento dei rifiuti di amianto;
- controllo delle condizioni di salubrità ambientale e di sicurezza del lavoro;
- rilevazione sistematica delle situazioni di pericolo derivanti dalla presenza di amianto;
- controllo delle attività di smaltimento e di bonifica relative all'amianto;

- predisposizione di specifici corsi di formazione professionale e rilascio di titoli di abilitazione;
- strumentazione necessaria per lo svolgimento delle attività di controllo previste dalla l. 27 marzo 1992, n. 257;
- censimento degli edifici nei quali sono presenti materiali o prodotti contenenti amianto libero o in matrice friabile.

In allegato 3 si riporta un elenco non esaustivo dei riferimenti normativi emanati da alcune regioni, da consultare per una più ampia e dettagliata disamina della tematica a livello regionale.

3. Minerali di amianto: origine e geologia

Il termine amianto o asbesto definisce normativamente un gruppo di sei minerali silicatici fibrosi - Crisotilo, Crocidolite (Riebeckite), Amosite (Grunerite), Tremolite, Antofillite e Actinolite - con caratteristiche fisico-chimiche e meccaniche peculiari (tabella 1) che ne hanno permesso lo sfruttamento commerciale. Essi risultano facilmente filabili e possono essere tessuti. Sono dotati inoltre di proprietà fonoassorbenti e termoisolanti. Si legano facilmente con altre sostanze e con alcuni polimeri. Dette caratteristiche chimico-fisiche, unitamente ai bassi costi di estrazione, lavorazione e produzione, hanno comportato un progressivo incremento dell'utilizzo di materiali contenenti amianto, con ampia diffusione a scala internazionale e nazionale.

I minerali di amianto sono presenti in natura all'interno di formazioni geologiche generalmente di origine metamorfica.

Quando presenti in estesi giacimenti naturali, sono stati sfruttati commercialmente attraverso attività estrattive monominerali.

Attualmente i minerali di amianto vengono rinvenuti come elemento contaminante nell'ambito di attività estrattive di pietre ornamentali o dedicate allo sfruttamento di altri minerali, quali: talco, minerali contenenti nichel, vermiculite, etc.

I minerali di amianto propriamente detti, geologicamente, sono contenuti principalmente all'interno di rocce ofiolitiche, che abbondano in quasi tutte le catene montuose formatesi per collisione fra placche litosferiche. Dette rocce hanno composizione basica e ultrabasica corrispondenti a frammenti alloctoni di antica crosta oceanica basaltico-gabbriaca e del sottostante mantello peridotitico.

Esse sono note già dai tempi antichi; il termine "Ofite" fu usato da Vitruvio, Plinio il Vecchio, Dioscoride, Giulio Agricola e poi introdotto nel linguaggio scientifico da A. Brongniart nel 1813 come "Ofiolite".

Da giacimenti ofiolitici è stato estratto oltre l'85% dell'amianto commercializzato come fibra grezza, semilavorata o lavorata.

Tali rocce si succedono in una sequenza stratigrafica che può essere schematicamente ricostruita, dall'alto verso il basso, come di seguito riportato:

- rocce sedimentarie abissali: argilliti (argille nere), selci (diaspri), rocce carbonatiche (calcarei a calpionelle), etc.;
- sequenza effusiva: basalti a cuscino che mostrano la superficie di contatto tra il magma e l'acqua di mare;
- filoni stratificati: filoni colonnari che alimentano superiormente i basalti a cuscino;

- rocce intrusive superficiali: gabbro isotropico, che indica la presenza di una camera magmatica dove avviene il frazionamento del magma;
- peridotite massiva: strati ricchi in dunite che sono esterni alla camera magmatica;
- peridotite tettonizzata: roccia del mantello ricca in harzburgite-lherzolite.

I termini delle successioni ofiolitiche ed in particolare quelli potenzialmente contenenti minerali di amianto, possono rinvenirsi sia in posizione primaria (cioè in successione stratigrafica relativamente regolare), che in giacitura secondaria, quando le ofioliti risultano inglobate in formazioni sedimentarie torbiditiche.

Tabella 1 - Tipologia e proprietà dei minerali di amianto

Proprietà	Crisotilo	Crocidolite	Amosite	Tremolite	Actinolite	Antofillite
	Da criso- e tilos "fibra d'oro" 'pelo delle sopracciglia', per l'aspetto del minerale	Dal greco κροκος "fibra"	Da acronimo di Asbestos Mine Of South Africa	Dalla Val Tremola nel Massiccio del San Gottardo in Svizzera	Dal greco <i>aktin</i> e <i>ligas</i> "pietra roggiata"	Dal latino <i>anthophyllum</i> "chiodo di garofano" per il colore
COLORE	Verdastro, grigio, bianco	Blu	Bruno, giallo, grigio	Grigio-bianco, verdastro, giallastro	Verdastro	Giallo-bruno, verdastro, bianco
FORMULA CHIMICA	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$	$Na_2(Mg,Fe)_6Si_8O_{22}(OH)_2$	$(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$	$Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$	$Ca_2(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$	$(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$
DUREZZA (MOHS)	2,5 - 4	05-giu	5,5 - 6	5,5 - 6	6	5,5 - 6
DENSITÀ (g/cm³)	2,5 - 2,6	3,0 - 3,4	3,1 - 3,5	2,9 - 3,2	3,0 - 3,2	2,8 - 3,2
SISTEMA CRISTALLINO	Monoclino e Ortorombico	Monoclino	Monoclino	Monoclino	Monoclino	Ortorombico
INDICE DI RIFRAZIONE	1,53 - 1,55	1,65 - 1,70	1,66 - 1,69	1,60 - 1,69	1,60 - 1,69	1,59 - 1,69
RESISTENZA AGLI ACIDI	Scarsa (buona alle basi)	Buona	Buona	Buona	Molto buona	Discreta
RESISTENZA A TRAZIONE (X100 PSI)	280 - 450	150 - 450	175 - 350	< 75	< 5	240
PUNTO DI FUSIONE (°C)	1520	1190	1400	1360	1390	1470
RESISTENZA AL CALORE	Buona fragile ad alte temperature	Scarsa fonde	Buona fragile ad alte temperature	Discreta - buona	Molto buona	Molto buona
FLESSIBILITÀ	Molto buona	Buona	Discreta	Fragile	Fragile	Discreta - fragile
FILABILITÀ	Molto buona	Buona	Discreta	Scarsa	Scarsa	Scarsa
CAPACITÀ FILTRANTE	Lenta	Rapida	Rapida	Media	Media	Media

Queste ultime, tipicamente argillitiche e talvolta rimaneggiate da processi di trasporto post-deposizionale, possono contenere le ofioliti sia come blocchi (olistoliti) che come frammenti di successione (olistostromi).

In questi ultimi casi le mineralizzazioni di amianto si ritrovano sia in ammassi concentrati che come fibre disperse nella matrice argillosa (es. argilloscisti e calcescisti della Formazione del Frido - Cretaceo-Oligocene, presenti in Italia nelle regioni Basilicata e Calabria). In tali situazioni è ancor più difficoltosa l'individuazione degli aggregati fibrosi in quanto casualmente distribuiti all'interno di grandi volumi di rocce. È bene evidenziare che non tutti i termini costituenti la successione ofiolitica contengono necessariamente minerali di amianto, benché sia possibile la loro formazione; inoltre, anche all'interno di uno stesso termine stratigrafico (es. serpentinite fratturata), i minerali di amianto possono distribuirsi in modo eterogeneo con concentrazioni variabili puntualmente.

Previsioni a scala nazionale sulla possibilità di rinvenimento di minerali di amianto su base cartografica all'interno di litologie ofiolitiche, sono pertanto di difficile attuazione. Previsioni sulla loro distribuzione puntuale e relativa concentrazione, risultano invece impossibili. Ciò in considerazione di:

- ingenti volumi di terreni ofiolitici presenti in Italia;
- intensa fratturazione geologica;
- caotica distribuzione dei litotipi interessati (olistostromi, olistoliti) da presenza di minerali di amianto o asbestiformi;
- concentrazione casuale di tali minerali all'interno dei litotipi che li contengono.

È dunque possibile attraversare notevoli volumi di rocce basiche ed ultrabasiche o di coltri torbiditiche non amiantifere, e riscontrare poi, in spessori rocciosi limitati, mineralizzazioni di amianto localizzate. I minerali di amianto o asbestiformi, infatti, generalmente si rinvencono in faglie, zone di taglio fragili o mineralizzazioni puntuali in sedimenti caotici, la cui presenza ha frequenza molto irregolare.

Quanto sopra fa comprendere la necessità di eseguire in litotipi "sospetti" di contenere minerali di amianto, approfondimenti di caratterizzazione geostrutturale, petrografica e mineralogica a scala di dettaglio, quale fase preliminare ed imprescindibile per l'individuazione di misure di controllo, prevenzione e mitigazione del rischio legato all'esposizione a fibre di amianto.

Una prima classificazione operativa a scala nazionale delle cosiddette «Pietre Verdi», è riportata nel d.m. 14/5/96, che indica le litologie suscettibili di contenere amianto in relazione ad eventuali attività estrattive ivi insistenti (Tabella 2).

Tabella 2 - Classificazione delle Pietre Verdi ai sensi del d.m. 14/5/96

Classificazione Litotipo “Pietre Verdi” <i>in funzione del loro contenuto di amianto</i>	Minerali principali
“serpentiniti” s.l.	antigorite, crisotilo, olivina, pirosseni orto e clino, anfibolo tremolite, talco, dolomite, granato, spinelli cromite e magnetite
prasiniti	feldspato albite, epidoti, anfiboli tremolite-actinolite, glaucofane, pirosseni clino e mica bianca
eclogiti	pirosseno monoclinico, granato, rutilo, anfibolo glaucofane
anfiboliti	orneblenda, plagioclasio, zoisite, clorite, antofillite-gedrite
scisti actinolitici	actinolite, talco, clorite, epidoto, olivina
scisti cloritici, talcosi e serpentinosi	talco, clorite, dolomite, tremolite, actinolite, serpentino, crisotilo, rutilo, titanite, granato
oficalciti	talco, antigorite, crisotilo, tremolite, dolomite, calcite, olivina

Tale elenco, tuttavia, non risulta esaustivo di tutte le tipologie di litotipi che possono contenere minerali di amianto. Si segnala la possibile presenza di amianto in litologie marnose, argilliti e diabasi.

Oltre ai minerali di amianto ufficialmente riconosciuti dalla normativa internazionale e nazionale, esistono in natura ulteriori minerali che possono presentarsi con abito fibroso, definiti “asbestiformi”.

Fibre asbestiformi possono essere infatti rinvenute sia nelle litologie sopra descritte sia in prodotti lavici.

Tra i più noti in letteratura si ricordano:

- fluoro-edenite - anfibolo fibroso per il quale è stato riconosciuto nel 2014 dalla International Agency of Research on Cancer (Iarc) il suo elevato potenziale cancerogeno. Essa è stata scoperta nei prodotti vulcanici della cittadina di Biancavilla Etnea (CT) a seguito della verifica di un alto tasso di incidenza dei tumori della pleura presso la popolazione residente. La presenza di tale minerale nel materiale lavico locale, estratto per oltre trent'anni presso il Monte Calvario ed utilizzato a scopi civili nella cittadina, ha portato ad una contaminazione ambientale di tutto il perimetro urbano;
- erionite - silicato del gruppo delle zeoliti che può presentarsi anche in forma fibrosa. È noto per un rilevante caso di inquinamento ambientale nella Regione turca della Cappadocia (alta incidenza di casi di mesotelioma). Si rinviene tipica-

mente nelle ceneri vulcaniche alterate da processi meteorici o di scambio chimico con le acque sotterranee. In Italia ritrovamenti di tale minerale sono segnalati in Sardegna nella provincia di Nuoro, nel Comune di Nurri (CA) e nel Comune di Montresta (OR). Minerali della serie erionite-offretite sono stati rinvenuti anche nelle vulcaniti terziarie in molte località dei Monti Lessini e dei Colli Euganei ed in particolare nei comuni di S. Giovanni Ilarione, Vestenanova e Soave (VR), Montecchio Maggiore (VI), Cinto Euganeo (PD). Diffusa presenza è stata segnalata anche negli Stati Uniti, sia nella parte orientale (California, Nevada, Oregon), che occidentale (Dakota, Wyoming);

- balangeroite - minerale riscontrato nel sito estrattivo di amianto ubicato presso i Comuni di Balangero (TO) e Corio. Esso risulta un minerale contaminante del giacimento di amianto puro;
- winchite - anfibolo sodio calcico;
- richterite;
- carlosturanite;
- diopside;
- magnesio-arfvedsonite;
- mordenite (zeoliti);
- fibre argillose: palygorskite (attapulgite), sepiolite;
- wollastonite;
- nemalite (brucite fibrosa).

4. Naturally occurring asbestos (Noa)

La problematica dell'amianto è principalmente correlata alla presenza antropica di tali minerali, dovuta alle numerosissime tipologie di materiali contenenti amianto, alla dismissione degli stabilimenti di produzione ai sensi della l. 257/92 ed alla gestione dei rifiuti prodotti a seguito delle attività di bonifica.

La questione dell'amianto di origine naturale è stata oggetto di numerosi studi scientifici, sia a scala internazionale che nazionale, legati agli aspetti relativi alla geologia, alla mappatura dei siti, allo sfruttamento del suolo e solo recentemente alla tutela dei lavoratori.

In letteratura il termine Noa, in italiano amianto naturale, si riferisce a quei minerali, rinvenibili in rocce e terreni, che possono essere rilasciati nell'aria da attività antropiche o da processi geomorfologici. Se non disturbati, non si produce aerodispersione di fibre e di conseguenza non vi sono rischi per la salute umana.

In questo lavoro si ritiene opportuno proporre una definizione più estesa che integri le precedenti.

Il termine "amianto naturale" (Noa) si riferisce generalmente ai "minerali di amianto contenuti in rocce ofiolitiche, affioranti o sepolte, in quantità e localizzazione variabili non definibili in via preventiva, le cui fibre possono essere rilasciate nell'ambiente per effetto di attività antropiche o di agenti esogeni".

Esistono, inoltre, casi meno estesi di rinvenimento di minerali di amianto contenuti in rocce metamorfiche (marmi metamorfici val d'Ossola) e sedimentarie (formazione del Frido, confine calabro-lucano) non appartenenti a termini ofiolitici.

Dato che le rocce ofiolitiche non contengono sempre minerali di amianto e che la loro estensione non coincide necessariamente con quella dei minerali di amianto, nell'ambito di un'indagine preliminare su base cartografica, la presenza di Noa è solo ipotizzabile.

In aree in cui il rinvenimento di minerali di amianto naturale non è stato accertato da indagini geopetrografiche specifiche, è opportuno pertanto approfondire tale conoscenza al fine di intraprendere misure cautelative per gli addetti ad attività che possono interessare l'area in questione.

Si evidenzia che i minerali asbestosimili non rientrano nei Noa ma in questa trattazione saranno presi in considerazione alcune esperienze di gestione di attività antropiche con presenza di tali minerali.

5. Mappatura delle aree in presenza di Noa

A livello internazionale, numerosi studi sono stati finalizzati alla localizzazione di litologie contenenti minerali di amianto o asbesto-simili ed alla loro distribuzione, concentrandosi principalmente sulle rocce ofiolitiche.

Queste sono distribuite in tutti i continenti: nella parte occidentale degli Stati Uniti sono ben conosciuti i casi di Eldorado Hills in California (Stato con 42 Contee su 58 interessate da Noa), di Libby (Montana), di Fairfax (Virginia), di Swift Creek nelle Sumas Mountain (Washington) e dello Stato dell'Alaska. Nella parte orientale degli Stati Uniti si rinvenivano numerosi siti distribuiti lungo la catena montuosa degli Appalachi. In Russia estesi affioramenti, oltre ai giacimenti sfruttati per l'estrazione dei minerali d'amianto, sono presenti negli Urali. Similmente affioramenti di amianto naturale sono riscontrabili in Sud Africa, Australia occidentale e più in generale in tutti i Paesi che attualmente estraggono amianto. In Europa siti con amianto di origine naturale si riscontrano in gran parte dei Paesi peri-mediterranei (Corsica, Italia, Turchia, Grecia, Croazia) oltre che in Norvegia, Regno Unito e Germania. Un analogo studio britannico, effettuato dal British geological survey (Bgs) per il UK Health and safety executive (Hse), ha condotto alla realizzazione di mappe del territorio inglese, individuando aree con possibili affioramenti d'amianto. Le carte del BGS "Maps of Possible Natural Occurrence of Asbestos Minerals in Rocks" danno indicazione di potenziali affioramenti di minerali di amianto, in relazione alla distribuzione regionale di rocce metamorfiche, con carta geologica alla scala 1:250.000.

In Italia, le Pietre Verdi affiorano in aree ben definite dell'arco alpino nei settori occidentali e centrali, e nelle coltri alloctone dell'Appennino settentrionale; i litotipi ofiolitici, massicci e scistosi, sono solitamente attraversati da zone di frattura o da venature in cui i minerali di amianto si dispongono parallelamente o perpendicolarmente ad esse. In caso di elevata tettonizzazione che porta alla frammentazione meccanica della roccia, i minerali possono essere rinvenuti anche dispersi nella matrice. Come evidenziato da indagini geologiche effettuate per la realizzazione di grandi opere (costruzione degli impianti sportivi previsti dalle olimpiadi invernali di Torino, 2006; realizzazione dei tratti autostradali della Gronda di Genova e del terzo Valico dei Giovi) e da studi specifici condotti a scala locale, si evidenzia comunque che non tutte le Pietre Verdi contengono fibre di amianto. D'altra parte, come detto in precedenza, i minerali della famiglia dell'amianto sono presenti non solo nelle Pietre Verdi ma anche in altre litologie. Il par. 5.4 riporta la descrizione delle formazioni e delle litologie contenenti minerali di amianto o asbesto-simili e la loro ubicazione nelle diverse regioni italiane.

5.1 La mappatura ai sensi del d.m. 101/03

In Italia, il d.m. 101/03, in attuazione dell'art. 20 della l. 93/01, prevede e regola la realizzazione della mappatura completa delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto e la realizzazione degli interventi di bonifica di particolare urgenza.

Il decreto affida alle Regioni ed alle Province Autonome di Trento e Bolzano il compito di realizzarla, stabilendo che i risultati della mappatura, i dati analitici relativi agli interventi da effettuare e le relative priorità, nonché i dati inerenti gli interventi già effettuati, siano trasmessi al Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare (Mattm) entro il 30 giugno di ogni anno.

In proposito il decreto stabilisce, inoltre, che "la mappatura delle zone interessate dalla presenza di amianto deve essere realizzata avvalendosi di sistemi informativi territoriali (SIT)".

La mappatura deve essere realizzata procedendo all'individuazione ed alla classificazione dei siti contaminati secondo 4 categorie di riferimento:

- categoria 1: impianti industriali attivi o dismessi;
- categoria 2: edifici pubblici e privati;
- categoria 3: presenza naturale;
- categoria 4: altra presenza di amianto da attività antropica.

Per ognuna di esse sono previste due fasi attuative:

- individuazione e delimitazione dei siti caratterizzati dalla presenza di amianto, sia naturale che antropico;
- attribuzione di una priorità di intervento di bonifica nei siti in cui è accertata la presenza di amianto.

La definizione della procedura per la determinazione degli interventi di bonifica urgenti è stata assegnata alle Regioni in collaborazione con l'Agenzia per la protezione dell'ambiente ed i servizi tecnici (Apat ora Ispra), l'Istituto superiore di sanità (Iss) e l'Istituto superiore per la prevenzione e la sicurezza sul lavoro (Ispesl, ora Inail).

Tale procedura, per la categoria 3 "amianto naturale", prevede l'assegnazione di un punteggio, determinato attraverso coefficienti di classe di priorità, indici specifici e indicatori di classe, che, combinati fra loro, indicano la priorità di intervento; un punteggio elevato implica la necessità di intervenire nel breve termine.

Per questa categoria, è previsto di mappare oltre agli ammassi rocciosi caratterizzati dalla presenza di amianto, anche:

- a) le attività estrattive, in coltivazione o dismesse, di lavorazione di rocce e minerali con presenza di amianto;
- b) le attività estrattive, in coltivazione o dismesse, di lavorazione di rocce e minerali senza presenza di amianto in aree potenzialmente contaminate da amianto.

Per tutte queste situazioni la procedura di calcolo per stabilire le priorità degli interventi di bonifica prevede una combinazione tra i seguenti indicatori:

- in1: materiale costituente gli affioramenti rocciosi contenenti amianto;
- in2: presenza di affioramenti entro 50 m da area abitata o con frequenza abituale;
- in3: fibre aerodisperse in prossimità dei recettori [ff/l];
- in4: estensione degli affioramenti contenenti amianto;
- in5: coinvolgimento del sito in lavori di urbanizzazione;
- in6: dati epidemiologici riferiti a casi di mesoteliomi.

Qualora alcuni degli indicatori non siano disponibili, il calcolo deve essere effettuato attribuendo a questi il valore minimo previsto.

La procedura di calcolo del punteggio finale di ogni singolo sito non può comunque essere determinata se non sono presi in considerazione almeno gli indicatori in1, in2 e in4.

Per quanto riguarda l'indicatore in6 "dati epidemiologici riferiti a casi di mesoteliomi", sono da considerare esclusivamente quelli correlabili alla residenzialità del soggetto, sulla base di appositi accertamenti.

L'algoritmo per la Categoria 3 (amianto naturale) è dunque così espresso:

$$\begin{aligned} &\textbf{Valore finale priorità di rischio} \\ &(\text{Punteggio mappatura}) = \\ &(\text{in1} * \text{in4} + \text{in3} + \text{in5} + \text{in6}) * \text{in2}. \end{aligned}$$

Ai fini della mappatura è stata predisposta dall'Ispepl (ora Inail), su apposita convenzione con il Mattm, una banca dati amianto per la raccolta e catalogazione dei dati. A seguito delle prime risultanze e dei relativi aggiornamenti, è stata effettuata un'analisi delle informazioni raccolte per valutare se sussistono condizioni di rischio per i lavoratori e, conseguentemente, definire le eventuali misure di prevenzione da adottare.

Si segnalano alcuni spunti di riflessione:

- non vi è una distinzione tra cave/miniere, giacimenti e affioramenti;
- non vi è distinzione tra tipologia di materiale estratto: ciò fa sì che una miniera di amianto puro ottenga lo stesso punteggio di una cava di Pietre Verdi con possibile/probabile presenza di amianto;
- non vi sono indicazioni sul contenuto di amianto all'interno degli affioramenti;
- il parametro "friabilità" necessiterebbe di una definizione più dettagliata;
- il parametro "estensione degli affioramenti contenenti amianto" risulta non rappresentativo in quanto siti di dimensioni di poco maggiori di 50 mq ottengono lo stesso punteggio di altri con maggiore estensione. Inoltre, data la presenza casuale delle mineralizzazioni amiantifere in alcune litologie, spesso un singolo affioramento di pochi m² può contenere quantità rilevanti di fibre, anche superiori a quelle potenzialmente presenti in affioramenti più estesi;

- contrariamente a quanto indicato per le altre categorie, nella categoria 3 non vi sono indicazioni in merito alla presenza di cause che creano/favoriscono la dispersione di fibre e al coinvolgimento del sito in attività antropiche e di urbanizzazione.

Con l'obiettivo di una più accurata acquisizione, catalogazione e gestione dei dati, sarebbe opportuna l'integrazione del format con l'aggiunta di nuovi indicatori che, pur non concorrendo alla formazione del punteggio finale di priorità di intervento, costituirebbero un utile strumento di approfondimento.

In particolare, per comprendere la natura delle singole situazioni correlata alle eventuali attività lavorative nel sito, sarebbe utile acquisire:

- la descrizione dell'utilizzo passato ed attuale dell'area (cava attiva, cava dismessa, ex miniera, affioramento di origine naturale o antropica, tempistica, autorizzazioni), evidenziando l'eventuale presenza di impianti, linee produttive, attività varie;
- estensione effettiva del sito e degli affioramenti contenenti amianto.

Per una migliore caratterizzazione dell'area specifica e del territorio in cui esso insiste, sarebbero utili i parametri descrittivi di vincoli (presenza di vincoli ambientali, naturalistici, aree a rischio, etc.) e di eventuali opere di bonifica effettuate.

Ulteriori dati di utilità sarebbero:

- modalità di rinvenimento minerali di amianto (in affioramento, scavi stradali, galleria, etc.);
- tipologia di rocce con presenza di amianto e tipo di minerale;
- dati di campionamenti effettuati (matrici, metodiche di campionamento, metodiche analitiche).

Ad oggi, i dati trasmessi dalle Regioni si riferiscono a circa 200 siti a scala nazionale. Dall'analisi dei dati raccolti, emerge in particolare che:

- gran parte dei dati è relativa a siti estrattivi, in attività o dismessi (miniere di amianto dismesse, cave di pietre ornamentali o di pietrisco); si rileva dunque una significativa insufficienza di dati sugli affioramenti;
- nella maggior parte dei casi, non risultano indicate le varietà mineralogiche riscontrate.

5.2 Le attività dell'Inail

La problematica è emersa già da alcuni anni ed è stata affrontata dall'Inail dal punto di vista della tutela della salute dei lavoratori che svolgono la propria attività in aree in cui è presente amianto naturale e nelle quali si prevedano opere di sfruttamento del territorio o di urbanizzazione.

Sono stati trattati temi inerenti la mappatura, la valutazione dei rischi da esposizione ad amianto aerodisperso, l'elaborazione di procedure di messa in sicurezza

di emergenza, caratterizzazione e bonifica, nonché l'individuazione delle più adeguate misure di prevenzione e protezione per le diverse attività.

Sono state fornite indicazioni inerenti le tecniche di bonifica dei siti estrattivi di amianto e di monitoraggio nei Noa a tutela dei lavoratori e degli ambienti di vita, anche a supporto degli organi di vigilanza e controllo e del Ministero dell'ambiente. Sono state inoltre indagate le situazioni di rischio dovute alla presenza naturale di minerali asbestiformi come la fluoro-edenite e l'erionite, in contesti lavorativi e/o ad alta densità abitativa.

L'impegno dell'Inail si è concretizzato ulteriormente con l'avvio del progetto "Naturally Occurring Asbestos" finalizzato a fornire a diversi interlocutori e destinatari (Enti locali, aziende, consulenti) indicazioni operative univoche su scala nazionale, per la prevenzione dai possibili rischi legati alla presenza di amianto naturale in ambienti di lavoro.

Il lavoro è consistito in diverse fasi di attività, la prima delle quali è stata la raccolta dei dati provenienti dalle Regioni ai sensi del d.m. 101/2003, da studi locali per procedere poi all'esame della letteratura in materia. Questa pubblicazione è l'ultima parte del progetto, focalizzata alla definizione degli interventi atti a minimizzare l'aerodispersione di fibre di amianto.

In bibliografia, si riportano le pubblicazioni Inail per la successiva consultazione.

5.3 Inquadramento geologico regionale

La presenza di affioramenti di Noa in Italia è ampiamente documentata dalla letteratura scientifica: si tratta principalmente di crisotilo e tremolite, meno diffuse actinolite e antofillite, mentre crocidolite e amosite non sono state mai documentate. Le Pietre Verdi affiorano in aree ben definite dell'arco alpino nei settori occidentali e centrali, e nelle coltri alloctone dell'Appennino settentrionale e meridionale.

Nelle rocce compatte, i minerali di amianto si concentrano nelle zone di frattura o nelle venature che attraversano gli ammassi, disponendosi parallelamente o perpendicolarmente ad esse.

Laddove le rocce incassanti sono altamente tettonizzate o brecciate, i minerali di amianto possono ritrovarsi in una distribuzione casuale o in aggregati localizzati non coincidenti con lineamenti tettonici.

L'affioramento di litotipi contenenti varietà fibrose di anfiboli o di zeoliti può non essere necessariamente di Pietre Verdi, e rinvenirsi quindi in situazioni geologicamente differenti dai classici contesti orogenici.

In questo paragrafo è riportato un breve inquadramento geologico, che descrive le formazioni, a livello regionale, potenzialmente contenenti amianto o nelle quali la presenza di minerali asbestiformi è stata accertata.

Il paragrafo contiene inoltre la descrizione del contesto geologico e degli affioramenti di minerali ad abito fibroso non appartenenti al gruppo dell'amianto, rinvenibili in Campania e in Veneto, oltre al caso della fluoro-edenite in Sicilia.

VALLE D'AOSTA

La maggior parte delle rocce presenti in Valle d'Aosta sono rocce metamorfiche originatesi in condizioni di elevate pressioni e temperature durante gli eventi di convergenza e collisione delle placche litosferiche europea ed adriatica. Dal punto di vista composizionale le rocce presenti in Valle d'Aosta possono essere distinte in due categorie generali: le rocce di derivazione continentale e le rocce di derivazione oceanica. Le prime hanno origine dai paleo-margini delle placche europea ed adriatica, le seconde invece derivano dall'antico oceano Ligure-Piemontese originariamente interposto tra le suddette placche. La presenza di minerali fibrosi nel territorio valdostano è principalmente legata alle serpentiniti ofiolitiche della Zona Piemontese che affiorano nella parte centrale della Valle d'Aosta. Anche se le "Pietre Verdi" sono concentrate nella parte centrale della regione (massiccio del Monte Avic), esse sono presenti anche nelle valli e nelle pianure alluvionali a seguito dello smantellamento dell'orogeno alpino. Le litologie presenti sono i calcescisti, derivanti dal metamorfismo dei sedimenti di composizione terrigena-carbonatica dell'antico oceano Ligure-Piemontese, le serpentiniti, prasiniti, metagabbri ed anfiboliti (rocce ultrabasiche e basiche). Esse sono maggiormente concentrate in corrispondenza del Monte Avic, della Valtournenche, della Val d'Ayas, della Valle di Champorcher e dell'alta Valle di Gressoney. Sono presenti anche altri affioramenti limitati nell'alta Valle di Cogne e nel Vallone di Ollomont. Anche nell'alta Val di La Thuile affiorano lembi di ofioliti. L'abbondanza di mineralizzazioni di crisotilo ha fatto sì che in regione si siano sviluppate alcune attività estrattive di amianto. Nel comune di Emarese, a circa 1.370 m slm, in sinistra orografica della Dora Baltea, è stata attiva fino al 1970 la miniera di Settarme-Chassant presso cui si estraeva crisotilo, sia in galleria che a cielo aperto. Oltre a questa un'altra miniera di amianto era ubicata nel comune di Issogne, in località Favà. Segnalazioni di abbondante presenza di amianto sono riferite anche all'interno degli sterili minerari della miniera di magnetite di Cogne-Cretaz, con contenuti in crisotilo e tremolite fino al 23% e 10% rispettivamente.

Il crisotilo della Valle d'Aosta era rinomato a scala internazionale per la sua purezza e per la lunghezza delle sue fibre, che venivano impiegate principalmente per la realizzazione di tessuti e cordami vari.

PIEMONTE

La maggior parte delle mineralizzazioni di amianto presenti sul territorio è associata alle serpentiniti ofiolitiche della Zona Piemontese che si estendono quasi con continuità laterale dall'Ossola alla Liguria. Nell'area queste rocce sono concentrate principalmente nelle Valli di Lanzo (Massiccio Ultrabasco di Lanzo), nelle Valli di Susa e Chisone in provincia di Torino, nelle Valli Varaita, Maira e Po (Massiccio del Monviso) in provincia di Cuneo e vasti affioramenti si ritrovano in provincia di Alessandria (Gruppo di Voltri). I minerali fibrosi più abbondanti (amianti e non, ai sensi della normativa vigente) finora riscontrati nelle ofioliti piemontesi sono crisotilo, tremolite-actinolite, antigorite, diopside, carlosturanite e balange-

roite. Crisotilo, antigorite, carlosturanite e balangeroite sono prevalentemente associati alle rocce ultrafemiche serpentinite, mentre la tremolite-actinolite può formarsi in uno spettro più ampio di litotipi che includono, oltre alle serpentiniti, scisti actinolitici, cloritoscisti, talcoscisti, prasiniti, rocce oficarbonatiche e marmi dolomitici. In letteratura viene generalmente riferito che la presenza di minerali asbestiformi è essenzialmente legata alla presenza di vene all'interno delle quali essi si sviluppano anche se non è da escludersi il caso di sviluppo di reticolati mineralizzati di dimensioni sub-millimetriche. Allo stato attuale studi di dettaglio e diversi sopralluoghi effettuati nella Valle di Susa, in Val Varaita e in Val di Lanzo hanno evidenziato la presenza macroscopica di aggregati di minerali di amianto in vene principalmente nelle serpentiniti o serpentinoscisti. La frequenza di queste strutture contenenti aggregati di amianto è molto irregolare. Si possono attraversare notevoli volumi di rocce basiche ed ultrabasiche privi di vene di amianto, che poi compaiono localizzate in spessori rocciosi limitati, oppure più raramente, come nel caso del giacimento di Balangero, l'amianto può trovarsi cristallizzato in una fitta rete di vene mineralizzate che permea la roccia (giacimenti *stockwork*). I settori di ammassi rocciosi interessati da zone di taglio e faglie variamente sviluppate sembrano quindi assumere grande importanza ai fini dello studio della mappatura di amianto naturale in quanto luogo di più evidenti concentrazioni di minerali ad abito fibroso.

Evidenze di diffusa presenza di minerali di amianto si hanno anche nelle successioni terziarie derivanti dallo smantellamento di rocce basiche ed ultrabasiche, anche nella matrice tra clasti. Questi litotipi sono presenti solo nella porzione meridionale e sud-orientale del Piemonte e sono rappresentati da conglomerati poligenici alternati ad arenarie conglomeratiche e brecce a clasti eterometrici, prevalentemente di natura ofiolitica, anche di dimensioni superiori ai 2 m. Studi di dettaglio hanno evidenziato anche per questi litotipi presenza diffusa di minerali amiantiferi.

LIGURIA

Le catene montuose liguri sono il risultato del coinvolgimento delle masse rocciose (distinte in falde o unità tettoniche) durante le principali fasi orogenetiche. Esse sono state deformate, traslate e dislocate dalla loro posizione originaria e impilate una sull'altra secondo i due sistemi di vergenza, corrispondenti a ponente alla catena alpina e a levante a quella appenninica. Il confine che differenzia i due settori è individuato in corrispondenza di una lineazione tettonica conosciuta in letteratura come "Linea Sestri-Voltaggio".

La Liguria si trova dunque ad essere una fascia di transizione tra il dominio alpino e quello appenninico, oltre a costituire zona di accumulo dei sedimenti di smantellamento erosivo della catena. Secondo uno schema semplificato non esaustivo, l'area può essere suddivisa come di seguito: nella zona compresa tra Ventimiglia e Albenga sono ben rappresentati flysch calcareo marnosi e arenacei; nell'area centro-occidentale savonese prevalgono litotipi appartenenti al "dominio brianzonese" (principalmente gneiss, anfiboliti, graniti, porfiroidi e successioni sedimentarie cal-

careo dolomitiche) mentre nel genovesato, fino al passo dei Giovi, si rilevano terreni di natura metamorfica (ofioliti e calcescisti) oltreché argilliti e successioni carbonatiche, lungo l'allineamento Sestri-Voltaggio. Nel settore di competenza padana sono presenti litotipi afferenti al complesso sedimentario denominato "Btp - bacino terziario piemontese" sovrastanti, in discordanza stratigrafica, i terreni sopra citati. A levante dei Giovi, fino all'abitato di Chiavari, il versante marittimo è costituito prevalentemente da flysch calcareo marnosi e flysch scistoso argillitici e, in minor misura, da successioni ofiolitiche e arenacee. Nell'estremità orientale ligure affiorano rocce calcaree e arenacee di natura flyschoidi afferenti alle sequenze toscane.

Nelle sequenze ofiolitiche le rocce più antiche sono rappresentate da serpentiniti derivate da idratazione (metamorfismi di bassa temperatura) di peridotiti originate nel mantello superiore e risalite sino a raggiungere il fondo di un bacino marino oceanico in formazione. Prima della serpentizzazione si registrano intrusioni di magmi basaltici (che raffreddandosi lentamente generarono gabbri, troctoliti, dioriti, etc.), successivamente interessati durante la risalita, da ulteriori trasformazioni metamorfiche di temperature da alta (gabbri occhiadini) a bassa (serpentiniti e rodingiti). L'affioramento di queste rocce lungo faglie del fondo oceanico ha generato, per movimenti gravitativi, la formazione di brecce ofiolitiche sedimentarie, mentre ulteriori venute di magmi basaltici ha dato vita a filoni ed effusioni sottomarine (basalti massicci, pillows) poi ricoperti da sedimentazioni di mare profondo/piana abissale (radiolariti, calcari a calpionella, argille a palombini e successivamente flysch). Nella Liguria orientale si trovano vari lembi ofiolitici dispersi nei flysch, più estesi nella zona del Bracco e Val Graveglia, in cui la maggior parte dei minerali primari è stata sostituita da trasformazioni di metamorfismo di bassa temperatura (250/300°C) e pressioni non elevate (2÷3 kbar).

Nella Liguria centrale ed occidentale le ofioliti presentano condizioni di crescente metamorfismo (es. zona del Monte Figogna) con condizioni di pressione e temperatura più elevata (>3 kbar, circa 350°C) con comparsa di lawsonite - actinolite. Situazioni di più alto grado sono riscontrabili nelle unità di Cravasco e Montenotte (4÷6 kbar, temperatura <400°C) con presenza di anfiboli sodici (Mg-riebeckite, crossite, glaucofane).

Infine, i livelli di più alto metamorfismo sono riscontrabili a ovest della linea Sestri-Voltaggio, nel così detto Gruppo di Voltri ove la più antica fase di ricristallizzazione ha portato a facies eclogitiche (circa 10 kbar e 400÷500°C) sempre con presenza di anfiboli sodici (crossite, glaucofane); tuttavia, successive fasi a stadi metamorfici intermedi hanno condotto ad un riequilibrio delle fasi metamorfiche con associazioni albite/clorite/epidoto/actinolite (tremolite)/titanite (facies scisti verdi).

La presenza di amianto naturale è legata agli affioramenti delle successioni ofiolitiche concentrate nel Massiccio di Voltri - Cairo Montenotte (Sestri Ponente - Città metropolitana di Genova) e tra Genova e La Spezia (Levanto (SP), Bracco (SP-GE), Rezzoaglio (GE)). Le Pietre Verdi in cui localmente sono stati riscontrati minerali di amianto (crisotilo principalmente, tremolite, actinolite) sono serpentiniti, raramente lherzoliti, gabbri metamorfosati, oficalciti. Altri riscontri minori di Pietre Verdi sono

osservabili nelle formazioni appenniniche flyschoidi alloctone argillitiche e arenacee (Liguria centro/orientale); ulteriori riscontri sono rinvenibili nelle formazioni metamorfiche (dominio Brianzone, Savona).

Un problema ancora aperto è inoltre costituito dalla localizzazione delle formazioni derivanti anche dallo smantellamento di rocce basiche ed ultrabasiche. Questi litotipi sono rappresentati da conglomerati poligenici, arenarie conglomeratiche, brecce a clasti eterometrici, prevalentemente di natura ofiolitica. Si fa riferimento, in particolare, alle formazioni appartenenti alle successioni terziarie (es. Formazione dei conglomerati di Molare, Formazione dei conglomerati di Savignone), che interessano alcuni areali delle provincie di Savona e Genova confinanti con la regione Piemonte, ed ai così detti Complessi formazionali (es. Complesso di M. Veri, Complesso di Casanova ecc.) comprendenti affioramenti di brecce poligeniche contenenti in subordine clasti di Pietre Verdi (non distinti nella cartografia di riferimento come olistoliti), che si sviluppano per lo più all'intorno delle "Pietre Verdi" in areali non molto estesi del territorio provinciale di Genova al confine nord con la regione Emilia-Romagna.

LOMBARDIA

In provincia di Sondrio affiorano formazioni rocciose di Pietre Verdi quali serpentiniti, anfiboliti, scisti cloritici, contenenti amianto diffuso nella matrice rocciosa. L'area maggiormente interessata dalla presenza di tali formazioni è la Valmalenco (Alpi Centrali), caratterizzata dall'affioramento dell'omonima falda, composta prevalentemente da rocce ultramafiche di età mesozoica, di notevole estensione (circa 170 km²) e potenza (1-2 km).

Questa è interposta tra la falda Margna (Austroalpino inferiore) e la falda Suretta (Pennidico superiore), entrambe costituite da un basamento metamorfico pre-Mesozoico ed una copertura Mesozoica. La porzione inferiore della falda Malenco è costituita prevalentemente da serpentiniti e peridotiti serpentinite e da subordinate lherzoliti a spinello, clinopirosseniti a granato, websteriti a spinello, duniti ed harzburgiti. Al di sopra delle ultramafiti sono presenti rocce di crosta continentale in facies granuliti, essenzialmente gneiss a granato con locali segregazioni di fusi a composizione granitoide, con subordinate rocce a silicati di calcio e marmi. Le ultramafiti e le soprastanti rocce in facies granuliti sono "saldate" dal gabbro di Fedoz, intruso e differenziatosi alla transizione tra il mantello e la crosta continentale inferiore.

Le serpentiniti, notevolmente diffuse nell'area e comprese in gran parte nell'unità strutturale della falda omonima, derivano da peridotiti del mantello litosferico (in prevalenza di tipo lherzolitico, con subordinate harzburgiti e duniti) metamorfosate durante l'orogenesi alpina.

Il litotipo dominante è una serpentinite scistosa, composta prevalentemente da antigorite, olivina, clinopirosseno (diopside), clorite e magnetite, con quantità accessorie di Ti-clinohumite. Le serpentiniti evidenziano diversi gradi di deformazione e di serpentinitizzazione: si passa da lherzoliti massicce, stratificate (con meno del 20%

modale di serpentino) a rocce completamente serpentinite, estremamente scistose.

Il Serpentino della Val Malenco deriva dal punto di vista geologico dalla falda Malenco (indicata frequentemente in letteratura ed in cartografia come "Serpentiniti della Val Malenco", oppure come "unità Malenco"), inizialmente interpretata come una sutura ofiolitica (frammenti di fondale oceanico). Composta prevalentemente da rocce ultramafiche (abbondanti serpentiniti e subordinate peridotiti), è considerata di età Mesozoica. Studi più recenti hanno invece dimostrato che la zona occidentale della Val Malenco permette di osservare direttamente la transizione dal mantello superiore sotto-continentale alla crosta continentale inferiore. Le serpentiniti oggetto di coltivazione sono costituite principalmente dal minerale serpentino, in particolare dal polimorfo lamellare antigorite; subordinatamente, si rinvenivano quantità variabili di olivina, clinopirosseno, clorite e magnetite, oltre a svariati minerali accessori. Localmente si rinvenivano nell'ammasso roccioso fratture e vene mineralizzate a serpentino fibroso (polimorfo crisotilo), soprattutto nell'area Valbrutta-Campo Frasca: queste vene, associate ad un importante sistema di fratturazione diretto ENE-WSW, caratteristico della Val Lanterna, sono conosciute da parecchio tempo e sono state oggetto di estrazione (amianto a fibra lunga) fino alla fine degli anni '70. La genesi del crisotilo è idrotermale di bassa temperatura, con temperatura < 370°C e pressione di 0.5-1.5 kbar.

Il crisotilo della Val Malenco si presenta frequentemente in fibre molto lunghe, da pochi centimetri fino ad oltre due metri, e per questa ragione nel passato era molto ricercato dall'industria tessile.

PROVINCIA DI TRENTO

Il territorio provinciale, per caratteristiche petrografiche dei litotipi affioranti e per la storia geologica, non è sicuramente caratterizzato da una presenza massiccia e diffusa di rocce contenenti minerali di amianto.

Tuttavia, non si può escludere la presenza di isolati affioramenti di dimensioni limitate. Infatti, a seguito di una ricerca approfondita e specifica e grazie anche alla collaborazione dei ricercatori del Museo delle Scienze di Trento e dell'ecomuseo dell'Argentario (TN), è stato individuato un affioramento di rocce contenenti minerali di amianto.

Il sito si trova in Val di Bresimo, alta Val di Non, nelle vicinanze di Malga Preghena di sopra (circa 2000 m di quota). Si tratta di un piccolo giacimento formato da alcune lunghe e sottili vene comprese nelle lame di olivinite presenti entro i paragneiss e i micasisti di catazona. Nello specifico quella di interesse è una intercalazione olivinitica che si sviluppa dal fondo della Val Zoccolo, formando un costone lungo ben 2 km, che si divide poi in quattro distinte intercalazioni sul versante est della Cima Zoccolo.

Nelle lame olivinitiche del costone nord-est di Cima Zoccolo si trovano le lenti di amianto, con le fibre e i cristalli prismatici disposti perpendicolarmente alle pareti. Questo piccolo giacimento di amianto è stato, presumibilmente negli anni tra la prima e la seconda guerra mondiale, oggetto di coltivazione.

Lo studio mineralogico di dettaglio ha evidenziato che si tratta di amianto costituito unicamente da antofillite e actinolite, in associazione subparallela.

EMILIA ROMAGNA

Nel territorio regionale le rocce che contengono asbesto sono piuttosto frequenti e appartengono tutte ai complessi ofiolitici (Pietre Verdi) che fanno capo alle Liguridi auctorum. Esse risultano disseminate lungo l'intera fascia appenninica dalla provincia di Piacenza a quella di Rimini (in alcuni comuni che confinano con l'area urbinata) dove spesso, per le caratteristiche di maggiore durezza della roccia, si ergono rispetto alle formazioni argillose in cui sono incluse.

Gli affioramenti dei complessi ofiolitici presentano estensioni estremamente variabili. Quelli più significativi superano abbondantemente il centinaio di metri e sono quasi tutti cartografati nella Carta Geologica dell'Emilia Romagna. Alcuni di essi appartengono alla zona prossima al confine marchigiano (Unità della Val Marecchia) (vedi il paragrafo sulle Marche).

Affioramenti ed attività estrattive sono presenti in provincia di Reggio Emilia nei comuni di Villa Minozzo, Ramiseto, Canossa; in provincia di Modena nei comuni di Frassinoro, Montefiorino, Palagano, Pavullo nel Frignano, Sestola; nel comune di Cola in provincia di Piacenza e nei comuni di Bardi, Borgo Val di Taro, Fornovo di Taro, Terenzo, Tornolo, Valmozzola, Varano de' Melegari e Varsi in provincia di Parma, nel cui territorio si concentra la maggior parte delle cave attive in Pietre Verdi.

Ogni sito presenta caratteristiche giacimentologiche e mineralogiche specifiche, difficilmente estendibili a quelli limitrofi, legate alle diverse modalità di azione dei fattori geologici che ne hanno determinato l'attuale assetto strutturale. Uno degli elementi che condiziona maggiormente la presenza di amianto all'interno delle ofioliti è il grado di fratturazione e di alterazione dell'ammasso roccioso.

Nei siti che nel tempo sono stati oggetto di studio, le serpentiniti hanno caratteristiche di scarsa evidenza di filoni, diversa compattezza e diversi colori (nero, verde scuro, verde chiaro, rossastro), evidenza più o meno accentuata di strutture colonnari, presenza di pirite, strati di calcite ed a volte prehnite. In alcune cave di particolare interesse vi è presenza di datolite.

TOSCANA

I siti regionali in cui affiorano sequenze ofiolitiche intensamente deformate, appartengono sia al Dominio Ligure Interno, sia al Dominio Ligure Esterno. Le Peridotiti e/o Serpentiniti (sia massive sia in breccia), i gabbri e i basalti, sono quindi rappresentativi sia di sequenze più o meno complete di crosta oceanica sia di olistoliti preservati all'interno delle successioni torbiditiche (flysch). Nella maggior parte dei siti, la sequenza ofiolitica è caratterizzata da un metamorfismo di grado molto basso. All'interno del territorio della regione Toscana, gli affioramenti di rocce ofiolitiche sono concentrati prevalentemente nella porzione centro occidentale della regione (a sud del Fiume Arno; ad ovest della dorsale Monticciano Roccastrada tra Siena e

Grosseto), in provincia di Pisa e di Livorno. Altre aree di affioramento sono ubicate nelle province di Prato, Firenze (Vinci, Barberino di Mugello, Impruneta) ed Arezzo, dove affiorano termini ofiolitici dell'Unità dei Monti Rognosi (bacino di Montedoglio, Motina, Anghiari, Pieve S. Stefano). Affioramenti sporadici sono localizzati in Lunigiana (MS), in Garfagnana (LU), nella zona dei Monti Leoni (GR), ed in quella del Monte Amiata (SI).

Sono inoltre presenti limitati settori in cui affiorano sequenze ofiolitiche metamorfiche che mostrano una successione analoga a quelle delle Unità Liguri Interne, ma con una storia deformativa acquisita in condizioni di alta pressione e bassa temperatura. Queste sequenze ofiolitiche metamorfiche affiorano nell'isola di Gorgona, nei pressi delle rovine di Roselle (Grosseto), sul monte Argentario e all'isola del Giglio nel promontorio del Franco. In generale, sono costituite da insiemi molto deformati di metaserpentiniti, prasiniti e metagabbri associati a quarziti, marmi e calcescisti.

Presso l'isola d'Elba si ritrovano inoltre, sequenze interessate da condizioni metamorfiche di alta temperatura e bassa pressione connessa con la messa in posto di plutoni con possibilità di riscontro di minerali fibrosi.

LAZIO

L'unica segnalazione di amianto naturale nel Lazio è relativa all'anfibolo tremolite presente nelle "rocce verdi" affioranti nell'estremo settentrionale della regione. Il punto di ritrovamento è sito nel complesso di Monte Rufeno (739 m s.l.m.), massima elevazione di un'area collinare a Nord della provincia di Viterbo al confine con le province di Siena e Terni. Dal punto di vista geologico, l'area è costituita da formazioni sedimentarie, immediatamente a ridosso dei prodotti più settentrionali dell'apparato vulcanico vulsino. Predominanti risultano in loco le facies del flysch, ascrivibili al Cretaceo inf. - Eocene sup. delle c.d. Unità Liguridi. Si tratta di argille e argille marnose, argilloscisti, calcari marnosi e marne intercalati a calcari silicei, calcareniti ed arenarie. Nell'ambito delle facies di flysch si rinvencono rocce magmatiche basiche che hanno subito processi metamorfici: si tratta di formazioni ofiolitiche a giacitura secondaria rispetto al flysch, talora associate ad eufotidi la cui origine primaria è inquadrabile nel contesto geodinamico bacino-catena-avanfossa dell'orogenesi appenninica. L'affioramento più significativo all'interno del sito di Monte Rufeno corrisponde alla località "Cava dei Bianchi", vecchia area estrattiva di oficalciti. All'interno della roccia è frequente la presenza di venature costituite da materiale biancastro pulverulento con presenza di aggregati in massa ed anche fibrosi. Questa, se lucidata, presenta una viva colorazione a toni rossastri e verdi con vene calcitiche bianche, utilizzata in un passato recente come materiale ornamentale, da rivestimento in lastre e in breccia per marmette e mattonelle. Tale sito risulta inserito tra quelli contenenti amianto di origine naturale secondo la mappatura nazionale ex l. 93/2001 e d.m. 101/2003. Segnalazioni sulla presenza di minerali asbestiformi sono riferibili ai complessi vulcanici vulsino e dei Colli Albani.

BASILICATA

La struttura geologica della Basilicata presenta, a carattere generale, tre zone geografico-strutturali principali:

- l'Avampaese pugliese, nella sua parte occidentale, con l'altopiano della Murgia materana, costituito da rocce calcaree del Cretaceo con sovrapposta una successione stratigrafica di calcareniti variamente cementate, argille, sabbie e conglomerati;
- la depressione della cosiddetta Avanfossa bradanica, costituita da sedimenti argillo-sabbiosi;
- la Catena appenninica, suddivisa in un'area occidentale prevalentemente costituita da una successione calcareo-dolomitica e in un'area orientale in cui sono presenti diffuse formazioni marnoso-arenacee e argilloso-marnose.

Nella parte settentrionale del margine appenninico si rinvencono inoltre, i prodotti vulcanici del Monte Vulture, vulcano originatosi in corrispondenza di una importante dislocazione tettonica e gradualmente accresciutosi con numerose fasi eruttive negli ultimi ottocentomila anni.

Queste formazioni, per genesi e caratteristiche petrografiche, sono esenti da rocce potenzialmente contenenti minerali del gruppo dell'amianto.

Al confine con la Calabria, si osserva invece il raccordo tra le unità tettoniche della catena appenninica e le coltri cristallino-metamorfiche e sedimentarie dell'Arco calabro-peloritano.

La successione calcareo-dolomitica di età alto triassico-cretacica costituisce l'ossatura geologica dei Monti di Lauria e i contrafforti della Catena del Pollino, a cui localmente si sovrappongono, in contatto trasgressivo concordante, i depositi miocenici calcarenitici della Formazione di Cerchiara e i sedimenti terrigeni della Formazione del Bifurto.

Nel settore settentrionale del massiccio del Pollino e dei Monti di Lauria-Castelluccio si osservano in rapporti di estrema complessità geologica carbonati mesozoico-terziari e successioni pelagiche delle unità Liguridi e Lagonegresi, terrigene e ofiolitifere, mentre lungo il suo margine meridionale si riscontra un'estesa fascia di deformazione fragile che mette a contatto unità tettoniche appartenenti a diversi domini paleogeografici.

Le successioni liguridi che affiorano nell'area sono ascrivibili a due distinte unità tettoniche, rappresentate dall'Unità del Frido in posizione geometrica superiore e dall'Unità Silentina affiorante per lo più in finestra tettonica. La prima, di età cretaco-oligocenica, sovrasta di norma con contatto tettonico le unità carbonatiche meso-cenozoiche ed è costituita da metamorfiti polideformate contenenti blocchi di dimensione variabile di rocce ofiolitiche e di rocce di crosta continentale. Si distinguono la subunità ad argilloscisti grigio-nerastri con intercalazioni di metareniti, metasiltiti, quarziti e rari livelli di metacalcari, e la subunità a calcescisti grigi, con intercalati rari livelli di marmi, quarziti e argilloscisti, tettonicamente sovrapposta alla prima.

Le rocce delle successioni ofiolitiche associate all'Unità del Frido sono costituite da peridotiti serpentinizzate e da metabasiti. Le serpentiniti cataclastiche nero-verdastre si presentano sistematicamente in corpi lentiformi al contatto tra le due subunità, in genere accompagnati da masse di metabasiti. Sono presenti inoltre rocce cristalline continentali tra cui granofels, gneiss granatiferi, biotitici e subordinatamente anfibolitici, scisti anfibolici, gneiss chiari a biotite attraversati talora da dicchi di metadiabasi e pegmatiti. Al contatto tra le due subunità sono presenti, a tratti, blocchi metrici boudinati di rocce leucocratiche foliate.

È nelle rocce metamorfiche e cristalline dell'unità del Frido che sono talora contenuti minerali del gruppo dell'amianto quali la tremolite, l'actinolite ed il crisotilo, identificate comunemente con il termine di Pietre Verdi e largamente utilizzate, in zona, come inerti per costruzioni, riempimenti e rilevati, e come pietre ornamentali. Dettagliando ulteriormente si distinguono:

- le serpentiniti, con associazione mineralogica tipica di olivina, ortopirosseno, serpentino, lizardite, spinello, granulazioni di magnetite e rara clorite in vene. Esse appaiono di colore da verde a nero, presentano una struttura massiccia con intercalazioni di vene e filoni di rodingiti ed arricchimenti in minerali di ferro, rame e nichel. Le serpentiniti possono derivare da metamorfismo in ambiente ricco d'acqua di peridotiti, pirosseniti e lherzoliti, talora anche di anfiboliti e gabbri, anche se quelle affioranti nell'area sembrano derivare da una harzburgite;
- le metabasiti, rocce mafiche metamorfosate di colore verde scuro o bluastro. In esse si riconoscono talora le originarie strutture a pillow, estremamente deformate, e brecce di pillow con resti, a volte, dell'originaria copertura sedimentaria (metaradiolariti, metasiltiti e metacalcari). Le metabasiti si presentano spesso cataclase con preservate porzioni dell'originaria struttura magmatica. Alcune mostrano segni di un primo evento metamorfico di AP/BT in facies di scisti blu, seguito da un evento in facies scisti verdi, mentre altre mostrano solo evidenze di tale evento o una debole impronta metamorfica;
- gli gneiss, rocce sialiche metamorfiche da medio ad alto grado (generalmente facies delle anfiboliti), con tipica foliazione e lenti a diversa composizione mineralogica. Gli gneiss presentano un colore rosso-brunastro e sono estremamente alterati. Tali rocce mostrano segni di un forte metamorfismo retrogrado con trasformazione più o meno completa del granato in clorite, dei plagioclasti in sericite, epidoto ed albite e della biotite in clorite e titanite. Queste rocce hanno subito un evento in facies anfibolitico-granulitica seguito da retrometamorfismo in facies di scisti verdi, anche se non mostrano caratteristiche evidenti di metamorfismo di AP/BT;
- i calcescisti e argilloscisti, i primi caratterizzati da una marcata anisotropia planare, dovuta a fenomeni di trasposizione, con numerose pieghe intrafoliate. Gli argilloscisti sono interessati da clivaggio penetrativo accompagnato da fenomeni di fillonizzazione, mentre i litotipi maggiormente competenti mostrano un clivaggio spaziale e un evidente boudinage. Gli argilloscisti e le metareniti contenute nelle intercalazioni mostrano di aver subito un evento metamorfico di basso grado compreso tra l'anchimetamorfismo e la facies a scisti verdi;

- le rocce granitoidi, presenti in piccoli ammassi di rocce leucocratiche granitoidi affioranti in posizione geometrica sommitale oppure in zone di contatto tettonico. Si riconosce a volte una tessitura foliata.

Le aree note quali sedi di attività estrattiva ad uso locale o di affioramento delle litologie maggiormente indiziate di contenere minerali di amianto, ricadono principalmente nei comuni di Castelluccio Superiore, Chiaromonte, Episcopia, Latronico, Lauria, S. Severino Lucano, Viggianello (PZ).

CALABRIA

L'assetto tettonico dell'Arco Calabro (limitato a Nord ed a Sud rispettivamente dalla Linea di Sangineto e dalla Linea Longi-Taormina) è caratterizzato nella parte settentrionale dall'impilamento di tre elementi tettonici principali, riferibili a diversi domini paleogeografici, che dal basso verso l'alto sono: le unità Appenniniche, la falda Ligure, comprendente i terreni di derivazione oceanica e la falda Calabride. In letteratura la falda Ligure è stata suddivisa in diverse unità tettono-metamorfiche: l'unità di Diamante - Terranova, l'unità di Malvito, l'unità di Gimigliano - Monte Reventino e l'unità del Frido. L'unità di Gimigliano - Monte Reventino consiste di serpentiniti, metabasiti, metagabbri, metadoleriti con ricoprimento metasedimentario costituito da marmi alternati con calcite e quarziti. Le serpentiniti in particolare presentano associazioni mineralogiche con crisotilo, tremolite/actinolite e clorite con presenza in piccole quantità di spinello, ortopirosseno e olivina. Le metabasiti sono per lo più rappresentate da scisti di colorazione dal verde al grigio contenenti epidoto, clorite, tremolite/actinolite e quantità minori di mica bianca, albite, quarzo e lawsonite.

Gli affioramenti naturali di litologie contenenti minerali di amianto interessano tutta la regione presentando una distribuzione estremamente frastagliata interessando sia l'Arco Calabro settentrionale sia la Sila Piccola, con prevalenza nei massicci del Pollino e del Monte Reventino.

In quest'area le cave inattive di ofioliti sono localizzate nei comuni di Gimigliano, S. Mango D'Aquino e Platania, tutti in provincia di Catanzaro. Affioramenti naturali sono stati localizzati nei comuni di Conflenti, Gimigliano, Martirano Lombardo, Tiriolo, San Mango D'Aquino, Platania, sempre in provincia di Catanzaro, e di Amantea in provincia di Cosenza.

SARDEGNA

L'isola presenta una struttura geologica costituita prevalentemente da plutoniti granitiche e metamorfite di età Paleozoica che costituiscono il suo basamento e subordinatamente da depositi carbonatici e marnosi, oltre che da vulcaniti e sedimenti clastici, di età mesozoica e cenozoica, ricoperti da sedimenti neozoici sia di ambiente marino e di transizione che continentale. Sono attribuiti al Quaternario la maggior parte dei depositi clastici di versante e fluvio-lacustre e di ambiente litorale ed alcune vulcaniti ascrivibili alle fasi più tardive del ciclo vulcanico plio- pleistocenico sardo.

Il basamento paleozoico è ripartito in due complessi: uno prettamente metamorfico, strutturato in pieghe e falde di ricoprimento, e l'altro igneo afferente al ciclo magmatico ercinico. Il complesso metamorfico è presente con prodotti di metamorfismo da basso a medio-alto grado e di alto grado. Il primo è costituito da ortogneiss cambrico-precambri, alternanze di meta-sedimenti (arenarie, siltiti, agilliti, peliti, conglomerati), metacalcari, dolomie e metavulcaniti lavico-clastiche in subordine cambro-ordoviciane, filladi quarziti, metarenarie, metacalcari metavulcaniti ordoviciano-silurico-devoniche. Lo si ritrova in affioramento in prevalenza nelle regioni della Sardegna centro-orientale (Sarcidano, Monti del Gennargentu, Barbagie, alta Ogliastra), nella Sardegna sud-orientale (Sarrabus e Gerrei), sud-occidentale Iglesiente e Sulcis.

Il complesso metamorfico di medio-alto grado è costituito da gneiss, paragneiss e micascisti affioranti nel settore nord orientale, nelle Baronie, in Gallura e nell'Isola dell'Asinara.

Il complesso intrusivo, legato alla messa in posto del Batolite sardo-corso, affiora per circa un terzo della superficie dell'Isola. È costituito in prevalenza da granitoidi distinti in plutoniti leucogranitiche, monzogranitiche, granodioritiche ed in subordine tonalitiche, affioranti prevalentemente e contiguamente nella Sardegna orientale in Gallura, Barbagia, Goceano, Ogliastra, Sarrabus e nella Sardegna sud occidentale, Arburese, Iglesiente, Sulcis. Si distingue il paleozoico igneo lavico costituito da colate laviche, con termini da riolitici ad andesitici e da espandimenti ignimbrici riolitici, dislocato in circoscritti affioramenti in Gallura, Baronie, Ogliastra, Gerrei, Nurra e Sulcis.

Dall'inizio del Mesozoico fino all'Eocene medio in Sardegna prevalgono ambienti sedimentari costieri e di mare basso che raramente hanno interessato l'intera Isola. A partire dall'Eocene medio inizia in Sardegna un periodo di grande instabilità tettonica e di diffusa continentalità. Le successioni sedimentarie sono contemporanee ad un'intensa attività vulcanica calcoalcalina, costituita da una varietà di prodotti effusivi ed esplosivi di composizione da basaltico andesitico a riolitico. Questo potente complesso vulcano-sedimentario, connesso con la collisione pirenaica e nord-appenninica dell'Eocene medio-Miocene inferiore, è in parte associato ad una tettonica trascorrente responsabile delle più evidenti strutture terziarie regionali. In Sardegna vi è una unica evidenza di attività estrattiva specificatamente dedicata ai minerali di amianto. Si tratta di una piccola miniera attiva agli inizi del '900 nel comune di Olbia, la miniera di Monte Plebi-Monte Aspro, presso cui furono estratti in totale non più di 100 m³ di rocce contenenti amianto (crisotilo principalmente, actinolite, tremolite). I filoni amiantiferi affioravano lungo un complesso filoniano di spessore totale di circa 6 metri all'interno di rocce granitiche (tipiche della Gallura) e di rocce appartenenti al complesso metamorfico-migmatitico quali gli gneiss a composizione granitica, le anfiboliti e le migmatiti.

In altre località la presenza di minerali di amianto è segnalata soprattutto come accidentale all'interno di miniere oggi per lo più abbandonate, per l'estrazione di altri tipi di minerali.

Tra queste si citano quelle presenti in provincia di Nuoro nel distretto minerario di Orani, in cui sono presenti diverse miniere di talco e di feldspati per l'industria ceramica (S.Francesco, Sa Matta, Lasasai - Bonucore, S'Arenargiu, etc.) e presso il complesso magmatico di Isadalu, tra i paesi di Villagrande Strisaili e Talana (NU); nel distretto minerario di Carbonia - Iglesias (Sa Duchessa, Di Perda Niedda, Monte Tamarà); in provincia di Cagliari (Bruncu de Su Cappucciu, S. Leone, Monte La Palma, Sa Lilla) e nella ex miniera di Cala Francese a La Maddalena (OT).

VENETO

Sono assenti segnalazioni di siti in cui è presente amianto naturale. Si evidenzia la presenza di altri minerali fibrosi come l'erionite nei Monti Lessini, all'interno dell'unità geologica "brecce basiche d'esplosione dei diatremi (necks), con xenoliti e proietti vulcanici" dell'Oligocene-Cretacico superiore.

CAMPANIA

Il territorio regionale della Campania è privo di formazioni amiantifere affioranti, naturale conseguenza dei locali processi geodinamici e, dunque, della relativa costituzione fisica. Tuttavia, una ricognizione della letteratura a più ampio spettro ha consentito di evidenziare la presenza di minerali ad abito fibroso non appartenenti al gruppo dell'amianto. In particolare, oltre ad alcune specie del "gruppo delle zeoliti fibrose" segnalate nelle formazioni vulcaniche campane (es.: natrolite nel Tufo Giallo Napoletano, nella varietà gialla dell'Ignimbrite Campana e in alcuni prodotti eruttivi vesuviani; thomsonite all'interno di proietti lavici del Somma-Vesuvio), sono state approfondite le informazioni contenute in alcuni lavori di interesse collezionistico in cui si segnala la presenza della fluoro-edenite in un frammento di proietto lavico proveniente dal Somma-Vesuvio. Si tratta di minute formazioni minerali il cui ritrovamento sulla rivista dell'Ami - Associazione micro-mineralogica italiana, è stato effettuato all'interno della Cava "Le Novelle" o "Novella", presso Ercolano, oggi dismessa e purtroppo inaccessibile per caratterizzare il sito e per documentarne gli aspetti peculiari.

Tuttavia, gli esperti mineralogisti del Real Museo di Mineralogia dell'Università "Federico II" di Napoli, appositamente interpellati, hanno riferito di non avere mai avuto riscontro della presenza della fluoro-edenite in oltre 300 campioni di rocce, provenienti dal Somma-Vesuvio, presenti nella considerevole collezione storica del medesimo Museo. Sono stati, invece osservati in alcuni proietti lavici alcuni minerali fibrosi "non normati", quali fluoro-pargasite, fluoro-magnesio-hastingsite ricca in K e wollastonite.

SICILIA

In Sicilia, le aree di studio considerate per individuare rocce che possono contenere asbesto o minerali asbestiformi sono i Monti Peloritani (NE), il Plateau Ibleo (SSE) e Monte Calvario-Biancavilla Etnea (E).

I Monti Peloritani rappresentano la porzione più a Sud dell'Orogene Calabro-Pelo-

ritano e sono costituiti dalla sovrapposizione di più unità stratigrafico-strutturali, con un basamento Paleozoico metamorfosato durante l'orogenesi Ercinica e coperture sedimentarie Meso-Cenozoiche.

In letteratura non è segnalata la presenza di amianto, tuttavia nella composizione mineralogica di alcune rocce metamorfiche figura l'actinolite. In particolare, nella parte meridionale, all'interno di rocce del basamento di età ercinica di grado metamorfico da bassissimo a basso, sono intercalate metavulcaniti (rocce verdi) di varie e contrastanti ambientazioni geodinamiche con presenza di actinolite in livelli di colore verde intenso. Gli affioramenti più rappresentativi sono esposti nei pressi degli abitati di Mongiuffi-Melia e di Taormina-Castelmola e in località Portella Vescigli, tutte in provincia di Messina. Intercalazioni di metavulcaniti violacee per ossidazione si rinvenivano anche vicino a Gallodoro (ME). Nel territorio sono visibili vecchi fronti di cava e muri lungo le strade costruiti con le metavulcaniti. Pietrisco naturale di rocce verdi è visibile nel terreno di stradine sterrate e lungo alvei di piccoli corsi d'acqua. Rocce verdi costituite da scisti actinolitici si rilevano come intercalazioni in lenti metriche non cartografabili nelle metamorfite erciniche affioranti a Mandanici e in una fascia a NO di Mandanici e a NE di Novara di Sicilia (ME). Di colore verde-azzurro e tessitura aciculare, sono composti da actinolite, clorite, quarzo e minerali opachi. Rocce anfibolitiche intercalate a gneiss, marmi, ecc. sono anche presenti nel settore NE della catena, più esposte a Dinammare, Cumia e Altolia (ME). Grado metamorfico e grana di scisti e anfiboliti farebbero escludere la presenza di minerali dell'amianto. Il Plateau Ibleo si estende a SSE della regione e costituisce la porzione dell'avampopaeese Pelagiano-Ionico, area marginale non implicata nella formazione della catena siciliana. Sebbene le principali colate di lava del plateau derivino da attività fissurale, nella parte centro-orientale sono pure presenti diatremi mafico-alcalini, di età Miocene superiore (ca. 8 milioni di anni), e alcune lave Quaternarie (basanite) contenenti una notevole quantità di xenoliti di origine profonda (frammenti delle pareti del condotto vulcanico portati in superficie) composti da rocce ultramafiche compatibili con la litologia del mantello (peridotiti, pirosseniti), in misura minore da rocce gabbliche (del basamento crostale sepolto) e da rocce sedimentarie e vulcaniche derivanti da successioni Meso-Cenozoiche. In particolare, gli xenoliti peridotitici iblei presentano vene di serpentino (serpentinizzazione parziale) dove lizardite criptocristallina e "platy-textured" crisotilo sono i principali politipi minerali. Affioramenti di rilievo sono presenti nella Valle Guffari (SO di M. Lauro, Siracusa), presso Cozzo Molino e Sortino (Siracusa).

In alcuni prodotti lavici affioranti vicino al paese di Biancavilla (CT), sul basso versante SO del M. Etna, è stata individuata la fluoro-edenite, un nuovo anfibolo calcico fibroso. Il minerale è stato riconosciuto come nuovo termine estremo di anfibolo della serie calco-sodica edenite fluoro-edenite, approvato nel 2000 dalla International Mineralogical Association Commission on New Minerals and Mineral Names.

La fluoro-edenite è ospitata nelle fratture e nella porzione autobrecciata del domo di lave benmoreitiche di M. Calvario, che si estende su un'area di circa 1.9 km², con uno spessore medio di 15 m.

Il minerale ha colore giallo intenso ed abito allungato prismatico (forma cristallina più frequente), aciculare, ma anche fibroso ed asbestiforme.

MARCHE

Il territorio della regione Marche è costituito da formazioni geologiche totalmente di origine sedimentaria. All'interno dei depositi sedimentari, tuttavia, possono essere presenti minerali di origine magmatica o metamorfica, come nel caso di orizzonti piroclastici prodotti dalle eruzioni dei vulcani di area tirreno-mediterranea, o nel caso di sedimenti alloctoni contenenti elementi di natura metamorfica.

Sedimenti vulcanici si rinvencono in successioni pelitiche oligo-mioceniche: nella formazione del Bisciario della "Successione umbro-marchigiana", ove sono costituiti da depositi monogenici lenticolari di età langhiana; nel pesarese, all'interno della sequenza torbida della formazione di San Donato, dello Schlier e della formazione Pelitico-euxinica, come orizzonti piroclastici di età messiniana.

Se si escludono tali vulcanoclastiti e alcune mineralizzazioni forse idrotermali, mancano in tutta la regione marchigiana materiali in posto di origine eruttiva; sono però presenti conglomerati ad elementi eruttivi e metamorfici: ciottoli spesso con dimensioni cospicue (superiori ai 20 cm di diametro), associati a sabbia grossolana e di vari tipi litologici (graniti, sieniti, dioriti, diabasi, gabbri olivini, porfidi quarziferi, nefeliniti, gneiss, micascisti, filladi, quarziti, arenarie glauconitiche, calcari nummulitici) hanno una grandissima diffusione nella regione costiera fra i fiumi Tavollo e Cesano, fino a sparire praticamente oltre i 6-8 km dal mare.

Da una ricerca bibliografica e cartografica volta ad individuare l'eventuale presenza di Pietre Verdi nel territorio regionale è stata evidenziata l'esistenza di formazioni geologiche che contengono ofioliti e serpentino all'interno dei sedimenti.

In particolare nella catena appenninica delle Marche settentrionali, in provincia di Pesaro-Urbino, è presente una successione sedimentaria, sovrastante la Successione umbro-marchigiana, costituita da sedimenti alloctoni provenienti dal dominio paleogeografico delle liguridi, costituita da rocce con intercalazioni di olistoliti di tipo ofiolitico. L'Unità della Val Marecchia è una coltre, sita nell'area di Montecalvo in Foglia (PU), generatasi da una colata gravitativa di provenienza sud-occidentale e costituisce il complesso delle successioni mesozoiche-terziarie liguri ed epiliguri in posizione alloctona sopra la Successione umbro-marchigiana. Le successioni epiliguri si sono deposte sulla coltre ligure in movimento in settori più interni della catena.

Nelle unità liguri si rinviene la Formazione di Monte Morello, detta anche Alberese, costituita da strati calcareo-marnosi da medi a molto spessi di origine torbida: all'interno si rinvencono areniti ofiolitiche, vale a dire corpi o letti lenticolari di arenarie derivate da ofioliti, brecce e olistoliti di peridotite; anche nelle Argille Varicolori, che costituiscono la parte basale (Complesso Basale) della colata gravitativa della Val Marecchia, si rinvencono ofioliti, relitti dell'antico bacino oceanico ligure-piemontese. In territorio urbinato infine, si rinvencono conglomerati con ciottoli anche di serpentini, nella litofacies di Pietrarubbia (PU), che fa parte della Formazione a colombacci della Successione umbro-marchigiana.

A tale presenza di elementi ofiolitici non è ad oggi stata associata in letteratura alcuna segnalazione di presenza di minerali del gruppo degli asbesti. In genere questi minerali sono a grana fine e sono presenti come prodotto di alterazione di fasi a Fe-Mg preesistenti (es. olivina).

A Matelica, in provincia di Macerata, in alcune cave di pietra in prossimità della località S. Anna, attive in passato, è stata segnalata la presenza nel suolo di serpentino e di wollastonite fibrosa.

UMBRIA

La cartografia geologica riporta per il territorio regionale affioramenti di rocce di serie ofiolitica appartenenti alle unità dei domini paleogeografici liguridi, inglobate negli ammassi rocciosi riferibili alle unità del dominio paleogeografico toscano (questi a loro volta sovrascorsi sulle unità del dominio umbro).

Affioramenti di brecce ofiolitiche come olistostromi all'interno di formazioni di argille con calcari, calcari marnosi, arenarie sono segnalati nei pressi dell'abitato di Alleronza (TR).

ABRUZZO

Nella regione Abruzzo non sono storicamente noti affioramenti di Ofioliti o altre associazioni petrografiche che possano essere correlate alla potenziale presenza di minerali classificabili nella generica famiglia dell'amianto. Termini ofiolitici non sono stati rilevati neanche in livelli interni alle successioni flyschoidi. Inoltre, non è nota la presenza di fibre asbestiformi né all'interno delle vulcaniti intra appenniniche abruzzesi né dei sedimenti vulcanici pleistocenici (vulcaniti di Oricola).

PUGLIA

La Puglia è costituita per quasi l'80% da rocce calcaree e dolomitiche in tutte le loro varietà. Si possono individuare gli areali geografici dell'Avampaese Apulo, della Fossa Bradanica e della Catena Appenninica.

La natura litologica della regione porta ad escludere la presenza di minerali di amianto. L'unica segnalazione sulla presenza di rocce di natura vulcanica è rappresentata dalla cosiddetta "Punta delle pietre nere" che si trova presso la foce del canale artificiale Acquarotta che mette in comunicazione il Lago di Lesina con il mare Adriatico, in provincia di Foggia. Si tratta di un affioramento rappresentato da strati calcareo-marnosi neri, in giacitura sub verticale ed esposti per uno spessore di circa 7 m. A questa unità carbonatica sono associati gessi, calcari debolmente metamorfosati per contatto e rocce magmatiche basiche affioranti in tre punti poco distanti fra loro con caratteristiche diverse (filone-strato alcali-melasienitico, corpo gabbroide stratificato, corpo magmatico inglobato nei gessi). Queste rocce presentano un chimismo alcalino con alto contenuto in minerali ferromagnesiaci. Tra i minerali riscontrati vi sono alcuni inosilicati, nessuno dei quali appartenente al gruppo dell'amianto o dei minerali asbestiformi. Si tratta, comunque, di affioramenti estremamente limitati (pochi metri quadrati).

6. Azioni di prevenzione in siti produttivi con presenza di Noa

In questo capitolo saranno affrontate le situazioni di potenziale aerodispersione di fibre di amianto presenti nelle polveri generate dal disturbo meccanico di rocce *in situ* o dal risollevarimento di polveri già depositate a terra, dovuti ad attività antropiche. Si distingueranno situazioni di “aerodispersione primaria” e di “aerodispersione secondaria” di fibre di amianto.

Questa distinzione deriva dall'articolo 251 “Misure di prevenzione e protezione” del Capo III “Protezione dai rischi connessi all'esposizione all'amianto” del d.lgs. 81/08 che alla lett. e) c. 1 disciplina che *“...i processi lavorativi devono essere concepiti in modo tale da:*

- *evitare di produrre polvere di amianto*
- o, se ciò non è possibile,*
- *evitare emissione di polvere di amianto nell'aria.”*

La formazione di polvere contenente fibre di amianto si concretizza laddove la roccia o il terreno contenente amianto nella sua sede naturale subisce un'aggressione meccanica attraverso operazioni di taglio, scavo e/o frantumazione della roccia (attività estrattiva di materiale ornamentale e pietrisco, opere scavo e movimento terre per la realizzazione di gallerie, fondazioni per edifici, strade, infrastrutture) o risistemazione per modellazione dei versanti.

In questo documento viene definita come **“aerodispersione primaria”** di fibre di amianto, quella che si ha a seguito dell'aggressione meccanica di rocce o terre in posto. Si parla invece di **“aerodispersione secondaria”**, nel caso in cui non essendo possibile evitare la suddetta produzione di polveri contenenti fibre di amianto, si genera diffusione delle polveri già formate a seguito di attività antropiche come il passaggio di veicoli o di persone, la pulizia e manutenzione di macchine, di impianti e di attrezzature, la risistemazione di piazzali di cava, la pulizia delle strade, la risistemazione di versanti in frana e il ripascimento spiagge, le lavorazioni agricole di terreno non vergine.

La distinzione per tipologia di aerodispersione è utile a livello operativo per l'individuazione, la progettazione e l'applicazione delle più idonee misure di prevenzione. Nei paragrafi successivi sono illustrate le situazioni di aerodispersione primaria e secondaria per tipologia di attività; ad ognuna di esse sono collegate le specifiche misure di prevenzione.

La progettazione degli interventi di prevenzione è un processo logico di applicazione di obblighi di legge e di norme tecniche nonché un processo cognitivo, basato su studi, misurazioni e analisi, che soddisfi in modo ottimale requisiti espliciti e che pervenga alla definizione delle migliori e più idonee specifiche di ordine gestionale (risorse

umane, strumentali ed economiche, informazione e formazione, pianificazione e controllo), tecnico, tecnologico e procedurale per la realizzazione di un'opera in sicurezza. Le misure specifiche di prevenzione consistono in tutti quegli interventi di tipo organizzativo, tecnico e procedurale, attuati per tutelare la salute dei lavoratori nelle situazioni di rischio, qualora l'aerodispersione (primaria o secondaria) di fibre si concretizzi e sia ipotizzabile come da studi e da accertamenti diretti in situ.

Gli interventi descritti sono il frutto di un'esperienza sviluppata in Italia sia direttamente da parte dell'Istituto, in diverse forme e per diverse competenze o collaborazioni, sia da parte di altri Enti o società che le hanno rese disponibili.

Con queste indicazioni si intende sistematizzare queste esperienze fornendo una visione globale in modo che tutti coloro che dovranno affrontare la problematica dell'amianto naturale possano usufruirne e farle proprie, contestualizzandole in funzione dell'opera da realizzare.

È importante sottolineare che laddove vi sia una potenziale o nota presenza di amianto naturale nelle rocce, le lavorazioni insistenti su tali territori, non comportano necessariamente un'esposizione a rischio amianto a carico degli addetti alle attività. Il termine "potenziale" si riferisce a rocce e affioramenti in cui è possibile, dal punto di vista geopetrogenetico, la presenza di minerali di amianto, dei quali però non sono disponibili studi approfonditi o che non sono stati ancora censiti ai sensi del d.m. 101/03.

Si evidenzia che per evitare o minimizzare l'eventualità di esposizione lavorativa ad amianto in presenza di Noa, le aziende dovrebbero attuare alcune misure tecnologiche, organizzative e procedurali di validità trasversale per ogni fase lavorativa:

- **sistemi di abbattimento di polveri:** da impiegare principalmente sulle attrezzature che producono aerodispersioni significative e nelle aree di transito. La scelta di questi sistemi può essere basata sulla capacità e portata areale di abbattimento. Possono essere predisposti anche sistemi antivento nelle strette adiacenze delle aree in lavorazione;
- **dotazioni dei mezzi d'opera:** importante è l'installazione di un impianto di filtrazione aria; esso deve essere azionato a porte chiuse e la cabina deve essere mantenuta in sovrappressione rispetto all'ambiente esterno. Può essere utile l'installazione di un prefiltro di media efficienza e di un filtro principale per la frazione respirabile. Il sistema multistadio evita l'intasamento del filtro principale e ne garantisce una maggiore durata. L'intervento è applicabile in tutte le fasi di lavoro in cui si prevede il passaggio e l'impiego di veicoli pesanti o mezzi d'opera;
- **manutenzione:** la periodica manutenzione delle attrezzature, delle macchine e dei sistemi di abbattimento delle polveri è essenziale per garantirne la costante efficienza e ridurre l'immissione, diretta e indiretta, di fibre negli ambienti di lavoro. La manutenzione interessa anche piste, piazzali di cava e passaggi di mezzi e di personale a terra; essa generalmente prevede il mantenimento di un adeguato strato di materiale inerte sulle porzioni più trafficate, onde impedire che detriti potenzialmente inquinati da fibre di amianto possano restare in superficie ed essere polverizzati dal transito dei mezzi;
- **pulizia:** un programma di pulizia periodica di macchine, automezzi e ambienti

di lavoro riduce il rischio di emissioni secondarie e di inquinamento incontrollato degli ambienti di lavoro *indoor*;

- **igiene personale e degli indumenti di lavoro:** soprattutto nei casi di lavoro indoor potrebbe essere opportuno allestire uno spogliatoio con armadietti a doppio scomparto e prevedere una periodicità di lavaggio degli abiti di lavoro;
- **gestione di adeguati DPI** (scelta, uso, comprese le operazioni di vestizione, svestizione e conservazione, e dismissal);
- **formazione e addestramento** all'uso di macchine, impianti, attrezzature di lavoro, dispositivi, procedure;
- **sorveglianza sanitaria** per alcune categorie di operatori di cantiere, da valutare da parte del medico competente in considerazione delle singole mansioni.

6.1 Estrazione e lavorazione di pietre ornamentali e di pietrisco

Le rocce metamorfiche basiche ed ultrabasiche tra cui le ofioliti, note anche come “Pietre Verdi”, sono largamente utilizzate in Italia principalmente nel settore edile e delle costruzioni sotto forma di inerti, sabbie, ghiaie, pietrisco, materiale ornamentale; a seconda del loro stato e grado di fratturazione, l'impiego può essere differente: rivestimenti per interni ed esterni, rilevati e sottofondi stradali, scogliere di massi per difese spondali marittime e fluviali, ballast ferroviari, ecc.

Generalmente si parla di cave di pietra ornamentale (serpentino massiccio, serpentinoscisto, oficalciti) e di cave di inerti.

I cicli di lavorazione del materiale si differenziano in funzione delle caratteristiche e delle proprietà della roccia; le modalità per cui si concretizzano le diverse situazioni di aerodispersione primaria di fibre di amianto dipendono fondamentalmente dalla prima lavorazione a cui è sottoposta la roccia; ad esempio, per la produzione di pietrisco questa subirà l'estrazione dal monte con uso di esplosivi a distruzione e di martelli demolitori e le successive fasi di frantumazione e vagliatura; per quanto riguarda la pietra ornamentale, l'estrazione avverrà con esplosivi a separazione, taglio con filo diamantato e successivo ribaltamento e riquadratura.

Per le due suddette principali tipologie di estrazione della roccia dal monte occorrono macchine, attrezzi e procedure differenti con la conseguente generazione di situazioni di aerodispersione.

Nella trattazione che segue saranno affrontate entrambe le situazioni; la parte dedicata alle pietre ornamentali, tratterà, anche rapportandole, le attività di lavorazione delle serpentiniti sia nella forma massiccia che scistosa.

6.1.1 Estrazione e lavorazione di pietre ornamentali

La Pietra Verde serpentinite è coltivata sia nella varietà scistosa (serpentinoscisto) che in quella massiccia (serpentino massiccio o da taglio).

Questi giacimenti sono spesso interessati da importanti sistemi di fratturazione che localmente possono essere mineralizzati a serpentino fibroso; alcune di

queste vene sono state oggetto in passato di estrazione di amianto. Nell'ambito delle principali fratture e discontinuità dell'ammasso roccioso di serpentinite il crisotilo può comparire sotto forma di sottili "spalmature" millimetriche o in lenticelle (solitamente di spessore inferiore al centimetro); tali zone costituiscono porzioni non commercialmente utili del giacimento e non possono essere coltivate.

Le tecniche di coltivazione sono variabili in funzione del materiale estratto (serpentinoscisto o serpentino massiccio); generalmente, si tratta di una combinazione di taglio a filo diamantato e volate con mine cilindriche.

Le principali differenze tra il serpentinoscisto ed il serpentino "massiccio" riguardano la grana (finissima per il serpentinoscisto) e la foliazione (marcata, con piani molto ravvicinati nella varietà più scistosa).

I blocchi estratti nelle cave vengono inviati ai laboratori per le successive lavorazioni, che si differenziano per tipo di prodotto finale. La trasformazione del materiale in laboratorio riguarda l'insieme delle operazioni di lavorazione secondaria eseguite sui prodotti di cava per ottenere semilavorati e lavorati di pietre ornamentali. Il serpentinoscisto, in virtù della sua grana molto fine e della marcata foliazione, viene lavorato prevalentemente a spacco in lastre di vario spessore, anche molto sottili (4-5 mm), utilizzate per la copertura di tetti, per rivestimenti esterni e per lastre usate nella ristorazione e ad uso alimentare. Il serpentino massiccio, con grana più grossolana e foliazione meno marcata, viene lavorato in vari modi: lucidato, sabbiato, fiammato, anticato.

Per ciò che riguarda le situazioni di aerodispersione, la fase iniziale dei lavori di cava consiste nella preparazione e manutenzione del sito che comprende l'approntamento del fronte di cava, del piazzale e delle vie di accesso (piste e rampe), nonché il successivo mantenimento di un adeguato stato di efficienza di tali luoghi. Si può parlare di aerodispersione primaria laddove si effettua un reale disturbo della roccia (distacco di blocchi instabili ma principalmente approntamento del fronte di cava, del piazzale e delle vie di accesso; taglio; perforazione; abbattimento) con intercettazione di vene e filoni contenenti amianto.

Nella maggior parte dei casi questa prima fase di lavoro, essenziale per la successiva coltivazione, presuppone la movimentazione di materiale già distaccato dalla roccia, comprese vene e filoni contenenti amianto, e la rifrantumazione dovuti al passaggio dei mezzi e alle operazioni di movimentazione delle macchine operatrici (aerodispersione secondaria).

La fase successiva di distacco della bancata assume caratteristiche differenti a seconda del litotipo: taglio con filo diamantato o mine direzionate a brillamento simultaneo per il serpentino "massiccio"; mine direzionate e tagli laterali di apertura con filo diamantato per il serpentinoscisto.

L'aerodispersione primaria si concretizza durante l'impiego di attrezzature, manuali o automatiche, queste ultime però non richiedono la presenza costante degli addetti, e di esplosivi. La ricaduta delle polveri a seguito del brillamento delle mine viene considerata aerodispersione primaria.

Il risollevarsi delle polveri dovuto ad agenti atmosferici o alla movimentazione di uomini e mezzi comporta aerodispersione secondaria. Nel momento in cui avviene il distacco della bancata, il suo ribaltamento sul piazzale di cava mediante spinta con cuscini divaricatori o facendo leva con la benna dell'escavatore, determina il risollevarsi delle polveri accumulate nel piazzale di cava: si può pertanto parlare di aerodispersione secondaria.

La possibilità di aerodispersione di fibre si realizza nelle seguenti operazioni successive al distacco della bancata:

- perforazione e taglio (fig. 6.1);
- movimentazione con mezzi d'opera;
- gestione degli esplosivi (fochini).

Si deve distinguere tra perforazione manuale e automatica, a secco o ad acqua, con o senza sistemi di abbattimento polveri; queste diverse condizioni di lavoro comportano aerodispersione primaria in modalità differenti che dovranno essere oggetto di analisi in fase di individuazione delle misure di prevenzione.

Per la fase di suddivisione della bancata in blocchi e la fase di riquadratura dei blocchi valgono le medesime considerazioni sopra esposte: situazioni di aerodispersione primaria sono legate all'uso di attrezzature per la perforazione e il taglio, mentre l'aerodispersione secondaria è relativa al risollevarsi di polveri formate durante le precedenti operazioni a causa del movimentazione di mezzi e uomini.

La movimentazione del materiale per la preparazione del piazzale di cava, la suddivisione della bancata fino al conferimento nell'area di deposito e il conferimento nell'area di riquadratura sono effettuate con mezzi quali l'escavatore



Figura 6.1 - Perforazione della bancata

cingolato a benna rovescia, autocarri o gru derrick. La movimentazione dei blocchi ed il passaggio dei mezzi meccanici determinano il risollevarsi di polvere già formata e, conseguentemente, rendono possibile l'aerodispersione secondaria degli addetti alle specifiche mansioni e del personale presente nelle vicinanze.

Nella generalità dei casi, la lavorazione del serpentino massiccio e del serpentinoscisto avviene rispettivamente in ambiente indoor e outdoor.

Le fasi di lavoro nei laboratori sono:

- taglio dei blocchi (telai, telai multilama, segatrici);
- trattamenti superficiali;
- finitura;
- lavori particolari;
- controllo e confezionamento dei blocchi.

L'aerodispersione primaria può essere collegata all'impiego di macchine, impianti e attrezzature per il taglio.

Il taglio dei blocchi in lastre di serpentino massiccio viene effettuato in appositi locali (sale telai) con telaio multilama o con segatrici.

L'aerodispersione di polveri può essere significativa poiché dovuta sia al taglio che al risollevarimento e le lavorazioni sono effettuate al chiuso. Le mansioni interessate possono essere:

- addetti al taglio;
- addetti all'armatura e disarmatura di un telaio fermo;
- addetti al controllo remoto delle macchine.

Le particelle prodotte dal taglio in corso, essiccate dopo il fall out, insieme a quelle non depurate da precedenti tagli e riciclate nell'ambiente, possono aggravare la situazione per gli operatori presenti per aerodispersione secondaria da risollevarimento.

Il trattamento superficiale delle lastre (bocciardatura, levigatura, lucidatura) è un'operazione effettuata con macchine di diversa concezione, e la maggior parte di esse non richiede la presenza costante dell'addetto ed il quadro comandi è spesso collocato all'esterno (fig. 6.4, 6.5, 6.6).

Essendo la lavorazione di tipo superficiale, il rischio di intercettare vene occulte di materiale fibroso è molto contenuto: queste, infatti, costituiscono un indesiderato produttivo che mina la qualità del prodotto finito e rappresenta un handicap alla sua commercializzazione; pertanto, laddove presenti e non precedentemente selezionate, sarebbero comunque ritagliate opportunamente come scarto (fig. 6.2).

Le operazioni manuali sono richieste anche per la lavorazione di serpentinoscisto dai cui blocchi informi precedentemente tagliati con segatrici a disco in masselli lavorabili, sono prodotte piccole lastre per tetti o per la cucina. Questi lavori particolari di scalpellatura sono effettuati con scalpello e martello a secco; l'operatore lavora seduto in aree di pertinenza del sito estrattivo in cava o in laboratorio, all'aperto nel piazzale, sotto tettoie o in locali dedicati, sfaldando il massello in scaglie di spessori via via minori con piccoli colpi di smussamento.

Si può parlare di situazioni di aerodispersione primaria durante lo spacco manuale e di aerodispersione secondaria per risollevarimento delle polveri per il passaggio di mezzi e uomini in tutti gli ambienti di lavoro, sia outdoor che indoor.

Le operazioni e le attività comuni a tutte le fasi lavorative sia in cava che in laboratorio sono:

- controlli di qualità;



Figura 6.2 - Mineralizzazioni del blocco

- movimentazione manuale e/o con mezzi di trasporto o per mezzo di attrezzature fisse e mobili (gru e carriponte);
- manutenzione e pulizia di macchine, impianti, attrezzature e ambienti di lavoro indoor.

I controlli di qualità sono effettuati prima dello spostamento degli elementi (blocchi, lastre, etc) alle successive fasi di lavorazione. L'aerodispersione che può configurarsi è di tipo secondario: le polveri già formate, depositate sull'elemento o a terra, sono risollevate dal passaggio degli addetti.

Queste considerazioni possono essere estese anche agli addetti alla movimentazione per i quali si possono configurare diverse situazioni di aerodispersione secondaria per contaminazione da polveri già formate:

- trasporto e movimentazione di elementi lapidei non puliti;
- abiti e calzature da lavoro in cava;
- mezzi di trasporto in transito nella cava.

L'aerodispersione secondaria si può verificare soprattutto durante la pulizia a secco di macchine, impianti e ambienti indoor nel caso le polveri contaminate da fibre di amianto provengano dalle precedenti lavorazioni.



Figura 6.3 - Bancata di serpentino massiccio



Figura 6.4 - Tagliablocchi a disco



Figura 6.5 - Finitura a secco su banco



Figura 6.6 - Spacco manuale nella lavorazione del serpentinoscisto

Alla luce di quanto sopra, la presenza di mineralizzazioni di fibre di amianto nell'ammasso roccioso oggetto di coltivazione è possibile e dipende dalle caratteristiche e dalle condizioni dei diversi giacimenti.

La loro rilevazione dipende dal grado di approfondimento delle indagini geologiche e dall'appropriatezza del piano di coltivazione, il cui intento è proprio evitare la perforazione di zone intensamente fratturate e potenzialmente contaminate da mineralizzazioni di crisotilo. L'intercettazione di vene mineralizzate occulte deve essere prevista per evitare il conseguente rischio di liberazione di fibre e l'inquinamento ambientale. Infatti, uno dei punti nodali della gestione del rischio amianto nelle specifiche situazioni consiste nella propagazione della contaminazione di fibre e polveri dalla cava, dove sono intercettati filoni e vene di amianto di diverso spessore che costituiscono parti "non produttive" da eliminare, nei laboratori nei quali non dovrebbe essere rilevata alcuna contaminazione.

Un adeguato piano di coltivazione, che analizzi le caratteristiche del giacimento, individui e localizzi in dettaglio la presenza di amianto, e la valutazione del fronte che preveda ispezioni visive continue e indagini geologiche e mineralogiche con determinazione del contenuto in fibre costituiscono uno strumento preliminare di gestione del rischio.

Le aziende dovrebbero attuare le misure tecnologiche, organizzative e procedurali di validità trasversale per ogni fase, sopra descritte e quelle specifiche riportate nelle tabelle che seguono.

Per lo specifico comparto in esame, è stata inoltre messa a punto e sperimentata una procedura di verifica dell'idoneità del blocco, dal punto di vista qualitativo e produttivo durante diverse fasi del ciclo lavorativo in cava (sul fronte, sulla bancata,

sul blocco, sulla lastra, sul manufatto finito). La validazione del materiale è una condizione di idoneità, sia commerciale che a livello di potenziale aerodispersione di fibre di amianto occulte, per la sua successiva trasformazione e commerciabilità, escludendo così le situazioni critiche; la procedura è rappresentata nel flow chart di figura 6.9 e descritta nei prossimi paragrafi.

Nelle tabelle che seguono sono sintetizzate le situazioni di aerodispersione per ciascuna delle fasi di estrazione, coltivazione e lavorazione del serpentino massiccio e del serpentinoscisto, suddivise per le macroattività, nonché le corrispondenti misure di prevenzione.

Fasi di lavorazione della cava di serpentino (massiccio/scisto)	Sorgenti di aerodispersione
Fase Preparazione e manutenzione del sito	
• preparazione e manutenzione sito • movimentazione di materiale per la preparazione del piazzale di cava al taglio al monte della bancata	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso nelle operazioni di approntamento e manutenzione di piste e piazzali • aerodispersione secondaria: risollevarimento di materiale contaminato dai cingoli o dalle ruote dei mezzi di movimentazione di cava
Soluzioni organizzative e procedurali • manutenzione di piste e piazzali di cava	

Fasi di lavorazione della cava	Sorgenti di aerodispersione
Fase Perforazione manuale o meccanica	
• perforazione • predisposizione fori comunicanti per passaggio filo diamantato • predisposizione delle cariche esplosive e brillamento • perforazione fori da mina complanari e paralleli lungo la superficie di distacco	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso per l'uso perforatori o scalpellatori pneumatici manuali o automatici • aerodispersione secondaria: risollevarimento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra
Perforazione manuale	

Soluzioni tecniche

Impiego di sistemi di abbattimento polveri e fibre ad acqua

- perforatori ad acqua: bagnatura a fondo foro dove la polvere è prodotta
- perforatori idraulici: la maggior efficienza di questi sistemi riduce l'aerodispersione, a parità di metri perforati
- sistemi di bagnatura a boccaforo e nelle zone limitrofe nel punto in cui si fuoriesce la polvere
- utensili affilati: produzione di particelle più grossolane con minor dispersione di polveri fini
- sistemi di aspirazione delle polveri alla fonte
- sistemi per la generazione di aerosol e di nebulizzazione acqua

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente in spazi confinati
- procedure di lavoro relative a:
- controllo del circuito di aspirazione
- manutenzione
- pulizia delle zone prossime al punto di perforazione e costante rimozione degli accumuli: la rimozione dopo ogni perforazione degli spurghi in prossimità del foro evita il risollevarimento come emissioni secondarie una volta essiccate
- bagnatura delle zone circostanti il punto di perforazione che impedisce l'essiccazione delle polveri ed il loro risollevarimento

Perforazione meccanica**Soluzioni tecniche**

Impiego di sistemi di abbattimento ad acqua

- utensili affilati: produzione di particelle più grossolane con minor dispersione di polveri fini
- perforatrici con spurgo ad acqua; perforatrici idrauliche
- generatori di aerosol in prossimità del punto di perforazione
- macchine dotate di cabine di comando con immissione di aria filtrata o di sistemi separati di controllo a distanza che consentono la remotizzazione dell'addetto in cabina.
- perforatrice semovente cabinata con sistema di abbattimento ad acqua alla fonte con spurgo ad acqua sull'utensile: dispositivo applicato alla fonte con remotizzazione dell'addetto

Perforazione meccanica

- perforatrici fisse o semoventi con sistema di abbattimento a spurgo ad acqua con remotizzazione dell'addetto: possibilità di integrare all'acqua di spurgo l'utilizzo di tensiomodificatori per diminuire ulteriormente la dispersione
- sistemi di abbattimento polveri a boccaforo con cappa aspirante accoppiata all'utensile.

Dotazioni

- sistema di sollevamento automatico della cappa durante le operazioni di intestazione del foro
- calaggio a tenuta della cappa aspirante a bocca foro durante le operazioni di perforazione
- sollevamento della cappa (con aspirazione comunque funzionante) e blocco dello spurgo eventuale ad aria durante le operazioni di sostituzione delle aste
- opzionale: sistemi di allarme e blocco della perforazione in caso guasti quali la rottura del sistema di stoccaggio delle polveri captate
- sistemi di stoccaggio delle polveri captate ed abbattute di tipo rigido connessi a tenuta al circuito terminale di scarico

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
 - riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente in spazi confinati
 - procedure di lavoro relative a:
 - controllo del circuito di aspirazione
 - manutenzione
 - pulizia delle zone prossime al punto di perforazione e costante rimozione degli accumuli: la rimozione dopo ogni perforazione degli spurghi in prossimità del foro evita il risollevamento come emissioni secondarie una volta essiccate
 - bagnatura delle zone circostanti il punto di perforazione che impedisce l'essiccazione delle polveri ed il loro risollevamento come emissioni secondarie
-

Fasi di lavorazione della cava	Sorgenti di aerodispersione
Fase (serpentino massiccio) Taglio al monte della bancata mediante filo diamantato e ribaltamento bancata e suddivisione	
• taglio con filo diamantato delle superfici della bancata	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso per l'uso di esplosivi, abbattimento vene mineralizzate; fall out • aerodispersione secondaria: risollevamento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra
• ribaltamento bancata	• aerodispersione secondaria: risollevamento dovuto al ribaltamento
• suddivisione della bancata in blocchi con filo diamantato	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso per l'uso della perforante pneumatica a slitta orizzontale e tagliatrice a filo diamantato • aerodispersione secondaria: risollevamento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra
• suddivisione della bancata in blocchi mediante sfaldamento con mine isolate (<i>occasionale per il serpentino massiccio</i>)	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso dovuto all'uso di esplosivo; successivo fall out • aerodispersione secondaria: risollevamento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra successivo al fall out
• suddivisione della bancata in blocchi mediante sfaldamento con spaccarocce a tre pezzi (<i>per il serpentinoscisto</i>)	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso per l'uso di spaccarocce a tre pezzi, mazza • aerodispersione secondaria: risollevamento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra

Soluzioni tecniche

- impiego di esplosivi idonei a preservare l'integrità del materiale e a generare la minor dispersione di polveri possibile
- utilizzo di acqua per il borraggio nella tecnica di taglio con miccia detonante
- divieto di utilizzo di polvere di perforazione
- impiego di utensili affilati per il taglio
- ottimizzazione del rapporto velocità di scorrimento/tensione del filo, velocità di rotazione dell'utensile/caratteristiche del materiale
- uso di schermi protettivi in caso di macchine da taglio prossime alla sorgente

Soluzioni organizzative e procedurali

- divieto di utilizzo di polvere di perforazione
- procedure:
 - allontanamento addetti durante la volata
 - tempi di rientro relativi a fall out
 - bagnatura piazzali e aree circostanti
- letti di caduta con detriti grossolani
- definizione di ruoli per fochino e sorvegliante
- limitazioni di accesso
- manutenzione di macchine da taglio e dispositivi di abbattimento

Fasi di lavorazione della cava	Sorgenti di aerodispersione
Fase Riquadratura dei blocchi	
• (occasionale per il serpentino scisto) • riquadratura dei blocchi con filo diamantato	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso per l'uso di impianto stazionario a filo diamantato, impianto mobile a filo diamantato, tagliatrice a filo diamantato • aerodispersione secondaria: risollevamento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra

Soluzioni tecniche

- taglio ottimizzato (rapporto V rotazione/cala dei fili, dischi e catene)
- disinquinamento delle acque di riciclo
- uso di dispositivi di arresto in caso di eccessivo avvicinamento

Soluzioni organizzative e procedurali

- controllo e validazione del blocco in uscita
- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente in spazi confinati
- allontanamento (telaio a filo): all'aperto
- remotizzazione degli addetti (telai a filo mobili)
- asportazione delle polveri residue
- manutenzione e pulizia

Fasi di lavorazione della cava	Sorgenti di aerodispersione
Fase Movimentazione blocchi dalla cava al laboratorio	

- movimentazione dei blocchi nelle fasi di prelievo dall'area di deposito e di carico su auto-carro
- scarico blocchi da camion su piazzale deposito
- **aerodispersione secondaria:** risollevarimento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra o durante le operazioni di carico e scarico

Soluzioni tecniche

- installazione filtri impianto cabina di guida
- pavimentazione delle vie di transito, e quando ciò risulti possibile anche i percorsi principali di rampe e piazzali non temporanei di cava
- bagnatura preventiva di piazzali, rampe, piste e automezzi, anche con impianti fissi per la nebulizzazione dell'acqua. Per le situazioni più difficoltose, è possibile aggiungere additivi di stabilizzazione (in miscela con l'acqua) evitare le dispersioni di polvere dai cumuli di materiale lavorati o in lavorazione, mantenendo costantemente umidificato il materiale depositato
- bagnatura delle ruote con passaggio obbligatorio attraverso impianto erogatore a spruzzo

Soluzioni organizzative e procedurali

- controllo e validazione del blocco in uscita
- selezione del materiale prima del trasporto
- regolazione del traffico veicolare e pedonale interno e in ingresso: limitazione della velocità dei mezzi, anche con dispositivi (bande rilevate, cunette, etc.).
- allontanamento di lavorazioni dalle vie di transito
- pulizia degli ambienti: rimozione periodica dei detriti potenzialmente inquinati, soprattutto sui tratti pavimentati di piazzali e piste di cava.
- pulizia degli automezzi prima dell'uscita dalla cava

Fasi di lavorazione nei laboratori di serpentino massiccio	Sorgenti di aerodispersione
Fase Riquadratura blocchi	
riquadratura blocco con impianto stazionario a filo diamantato o con impianto monolama	aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso per taglio blocchi non controllati in locali al chiuso aerodispersione secondaria: risollevamento polveri per movimentazione blocchi

Soluzioni tecniche

- segregazione in idonei box aspirati per ogni singolo impianto
- sistema di rilevazione e segnalazione dell'efficienza dell'impianto
- sistema di aspirazione all'interno dei box per l'abbattimento della polvere captata (nonché raccolta controllata dell'abbattuto) ed emissione in atmosfera lontana dai portali di accesso ai laboratori
- ottimizzazione del rapporto velocità di scorrimento/cala lame
- canalizzazione e allontanamento delle acque di lavorazione fuoriuscenti dalle macchine, nonché di quelle utilizzate per la pulizia ed il lavaggio degli ambienti, delle macchine e dei manufatti
- depurazione delle acque di riciclo

Soluzioni organizzative e procedurali

- controllo e validazione del blocco in uscita
- procedure relative a:
 - interventi nei box e accesso per operazioni di regolazione e manutenzione degli impianti (modalità, tempi e impiego DPI)
 - manutenzione e pulizia
 - controllo dell'efficienza del sistema di depurazione delle acque di ricircolo

Fasi di lavorazione nei laboratori	Sorgenti di aerodispersione
Fase Suddivisione del blocco di serpentino massiccio in lastre, masselli e filagne	
suddivisione del blocco con telai e taglia-blocchi	aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso per taglio blocchi non controllati in locali al chiuso aerodispersione secondaria: risollevarimento polveri per movimentazione dei blocchi
Fase Taglio dei blocchi di serpentinoscisto in moduli lapidei su misura	
- movimentazione blocco da deposito e posizionamento su segatrice a disco diamantato - taglio del blocco con segatrice a disco diamantato	aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso per taglio blocchi non controllati con segatrice a disco diamantato in locali al chiuso aerodispersione secondaria: risollevarimento polveri per movimentazione dei blocchi
Soluzioni tecniche - segregazione in idonei box aspirati o in locali dedicati - sistema di rilevazione e segnalazione dell'efficienza dell'impianto - sistema di aspirazione all'interno dei box per l'abbattimento della polvere captata (nonché raccolta controllata dell'abbattuto) ed emissione in atmosfera lontana dai portali di accesso ai laboratori - ottimizzazione del rapporto velocità di scorrimento/cala lame - canalizzazione e allontanamento delle acque di lavorazione fuoriuscenti dalle macchine, nonché di quelle utilizzate per la pulizia ed il lavaggio degli ambienti, delle macchine e dei manufatti - depurazione delle acque di riciclo	
Soluzioni organizzative e procedurali - controllo e validazione del blocco in uscita - procedure relative a: - interventi nei box e accesso per operazioni di regolazione e manutenzione delle segatrici (modalità, tempi e impiego DPI) - allontanamento e remotizzazione degli addetti - manutenzione e pulizia - controllo dell'efficienza del sistema di depurazione delle acque di ricircolo	

Fasi di lavorazione nei laboratori di serpentino massiccio	Sorgenti di aerodispersione
Fase Suddivisione di lastre, masselli e filagne in elementi lapidei su misura - suddivisione di lastre, masselli e filagne in elementi lapidei su misura aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso per taglio lastre, masselli e filagne da blocchi non controllati in locali al chiuso aerodispersione secondaria: risollevarimento polveri per movimentazione elementi lapidei	

Soluzioni tecniche

- confinamento/compartimentazione in locali/box dedicati in idonei box aspirati o in locali dedicati o in tunnel
- sistema di aspirazione all'interno dei box per l'abbattimento della polvere captata (nonché raccolta controllata dell'abbattuto) ed emissione in atmosfera lontana dai portali di accesso ai laboratori
- sistema di rilevazione e segnalazione dell'efficienza dell'impianto
- ottimizzazione del rapporto velocità di scorrimento/cala lame
- canalizzazione e allontanamento delle acque di lavorazione fuoriuscenti dalle macchine, nonché di quelle utilizzate per la pulizia ed il lavaggio degli ambienti, delle macchine e dei manufatti
- depurazione delle acque di riciclo

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente
- procedure relative a:
 - interventi nei box e accesso per operazioni di regolazione e manutenzione dei dischi
 - distanze di sicurezza, allontanamento e remotizzazione degli addetti
 - manutenzione e pulizia delle polveri residue
 - controllo dell'efficienza del sistema di depurazione acque di ricircolo.

Fasi di lavorazione nei laboratori	Sorgenti di aerodispersione
Fase Finitura e trattamenti superficiali del serpentino massiccio	
finitura e trattamento delle superfici degli elementi lapidei su misura	aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso per finitura lastre non controllate in locali al chiuso aerodispersione secondaria: risollevarimento polveri per movimentazione materiale
controllo finale e imballaggio prodotti finiti	aerodispersione secondaria: risollevarimento polveri per movimentazione materiale
Fase Produzione lastre di serpentinoscisto a spacco manuale	
- spacco manuale delle lastre - finitura contorno lastre, "sbarbatura" piode e predisposizione fori	aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso nelle operazioni di spacco e finitura con mazza, martello, cuneo, sbarbatrice e trapano lungo strati potenzialmente mineralizzati
Fase Controllo finale e confezionamento del prodotto finito	
controllo e formazione del bancale	aerodispersione secondaria: risollevarimento polveri di materiale finito non controllato

Soluzioni tecniche

- segregazione in idonei box aspirati o in locali dedicati o in tunnel
- sistema di aspirazione all'interno dei box per l'abbattimento della polvere captata (nonché raccolta controllata dell'abbattuto) ed emissione in atmosfera lontana dai portali di accesso ai laboratori
- sistema di rilevazione e segnalazione dell'efficienza dell'impianto
- ottimizzazione del rapporto velocità di scorrimento/cala lame
- canalizzazione e allontanamento delle acque di lavorazione fuoriuscenti dalle macchine e di quelle utilizzate per pulizia e lavaggio di ambienti e macchine
- depurazione delle acque di riciclo
- bagnatura del materiale lavorato con attrezzi manuali

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente
- procedure relative a:
 - interventi nei box e accesso per operazioni di regolazione e manutenzione delle macchine e degli utensili (modalità, tempi e impiego DPI)
 - allontanamento e remotizzazione degli addetti
 - manutenzione e pulizia delle polveri residue
 - controllo dell'efficienza del sistema di depurazione delle acque di ricircolo

Fase comune Movimentazione blocchi, lastre, elementi lapidei nel laboratorio

- carico autocarro e conferimento blocchi in deposito
- **aerodispersione secondaria:** risollevarmento polveri per passaggio di mezzi e personale a terra

Soluzioni tecniche

- pavimentazione delle vie di transito, e quando ciò risulti possibile anche i percorsi principali di rampe e piazzali non temporanei di cava.
- bagnatura delle ruote con passaggio obbligatorio attraverso impianto erogatore a spruzzo, almeno in uscita dalla cava

Soluzioni organizzative e procedurali

- applicazione della procedura di controllo di qualità del blocco prima dell'ingresso
 - divieto di ingresso di blocchi non controllati
 - pulizia degli ambienti: rimozione periodica dei detriti potenzialmente inquinati
-

Approfondimento: lo studio dell'Inail nel caso del serpentino della Valmalenco

Nel 2007 Inail Direzione regionale per la Lombardia e la Regione Lombardia, Direzioni generali sanità e qualità dell'ambiente, hanno stipulato un accordo operativo per il raggiungimento degli obiettivi comuni della promozione della salute e della sicurezza dei lavoratori del comparto estrattivo, con particolare riferimento ai lavoratori del comparto del serpentino della Valmalenco. Nell'ambito dell'accordo, i molteplici soggetti coinvolti, nazionali e territoriali, hanno collaborato con studi e verifiche al fine individuare le più idonee misure di prevenzione e protezione per le singole mansioni del ciclo produttivo dell'intera filiera dell'estrazione e lavorazione di pietra ornamentale. La collaborazione verteva su 6 punti:

- definire le modalità operative per l'individuazione in cava dei filoni o filoncelli mineralizzati a crisotilo;
- condurre campagne di misura nelle cave e nei laboratori di lavorazione;
- realizzare un protocollo per il campionamento e l'analisi dell'amianto naturale aerodisperso;
- individuare le migliori tecnologie disponibili per la riduzione del rischio dei lavoratori e dell'emissione di fibre all'esterno, intese come un insieme di misure organizzative, procedurali e tecniche;
- ricercare le migliori metodologie operative standardizzate di indagine.

La Contarp dell'Inail ha condotto estese campagne di monitoraggio nelle cave di alta montagna e nei laboratori di trasformazione di pietra ornamentale, raccogliendo ed analizzando più di 100 campioni di polveri aerodisperse relativamente ai differenti gruppi di lavoratori.

Successivamente al monitoraggio effettuato nelle cave, verificate le caratteristiche dei blocchi in uscita dalle cave destinati alle lavorazioni di taglio e produzione di lastre ed altre pezzature commerciali, sono state realizzate campagne di misura nei laboratori di trasformazione con il prelievo di altri 100 campioni di aerodisperso.

Tutti i campioni sono stati analizzati in Microscopia elettronica a scansione (SEM) e Microscopia ottica in contrasto di fase (MOCF); ogni campionamento personale è stato eseguito in doppio.

L'analisi di questi campioni ha presentato non poche difficoltà di tipo tecnico-analitico. Le rocce coltivate nel comprensorio in esame, e peraltro anche quelle affioranti in siti analoghi, contengono numerose forme minerali fibrose, tra le quali è difficoltoso discriminare le forme disciplinate dalla normativa specifica dalle forme "inerti". Nel caso in esame, in particolare, si è posta l'attenzione alla discriminazione tra forme fibrose (crisotilo) e lamellari del serpentino (antigorite e lizardite). Dal punto di vista del metodo (WHO 1997) tale discriminazione appare un aspetto puramente formale in quanto le particelle di antigorite che assumono le caratteristiche dimensionali delle fibre normate ($L > 5 \mu\text{m}$, $D < 3 \mu\text{m}$, $L/D > 3$) devono essere conteggiate, a tutti gli effetti, nel novero delle fibre di amianto.

La medesima problematica era stata affrontata da Arpa Emilia-Romagna (2004) nel

“Progetto Regionale Pietre Verdi”, che ha conteggiato separatamente in SEM (secondo la metodica del d.m. 6/9/94) le fibre regolamentate di crisotilo e le lamelle regolamentate di serpentino. Epa, Niosh ed altri importanti enti americani concordano sulla necessità di includere, pur riconoscendone la diversità, nei conteggi delle fibre aerodisperse anche i *cleavage fragments*, ovvero gli elementi appartenenti alle forme non fibrose delle famiglie del serpentino e degli anfiboli che si sfaldano secondo specifici piani cristallografici e che diventano così “contabili” (respirabili) dal punto di vista morfologico.

Nei filtri esaminati, infatti, si distinguono due diverse tipologie di fibre “respirabili”: la prima presenta morfologia tabulare che deriva dalla frantumazione di un minerale a struttura lamellare (fig. 6.a), la seconda ha morfologia tipica del crisotilo (fig. 6.b).

Le indagini in SEM permettono di affermare che circa il 40% di queste particelle derivano da varietà fibrose mentre le altre sembrano derivare dalla comminazione di varietà tabulari.

Le ridotte dimensioni delle fibre di crisotilo hanno reso difficile una correlazione tra i risultati ottenuti in SEM e quelli ottenuti in MOCF suggerendo l'adozione più frequente della prima tecnica per le indagini riguardanti queste tipologie di attività e di materiale.

Uno dei gruppi operativi creati dall'accordo ha affrontato e superato queste criticità, individuando e validando un protocollo condiviso per il campionamento e l'analisi dell'amianto naturale aerodisperso.

Le misure effettuate sono indicative della difficile predicibilità del fenomeno dell'inquinamento in questo tipo di ambiente. Infatti, queste situazioni hanno posto in evidenza l'importanza della scelta dei punti di perforazione per il passaggio del filo, che deve tenere conto della giacitura di vene e filoni mineralizzati proprio per evitarli.

Problematica non meno importante è quella della movimentazione e dal trasporto dei blocchi escavati: l'inquinamento può essere trasferito all'esterno proprio dai mezzi di trasporto se piazzali, platee e rampe non sono mantenuti costantemente bagnati e le cave non sono dotate di postazioni di lavaggio delle ruote del camion prima dell'uscita.

Il problema principale messo in evidenza è che l'inquinamento nasce in cava e da lì si trasferisce ai laboratori se i blocchi non sono stati adeguatamente riquadrati e hanno superfici coperte da patine mineralizzate a crisotilo (figura 6.2). La procedura di validazione del blocco, nata per risolvere questa problematica e descritta di seguito, è una delle esperienze più interessanti ed efficaci.

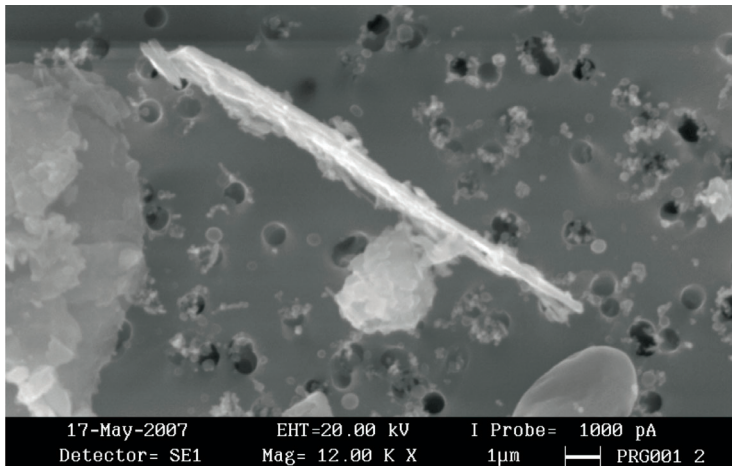
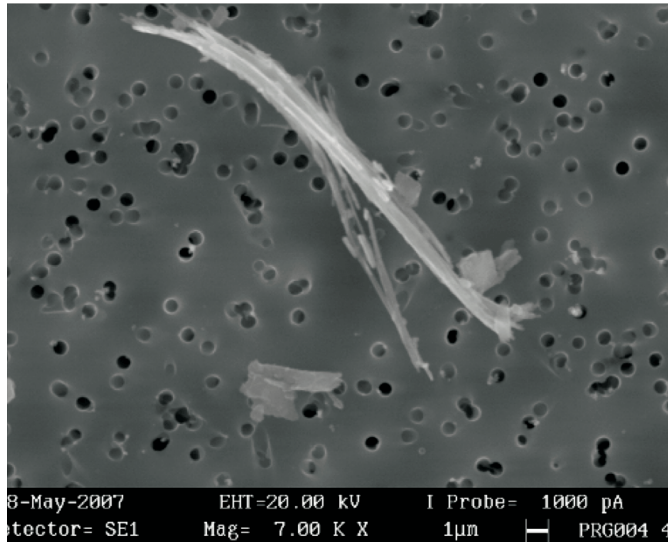


Fig.6.7 - a) Tipico fascio regolamentato di crisotilo;
b) Fibra di antigorite di dimensioni regolamentate

Il protocollo di campionamento

Nell'ambito dell'accordo stipulato nel 2007 tra Inail e Regione Lombardia, come è già stato evidenziato, era previsto l'obiettivo di realizzare un protocollo per il campionamento e l'analisi dell'amianto naturale aerodisperso. Il lavoro svolto dal gruppo è stato sintetizzato in un documento nato con l'intento di creare una base culturale comune tradotta in una procedura condivisa fra le diverse figure che devono operare nelle attività di campionamento e di analisi.

Il lavoro ha contemplato la definizione di tutte le fasi per la quantificazione e l'identificazione delle fibre respirabili di amianto naturale aerodisperse presenti nell'atmosfera degli ambienti di lavoro per tutte le fasi di lavorazione (cave e laboratori) delle serpentiniti, mediante l'utilizzo di microscopio elettronico a scansione dotato di microanalisi a raggi X di fluorescenza (preparazione dei prelievi, campionamento, preparazione del campione per l'analisi al SEM, rapporto di prova).

Il protocollo, sviluppato nel 2009 in conformità ai requisiti richiesti dalla norma UNI EN 482 per le prestazioni dei procedimenti di misurazione degli agenti chimici negli ambienti di lavoro, ha trovato applicazione nella valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limite di legge secondo la norma UNI EN 689. Esso è utilizzabile sia per campionamenti personali sia per campionamenti di area o statici.

L'elemento che ha guidato l'attività di messa a punto del protocollo era l'individuazione di modalità operative che, affiancate a consolidate pratiche di igiene industriale, consentissero una valida applicazione della microscopia SEM-EDS (Scanning Electron Microscopy - Energy Dispersive Spectroscopy) per quantificare l'esposizione negli ambienti di lavoro.

Per questo motivo, il campionamento delle fibre respirabili di amianto è stato condotto, come nelle consuete prassi di igiene industriale, mediante aspirazione di un volume di aria noto attraverso un substrato filtrante (filtro/membrana), montato in un sistema di campionamento dotato di "supporto per il filtro".

L'esecuzione del campionamento è il primo punto di attenzione in quanto la membrana destinata all'analisi non deve risultare rivestita da un eccessivo carico di polvere che la renderebbe non analizzabile al SEM ma, contemporaneamente, essa deve essere rappresentativa della esposizione professionale derivante dalla attività lavorativa svolta (fig. 6.8).

Ciò si è tradotto quindi nella valutazione del primo parametro critico ovvero il flusso di aspirazione dell'aria e il relativo tempo di campionamento.

Le esperienze condotte, per le misure di lungo periodo, hanno individuato nell'esecuzione di campionamenti della durata di circa 2 ore con flussi di 1 l/min il miglior compromesso possibile fra durata di prelievo, necessariamente rappresentativa dell'esposizione dei lavoratori, e leggibilità al SEM del filtro, ovvero carico di particolato sulla membrana e carico potenziale massimo di fibre.

La fase successiva ovvero la lettura del filtro richiede l'utilizzo di un microscopio elettronico a scansione in modalità alto vuoto e formazione dell'immagine con il detector per elettroni secondari. Inoltre, il microscopio elettronico deve essere do-

tato di microanalisi a dispersione di energia (EDS) ed in grado di acquisire immagini e di condurre analisi secondo la metodica del d.m. 6/9/1994 All. 2 B integrata, ove necessario, con il metodo ISO 14966.

Il conteggio delle fibre di amianto "normate" secondo i criteri stabiliti dalla normativa ($L/D > 3$, $D < 3\mu\text{m}$ e $L > 5\mu\text{m}$) deve tenere conto anche della presenza di fibre con diametri inferiori a 0.2 micron e della necessità di discriminare le fibre di crisotilo dai frammenti aciculari di serpentino lamellare (antigorite/lizardite).

Per il primo aspetto, nel protocollo si è ritenuto opportuno effettuare l'analisi ad ingrandimento superiore ai 2000X, mentre il secondo aspetto rappresenta un problema analitico complesso. Essendo la composizione chimica del crisotilo identica a quella del serpentino lamellare, al fine di distinguere l'amianto crisotilo è necessario adottare dei criteri morfologici ed operare ad elevato ingrandimento.

L'identificazione delle fibre trovate è effettuata mediante l'identificazione morfologica visiva della fibra e mediante l'osservazione qualitativa dello spettro X di fluorescenza caratteristico emesso dalla fibra. Lo spettro X è confrontato visivamente con gli spettri X caratteristici emessi da campioni di riferimento certificati.

I problemi di identificazione dello spettro X della fibra, quando questa appare ricoperta di particelle piccole che possono agire come contaminanti, è ovviato osservando la fibra a maggiore ingrandimento e puntando il fascio elettronico, che produce i raggi X, in punti diversi dove la fibra appare più pulita.

I possibili interferenti con l'amianto, nel caso in analisi, sono altri silicati con spettri X simili all'amianto come ad esempio: l'antigorite, la lizardite, la vermiculite, il talco, etc. Caratteri morfologici distintivi tra crisotilo e frammenti aciculari di antigorite/lizardite per i campioni in ambienti di lavorazione del serpentino della Valmalenco sono:

- CRISOTILO: fibre in genere molto sottili (diametro $< 0,2\mu\text{m}$), ad andamento irregolare, spesso curvo e sfrangiato, con biforcazioni, frequentemente in fasci di fibrille. Elevata aspect ratio (superiore a 10:1).
- ANTIGORITE/LIZARDITE: fibre in genere con diametro $> 0,2\mu\text{m}$, ad andamento rettilineo, con sfaldatura piano-parallela (osservabile ad elevato ingrandimento), terminazioni a punta. Non si evidenziano fasci di fibrille. Aspect ratio in genere minore rispetto al crisotilo.

Il documento di protocollo è stato corredato di un atlante fotografico che contiene immagini di alta qualità in microscopia elettronica a scansione e trasmissione, tratte da campioni in massa e particolato aerodisperso su filtro a membrana.

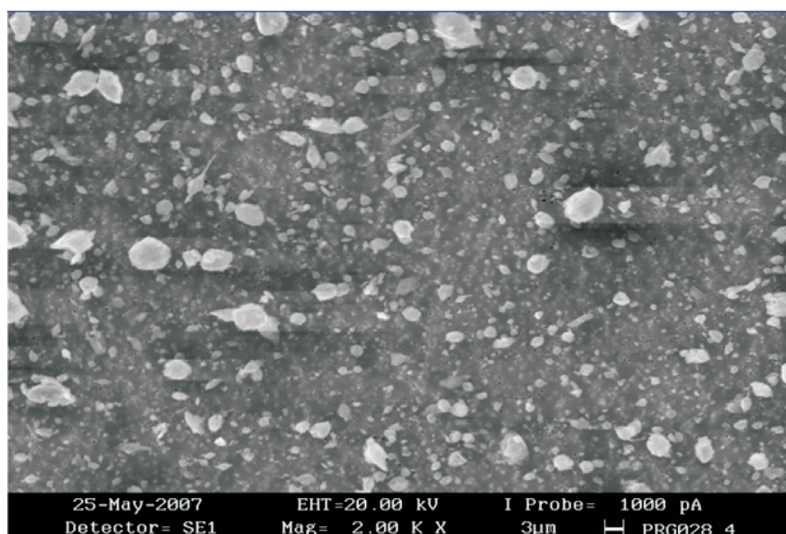


Fig.6.8 - Immagine di un filtro molto carico (2000 ingrandimenti)

Procedura di controllo e validazione del blocco in uscita

Uno dei progetti attuati nell'ambito dell'accordo tra Inail e Regione Lombardia prevedeva l'individuazione, la sperimentazione e l'implementazione di misure di prevenzione dell'aerodispersione di fibre di amianto. Grazie alla collaborazione delle aziende coinvolte, la procedura di controllo e validazione del blocco in uscita è stata sperimentata ed è ora una delle pratiche ordinarie di lavoro.

La procedura è stata sviluppata per qualificare l'idoneità del blocco in uscita dalla cava verso le successive lavorazioni, solitamente effettuate in ambienti indoor (laboratori), al fine di garantire l'assenza di amianto visibile in superficie e possibilmente anche all'interno del blocco stesso, ossia di parti improduttive. Lo scopo ultimo della procedura è di evitare la contaminazione da fibre di amianto di ambienti in cui il minerale non dovrebbe essere presente e dovrebbe essere applicata in cava, dopo la separazione del blocco dalla bancata, prima della eventuale riquadratura ed uscita dalla cava. Essa dovrebbe comprendere:

- ispezione del blocco;
- classificazione dello stesso secondo criteri predefiniti in funzione del rischio di presenza di vene di crisotilo;
- registrazione dell'avvenuta valutazione e suo esito;
- eventuale rifilatura del blocco per asportare la porzione inquinata;
- la rivalutazione del blocco post intervento al fine del giudizio finale di idoneità.

L'idoneità dovrebbe essere documentata su apposito registro; l'azienda dovrebbe definire ruoli e responsabilità per l'attuazione della procedura.

Per facilitare il controllo, dovrebbe essere impostata una modalità di classificazione del blocco. Per facilitare il compito delle aziende, uno dei criteri esaminati per la classificazione si basa su un riscontro visivo della presenza di fratture, come di seguito riportato:

Classe di idoneità I: il blocco è privo di fratture con riempimento in amianto; può andare in laboratorio senza rifilatura.

Classe di idoneità II: il blocco è privo di fratture di medio-grandi dimensioni con riempimento in amianto; sono visibili alcune microfratture che evidenziano la possibilità di vene contenenti amianto all'interno; non può andare in laboratorio.

Classe di idoneità III: il blocco contiene alcune fratture con riempimento in amianto; non può andare in laboratorio e deve essere sottoposto a rifilatura.

Classe di idoneità IV: il blocco contiene frequenti fratture con riempimento in amianto; inutile la rifilatura.

L'azienda può realizzare inoltre un atlante fotografico delle mineralizzazioni e delle improduttività con cui operare un confronto in fase decisionale.

L'addetto alla validazione del blocco, individuato e incaricato dal Datore di lavoro, e l'addetto alla riquadratura/rifilatura dovrebbero essere opportunamente formati e addestrati per lo svolgimento dell'incarico.

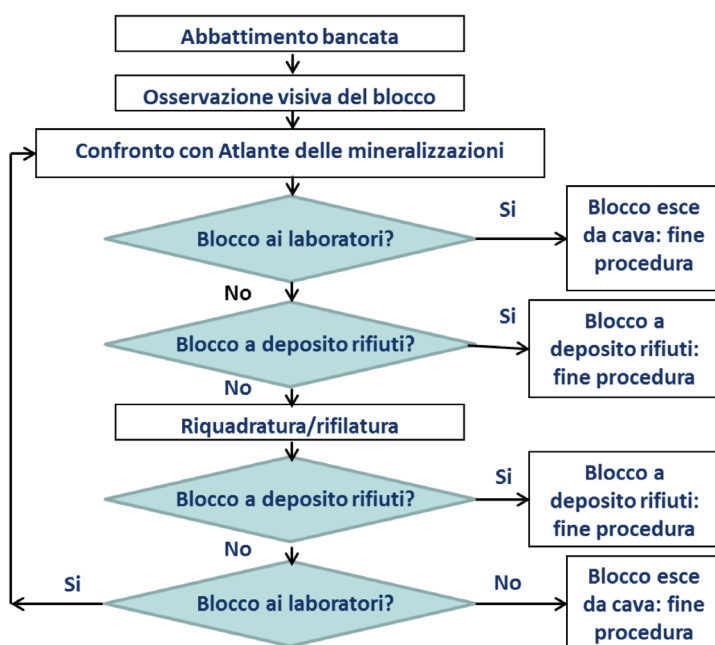


Fig.6.9 - Diagramma di flusso delle attività previste dalla procedura

6.1.2 Estrazione e lavorazione di pietrischi

Per la loro fratturazione e la composizione mineralogica, le ofioliti dell'Appennino sono utilizzate nell'industria edilizia e nel campo delle infrastrutture. Il prodotto cavato nelle zone montane è impiegato per difese fluviali, rilevati e sottofondi stradali e ferroviari, riempimenti, leganti nell'edilizia, decorazioni ornamentali. Le attività in una cava di ofioliti per produzione di pietrischi, possono essere suddivise in 6 fasi successivamente descritte.

Le situazioni di rischio legate ad aerodispersione di polveri derivanti da rocce ofiolitiche utilizzate per la produzione di pietrischi sono in relazione al grado di fratturazione e di alterazione dell'ammasso roccioso. Per questo è fondamentale l'identificazione e la caratterizzazione delle ofioliti dal punto di vista geologico, petrografico e mineralogico al fine del riconoscimento della natura (anfibolica, serpentinitica), consistenza e diffusione di amianto nella matrice rocciosa, in relazione all'assetto geologico-strutturale del giacimento. In particolare, il grado di fratturazione naturale e/o alterazione delle ofioliti deve essere correlato sia alla possibilità di trovare amianto sia alla sua diffusione all'interno dell'ammasso roccioso; tale caratterizzazione del giacimento non può che essere accertata con verifiche in sito, sulla base delle metodologie oggi adottate nel campo della meccanica delle rocce e degli studi geostrutturali e tettonici.

Oltre alla situazione in cava, le criticità insorgono nella fase di lavorazione al frantoio e di impiego del materiale (siti di destinazione). Inoltre, anche la movimentazione di rocce a basso contenuto di amianto può disperdere fibre nell'ambiente.

Le misure preliminari di classificazione del giacimento e preventive di mitigazione degli impatti dovranno essere definite fin dalle prime fasi di valutazione della cava (procedure di VIA, piano di coltivazione, ecc.), per essere sottoposte agli organi di controllo. La certificazione dei materiali estratti dovrà essere attestata da un'apposita scheda tecnica, riportante i dati essenziali della cava, gli esiti analitici ed i controlli effettuati.

Le aziende dovrebbero attuare le misure tecnologiche, organizzative e procedurali di validità trasversale per ogni fase, già descritte all'inizio del cap. 6 e qui brevemente riassunte:

- sistemi di abbattimento di polveri;
- manutenzione e pulizia di automezzi, ruote, indumenti;
- igiene personale e degli indumenti di lavoro;
- gestione (scelta, uso, conservazione e dismissione) di adeguati DPI;
- formazione e addestramento all'uso di macchine, impianti, attrezzature di lavoro, dispositivi, procedure.

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
---------------------	-----------------------------

Fase 1 Preparazione e manutenzione del sito

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • preparazione e manutenzione sito • scoperchiatura del cappellaccio e messa in riserva del terreno prodotto | <ul style="list-style-type: none"> • aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso nelle operazioni di messa a nudo di affioramenti con presenza di materiale fibroso • aerodispersione secondaria: risollevarimento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra |
|---|---|

Soluzioni tecniche

- utilizzo di inerti di altre litologie non contenenti amianto come riporto e spargimento in forma di un adeguato manto sulle porzioni più trafficate di piste e piazzali di cava, per impedire che detriti potenzialmente inquinati da fibre di Pietre Verdi possano restare in superficie ed essere polverizzati dal transito dei mezzi

Soluzioni organizzative e procedurali

- manutenzione di piste e piazzali di cava

Fase 2a Abbattimento della roccia per via meccanica

- scavo e raccolta del materiale
- realizzazione di gradonature successive
- **aerodispersione primaria:** intercettazione di vene o di materiale fibroso per frantumazione di materiale per l'uso del martellone sul fronte di scavo

Soluzioni tecniche

- bagnatura dei piazzali e delle aree circostanti (con getti d'acqua o nebulizzatori)
- utensile martellone dotato, in prossimità della punta, di ugelli nebulizzatori di acqua per l'abbattimento delle polveri durante le lavorazioni
- manutenzione dei filtri per l'immissione dell'aria fresca nella cabina dell'escavatore

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente
- limitazione dell'accesso ai fronti di scavo attivi
- obbligo di permanenza nel mezzo per gli autisti dei mezzi; in caso di discesa, uso di idonei DPI
- procedure di lavoro relative a:
 - controllo del circuito di aspirazione
 - manutenzione
 - pulizia delle zone allo scavo
 - bagnatura delle zone circostanti il punto di perforazione che impedisce l'essiccazione delle polveri ed il loro risollevarsi come emissioni secondarie
 - pulizia sistematica e giornaliera del mezzo utilizzato

Fase 2b Abbattimento della roccia con esplosivi

- perforazione
- perforazione fori da mina
- predisposizione delle cariche esplosive e brillamento
- riduzione della pezzatura
- **aerodispersione primaria:** intercettazione di vene di materiale fibroso per uso di perforatori o scalpellatori pneumatici manuali o automatici; per deflagrazione e fall out delle particelle prodotte
- **aerodispersione secondaria:** risollevarsi di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra

Per la sotto fase perforazione si rimanda alle schede della perforazione meccanica per le pietre ornamentali

Soluzioni tecniche

- scelta dell'esplosivo più idoneo dal punto di vista produttivo, tenendo conto anche dell'opportunità di generare la minor dispersione di polveri possibile (esplosivi a minor potere dirompente)
- bagnatura dei piazzali e delle aree circostanti (con getti d'acqua o nebulizzatori) che riduce la dispersione di polveri nella volata
- predisposizione di letti caduta del materiale escavato con detriti grossolani che riduce l'impatto sul terreno e quindi la dispersione di polveri

Soluzioni organizzative e procedurali

- allontanamento degli addetti durante la volata e la definizione di adeguati tempi di rientro che, assieme ai rischi di sicurezza, tengano anche conto dei tempi di fall out delle polveri disperse
- gestione adeguata di DPI per la mansione di fochino, soprattutto per le attività di perlustrazione post-volata

Fase 3 Trasporto del materiale all'impianto di frantumazione e vagliatura

- carico del materiale su dumper
- trasporto all'impianto
- **aerodispersione primaria:** dispersione durante le operazioni di carico e scarico mezzi
- **aerodispersione secondaria:** risollevarimento e ulteriore macinazione di materiale contaminato per la circolazione dei mezzi di movimentazione

Soluzioni tecniche

- pavimentazione delle vie di transito, e quando possibile anche dei percorsi principali di rampe e piazzali ovviamente non temporanei ma la cui morfologia rimane stabile a lungo termine
- bagnatura preventiva sistematica per piazzali, rampe, piste e automezzi, anche con impianti fissi per la nebulizzazione dell'acqua. Sistemi a generazione di aerosol micronizzati di acqua (cannone o nebulizzatori spray) per l'umidificazione delle vie di transito (rampe, piste, piazzali), nonché dei cumuli di materiale lavorato o in lavorazione (anche con aggiunta di additivi di stabilizzazione)
- bagnatura delle ruote con passaggio obbligatorio attraverso impianto erogatore a spruzzo che evita che la polvere venga trasportata all'esterno
- copertura con teloni dei cassoni dei camion durante il trasporto del materiali fuori dei luoghi di estrazione

Soluzioni organizzative e procedurali

- regolazione del traffico veicolare e pedonale interno e in ingresso: limitazione della velocità dei mezzi, anche con dispositivi (bande rilevate, cunette, etc.).
- allontanamento di lavorazioni dalle vie di transito
- corretta manutenzione effettuata rispettando le indicazioni e la cadenza stabilita dal costruttore

Fase 4 Lavorazione del materiale per la commercializzazione

- separazione e vagliatura grossolana dell'estratto con frantumazione più o meno spinta
- stoccaggio in cava, accumulo delle varie pezzature sui piazzali
- **aerodispersione primaria:** intercettazione di vene o di materiale fibroso nel frantoio, durante il percorso fino alla tramoggia, dai cumuli stoccati sul piazzale, durante le attività di carico su camion
- **aerodispersione secondaria:** risollevarimento di materiale per essiccamento di acque di lavaggio e passaggio di mezzi di personale a terra

Soluzioni tecniche

- utilizzo di depolverizzatori, collettori e filtri sulle varie parti dell'impianto (frantoio, mulino e vaglio)

- implementazione dei sistemi di controllo per evitare il sovraccarico dei mulini macinatori
- protezione laterale su tutti i lati aperti delle scale, rampe e passerelle di accesso nastri
- predisposizione di barriere di limitazione delle polveri verso l'esterno del cantiere (frantoio), di altezza e composizione calcolata in relazione all'intensità ed alla frequenza dei venti dominanti e prevalenti
- copertura e chiusura dei nastri trasportatori
- bagnatura del materiale sui nastri trasportatori
- raccolta delle acque superficiali e meteoriche dei piazzali di cava e di frantoio e loro convogliamento in idonei bacini di decantazione e chiarificazione, dimensionati sulle acque di prima pioggia
- adozioni di sistemi per evitare l'essiccamento del materiale lavorato e stoccato

Soluzioni organizzative e procedurali

- isolamento degli operatori addetti al controllo dell'impianto, con predisposizione di una cabina chiusa e sigillata, e di sistemi telecamere a circuito chiuso (CCTV) per il controllo del funzionamento della macchina frantumatrice. Le cabine degli operatori (sale di controllo) dovrebbero essere dotate di un impianto ad aria condizionata dotato di filtro progettato per sopportare un carico elevato di particelle e fibre
- definizione di procedure di sicurezza per la gestione di grosse fuoriuscite di materiale polveroso
- pulizia dell'ambiente di lavoro con cadenza regolare, ad umido o ad aspirazione; divieto di utilizzare spazzole a secco o aria compressa

Fase 5 Carico e trasporto verso l'utente finale

- carico dei materiali sugli automezzi
- trasporto del materiale alla destinazione intermedia (all'interno della stessa cava) o finale (all'acquirente)
- **aerodispersione primaria:** dispersione durante le operazioni di carico e scarico mezzi
- **aerodispersione secondaria:** risollevamento e ulteriore macinazione di materiale contaminato per la circolazione dei mezzi di movimentazione

Soluzioni tecniche

- pavimentazione delle vie di transito, e quando possibile anche dei percorsi principali di rampe e piazzali ovviamente non temporanei ma la cui morfologia rimane stabile a lungo termine in cava
- bagnatura preventiva sistematica per piazzali, rampe, piste e automezzi, anche con impianti fissi per la nebulizzazione dell'acqua. Sistemi a generazione di aerosol micronizzati di acqua (cannone o nebulizzatori spray) per l'umidificazione delle vie di transito (rampe piste piazzali), nonché dei cumuli di materiale lavorato o in lavorazione (anche con aggiunta di additivi di stabilizzazione)
- bagnatura delle ruote con passaggio obbligatorio attraverso impianto erogatore a spruzzo che evita che la polvere venga trasportata in quanto adesa agli pneumatici del mezzo
- copertura con teloni dei cassoni dei camion durante il trasporto del materiali al di fuori dei luoghi di estrazione

Soluzioni organizzative e procedurali

- regolazione del traffico veicolare e pedonale interno e in ingresso: limitazione della velocità dei mezzi, anche con dispositivi (bande rilevate, cunette, etc.).
- allontanamento di lavorazioni dalle vie di transito
- corretta manutenzione effettuata rispettando le indicazioni e la cadenza stabilita dal costruttore

Fase 6 Ripristino della cava

- movimentazione del materiale nell'area di cava
- **aerodispersione primaria:** movimentazione materiale stoccato per il ripristino
- **aerodispersione secondaria:** risollevamento e ulteriore macinazione di materiale contaminato per la circolazione dei mezzi di movimentazione

Soluzioni tecniche, organizzative e procedurali

Si applicano le medesime soluzioni della fase di movimentazione blocchi dalla cava al laboratorio. Si faccia riferimento anche al paragrafo 6.2



Figura 6.10 - Cava di prestito



Figura 6.11 - Cava di prestito dopo interventi di ripristino

Approfondimento: le misure di prevenzione e protezione per la filiera dell'estrazione e coltivazione di inerti: il progetto della regione Emilia Romagna per i lavoratori delle Pietre Verdi

La regione Emilia Romagna con la Delibera G.R. n. 1696/2012 ha emanato le Linee di Indirizzo per la classificazione dei giacimenti di ofioliti, l'individuazione delle modalità di coltivazione e delle misure tecniche per il contenimento del rischio correlato e per l'utilizzo dei materiali estratti in funzione del loro contenuto di amianto, che costituiscono un punto di riferimento fondamentale per questa tipologia di giacimenti.

Per le attività estrattive (cave/impianti) pianificate, ma non ancora attivate, il documento suggerisce di effettuare l'identificazione preliminare della tipologia di giacimento oggetto di coltivazione, tramite:

- analisi geologico-petrografico-mineralogiche in sito finalizzate al riconoscimento di natura, consistenza e diffusione dell'amianto (sia liberabile che totale);
- analisi geologico-strutturali in sito per determinare il grado ed il tipo di fratture dell'ammasso roccioso e quindi il suo grado di alterazione;
- analisi di laboratorio per definire il quantitativo di amianto rilasciabile, in numero tale da indagare tutto il giacimento di interesse estrattivo.

È anche suggerito che la cava (o l'impianto) siano sottoposti a verifiche periodiche dei materiali estratti e dei livelli di esposizione per i lavoratori, tramite:

- esame geologico-petrografico dei fronti di scavo;
- determinazione dell'ammianto rilasciabile nei materiali commercializzati, ossia lavorati (metodo interno Arpa E.R.);
- determinazione dell'esposizione personale dei lavoratori (d.lgs. n. 81/2008).

Le misure preliminari di classificazione del giacimento e preventive di mitigazione degli impatti devono essere definite fin dalle prime fasi di valutazione della cava (procedure di Valutazione di impatto ambientale (VIA) , piano di coltivazione, ecc.), per essere sottoposte agli organi di controllo. La certificazione dei materiali estratti dovrà essere attestata da un'apposita scheda tecnica, riportante i dati essenziali della cava, gli esiti analitici ed i controlli effettuati.

Nell'ambito di questo Progetto sono state condotte campagne di misura dell'esposizione dei lavoratori addetti nelle cave di pietrisco.

Il confronto dei dati analitici ottenuti con i valori limite fissati dalla normativa ha permesso di evidenziare che per gli addetti del settore è presente una condizione di modesta esposizione lavorativa, inferiore al valore limite normativo (anche considerando il totale degli oggetti fibrosi conteggiati in SEM). Tuttavia, poiché per alcune operazioni i risultati sono prossimi a questo valore, se ne deduce che il rischio non sia trascurabile; di conseguenza, risulta necessario eseguire continui monitoraggi personali ed ambientali.

Vengono individuate come cause principali di dispersione della polvere:

- la movimentazione di materiali di scavo;
- la movimentazione dei mezzi di trasporto;
- la lavorazione al frantoio, che è la fase più critica.

L'approfondimento in MOCF/ SEM, riportato in un successivo lavoro ha permesso di verificare che le fibre di amianto rappresentano quasi il 50% delle fibre totali.

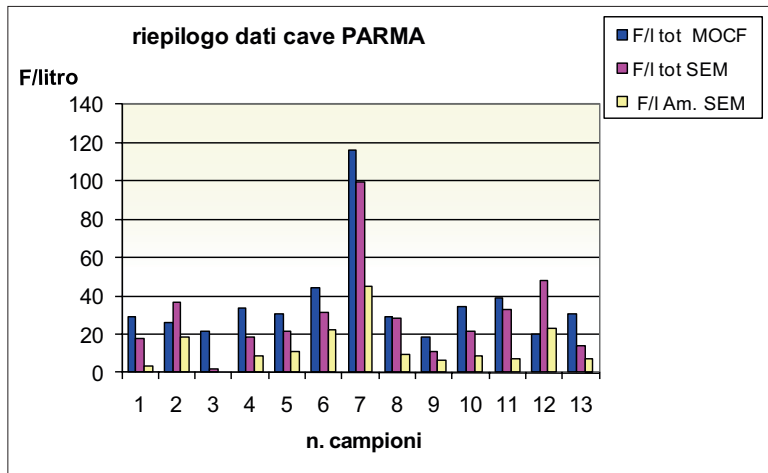


Figura 6.12 - Riepilogo dei dati delle campagne di misura nelle cave di pietrisco (provincia di Parma) - da Sala et al., 2012

6.2 Bonifica e messa in sicurezza di siti contaminati da amianto naturale

Con il termine “sito contaminato” ci si riferisce a tutte quelle aree nelle quali è stata accertata un’alterazione delle caratteristiche qualitative delle matrici ambientali suolo, sottosuolo e acque sotterranee tale da rappresentare un rischio per la salute umana.

La legislazione nazionale in materia di bonifica dei siti contaminati, introdotta con il d.m. 471/1999, è stata profondamente modificata dal d.lgs. 152/2006 e s.m.i. “Norme in materia ambientale” che, alla Parte Quarta, Titolo V “Bonifica di siti contaminati”, disciplina gli interventi di bonifica e ripristino ambientale dei siti contaminati e definisce le procedure, i criteri e le modalità per lo svolgimento delle operazioni necessarie per l’eliminazione delle sorgenti di inquinamento e comunque per la riduzione delle concentrazioni di sostanze inquinanti, in armonia con i principi e le norme comunitari.

In particolare ai sensi della normativa vigente, un sito è contaminato, quando i valori delle concentrazioni soglia di rischio (CSR), determinati con l’applicazione della pro-

cedura di analisi di rischio sulla base dei risultati del Piano di caratterizzazione (PDC), risultano superati nelle matrici ambientali; si tratta quindi di un sito in cui si è già accertato un rischio sanitario e ambientale.

Una volta appurato lo stato di contaminazione è possibile procedere, a seconda delle specifiche caratteristiche del sito, ad un intervento di bonifica (insieme di operazioni atte ad eliminare le sostanze inquinanti o a ridurne le concentrazioni al di sotto della corrispondente CSR) o di messa in sicurezza (operativa o permanente). Mentre gli interventi di bonifica sono indirizzati alla rimozione effettiva delle sostanze che hanno provocato la contaminazione, gli interventi di messa in sicurezza sono realizzati per l'isolamento definitivo delle fonti inquinanti. In funzione delle attività da svolgere, gli interventi in un sito contaminato possono essere classificati:

- "in situ" (senza movimentazione o rimozione di materiali dal sito);
- "on-site" (con movimentazione e rimozione di materiali, ma nell'ambito del sito stesso);
- "off-site" (con movimentazione e rimozione di materiali fuori dal sito stesso).

L'obiettivo comune è quello di evitare la propagazione della contaminazione garantendo un adeguato livello di sicurezza per i lavoratori e per l'ambiente.

Laddove si riscontra il superamento nelle matrici ambientali della CSR per l'amianto in un sito Noa, a causa degli ingenti volumi di materiali coinvolti, solitamente si interviene con la messa in sicurezza permanente. Dall'esperienza maturata si è potuto inoltre constatare che le tecniche di bonifica "tradizionali", attraverso la rimozione dell'inquinante, risultano di difficile applicazione.

Per questo, ai fini della messa in sicurezza permanente e del ripristino ambientale dell'area, spesso si ricorre alle tecniche dell'ingegneria naturalistica. Tale approccio, utilizzato in alternativa o in associazione con le tecniche tradizionali, vuole conciliare le esigenze tecnico-progettuali dell'intervento con quelle ambientali, cercando di realizzare una nuova metodologia operativa che utilizzi tecniche moderne ad impatto zero e nel pieno rispetto dell'ambiente.

Le fasi lavorative maggiormente significative in termini di aerodispersione primaria e secondaria sono quelle che prevedono attività a diretto contatto con le superfici contaminate. Tra queste sono ricomprese le operazioni di preparazione delle aree, che spesso prevedono scavi e movimentazioni preliminari e gli interventi di manutenzione e/o ripristino a seguito di eventi imprevisti; non di rado tali aree sono soggette a fenomeni erosivi, gravitativi, etc, che comportano l'asportazione del manto di copertura, con conseguenti rischi per gli operatori.

Di contro, tutte le fasi messe in atto a seguito dell'avvenuta segregazione del materiale contaminato mediante la posa in opera di terreno vergine di adeguato spessore o di reti e teli isolanti (in assenza di operazioni di perforazione), sono da considerarsi prive di rischi da aerodispersione di fibre.

Nel corso di tutte le attività lavorative, la concentrazione di fibre di amianto aerodisperse deve essere ridotta al minimo tramite l'adozione di idonee misure di prevenzione e protezione:

- l'utilizzo dei dispositivi di protezione individuale deve essere intervallato da periodi di riposo adeguati all'impegno fisico richiesto dal lavoro ed alle condizioni ambientali, anche estreme (caldo/freddo, etc.), che possono verificarsi in ambiente outdoor;
- le attrezzature e i macchinari utilizzati in attività che possono comportare potenziale aerodispersione di fibre di amianto devono essere regolarmente e sistematicamente puliti ad umido; in particolare dovrebbe essere previsto lavaggio a bassa pressione, al fine di non disperdere le fibre in aria. Si dovrà altresì prevedere una accurata aspirazione dell'abitacolo dei mezzi mediante aspiratore a filtri assoluti Hepa, secondo specifico programma;
- tutte le lavorazioni connesse alla movimentazione di terreni in situ dovranno avvenire possibilmente previa umidificazione degli stessi;
- i rifiuti devono essere rimossi dai luoghi di lavoro il più presto possibile e in appropriati imballaggi e smaltiti in conformità alla normativa vigente come rifiuti pericolosi.

Nel cantiere dovrebbero inoltre essere assicurate le seguenti misure di tutela:

- i lavoratori devono avere in dotazione idonei indumenti protettivi da riporre in posti separati dagli abiti civili;
- i dispositivi di protezione individuale devono essere controllati e ben puliti dopo ogni utilizzazione e custoditi in luoghi adibiti a tale scopo;
- in presenza di condizioni climatiche estreme e/o forti venti le lavorazioni dovrebbero essere interrotte.

Tutte le operazioni dovranno essere eseguite adottando gli idonei presidi di sicurezza (imbracature, funi, occhiali di protezione, cuffia antirumore, etc.) previsti dal d.lgs. 81/08 oltre a quelli necessari per lavorare in presenza di amianto; ciò in particolare per le operazioni da effettuarsi su versanti ad elevata acclività (chiodature, placcaggi, etc.), per le quali dovrebbero anche essere previsti adeguati corsi di formazione per il rischio specifico.

Le tipologie di intervento, oggetto della presente trattazione, possono essere sinteticamente suddivise in:

- interventi preliminari di pulizia e preparazione delle aree: pulizia manuale e/o meccanica delle superfici, compresi disboscamento e decespugliamento; movimentazione dei materiali di risulta; disgaggio manuale, meccanico o con impiego di esplosivi, di massi pericolanti e di ogni porzione rocciosa in equilibrio precario;
- interventi di riprofilatura e rimodellamento: scavo e movimentazione dei materiali (riduzione della pendenza e livellamento delle superfici, appesantimento al piede, scarico in testa, gradonatura);
- interventi di rivestimento o antiersivi: hanno la funzione di ricoprire e fissare la superficie del terreno instabile da trattare. comprendono i rivestimenti antiersivi biodegradabili (biostuoie, bioreti, biofeltri, etc.) e sintetici (geostuoie, geocelle,

geocompositi, etc.), nonchè i diversi tipi di inerbimento (semina a spaglio, idro-semina, zolle erbose, materassini seminati, ecc.);

- interventi stabilizzanti e di consolidamento: tecniche in grado di rendere stabili i pendii mediante piantumazione, gradonate, cordonate, viminate, fascinate, ecc.;
- interventi finali, di manutenzione e di ripristino.

Le tipologie di intervento sopra menzionate possono essere eseguite con tecniche tradizionali, di ingegneria naturalistica o miste, al fine di ottenere effetti combinati sinergici; di seguito ne vengono illustrate alcune, a titolo esemplificativo e non esaustivo.



Figura 6.13 - Interventi stabilizzanti del versante

A. Interventi preliminari di pulizia e preparazione delle aree

Fasi di lavorazione preliminari delle aree	Sorgenti di aerodispersione
Fase di taglio di arbusti e vegetazione	
rimozione della vegetazione mediante sfalcio, decespugliamento con attrezzatura manuale o meccanica	aerodispersione secondaria: risollevamento polveri già formate durante le operazioni di rimozione della vegetazione
Fase di pulizia delle superfici	
pulizia manuale dei terreni dalla presenza di massi, pietrame, etc.	aerodispersione primaria: intercettazione di vene o di materiale fibroso nelle operazioni di pulizia manuale dei terreni
Fase di scavo per la pulizia dell'area	
scavo e movimentazione di materiale contaminato eseguito con mezzi manuali o meccanici	aerodispersione primaria: intercettazione di vene o di materiale fibroso nelle operazioni di scavo aerodispersione secondaria: risollevamento polveri già formate per movimentazione del materiale e per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra
Fase di livellamento e compattazione del terreno	
- regolarizzazione del livello del terreno mediante attrezzi manuali e meccanici - compattazione mediante mezzo di compattazione manuale o meccanico (rullo, compattatore vibrante, schema tamping, etc.)	aerodispersione primaria: intercettazione di vene o di materiale fibroso nelle operazioni di movimentazione dei terreni in assenza di scavo aerodispersione secondaria: risollevamento polveri già formate per movimentazione del materiale in fase di regolarizzazione e compattazione

Soluzioni tecniche

Soluzioni tecniche

- bagnatura preventiva delle aree con impianti per la nebulizzazione dell'acqua. Per le situazioni più difficili, è possibile aggiungere additivi di stabilizzazione
- bagnatura delle ruote dei mezzi ad intervalli regolari (in ogni caso ad ogni ingresso/uscita dall'area di lavoro)
- impiego di mezzi d'opera con cabine climatizzate e dotate di filtri assoluti

Soluzioni organizzative e procedurali

- potatura e sfalcatura preferibilmente da effettuarsi di primo mattino (orari con maggiore umidità e minor ventosità)

- rispetto procedure di impiego dei mezzi meccanici (chiusura della cabina durante le operazioni)
- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente
- corretta pulizia delle macchine e delle attrezzature
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale
- manutenzione adeguata dei sistemi filtranti delle cabine dei mezzi d'opera

Fasi di lavorazioni preliminari	Sorgenti di aerodispersione
Fase di disaggio di massi pericolanti e di ogni porzione rocciosa in equilibrio precario	

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • disaggio, abbattimento sistematico dei volumi rocciosi giacenti in condizioni di equilibrio precario o potenzialmente instabili • eventuale demolizione controllata di porzioni rocciose disarticolate • eventuale ricalzo al piede (senza ulteriori interventi stabilizzanti) del materiale disaggiato o posizionamento dello stesso alla base della parete o in area limitrofa all'interno del cantiere | <ul style="list-style-type: none"> • aerodispersione primaria: intercettazione di vene o di materiale fibroso nelle operazioni di disaggio, demolizione controllata, movimentazione materiale disaggiato • aerodispersione secondaria: risollevarimento polveri già formate, per movimentazione del materiale |
|---|---|

Soluzioni tecniche

- utensili affilati (in caso di interventi con attrezzature meccaniche): produzione di particelle più grossolane con minor dispersione di polveri fini
- installazione filtri impianto cabina di guida
- bagnatura delle ruote dei mezzi ad intervalli regolari (in ogni caso ad ogni ingresso/uscita dall'area di lavoro)
- impiego di mezzi d'opera con cabine climatizzate e dotate di filtri assoluti
- bagnatura preventiva delle superfici
- incapsulamento del materiale di pezzatura inferiore, segregazione del materiale disaggiato tramite copertura con teli

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- remotizzazione dell'addetto in caso di cabine di guida non isolate
- rispetto procedure di impiego dei mezzi meccanici (chiusura della cabina durante le operazioni)
- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente
- corretta pulizia delle macchine e delle attrezzature
- procedure di lavoro relative a:
 - pulizia delle zone prossime al punto di disaggio e costante rimozione degli accumuli
 - allontanamento dei lavoratori non coinvolti direttamente nelle operazioni di disaggio dall'area di lavoro, divieti di accesso e compartimentazione
 - bagnatura delle zone circostanti il punto di disaggio
 - gestione dei cumuli e depositi temporanei
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale
- manutenzione adeguata dei sistemi filtranti delle cabine dei mezzi d'opera

B. Interventi di riprofilatura e rimodellamento

Fasi di lavorazione negli interventi di riprofilatura e rimodellamento	Sorgenti di aerodispersione
Fase di movimentazione dei materiali contenenti amianto	

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • scavi e movimentazione dei materiali contenenti amianto • rimozione dei materiali contenenti amianto finalizzate alle operazioni di riprofilatura • eventuale regolarizzazione del livello del terreno mediante attrezzi manuali e meccanici • eventuale compattazione mediante mezzo di compattazione manuale o meccanico (rullo, compattatore vibrante, schema tamping, etc.) • caricamento e trasporto del materiale rimosso | <ul style="list-style-type: none"> • aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso nelle operazioni di scavo, movimentazione e rimozione del materiale contenenti amianto • aerodispersione secondaria: risolleamento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione/compattazione e di personale a terra |
|---|--|

Soluzioni tecniche

- impiego di mezzi d'opera con cabine climatizzate e dotate di filtri assoluti
- bagnatura preventiva delle aree in lavorazione e delle vie di transito, con impianti per la nebulizzazione dell'acqua
- bagnatura delle ruote dei mezzi ad intervalli regolari (in ogni caso ad ogni ingresso/uscita dall'area di lavoro)
- corretta pulizia delle macchine e delle attrezzature

Soluzioni organizzative e procedurali

- regolazione del traffico veicolare e pedonale: limitazione della velocità dei mezzi, anche con dispositivi (bande rilevate, cunette, etc.)
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale
- rispetto dei programmi di pulizia dei mezzi e delle attrezzature
- manutenzione adeguata dei sistemi filtranti delle cabine dei mezzi d'opera



Figura 6.14 - Bagnatura delle piste di accesso

C. Interventi di rivestimento o antierosivi

Fasi di lavoro per l'esecuzione di interventi di rivestimento o antierosivi	Sorgenti di aerodispersione
Fase di rivestimento antierosivo	
• posa in opera dei rivestimenti antierosivi biodegradabili, sintetici e misti	• aerodispersione primaria: interazione con rocce e terreni contenenti materiale fibroso nelle operazioni di posa in opera del rivestimento • aerodispersione secondaria: risolleamento di materiale per il passaggio dei mezzi di lavoro e del personale a terra

Soluzioni tecniche

- impiego di mezzi d'opera con cabine climatizzate e dotate di filtri assoluti
- bagnatura delle ruote dei mezzi ad intervalli regolari (in ogni caso ad ogni ingresso/uscita dall'area di lavoro)
- bagnatura preventiva delle aree con impianti per la nebulizzazione dell'acqua
- corretta pulizia delle macchine e delle attrezzature

Soluzioni organizzative e procedurali

- regolazione del traffico veicolare e pedonale: limitazione della velocità dei mezzi, anche con dispositivi (bande rilevate, cunette, etc.)
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale
- rispetto dei programmi di pulizia dei mezzi e delle attrezzature
- manutenzione adeguata dei sistemi filtranti delle cabine dei mezzi d'opera

Fasi di lavoro per l'esecuzione di interventi di rivestimento o antierosivi	Sorgenti di aerodispersione
Fase di semina a spaglio	
spargimento manuale di sementi	aerodispersione secondaria: risolle- vamento di materiale per il passaggio dei mezzi di lavoro e del personale a terra
Fase di idrosemina (eseguito su superfici ampie caratterizzate da forti pendenze)	
irroramento della miscela (acqua, sementi, colla, etc.) con idrosemnatrice a pressione, a bordo di mezzi mobili.	aerodispersione primaria: interazione del getto a pressione con rocce e terreni conte- nenti materiale fibroso aerodispersione secondaria: risolle- vamento di materiale per il passaggio dei mezzi di la- voro e del personale a terra
Fase di copertura con zolle erbose	
- compattamento del terreno mediante rullo prima della stesura delle zolle - posa delle zolle erbose	aerodispersione primaria: interazione con rocce e terreni contenenti materiale fibroso nelle operazioni di compattamento e posa in opera aerodispersione secondaria: risolle- vamento di materiale per il passaggio dei mezzi di la- voro e del personale a terra

Soluzioni tecniche

- impiego di mezzi d'opera con cabine climatizzate e dotate di filtri assoluti
- bagnatura preventiva delle aree con impianti per la nebulizzazione dell'acqua
- bagnatura delle ruote dei mezzi ad intervalli regolari (in ogni caso ad ogni ingresso/uscita dall'area di lavoro)
- corretta pulizia delle macchine e delle attrezzature

Soluzioni organizzative e procedurali

- per le operazioni di idrosemina, indirizzare il getto a pressione verso l'alto per evitare il sollevamento di materiale fibroso. Si sottolinea che gli interventi di inerbimento mediante idrosemina a spessore, generalmente realizzata mediante la stesa e la regolarizzazione di terreno vegetale, se correttamente eseguiti non generano significativa aerodispersione di fibre
- regolazione del traffico veicolare e pedonale: limitazione della velocità dei mezzi, anche con dispositivi (bande rilevate, cunette, etc.)
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale
- rispetto dei programmi di pulizia dei mezzi e delle attrezzature
- manutenzione adeguata dei sistemi filtranti delle cabine dei mezzi d'opera

D. Interventi di stabilizzazione

Fasi di lavoro per l'esecuzione di interventi di stabilizzazione	Sorgenti di aerodispersione
Fase di placcaggio e rivestimento del versante per il rafforzamento corticale	

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • preparazione dei punti di attacco provvisori o ancoraggi sommitali • distesa dei rivestimenti garantendo la copertura totale del versante e l'adeguato arretramento del punto di aggancio e/o ancoraggio sommitale rispetto al cambio di pendenza • realizzazione degli ancoraggi definitivi di sommità e al piede, perimetrali e lungo il versante • connessione con gli ancoraggi del rivestimento • realizzazione del reticolo di funi (morsetti, coppia di serraggio, pretensionamento delle funi) • richiamo della rete per cucitura definitiva con anelli metallici, filo metallico, fune metallica ed altri dispositivi | <ul style="list-style-type: none"> • aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso nelle operazioni di preparazione dei punti di attacco, distesa del rivestimento e stesa del reticolo. Intercettazione di vene di materiale fibroso durante eventuali operazioni di disaggio e demolizione controllata effettuate in corso d'opera (compresa la movimentazione materiale disgiunto); movimentazione in parete dei lavoratori • aerodispersione secondaria: risolleamento polveri già formate per movimentazione rocce e/o frammenti di roccia |
|---|--|

Soluzioni tecniche

- Impiego di sistemi di abbattimento polveri e fibre con nebulizzazione di acqua, ove possibile
- uso di perforatori ad acqua, perforatori idraulici e sistemi di bagnatura a boccafora e nelle zone limitrofe
- utilizzo di utensili affilati: produzione di particelle più grossolane con minor dispersione di polveri fini
- sistemi di aspirazione delle polveri alla fonte ove possibile

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni (in particolare in aree ad elevata acclività)
- allontanamento dall'area di lavoro dei soggetti non coinvolti direttamente nelle operazioni
- procedure di lavoro relative a:
 - controllo dei filtri del sistema di aspirazione
 - pulizia delle zone prossime al punto di perforazione e costante rimozione degli accumuli
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale
- rispetto dei programmi di pulizia dei mezzi e delle attrezzature

Fasi di lavoro per l'esecuzione di interventi di stabilizzazione	Sorgenti di aerodispersione
Fase di rafforzamento corticale su detrito	

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • asportazione/apporto del materiale granulare presente in loco • realizzazione delle strutture di sostegno costituite da scogliere necessarie per consolidare il versante • stesa e compattazione di terreno vegetale • stesa delle reti (biodegradabili e/o sintetiche), stabilizzate con picchetti in ferro • posa della rete metallica zincata legata con funi in trefoli d'acciaio zincato | <ul style="list-style-type: none"> • aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso nelle operazioni di movimentazione materiale granulare • aerodispersione secondaria: risollevarimento polveri già formate per movimentazione rocce e/o frammenti di roccia |
|---|--|

Soluzioni tecniche

- corretta pulizia delle macchine e delle attrezzature

Soluzioni organizzative e procedurali

- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale
- rispetto dei programmi di pulizia dei mezzi e delle attrezzature
- rispetto procedure di impiego dei mezzi meccanici (chiusura della cabina durante le operazioni)
- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni

Fasi di lavoro per l'esecuzione di interventi di stabilizzazione	Sorgenti di aerodispersione
Fase di messa a dimora di talee/arbusti/alberi	
• scavo di buche con mezzi manuali o meccanici (trivella, bastone trapiantatore, macchina trapiantatrice) • messa a dimora della pianta • ricoprimento della buca con eventuale riporto di materiale organico	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso nelle operazioni di piantumazione • aerodispersione secondaria: risollevarimento polveri già formate per movimentazione rocce e/o frammenti di roccia

Soluzioni tecniche

- impiego di mezzi d'opera con cabine climatizzate e dotate di filtri assoluti
- bagnatura preventiva delle aree con impianti per la nebulizzazione dell'acqua
- bagnatura delle ruote dei mezzi ad intervalli regolari (in ogni caso ad ogni ingresso/uscita dall'area di lavoro)
- corretta pulizia delle macchine e delle attrezzature

Soluzioni organizzative e procedurali

- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale
- rispetto dei programmi di pulizia dei mezzi e delle attrezzature
- rispetto procedure di impiego dei mezzi meccanici (chiusura della cabina durante le operazioni)
- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- manutenzione adeguata dei sistemi filtranti delle cabine dei mezzi d'opera

E. Interventi di consolidamento

Fasi di lavoro per l'esecuzione di interventi di consolidamento	Sorgenti di aerodispersione
Fase di realizzazione palificata	
• scavo e preparazione del piano di appoggio della base della struttura. Tale operazione viene effettuata mediante l'utilizzo del mezzo meccanico ed eventualmente completata manualmente • posa di tronchi longitudinali (mediante mezzo meccanico) • fissaggio dei tronchi uniti uno all'altro mediante incastro a sormonto. • riempimento con materiale inerte di riporto mediante l'utilizzo di mezzo meccanico. Completata manualmente a formare un piano parallelo alla superficie di partenza • compattamento del materiale • asporto di detriti e scarti di lavorazione. Tali operazioni vengono effettuate mediante l'utilizzo del mezzo meccanico e completate manualmente	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso nelle operazioni di scavo, movimentazione e rimozione del materiale contenenti amianto • aerodispersione secondaria: risollevarimento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione/compattazione e di personale a terra

Soluzioni tecniche

- impiego di mezzi d'opera con cabine climatizzate e dotate di filtri assoluti
- installazione di barriere antivento intorno alla zona di lavoro
- bagnatura preventiva delle aree con impianti per la nebulizzazione dell'acqua
- bagnatura delle ruote dei mezzi ad intervalli regolari (in ogni caso ad ogni ingresso/uscita dall'area di lavoro)
- copertura con teloni della zona denudata, in condizioni di vento sostenuto
- corretta pulizia delle macchine e delle attrezzature

Soluzioni organizzative e procedurali

- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale
- rispetto dei programmi di pulizia dei mezzi e delle attrezzature
- rispetto procedure di impiego dei mezzi meccanici (chiusura della cabina durante le operazioni)
- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- manutenzione adeguata dei sistemi filtranti delle cabine dei mezzi d'opera
- procedure di lavoro relative a:
 - pulizia delle zone di scavo
 - allontanamento dei lavoratori non coinvolti direttamente nelle operazioni gestione dei cumuli e depositi temporanei

Fasi di lavoro per l'esecuzione di interventi di consolidamento	Sorgenti di aerodispersione
Fasi per la realizzazione dell'intervento di terra rinforzata rinverdità	

- scavo e preparazione del piano di posa (platea). Tale operazione viene effettuata mediante l'utilizzo del mezzo meccanico ed eventualmente completata manualmente
- posa e fissaggio di un primo ordine di elementi (utilizzo del mezzo meccanico per la movimentazione degli elementi più pesanti e ad assistenza in genere)
- riempimento del primo ordine di elementi con materiale inerte di riporto
- sistemazione di terreno vegetale nello spazio tra il lato interno dei pannelli ed il fronte del materiale di riempimento (operazione effettuata mediante l'utilizzo del mezzo meccanico e completata manualmente)
- costipamento del materiale mediante piastra vibrante o manualmente
- posa e fissaggio di un secondo ordine di elementi
- realizzazione di raccordi con la morfologia preesistente
- asporto di detriti e scarti di lavorazione. Tali operazioni vengono effettuate mediante l'utilizzo del mezzo meccanico e completate manualmente.
- posa di materiale vegetale vivo
- idrosemina su tutta la superficie dell'intervento
- **aerodispersione primaria:** intercettazione di vene di materiale fibroso nelle operazioni di scavo, movimentazione e rimozione del materiale contenenti amianto
- **aerodispersione secondaria:** risollevarimento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione/compattazione e di personale a terra

Soluzioni tecniche

- impiego di mezzi d'opera con cabine climatizzate e dotate di filtri assoluti
- installazione di barriere antivento intorno alla zona di lavoro
- bagnatura preventiva delle aree con impianti per la nebulizzazione dell'acqua
- bagnatura delle ruote dei mezzi ad intervalli regolari (in ogni caso ad ogni ingresso/uscita dall'area di lavoro)
- copertura con teloni della zona denudata, soprattutto se in condizioni di ventilazione sostenuta
- corretta pulizia delle macchine e delle attrezzature

Soluzioni organizzative e procedurali

- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale
- rispetto dei programmi di pulizia dei mezzi e delle attrezzature
- rispetto procedure di impiego dei mezzi meccanici (chiusura della cabina durante le operazioni)

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
 - manutenzione adeguata dei sistemi filtranti delle cabine dei mezzi d'opera
 - procedure di lavoro relative a:
 - pulizia delle zone di scavo
 - allontanamento dei lavoratori non coinvolti direttamente nelle operazioni gestione dei cumuli e depositi temporanei
-

F. Interventi finali e di manutenzione

Fasi di lavoro per l'esecuzione di interventi finali	Sorgenti di aerodispersione
Fase di copertura con terreno vergine	
• bagnatura delle aree eseguita con autobotti o simili • ricoprimento delle aree oggetto di intervento con terreno non contaminato (con o senza interventi di semina)	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso nelle operazioni di ricoprimento • aerodispersione secondaria: risollevarimento polveri già formate per il passaggio di mezzi di movimentazione/compattazione e di personale a terra

Soluzioni tecniche

- impiego di mezzi d'opera con cabine climatizzate e dotate di filtri assoluti
- bagnatura preventiva delle aree di lavoro e delle vie di transito con impianti per la nebulizzazione dell'acqua
- bagnatura delle ruote dei mezzi ad intervalli regolari (in ogni caso ad ogni ingresso/uscita dall'area di lavoro)
- copertura con teloni della zona denudata, soprattutto se in condizioni di ventilazione sostenuta
- corretta pulizia delle macchine e delle attrezzature

Soluzioni organizzative e procedurali

- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale
- rispetto dei programmi di pulizia dei mezzi e delle attrezzature
- rispetto procedure di impiego dei mezzi meccanici (chiusura della cabina durante le operazioni)
- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- manutenzione adeguata dei sistemi filtranti delle cabine dei mezzi d'opera

Fasi di lavoro per l'esecuzione di interventi di manutenzione	Sorgenti di aerodispersione
Fase di Manutenzione e ripristino	
• irrigazione eseguita con autobotti o similari • potatura e sfalcatura • ripristino fallanze	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso nelle eventuali operazioni di ripristino fallanze e ri-piantumazione • aerodispersione secondaria: risollevarimento polveri già formate per operazioni di irrigazione, potatura/sfalcatura e ripristino fallanze

Soluzioni tecniche

- utilizzo acqua non contaminata; utilizzo di terreno non contaminato per il ripristino fallanze
- impiego di mezzi d'opera con cabine climatizzate e dotate di filtri assoluti
- bagnatura preventiva delle aree di lavoro e delle vie di transito con impianti per la nebulizzazione dell'acqua
- bagnatura delle ruote dei mezzi ad intervalli regolari (in ogni caso ad ogni ingresso/uscita dall'area di lavoro)
- copertura con teloni della zona denudata, soprattutto se in condizioni di ventilazione sostenuta
- corretta pulizia delle macchine e delle attrezzature

Soluzioni organizzative e procedurali

- potatura e sfalcatura preferibilmente da effettuarsi di primo mattino (orari con maggiore umidità e minor ventosità)
- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale
- rispetto dei programmi di pulizia dei mezzi e delle attrezzature
- rispetto procedure di impiego dei mezzi meccanici (chiusura della cabina durante le operazioni)
- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- manutenzione adeguata dei sistemi filtranti delle cabine dei mezzi d'opera

Per le soluzioni tecniche/organizzative/procedurali relative agli interventi da attuare per le attività di ripristino, fare riferimento alle tabelle sopra riportate

Approfondimento sulle misure di prevenzione e protezione per le bonifiche di siti contaminati da amianto naturale: i casi studio delle miniere di Balangero ed Emarèse

Tra i siti individuati come contaminati rientrano anche i Siti da bonificare di interesse nazionale (SIN); questi vengono istituiti con atti normativi emanati dal Mattm. Sono delle vaste aree contaminate che necessitano di interventi di ripristino ambientale (caratterizzazione, messa in sicurezza d'emergenza e bonifica) a causa del rilevante impatto sull'ambiente circostante sia in termini di rischio ambientale che sanitario. Comprendono aree industriali attive, in corso di riconversione e dismesse, aree che sono state oggetto in passato di incidenti con rilascio di inquinanti chimici o di smaltimento incontrollato di rifiuti anche pericolosi ed aree naturali.

I SIN perimetrati dal Mattm, inizialmente 57, sono stati ridotti a 39 a seguito dell'entrata in vigore del d.m. 11 gennaio 2013, che ha contestualmente attuato il declassamento di 18 di essi a Siti di interesse regionale (SIR). Uno di questi è stato successivamente reinserito nella lista a seguito di una sentenza, portando il numero attuale a 40 e recentemente è stato aggiunto un ultimo SIN che ha portato il computo complessivo a 41, distribuiti eterogeneamente sull'intero territorio nazionale. Tra i 41 SIN riconosciuti e perimetrati, 11 sono quelli principalmente contaminati da amianto, ossia quelli in cui l'inquinamento è diffuso nella maggior parte del perimetro, mentre 5 sono quelli in cui esiste una contaminazione secondaria da amianto, accertata e quantificata, ovvero l'inquinamento è presente in una porzione significativa del perimetro. Sono stati rilevati, inoltre, più di 12.000 Siti da bonificare di interesse regionale (SIR) ed altri di competenza comunale. Ai sensi della l. 93/01 e relativo d.m. 101/03 è stata inoltre realizzata una ulteriore banca dati dedicata specificatamente all'amianto che, pur essendo in continuo aggiornamento, ha già registrato ad oggi oltre 107.000 siti con presenza di amianto o materiali contenenti amianto (MCA) ancora da bonificare. Tra questi, risultano finora mappati anche i siti con contaminazione da amianto di origine naturale, in particolare i SIN di Balangero (la più grande miniera di amianto d'Europa) ed Emarèse (piccole miniere di amianto della Valle D'Aosta), l'area estrattiva di Monte Calvario in Sicilia ed altre piccole situazioni a scala locale. Come precedentemente accennato, dagli anni '90 ad oggi molti interventi di bonifica sono stati effettuati nei SIN; le attività si sono svolte spesso procedendo per singole fasi e lotti di intervento, coinvolgendo differenti tipologie di aziende di settore (società di progettazione, bonifica, ingegneria naturalistica, etc.), Organi di vigilanza ed Enti scientifici nazionali, tra cui l'Inail. L'Inail infatti, fornisce da anni un supporto tecnico-scientifico al Mattm, partecipando a riunioni tecniche/Conferenze dei servizi per tali siti. Ha inoltre redatto circa 400 relazioni di consulenza tecnico-scientifica in materia di salute e sicurezza negli ambienti di lavoro e di vita nei SIN, relativamente ai Progetti di messa in sicurezza di emergenza, Piani di caratterizzazione, Progetti di bonifica preliminare, definitiva ed esecutiva, nonché Piani di lavoro. Vista l'eccezionalità delle situazioni riscontrate ha elaborato procedure di bonifica in condizioni non convenzionali, emergenziali o di vacanza normativa.

Diversi sono anche i sopralluoghi ispettivi e specifiche campagne di monitoraggio ambientale effettuate, anche in collaborazione con Amministrazioni pubbliche ed Autorità di vigilanza regionali e locali, atte ad individuare le concentrazioni dell'amianto presenti nei suoli, nei rifiuti, nell'aerodisperso, nelle acque superficiali e profonde. Dette indagini ambientali sono state realizzate mediante l'ausilio di tre Laboratori per l'analisi delle matrici ambientali (LAMA) di cui due mobili all'avanguardia, che consentono di fornire risultanze analitiche anche in situ ed in tempo reale.

Tra le più significative esperienze di gestione in sicurezza di SIN con presenza di Noa, vanno annoverati i casi di Balangero ed Emarèse, per i quali l'Inail si è molto adoperato, di cui di seguito si riportano sinteticamente alcuni dettagli tecnici riguardanti la loro storia e gli interventi realizzati.

Balangero

La miniera di Balangero, scoperta nel 1904, a partire dal 1920 ha prodotto prevalentemente crisotilo raggiungendo una produzione di 160.000 tonnellate annue di fibra estratta, destinata per oltre il 60% all'esportazione.

Chiusa negli anni '90, è stata definitivamente abbandonata a seguito dell'emanazione della l. 257/1992.

Successivamente, il territorio della ex miniera di amianto di Balangero e Corio è stato inserito tra i SIN dalla l. 426/1998 e perimetrato ai sensi del d.m. 10/1/2000. Il confine dell'area contaminata fu determinato in seguito a sopralluoghi e rilievi che permisero di definire, con il solo accertamento visivo, la presenza o meno di contaminazioni da polveri di amianto sedimentate in oltre 70 anni di attività estrattiva, individuando un territorio pari a 310 ha.

L'attività estrattiva fu condotta in una prima fase ad imbuto e, successivamente, mediante coltivazione a gradoni in ambiente outdoor; ciò ha comportato una profonda trasformazione del territorio non solo nella zona di scavo, ma anche sugli adiacenti versanti della montagna, a seguito del riporto di pietrisco di scarto di lavorazione attorno al bacino.

L'attività mineraria, infatti, produceva non solo la materia prima amianto, ma anche materiale di risulta, contenente percentuali tra circa il 5 ed il 9% in amianto, che risultava non essere economicamente vantaggioso, e che veniva pertanto scaricato sui versanti. Esso era formato da due differenti tipologie:

- sterile di cava, costituito da terreni di copertura (prevalentemente detrito di serpentinite, gneiss e terreni argillosi);
- sterile di stabilimento, proveniente dagli impianti di frantumazione e laveria della roccia serpentinitica mineralizzata.

Le due tipologie di sterili si differenziano significativamente per la loro pezzatura: infatti mentre gli sterili di cava hanno dimensioni variabili generalmente ricomprese tra alcuni decimetri cubici fino ad oltre un metro cubo, lo sterile prodotto dalle at-

tività di stabilimento si presenta con una granulometria variabile da alcuni micrometri a non più di qualche centimetro. Il primo, dunque, ha l'aspetto di blocchi di roccia, il secondo ha un aspetto variabile tra polvere e ghiaietto.

Situazioni di mutamento si sono registrate inoltre lungo i principali corsi d'acqua defluenti dal sito, caratterizzati dalla presenza di bacini di sedimentazione realizzati nel periodo di esercizio della miniera, per ridurre la dispersione delle fibre di amianto nell'ambiente.



Figura 6.15 - Aree della cava e stabilimenti del SIN di Balangero

A seguito del rimodellamento del territorio determinato dalle escavazioni e dall'abbandonamento sui versanti di tonnellate di materiale di risulta, all'inizio del processo di risanamento ambientale iniziato negli anni '90, il SIN constava di una area perimetrata di c.a. 420 ha, su cui insistevano:

- una rete viaria interna di 15 Km;
- la cava a semi anfiteatro coltivata a gradoni sovrapposti alti c.a. 14 m, con sviluppo in verticale superiore ai 300 m, alla base della quale era presente un bacino lacustre, formatosi grazie alle acque meteoriche e sorgive; il volume dell'enorme vaso venutosi a creare è di c.a. 2 milioni di m³;
- il complesso industriale dismesso con superficie di c.a. 40.000 mq, adagiato sul fianco della montagna e caratterizzato da strutture su più livelli, realizzati gli uni sugli altri di volta in volta in base alle specifiche esigenze momentanee, senza una pianificazione ed organizzazione strutturale; Il volume complessivo di materiale da demolire ammontava a 300.000 m³, con una altezza massima dei fabbrici-

cati di 32 m, realizzati in gran parte da materiali ferrosi quantificabili in circa 10.000 tonnellate;

- due discariche a cielo aperto (un lato Balangero, l'altra lato Corio) ubicate intorno al bacino di coltivazione, realizzate durante il periodo di attività della miniera e costituite da oltre 45 milioni di m³ di pietrisco di scarto della frantumazione della roccia amiantifera;



Figura 6.16 - Bacino lacustre dell'area di cava di Balangero

- diversi bacini e vasche di accumulo fanghi per un totale di 80.000 m³ ad elevato tenore di amianto lungo i principali corsi d'acqua defluenti dal sito (Fandaglia, Rio Pramollo, etc.).

All'interno dell'ex sito minerario sono inoltre presenti numerose "gallerie" risalenti a diverse epoche, antecedenti lo scavo a gradoni in ambiente outdoor, e create con funzioni differenti (passaggi per nastri trasportatori, carico di trasporti su rotaia, scorciatoie per abbreviare i tempi di percorrenza della viabilità interna, etc.). Dei 420 ha di superficie del SIN, ben 310 ha sono stati e sono, oggetto di messa in sicurezza d'emergenza (MISE), messa in sicurezza permanente (MISP), caratterizzazione e bonifica. L'approccio di intervento, tenuto conto dell'estensione delle aree interessate e dei volumi di materiali da trattare, è stato quello della messa in sicurezza "on site". Sinteticamente si può segnalare che per le aree outdoor si è proceduto mediante tecniche di ingegneria naturalistica, per le gallerie ad un loro re-impiego per abbancamenti dei rifiuti prodotti dalla bonifica, e per lo stabilimento ad attività di demolizione controllata con recupero del ferro. Ad oggi sono stati avviati e completati diversi interventi di messa in sicurezza e contenimento tra cui:

- recinzione complessiva dell'area;
- sistemazione e ricopertura con materiale inerte della rete viaria principale;
- stabilizzazione delle pendenze mediante gradonatura;
- sistemazione idrogeologica e regimazione delle acque meteoriche e delle acque superficiali e del bacino lacustre mediante:
 - a) realizzazione del canale di gronda per il convogliamento delle acque di versante in direzione dell'ex bacino di coltivazione;

- b) realizzazione del canale scolmatore dell'invaso formatosi nel bacino di coltivazione dell'ex miniera;
- c) sistemazione idrogeologica e idraulica delle vasche di decantazione del rio Pramollo (lato Balangero);
- rivegetazione tramite idrosemina delle discariche lapidee lato Balangero e lato Corio;
- controventatura, rinforzo silos, loro riduzione a terra e bonifica;
- bonifica e demolizione delle strutture metalliche facenti parte dell'area semicrollata del "Corpo A";
- messa in sicurezza d'emergenza degli stabilimenti di produzione (corpi G-H) e del corpo B - Frantumatori.

Per la salvaguardia dei lavoratori e degli ambienti di vita limitrofi, sono inoltre state realizzate e messe in opera diverse strutture e procedure per la corretta gestione del SIN. Tra queste si ricorda la realizzazione di due Unità di decontaminazione personale (UDP) all'ingresso al SIN, una per i lavoratori del cantiere ed una per visitatori ed Organi di controllo, una UDP mobile da allocare in prossimità di ogni singolo cantiere di intervento, una piattaforma di lavaggio mezzi, sia internamente che esternamente, posta in ingresso al SIN, la realizzazione ed installazione di specifici sistemi di filtraggio dell'aria sui mezzi di cantieri, una lava indumenti industriale specifica per amianto dotata di filtri assoluti oltre a continui lavori di manutenzione e gestione di un territorio vivo e mutevole con l'avvicinarsi degli anni e delle stagioni.



Figura 6.17 - Sistemazione idrogeologica e regimazione delle acque meteoriche dell'area di cava di Balangero-Corio

Emarèse

Le miniere d'amianto di Emarèse, scoperte nel 1872, sono state oggetto di vari lavori di coltivazione concentrati in tre diverse località, Settarme-Chassant, Pière-Sud e Pière, e protrattisi fino al 1970.

Scarse sono le notizie circa i lavori minerari, presumibilmente saltuari e in parte realizzati da ditte inglesi, effettuati nel XIX secolo e nei primi decenni del XX secolo; i dati d'archivio sono più frequenti a partire dal 1924.

Le coltivazioni minerarie, che sfruttavano delle serpentiniti mineralizzate ad amianto crisotilo, erano costituite da uno scavo principale a cielo aperto (fosso ad imbuto o cratere) e da numerosi pozzi e gallerie a gestione familiare.

Settarme-Chassant (Area A)

Lo scavo principale realizzato ad imbuto, la cui parte sommitale raggiungeva quota 1.390 m, è stato realizzato in tale Comune ed approfondito per almeno 40-50 m. Lungo le sue pareti e nell'adiacente area esterna vi erano gli imbocchi di almeno 10 gallerie e 4 pozzi che si approfondivano fino alla quota di 1.331 m circa; tra questi vi era, poco a monte della strada comunale di Cheissan, la galleria di ribasso tramite la quale il minerale estratto veniva convogliato al frantoio. Lungo la parete rocciosa sottostante Sommarèse e nel settore a valle, compreso tra la parete e il fosso ad imbuto, si aprivano almeno altre 12 gallerie.

Nel 1982 gli ingressi dei pozzi e della maggior parte degli imbocchi delle gallerie sono stati chiusi. Nello specifico si è proceduto essenzialmente con le seguenti attività:

- nelle zone raggiungibili con mezzi meccanici gli ingressi sono stati ostruiti con pietrame di grossa pezzatura;
- nelle zone difficilmente accessibili o non accessibili del tutto ai mezzi meccanici gli ingressi sono stati chiusi con muri a pietra e malta oppure sono stati abbattuti mediante esplosivo;
- lo scavo a cielo aperto è stato dapprima parzialmente riempito con sterile di miniera e successivamente ricoperto con materiali inerti provenienti da scavi stradali effettuati in aree esterne alla miniera.

Ulteriori interventi di chiusura provvisoria delle 3 gallerie ancora accessibili sono stati effettuati nel mese di agosto 2004, mentre nel corso degli anni 2014 e 2015 il fosso ad imbuto è stato ulteriormente impiegato per la messa a dimora di materiale amiantifero proveniente dalla bonifica della sottoarea A1. Ciò ha portato al suo riempimento definitivo e realizzazione di un idoneo capping.

Pière-Sud (Area B)

Scarse sono le notizie storiche relative ai lavori di coltivazione sull'area Pière-sud, benché le ricerche effettuate abbiano portato al rinvenimento di numerose gallerie. Queste sono state negli anni tutte messe in sicurezza, in modo tale da impedirne l'accesso.

Miniera Di Pièrè (Aree C E D)

Nel dopoguerra la miniera non viene praticamente più coltivata. Il 24 ottobre 1966 il Comune trasmette al Distretto Minerario la dichiarazione di rinuncia alla concessione della miniera di amianto di Pièrè e il 12 giugno 1967 comunica che i lavori di chiusura degli imbocchi delle gallerie sono stati ultimati. La miniera fu coltivata con scavi a giorno e con cinque gallerie, i cui imbocchi sono stati chiusi stabilmente con muri.

Nell'Area A, interessata da lavori minerari di una certa complessità, si è proceduto all'effettuazione di specifici sopralluoghi finalizzati alla definizione delle caratteristiche geologiche e geomorfologiche e alla delimitazione delle aree effettivamente costituite da discariche derivanti dai lavori minerari. Sulla base di tali sopralluoghi si è suddivisa l'area nelle seguenti sottozone:

- aree con presenza massiccia di materiali di smarino contenente amianto;
- aree parzialmente rivegetate (arbusti ed alberi ad alto fusto) con presenza limitata di materiali di smarino contenenti amianto;
- aree con assenza di materiali contenenti amianto; tra tali aree assume particolare rilievo quella occupata dall'accumulo della frana verificatasi nel 1890, ancora molto evidente nell'area della miniera in cui sono presenti numerosi blocchi di grandi dimensioni e sporadici ciottoli parzialmente arrotondati, di origine glaciale, costituiti da calcescisti e anfiboliti.

Le attività di bonifica messe in atto hanno dunque permesso di:

1. rimuovere in sicurezza i materiali di smarino, procedendo ad un loro smaltimento definitivo nel volume confinato realizzato all'interno dell'imbuto di Settarne-Chassant;
2. procedere alla ricopertura con materiale inerte con spessori variabili di 30-50 cm delle aree parzialmente rivegetate;
3. realizzare nelle aree esenti da amianto sentieri, utili a convogliare l'eventuale transito di persone ed animali, in aree non a rischio.

Alla luce delle esperienze maturate in entrambi i siti estrattivi sopra menzionati, appare opportuno segnalare alcune indicazioni di riferimento:

- laddove siano previste operazioni preliminari di pulizia quali taglio e rimozione delle piante, alberi, arbusti, ramaglie e legname morto, eseguite a mano e/o con l'ausilio di macchinari ed attrezzature, si suggerisce che i materiali vegetali di risulta siano considerati come potenzialmente contaminati da amianto, sia esternamente (trasporto aereo, contatto) che internamente (per suzione da terreno,



Figura 6.18 - Segnaletica e recinzione di un cantiere di messa in sicurezza (Emarèse)

come testimoniato da pubblicazioni scientifiche note in letteratura). Si consiglia pertanto che ne venga vietato l'incenerimento e che essi vengano riutilizzati all'interno dell'area perimetrata (evitando la cippatura) per l'esecuzione di interventi di ingegneria naturalistica;

- nel caso vengano prodotti dalle operazioni di scavo o movimentazione, materiali di risulta inquinati da gestire come rifiuti (imballaggio, trasporto e smaltimento), si consiglia per tali rifiuti l'adozione del codice 17.05.03* del Catalogo europeo dei rifiuti Cer - "Terre e rocce contenenti sostanze pericolose". Si specifica che si ritiene opportuna l'attribuzione di tale codice in considerazione delle comprovate difficoltà analitiche in merito alla caratterizzazione dei terreni contenenti o contaminati da amianto. Le tecniche analitiche disponibili, infatti, posseggono un limite di rilevabilità generalmente intorno all'1%, superiore al valore indicato dalla normativa vigente pari a 0,1% (1000 mg/kg), oltre a costi rilevanti e lunghi tempi esecutivi (es. procedura di arricchimento del campione, setacciatura a diverse mesh, etc.). Si raccomanda in tal caso che i materiali incoerenti (polverini, fanghi, sterili) con spigoli e punte acuminate siano confezionati, in contenitori rigidi tali da garantire l'integrità dell'imballaggio. Qualora invece si debbano gestire come rifiuti depositi fangosi provenienti da bacini e/o vasche di decantazione, si suggerisce che i suddetti vengano classificati con codice 19.13.03* - "Fanghi prodotti dalle operazioni di bonifica dei terreni, contenenti sostanze pericolose".

6.3 Scavi per gallerie stradali e ferroviarie

Le gallerie stradali e ferroviarie sono opere di ingegneria civile di grande impatto sia per le dimensioni sia per le problematiche da affrontare in fase di progettazione e di gestione durante l'esecuzione.

Qualora sia prevista la costruzione di tali opere nelle Regioni italiane in cui sono presenti, in affioramento o in profondità, rocce sospettate di contenere amianto, tale problematica deve essere affrontata fin dalle fasi di progettazione.

L'Italia è uno dei Paesi che detiene il maggior numero di gallerie al mondo. Gran parte delle gallerie ferroviarie realizzate in Europa sono presenti sul territorio italiano. Molte di queste sono state costruite nei passati decenni, ma l'implementazione delle vie di comunicazione e i lavori di adeguamento richiedono e hanno richiesto innovazione tecnologica e una sempre crescente sensibilità a problematiche non affrontate o parzialmente trattate in passato. Per tale motivo, le opere più recenti tra le numerose gallerie realizzate in Italia hanno avuto un approccio innovativo globale comprendente anche la salute dei lavoratori; da esso scaturisce un grande apporto allo studio (e alla risoluzione) del problema della presenza di amianto naturale in rocce su cui deve essere realizzata un'opera. Uno degli sviluppi di questi studi è stato il contributo alla conoscenza geologica del territorio e alle modalità di indagine.

L'approccio di tipo progettuale, ossia basato sulla minimizzazione degli imprevisti e

la programmazione di ogni singolo intervento nel modo più dettagliato possibile, ha consentito, infatti, di prevenire problematiche connesse alla presenza di amianto, sia per l'ambiente che per gli operatori addetti allo scavo del tunnel. Affinché la "previsione" sia effettivamente ed efficacemente aderente alla realtà, soprattutto dal punto di vista economico, risulta fondamentale l'approfondimento della conoscenza geologica del territorio. In quest'ottica, sono stati sviluppati ed attuati diversi modelli di classificazione del rischio in base alla presenza di amianto in galleria con l'obiettivo di individuare le azioni da compiere in funzione del rischio proprio di ogni sezione in cui è suddivisa la galleria. Tuttavia, sussiste sempre un grado di incertezza legato all'eterogeneità litologica e al grado di approfondimento dell'indagine.

I processi lavorativi (modalità di scavo e tipologia di macchine, gestione dello smarino, gestione dei depositi temporanei, manutenzione, realizzazione di strutture) sono concepiti in funzione delle soluzioni progettuali e tecnologiche rivolte alla riduzione delle fibre aerodisperse.

In questo documento, dedicato prevalentemente all'individuazione e divulgazione delle misure di prevenzione da adottare contro il rischio amianto, non è possibile una trattazione elaborata e dettagliata delle singole attività legate all'escavazione e alla costruzione di gallerie stradali e ferroviarie, per la quale si rimanda a testi specifici. Risulta comunque utile e opportuno riportare, seppur in maniera sintetica, le principali operazioni legate allo scavo e alla realizzazione di gallerie; ciò in quanto la descrizione delle misure di prevenzione specifica sarà così maggiormente contestualizzata e risulterà più chiaro il collegamento con le situazioni di aerodispersione, sia primaria che secondaria.

Le principali fasi di lavorazione per la realizzazione di una galleria in sotterraneo sono generalmente:

- disaggio;
- preconsolidamento: getto di spritz beton, iniezioni di cemento, infilaggi di tubi o barre di vetroresina, bullonatura;
- scavo del fronte: perforazione manuale, con mezzi meccanici, uso di esplosivi;
- gestione dello smarino: caricamento, rimozione, movimentazione e trasporto;
- realizzazione del prerivestimento: armatura della volta e delle pareti della galleria con centine, reti elettrosaldate e getti di spritz beton;
- realizzazione delle murette: scavo sui due lati della galleria di trincee per la messa in posto di calcestruzzo;
- realizzazione dell'arco rovescio: scavo sul pavimento della galleria, messa in posto di calcestruzzo rinforzato da armatura in ferro;
- impermeabilizzazione con manto in PVC e/o geotessuti su pareti di scavo e volta;
- realizzazione del rivestimento definitivo con getti in calcestruzzo.

Lo scavo e l'avanzamento possono essere effettuati per sezioni parziali o a piena sezione.

Nei casi di gallerie sul territorio nazionale in rocce amiantifere sono state previste tecniche diverse, talvolta miste (scavo meccanizzato, integrale e/o parziale, e con-

temporanea messa in opera del rivestimento definitivo, ed esplosivi), in funzione della litologia, della lunghezza di scavo e della tipologia di sezione da ottenere.

I sistemi di scavo meccanizzato sono adottati per isolare il fronte di scavo dall'ambiente di lavoro eseguendo le operazioni e lo smaltimento in modalità automatizzata; ciò consente di evitare l'aerodispersione primaria di polvere.

Le macchine di scavo meccanizzato a piena sezione appartengono generalmente a due categorie:

- macchine a "sistema aperto": la testa fresante della macchina con cui si effettua lo scavo non è isolata dall'ammasso roccioso (Tunnel Boring Machine - TBM);
- macchine a "sistema chiuso": il mezzo con il quale si realizza la galleria è completamente isolato dall'ammasso esterno, sia per quanto riguarda lo scavo che per il sistema di smarino dalla testa al back-up o dalla testa all'esterno. Le principali categorie di ciclo di scavo a sistema chiuso si riferiscono a due tipi di macchine i cui struttura e funzionamento comportano diversi tipi di problematiche da affrontare per minimizzare l'aerodispersione (primaria e secondaria) ad amianto:
 - Earth Pressure Balance - EPB: sistema di scavo con stabilizzazione del fronte per mezzo di un fluido che si forma all'interno della camera stagna. Il materiale scavato viene trasferito dalla camera isolata attraverso una coclea, previa fluidificazione operata da additivi che rendono più agevole la movimentazione, e poi per mezzo di un nastro trasportatore;
 - Hydroshield: sistema di scavo con stabilizzazione del fronte ad opera di fluido bentonitico. Il materiale scavato è trasportato all'esterno dal fluido tramite condotta, previa una comminazione operata da un frantoio posizionato solitamente all'interno della camera stagna. All'esterno della galleria, il fluido bentonitico viene separato dallo smarino e riutilizzato.

Da rilevare che, nei casi di utilizzo di macchine a "sistema chiuso", l'accesso alla camera stagna per manutenzione o riparazione/sostituzione di utensili di taglio avviene attraverso una camera in sovrappressione.

I sistemi di scavo con metodi tradizionali prevedono un impiego misto di escavatori, martelli demolitori ed esplosivi. Le principali fasi di lavoro sono:

- realizzazione dei fori per le cariche;
- caricamento dell'esplosivo nei fori;
- brillamento della volata;
- ventilazione e sfumo;
- operazione di carico e di smaltimento del materiale di smarino;
- disgaggio e riprofilatura delle pareti della cavità;
- messa in opera dell'eventuale consolidamento e del sostegno di prima fase e definitivo;
- controllo topografico.

Lo scavo con martello demolitore o con escavatore meccanico prevede le seguenti fasi di lavoro:

- demolizione del fronte di avanzamento (scavo dell'ammasso);

- carico del materiale demolito mediante apposita attrezzatura;
- trasporto del materiale all'esterno per mezzo di Dumper in analogia a quanto si esegue negli scavi con esplosivo;
- messa in opera del sostegno di prima fase e/o di elementi strutturali di consolidamento.

Ognuna delle tecniche descritte, sia meccanizzate che non, comporta una serie di criticità da affrontare, al fine di minimizzare l'aerodispersione di amianto naturale, già dalla fase progettuale, a valle delle indagini geologiche da cui sia emersa la potenziale presenza di rocce contenenti minerali fibrosi; in particolare:

- possibile intercettazione di vene e/o di rocce con presenza di amianto;
- apertura e scavo del fronte;
- movimentazione dello smarino e isolamento dall'ambiente di lavoro;
- stoccaggio provvisorio: necessità di mantenere umidità idonea ed evitare fuoriuscite;
- trasporti interni di materiali attraverso nastri trasportatori;
- trasporti verso l'esterno;
- esecuzione di sondaggi di avanzamento qualora necessari;
- manutenzione e pulizia di impianti, macchine e mezzi di movimentazione.

I sistemi di lavorazione per la realizzazione di gallerie si differenziano sostanzialmente per la fase centrale di scavo del fronte.

Le differenti situazioni in cui può configurarsi aerodispersione di amianto naturale per gli operatori possono essere:

- fasi comuni alle diverse modalità di scavo;
- fasi di scavo del fronte in funzione dei sistemi utilizzati;
- gestione dello smarino in funzione del sistema di scavo impiegato;
- altre attività: manutenzione, sondaggi geognostici.

Per ciò che riguarda gli interventi principali per eliminare/ridurre l'aerodispersione, i progettisti hanno focalizzato l'attenzione sui sistemi di scavo meccanizzato che consentono l'isolamento del fronte dall'ambiente di lavoro, attraverso l'esecuzione delle operazioni e il successivo smaltimento in modalità automatizzata.

Alla luce di quanto sopra esposto, si evidenzia che i sistemi meccanizzati di scavo a piena sezione, con contemporanea messa in opera del rivestimento definitivo, e a sistema chiuso con fronte isolato da paratia stagna, sono da ritenere la scelta da prediligere e da adottare in caso di presenza di amianto poiché minimizzano l'aerodispersione primaria. Tuttavia anche adottando tali sistemi tecnologicamente avanzati sussistono problematiche di sicurezza durante le operazioni correlate principalmente all'utilizzo e manutenzione dei mezzi d'opera, che provocano anche aerodispersione secondaria; dovranno quindi essere stabilite, attuate ed aggiornate, anche in base ai mezzi prescelti, specifiche procedure e istruzioni di lavoro per minimizzare il risollevarimento di polvere già formata.

Per tale motivo è fondamentale l'installazione di sistemi di abbattimento delle polveri in sospensione in qualsiasi fase di lavoro e in ogni ambiente, quale ulteriore soluzione elettiva per la riduzione dell'aerodispersione di amianto naturale. Le misure organizzative e procedurali, progettate ed attuate in funzione della tipologia di scavo adottata, completeranno il sistema di gestione della problematica specifica. Di seguito si riportano in forma tabellare le principali soluzioni organizzative, tecniche e procedurali per ciascuna fase di lavoro, associate alle situazioni di aerodispersione; vista la complessità delle lavorazioni, l'elenco non è esaustivo ma offre una visione sintetica delle possibili soluzioni da adattare alle specifiche condizioni di lavoro.



Figura 6.19 - Operazioni di scavo tradizionale in assenza di amianto e gestione dello smarino

Fasi comuni alle diverse modalità di scavo

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
• Disgaggio	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso nelle operazioni di disgaggio, demolizione controllata, movimentazione materiale disgaggiato • aerodispersione secondaria: risollevamento polveri già formate per movimentazione del materiale

Soluzioni tecniche

- utensili affilati (in caso di interventi con attrezzature meccaniche): produzione di particelle più grossolane con minor dispersione di polveri fini
- installazione filtri impianto cabina di guida
- segregazione del materiale disgaggiato durante la movimentazione, bagnatura delle superfici, incapsulamento del materiale di pezzatura inferiore; copertura con teli del materiale
- in caso di movimentazione su nastro, segregazione dello stesso

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- remotizzazione dell'addetto
- rispetto procedure di impiego dei mezzi meccanici (chiusura della cabina durante le operazioni)
- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente
- corretta manutenzione delle macchine effettuata secondo le istruzioni del produttore
- procedure di lavoro relative a:
 - pulizia delle zone prossime al punto di disgaggio e costante rimozione degli accumuli
 - allontanamento dei lavoratori non coinvolti direttamente nelle operazioni di disgaggio dall'area di lavoro, divieti di accesso e compartimentazione
 - bagnatura delle zone circostanti il punto di disgaggio
 - gestione dei cumuli e depositi temporanei

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
• Preconsolidamento	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso nelle operazioni di perforazione della roccia per la realizzazione dei punti di attacco o di ancoraggi • aerodispersione secondaria: risollevarimento polveri già formate per movimentazione rocce e/o frammenti di roccia

Soluzioni tecniche

Impiego di sistemi di abbattimento polveri e fibre ad acqua

- sistemi di bagnatura delle zone limitrofe nel punto in cui fuoriesce la polvere
- sistemi per la generazione di aerosol e di nebulizzazione acqua, se necessario

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente
- manutenzione degli utensili
- procedure di lavoro relative a:
 - manutenzione
 - pulizia delle zone prossime al punto di iniezione e rimozione immediata degli spurghi
 - bagnatura delle zone circostanti il punto di iniezione
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
• Realizzazione strutture (prerivestimento; murette; arco rovescio; impermeabilizzazione; rivestimento definitivo)	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso nelle operazioni di scavo di trincee per la realizzazione di strutture • aerodispersione secondaria: risollevamento polveri già formate per movimentazione rocce e/o frammenti di roccia

Soluzioni tecniche

- bagnatura sistematica dell'area in scavo con impianti fissi per la nebulizzazione dell'acqua (anche con aggiunta di additivi di stabilizzazione)
- copertura con teli durante i periodi di fermo cantiere
- eventuale inertizzazione delle superfici esposte con spritz beton
- pavimentazione delle vie di transito
- lavaggio delle ruote dei camion con passaggio obbligatorio attraverso impianto erogatore a spruzzo

Soluzioni organizzative e procedurali

- manutenzione adeguata dei sistemi filtranti delle cabine delle macchine movimento terra
- eliminazione delle polveri dai mezzi e attrezzature - lavaggio
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale

Scavo del fronte e gestione dello smarino

Nel caso fosse appurato che lo scavo per la galleria avvenga in rocce e terre contenenti amianto di cui sia stata determinata la localizzazione, già in fase di progettazione e ai fini di prevenire predittivamente l'aerodispersione primaria e secondaria di amianto naturale, si dovrà provvedere a:

- predisporre sistemi di scavo che prevedano l'uso di tecniche che minimizzino la formazione e la dispersione nell'ambiente di lavoro di fibre asbestosiche;
- organizzare e realizzare il cantiere in modo che l'ambiente di lavoro già in fase di scavo abbia le caratteristiche previste dalla normativa a tutela di tutti gli operatori e per tutte le mansioni;
- conseguentemente, prevedere per ogni lavoratore le dotazioni tecniche, le procedure organizzative e operative atte a prevenire l'aerodispersione primaria e secondaria.

I sistemi di scavo meccanizzato che isolano il fronte dall'ambiente di lavoro e consentano lo smaltimento automatizzato costituiscono le scelte di elezione su cui dovrà essere impostata la progettazione conseguente.

Come suggeriscono le esperienze pregresse, realisticamente non sarà sempre possibile adottare sistemi di scavo chiusi; per tale motivo, la progettazione del lavoro per gli scavi tradizionali, l'organizzazione del cantiere, i sistemi di prevenzione e protezione collettiva, le procedure, le istruzioni di lavoro e le dotazioni dovranno essere definite con dettaglio prima dell'intervento diretto.

In ogni caso, gli scavi in roccia dovranno essere attuati con tecniche che garantiscano la minor frammentazione dell'ammasso roccioso, ottenendo blocchi con la massima dimensione compatibile con il grado di fratturazione naturale e le esigenze di trasporto.

I sistemi per la minimizzazione e il controllo della diffusione da risollevarimento delle polveri già formate, (sistemi di nebulizzazione del fronte di scavo e barriere ad acqua), sono già in uso come pratiche consolidate.

Sarà utile valutare caso per caso l'adozione delle singole tecniche di scavo: la realizzazione degli scavi con martello demolitore permette di ridurre, rispetto all'uso di esplosivo, la quantità di polvere immessa nell'ambiente di lavoro ma richiede la presenza di un maggior numero di lavoratori durante la fase di scavo.

L'esperienza della realizzazione di molte gallerie ha evidenziato l'opportunità di adottare le misure di prevenzione e protezione di seguito descritte:

- compartimentazione della galleria tramite setti rimovibili posti rispettivamente in prossimità del fronte di scavo e in corrispondenza dell'imbocco;
- umidificazione della zona di lavoro in corrispondenza del fronte di scavo;
- applicazione di calcestruzzo spruzzato immediatamente dopo lo sfondo per ridurre l'eventuale aerodispersione dalle superfici scavate;
- installazione di impianti di aspirazione per mantenere in depressione il settore del fronte di scavo;

- predisposizione di container attrezzati a comparti separati per la corretta decontaminazione degli operatori in uscita dall'ambiente di lavoro;
- allontanamento dello smarino con mezzi a carico sigillato e inertizzato o costantemente umidificato;
- predisposizione di procedure e istruzioni per gli operatori durante le attività di scavo;
- dotazione di cabine di guida dei mezzi d'opera e di carico opportunamente sigillate e munite di un sistema di depurazione e condizionamento dell'aria, attrezzate con sedili coperti con fodere rimovibili e lavabili;
- gestione ottimale dei DPI (scelta, approvvigionamento, disponibilità, verifiche di funzionalità, sostituzione, smaltimento di DPI contaminati) e dei rifiuti da essi provenienti.

Per ciò che riguarda la gestione dello smarino, occorrerà prevedere e privilegiare le operazioni di trasporto meccanizzato.

I mezzi devono essere dotati di teloni di chiusura e il materiale secco dovrà essere preventivamente sottoposto a bagnatura con acqua, eventualmente additivata con resine incapsulanti prima del trasferimento fuori dall'area di cantiere.

Il cantiere dovrà essere organizzato anche in funzione dello stoccaggio del materiale di smarino contaminato; si dovrà tenere conto delle quantità e dei volumi di smarino prodotto in relazione alle capacità produttive e alla velocità di avanzamento connesse alle tecniche di scavo adottate. Conseguentemente, saranno dimensionate e allestite le aree di deposito temporaneo in modo da minimizzare il risollevarimento di polvere e rendere agevoli i campionamenti previsti dal piano di monitoraggio della dispersione in aria di fibre di amianto all'interno del cantiere e nelle immediate vicinanze.

Fasi di scavo con metodi convenzionali e gestione dello smarino

Sistemi di scavo convenzionali: uso di esplosivo

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
scavo del fronte: uso di esplosivi	aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso per l'uso perforatori o scalpellatori pneumatici manuali o automatici, uso esplosivo (fallout) aerodispersione secondaria: risollevarmento polvere già formata e depositata a terra

Soluzioni tecniche

- impiego di esplosivi idonei a preservare l'integrità del materiale e a generare la minor dispersione di polveri possibile
- utensili affilati: produzione di particelle più grossolane con minor dispersione di polveri fini

In caso di fermo dei lavori, presidio e bagnatura di piazzali e vie di comunicazione

Soluzioni organizzative e procedurali

- divieto di utilizzo di polvere di perforazione e rimozione immediata dopo il fall out
- procedure:
 - allontanamento addetti durante la volata
 - tempi di rientro relativi al fall out
- limitazioni di accesso
- creazione di aree di rispetto durante il fall out
- bagnatura piazzali e aree circostanti
- definizione di ruoli per fochino e sorvegliante
- manutenzione perforatori o scalpellatori pneumatici manuali o automatici
- procedure per l'esecuzione di operazioni nelle zone contaminate
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale

Sistemi di scavo convenzionali: martello demolitore/escavatore

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
scavo del fronte con martello demolitore, escavatore	aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso per l'uso del martello demolitore/ escavatore aerodispersione secondaria: risollevamento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra

Soluzioni tecniche

- compartimentazione fisica, anche rimovibile, o ad acqua tra le varie zone della galleria) in funzione delle condizioni di lavoro e dimensionata. Il sistema di aspirazione in corrispondenza del fronte di scavo associato al sistema di ventilazione ordinaria in mandata con immissione di aria all'interno della zona fisicamente separata dal fronte di scavo e dall'esterno (differenze di pressione). L'impianto di ventilazione nel complesso dovrà garantire:
 - l'immissione di aria fresca dal portale per le portate di progetto
 - l'aspirazione di aria pressoché satura di acqua nebulizzata dal fronte
 - il controllo ed il trattenimento di inquinanti nel flusso d'aria in aspirazione
- messa in opera di sensori ambientali per il monitoraggio delle zone di lavoro e delle zone limitrofe al cantiere
- installazione di sistemi di depolverazione e/o di nebulizzazione/bagnatura del fronte di scavo
- immediata messa in opera di calcestruzzo spruzzato delle superfici scavate
- sistemi di abbattimento polveri per evitare risollevamento all'interno e all'esterno (bagnatura delle superfici; nebulizzazione del fronte di scavo, da attivare durante tutte le lavorazioni)
- installazione di container attrezzati con comparti separati per la decontaminazione dei lavoratori
- Installazione di una piattaforma per il lavaggio dei mezzi prima dell'uscita dalla galleria
- sistema di convogliamento dell'acqua di lavaggio verso il depuratore prima del riutilizzo
- in caso di fermo dei lavori, presidio e bagnatura di piazzali e vie di comunicazione

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- remotizzazione dell'addetto
- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente nel tunnel
- procedure di lavoro relative a:
 - pulizia delle zone vicine al punto di scavo e costante rimozione degli accumuli
 - bagnatura delle zone circostanti il punto di scavo
 - esecuzione di operazioni nelle zone contaminate
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale

Gestione dello smarino da scavi tradizionali

- **aerodispersione primaria:** formazione e liberazione di polvere da attrito tra i clasti
 - **aerodispersione secondaria:** movimentazione dello smarino (carico, scarico, trasporto)
-

Soluzioni tecniche

- inertizzazione della superficie dello smarino trasportato nel cassone del camion
- trasporto meccanizzato
- campionamento e analisi dei depositi temporanei
- installazione di filtri assoluti sui mezzi di trasporto

Soluzioni organizzative e procedurali

- organizzazione cantieristica in funzione dello stoccaggio dello smarino contaminato (area, volume, quantità, velocità di avanzamento, allestimento)
 - procedure per le operazioni di movimentazione su gomma dello smarino potenzialmente amiantifero
 - gestione dei cumuli per il campionamento
 - gestione delle modalità di campionamento
 - regolazione del traffico veicolare e pedonale interno e in ingresso: limitazione della velocità dei mezzi, anche con dispositivi (bande rilevate, cunette, etc.).
 - allontanamento di lavorazioni dalle vie di transito
 - rimozione periodica dei detriti potenzialmente inquinati
 - rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale
-

Sistemi aperti di scavo meccanizzato (TBM)

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
scavo meccanizzato del fronte	aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso per l'uso dell'escavatore aerodispersione secondaria: risollevamento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra

Soluzioni tecniche

- compartimentazione fisica, anche rimovibile, o ad acqua tra le varie zone
- messa in opera di sensori ambientali per il monitoraggio delle zone di lavoro e delle zone limitrofe al cantiere
- installazione di sistemi di depolverazione e/o di nebulizzazione/bagnatura
- immediata messa in opera di calcestruzzo spruzzato delle superfici scavate
- sistemi di abbattimento polveri per evitare risollevamento all'interno e all'esterno (bagnatura delle superfici all'interno della galleria; nebulizzazione del fronte di scavo, durante tutte le lavorazioni)
- installazione di container attrezzati con comparti separati per la decontaminazione dei lavoratori
- Installazione di una piattaforma per il lavaggio dei mezzi prima dell'uscita dalla galleria
- installazione di teloni di copertura
- sistema di convogliamento dell'acqua di lavaggio verso il depuratore prima del riutilizzo
- pavimentazione delle vie di transito
- bagnatura preventiva di piazzali, rampe, piste e automezzi, anche con impianti fissi per la nebulizzazione dell'acqua. Per le situazioni più difficoltose, è possibile aggiungere additivi di stabilizzazione (in miscela con l'acqua) evitare le dispersioni di polvere dai cumuli di materiale lavorati o in lavorazione, mantenendo costantemente umidificato il materiale depositato
- bagnatura delle ruote con passaggio obbligatorio attraverso impianto erogatore a spruzzo e lavaggio mezzi

In caso di fermo dei lavori, presidio e bagnatura di piazzali e vie di comunicazione

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- allontanamento di lavoratori a terra dalle aree di scavo
- procedure per l'esecuzione di operazioni nelle zone contaminate
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale

Gestione dello smarino per sistemi aperti di scavo meccanizzato (TBM)

- **aerodispersione primaria:** formazione e liberazione di polvere da attrito tra i clasti
- **aerodispersione secondaria:** movimentazione dello smarino (carico, scarico, trasporto)

Soluzioni tecniche

- inertizzazione della superficie dello smarino trasportato nel cassone del camion
- campionamento e analisi dei depositi temporanei
- segregazione del nastro trasportatore
- mantenimento di sufficiente umidità attraverso l'installazione di sistemi di nebulizzazione
- installare dei sensori all'interno dei nastri trasportatori per la misura della dispersione delle polveri

Soluzioni organizzative e procedurali

- organizzazione cantieristica in funzione dello stoccaggio dello smarino contaminato (area, volume, quantità, velocità di avanzamento, allestimento)
 - procedure per le operazioni di movimentazione su gomma dello smarino potenzialmente amiantifero
 - manutenzione dei nastri trasportatori
 - gestione dei cumuli per il campionamento
 - gestione delle modalità di campionamento
 - rimozione periodica dei detriti potenzialmente inquinati
 - rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale
-

Sistemi chiusi di scavo meccanizzato (EPB)

Essendo un sistema chiuso, generalmente non sussiste per i lavoratori la condizione di aerodispersione primaria durante lo scavo.

Si configurano pertanto le situazioni di aerodispersione secondaria dovute al sollevamento di polvere già formata:

- interventi diretti sul fronte;
- trasferimento del terreno scavato alla coclea;
- trasferimento del materiale di smarino dalla coclea di estrazione al nastro trasportatore;
- trasporto del materiale di smarino all'esterno attraverso il nastro trasportatore;
- ingresso e uscita dalla camera stagna al fronte;
- interventi di manutenzione.

Da considerare che il sistema prevede l'utilizzo di fluidificanti per il trasporto attraverso la coclea; ciò potrebbe contribuire a una riduzione della dispersione di polveri.

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
• Sistemi chiusi di scavo meccanizzato del fronte	• aerodispersione secondaria: risollevarmento polvere già formata e depositata a terra; manutenzione delle macchine • aerodispersione secondaria: movimentazione del materiale scavato all'interno della camera stagna (passaggio da coclea a nastro trasportatore)

Soluzioni tecniche

- compartimentazione fisica, anche rimovibile, o ad acqua tra le varie zone della galleria in relazione alle condizioni di lavoro, opportunamente dimensionata
- sistema di aspirazione in corrispondenza del fronte di scavo, associato al sistema di ventilazione ordinaria che dovrà garantire:
 - l'immissione di aria fresca dal portale per le portate di progetto
 - l'aspirazione di aria pressoché satura di acqua nebulizzata dal fronte
 - il controllo ed il trattenimento di inquinanti nel flusso d'aria in aspirazione
 - la differenza di pressione tra il fronte di scavo e l'esterno
- mantenimento dell'umidità nel trasferimento di materiale dalla camera stagna al nastro trasportatore
- segregazione del nastro trasportatore e mantenimento in depressione e a umidità controllata, soprattutto nelle zone dei rilanci
- installazione di un sistema di protezione chiuso per il nastro trasportatore
- predisposizione di nebulizzatori a distanze prefissate sopra il nastro
- installazione di una camera iperbarica per: decontaminazione dei lavoratori, sigillatura/smaltimento di indumenti di lavoro e attrezzature, servizi igienici
- locali a pressione controllata all'interno della camera iperbarica
- segregazione del vaglio per la separazione del fluido bentonitico dal materiale scavato
- installazione di sensori per la misura della concentrazione di fibre di amianto aerodisperso

Soluzioni organizzative e procedurali

- procedure per gli accessi nella camera stagna al fronte e per i passaggi tra locali a pressione
- mantenimento in efficienza della tenuta tra camera stagna al fronte e gli altri ambienti di lavoro
- gestione dei sistemi per la vestizione e la decontaminazione dei lavoratori, la sigillatura/smaltimento degli indumenti di lavoro e delle attrezzature contaminati, servizi igienici all'interno della camera iperbarica
- procedure di accesso e di uscita dalla camera iperbarica
- gestione della decontaminazione degli ambienti di lavoro
- gestione degli indumenti contaminati (decontaminazione, dismissione, stoccaggio, trasporto)
- procedure per l'esecuzione di operazioni nelle zone contaminate
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale

Gestione dello smarino per i sistemi chiusi di scavo meccanizzato (EPB)

- **aerodispersione secondaria:** movimentazione dello smarino (carico, scarico, trasporto)

Soluzioni tecniche

- segregazione del nastro trasportatore
- mantenimento di sufficiente umidità attraverso l'installazione di sistemi di nebulizzazione
- installare dei sensori all'interno dei nastri trasportatori per la misura della dispersione delle polveri

Soluzioni organizzative e procedurali

- mantenimento in depressione il nastro trasportatore segregato soprattutto nei punti di rilancio (snodi)
- mantenimento in efficienza le attrezzature e i dispositivi attraverso manutenzione periodica e programmata
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale

Sistemi chiusi di scavo meccanizzato (Hydroshield)

Essendo un sistema chiuso, generalmente non sussiste per i lavoratori la condizione di aerodispersione primaria durante lo scavo.

Rispetto al sistema EPB, l'Hydroshield prevede che lo smarino in miscela bentonitica sia trasportato attraverso condutture e gestito all'esterno per la separazione e il ricircolo del fluido bentonitico.

La parte grossolana dello smarino, separata attraverso cicloni o vagli, viene trasportata all'esterno con nastro trasportatore.

Si configurano pertanto le situazioni di aerodispersione secondaria dovute al risolvimento di polvere già formata per:

- interventi diretti sul fronte;
- trasferimento della parte grossolana con nastro trasportatore;
- ingresso e uscita dalla camera stagna al fronte;
- interventi di manutenzione.

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
scavo meccanizzato del fronte	aerodispersione secondaria: risollevarmento polvere già formata e depositata a terra; manutenzione delle macchine

Soluzioni tecniche

- corretta esecuzione delle iniezioni di rivestimento
- segregazione dell'uscita dalla coclea verso il nastro trasportatore
- segregazione del nastro trasportatore e mantenimento in depressione e a umidità controllata, soprattutto nelle zone dei rilanci
- installazione di un sistema di protezione chiuso a cilindro per il nastro trasportatore
- predisposizione di nebulizzatori disposti a distanze prefissate sopra il nastro
- locali a pressione controllata all'interno della camera iperbarica
- segregazione del vaglio per la separazione del fluido bentonitico dal materiale scavato
- installazione di sensori per la misura della concentrazione di fibre di amianto aerodisperso
- segregazione dell'acqua di perforazione

Soluzioni organizzative e procedurali

- procedure per gli accessi nella camera stagna al fronte e per i passaggi tra locali a pressione
- mantenimento in efficienza della tenuta tra camera stagna al fronte e gli altri ambienti di lavoro
- mantenimento dell'umidità nel trasferimento di materiale dalla camera stagna al nastro trasportatore
- gestione dei sistemi per la vestizione e la decontaminazione dei lavoratori, la sigillatura/smaltimento degli indumenti di lavoro e delle attrezzature contaminati, servizi igienici all'interno della camera iperbarica
- organizzazione delle operazioni di lavoro in modo da evitare che le procedure di accesso e di uscita dalla camera iperbarica debbano essere bypassate, soprattutto durante le operazioni di manutenzione
- gestione della decontaminazione degli ambienti di lavoro nel caso in cui le procedure di accesso e di uscita dalla camera iperbarica debbano essere bypassate
- gestione della manutenzione del frantoio all'interno della camera stagna
- gestione dell'acqua di perforazione per consentire campionamenti e analisi
- gestione dei campioni collocati in contenitori a chiusura stagna
- manutenzione costante dei sistemi di isolamento tra dispositivi di scavo e fronte
- gestione degli indumenti contaminati (decontaminazione, dismissione, stoccaggio, trasporto)
- procedure per l'esecuzione di operazioni nelle zone contaminate
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale

Gestione dello smarino per i sistemi chiusi di scavo meccanizzato (Hydroshield)

- **aerodispersione secondaria:** movimentazione dello smarino (carico, scarico, trasporto)

Soluzioni tecniche

- segregazione del nastro trasportatore
- mantenimento di sufficiente umidità attraverso l'installazione di sistemi di nebulizzazione
- installare dei sensori all'interno dei nastri trasportatori per la misura della dispersione delle polveri

Soluzioni organizzative e procedurali

- gestione dei sistemi di trattamento primario del fluido
- mantenimento in depressione il nastro trasportatore segregato soprattutto nei punti di rilancio (snodi)
- mantenimento in efficienza le attrezzature e i dispositivi attraverso manutenzione periodica e programmata
- mantenimento dell'umidità del fluido
- procedure per il trasporto all'esterno della frazione più grossolana
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale



Figura 6.20 - Cannone nebulizzatore

Chiusura degli imbocchi di galleria

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
- Interventi localizzati di rivestimento con spritz beton delle pareti rocciose limitrofe - costruzione di muro in pietrame e malta (pietrame proveniente da fuori sito)	aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso per l'applicazione di spritz beton spruzzato in pressione aerodispersione secondaria: risollevarimento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra

Soluzioni tecniche

- regolazione della pressione di getto per evitare eccessiva erosione della roccia sottostante con conseguente formazione di polvere
- manutenzione adeguata dei sistemi filtranti delle cabine delle macchine

Soluzioni organizzative e procedurali

- remotizzazione dell'addetto
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale

Altre attività

Sondaggi geognostici nel tunnel

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
Scarico, carico e montaggio di attrezzature e macchine	aerodispersione secondaria: risollevarimento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra
Esecuzione del sondaggio	aerodispersione primaria: intercettazione di vene o di materiale fibroso nelle operazioni di perforazione della roccia

Soluzioni tecniche

- utensili affilati: produzione di particelle più grossolane con minor dispersione di polveri fini
- macchine dotate di cabine di comando con immissione di aria filtrata o di sistemi separati di controllo a distanza che consentono la remotizzazione dell'addetto in cabina
- installazione filtri impianto cabina di guida
- sistemi chiusi di circolazione dell'acqua di perforazione e successiva separazione del materiale per il riutilizzo dell'acqua
- conservazione dei campioni di terreno in contenitori a chiusura stagna

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- remotizzazione dell'addetto
- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente nel tunnel
- procedure di lavoro relative a:
 - pulizia delle zone prossime al punto di perforazione e costante rimozione degli accumuli
 - bagnatura delle zone circostanti il punto di perforazione
- eliminazione immediata spurghi e acqua potenzialmente contaminata
- corretta manutenzione delle macchine effettuata secondo le istruzioni del produttore
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale

Manutenzione e pulizia

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
Manutenzione e pulizia degli escavatori • pulizia esterna	• aerodispersione secondaria: risollevarimento della polvere già formata, anche sotto forma di aerosol, (in caso di uso di idropulitrice a pressione)
Manutenzione sistemi chiusi • elementi di taglio, motori, cuscinetti, nastri trasportatori, camere stagne	
Manutenzione sistemi aperti • martello demolitore, macchine movimento terra, utensili di taglio, nastri trasportatori, motori	
Manutenzione degli impianti di ventilazione	
Soluzioni tecniche • pulizia a umido dei pezzi prima della riparazione/sostituzione • manutenzione secondo le istruzioni del produttore	
Soluzioni organizzative e procedurali • divieto di utilizzare sistemi ad aria (a pressione e a secco) • manutenzione periodica per il prolungamento di vita in efficienza delle macchine e degli organi in moto effettuata da personale esperto, qualificato ed autorizzato	

Approfondimento: il caso della galleria metropolitana della ferrovia circumetnea a Biancavilla (CT)

Il d.m. 18/9/2001, n. 468 individua Biancavilla tra i SIN e lo include nel “Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale”, a seguito del riconoscimento dell’elevato rischio sanitario ed ambientale correlato alla diffusa presenza di un minerale fibroso simile all’amianto.

Il perimetro di tale SIN ha una estensione pari a 330 ha e comprende tutto il territorio comunale, inclusa un’area estrattiva di 25 ha ubicata sul monte Calvario, immediatamente a ridosso del centro abitato. Qui si è estratto per oltre 50 anni pietrisco lavico con cui sono state realizzate strade sterrate ed edifici; tale pietrisco si è rivelato essere la sorgente di contaminazione principale, in quanto accidentalmente contenente fluoroedenite. A seguito dell’evidenza, in tale Comune, dell’anomalia dei dati epidemiologici registrati dall’Istituto superiore di sanità (Iss), in relazione all’incidenza del mesotelioma pleurico, malattia principalmente riconducibile ad amianto, il Mattm, nel 1999 incaricò l’Ispesl (ora Inail) di individuare la sorgente principale di inquinamento.

Tale indagine permise di evidenziare un’elevata aerodispersione di fibre pericolose causata non solo dall’attività estrattiva nell’area del sito di Monte Calvario, ma anche dal traffico cittadino che si articolava prevalentemente su strade sterrate. Le prime campagne di monitoraggio evidenziarono infatti un’elevata concentrazione di fibre asbesto-simili di fluoro-edenite nel sito estrattivo, ed in particolare nei pressi dei frantoi e dei piazzali di cava, oltre che nei pressi di zone comunali con strade a fondo sterrato durante il passaggio di autoveicoli, con superamento del valore di riferimento di 1 ff/l, indicato dall’Oms per gli ambienti di vita.

Successivi studi di maggior dettaglio condotti congiuntamente dagli Enti scientifici nazionali, tra cui l’Ispesl (ora Inail) permisero di evidenziare anche una contaminazione dei numerosi edifici del centro storico costruiti con malte e intonaci contenenti i prodotti della macinazione del materiale lapideo proveniente dall’area di estrazione. Tenuto conto della contaminazione ambientale riscontrata, furono adottate alcune misure cautelari indicate dagli Enti scientifici nazionali quali:



Figura 6.21 - intervento di rivestimento delle pareti del sito estrattivo di Monte Calvario con spritz beton e rete metallica

- chiusura delle attività estrattive;
- bitumatura delle strade a fondo sterrato;
- ricopertura del fondo del campo sportivo (anch'esso contaminato) con manto erboso o con soluzioni tecniche equivalenti;
- rimozione degli eventuali cumuli di materiale di riporto, detriti e polveri depositate, spesso accatastati ai margini delle strade sterrate (previo confezionamento in sacchi);
- conferimento presso volume confinato dei materiali di risulta dei lavori di urbanizzazione, di quelli provenienti dalla rimozione dei cumuli e dei materiali di scavo della costruenda galleria metropolitana della ferrovia circumetnea;
- adozione di particolari precauzioni durante i lavori di pulizia stradale (sostituzione della spazzatrice del Comune con apparecchiatura specifica per l'amianto; uso da parte degli operatori ecologici di DPI per le vie respiratorie);
- esecuzione delle operazioni di pulizia, anche domestica, ad umido, evitando la spazzatura delle zone sterrate antistanti i fabbricati da parte dei privati cittadini;
- divieto, ove possibile, dell'utilizzo in ambiente domestico e pubblico di macchinari che potessero indurre movimentazione dell'aria forzata in assenza di filtri specifici (ventilatori, condizionatori etc.).

Successivamente all'adozione di tali misure è stato approvato il progetto per la *“sistemazione definitiva nell'area di monte Calvario del materiale di risulta delle opere di urbanizzazione dell'abitato di Biancavilla e dallo scavo della galleria della ferrovia metropolitana Circum-etnea nell'ambito del territorio del Comune di Biancavilla”* ed il *“Piano di messa in sicurezza permanente e bonifica con ripristino ambientale dell'area di cava di Monte Calvario comprendente il sito di stoccaggio”*.

Ulteriori interventi progettuali hanno riguardato la posa della rete in fibra ottica all'interno del perimetro comunale e l'individuazione e realizzazione di un volume confinato all'interno del sito estrattivo per il deposito dei rifiuti provenienti dalle attività di bonifica e di scavo. Infine è del 2020 l'adozione da parte del Comune delle *“Procedure tecnico operative per la realizzazione in sicurezza di interventi ed opere urbanistico-edilizie nell'area del sito da bonificare di interesse nazionale di Biancavilla”*, elaborate da Inail ed approvate dal Mattm.

Il risanamento ambientale dell'intero territorio comunale (coincidente con il perimetro del SIN), avviato operativamente già a partire dal 2002 con significativi oneri a carico dello Stato, è tuttora in corso. I dati dei continui monitoraggi, realizzati dall'Arpa, dall'Inail e dall'Iss, hanno mostrato un trend discendente delle concentrazioni di fibre di fluoro-edenite aerodisperse con valori attuali in media inferiori al Valore Limite di 1 ff/l in ambiente cittadino, a testimonianza dell'efficacia delle misure adottate.

Tra le situazioni più complesse gestite nel SIN di Biancavilla va annoverato il completamento della linea ferroviaria circumetnea e più precisamente della tratta di scavo Paternò-Adrano. Tale opera prevedeva tra l'altro lo scavo di una galleria nel comune di Biancavilla, di lunghezza complessiva di 3165 m, con andamento Est -

Ovest. I lavori di scavo erano stati sospesi nel 1999 a seguito della inclusione del comune tra i SIN ed in considerazione dell'incertezza sulle misure di sicurezza da adottare. Sul totale, 1609 m risultavano già ultimati (scavati e rivestiti), mentre 1556 m erano ancora da scavare, su due tratti distinti, rispettivamente di 268 m (lato S. Maria di Licodia) e 1288 m (lato Adrano). La ripresa dei lavori è stata vincolata alla presentazione di uno specifico "Piano operativo di Sicurezza - Protezione da potenziale presenza di agenti cancerogeni", elaborato dall'Ispesl, ora Inail. Il Piano, a seguito dell'approvazione in Conferenza di Servizi Decisoria (del 24.07.2007) presso il Mattm, è stato adottato per l'ultimazione dell'opera.

I lavori sono dunque ripresi nel 2008 per una durata di circa 30 mesi, con un avanzamento medio di 1,6 metri/giorno.

Nel 2009 l'Inail ha inoltre provveduto ad effettuare un accertamento tecnico per la valutazione dell'esposizione dei lavoratori impegnati nelle opere di scavo lungo le diverse tratte.

I cantieri sotterranei d'attacco erano tre, con relativi imbocchi in diverse località:

- Cantiere 1 "Est" localizzato nelle adiacenze del M. Calvario e costituente l'inizio del tracciato in galleria dal lato di S.M. di Licodia - lo scavo realizzato era di m 138, con avanzamento di circa 1,30 m al giorno;
- Cantiere 2 "lato Ovest" in corrispondenza di Piazza Stazione, costituente la parte mediana del tracciato, con due fronti d'attacco in direzione degli altri due cantieri - lo scavo realizzato era di m 143 circa, con avanzamento di circa 0,40 m al giorno;
- Cantiere 3 "Ovest" sito in C.da Pozzillo e costituente l'altra estremità del percorso in galleria dal lato di Adrano - lo scavo realizzato era di m 372, con avanzamento di circa 1,20-1,30 m al giorno.

I lavori sotterranei, organizzati in tre turni, con fasi di perforazione per consolidamento e scavo solo in quelli diurni, consistevano in:

- consolidamento: perforazione ed infillaggio di tubifix, iniezione di malta cementizia. Mansioni coinvolte: sondatori, autista;
- scavo: scavo e posa centine, spritz beton (all'occorrenza), trasporto materiale in discarica (all'occorrenza). Mansioni coinvolte: minatori, escavatorista, palista, autista operatore pompa spritz beton, autista operatore betoniera, autista camion per discarica;
- rivestimento in calcestruzzo: spostamento e montaggio casseforme, getto di calcestruzzo (cls). Mansioni coinvolte: carpentieri, autista operatore pompa getto cls, autista operatore betoniera;
- piastrone di base: montaggio del ferro e del cassero, getto di cls. Mansioni coinvolte: capo squadra, carpentieri, autista operatore pompa getto cls, autista operatore betoniera.

Le squadre per ciascun turno erano completate all'occorrenza da addetti a lavori di consolidamento, addetti al getto di spritz beton, autisti di autobetoniera in fase

di consolidamento e di applicazione spritz beton, capo imbocco con compiti di coordinamento, tra l'altro, della circolazione dei mezzi.

Le macchine e i mezzi utilizzati in galleria erano:

- escavatore a martello;
- escavatore con benna;
- perforatrice tipo Jumbo (cantiere 2 lato Ovest);
- escavatore per tecnica Super Wedge (cantiere 2);
- pala meccanica per lo smarino;
- camion per trasporto materiali di risulta in discarica;
- macchina con pompa per pre-rivestire le pareti con spritz beton.

Il Piano operativo di sicurezza (POS) dell'opera conteneva una sintesi dei risultati delle indagini eseguite da vari soggetti sui campioni di suolo carotati lungo il percorso della galleria e su campioni d'aria. Il sito, considerato a rischio, era soggetto a specifiche misure di prevenzione e protezione comprendenti rilevazioni periodiche della concentrazione di fibre asbestiformi (prelievi ambientali e personali con cadenza prima settimanale e poi bisettimanale per l'intera durata dei lavori) finalizzate alla tutela dell'ambiente e dei lavoratori. Il programma dei monitoraggi era stato concordato con gli Organi di vigilanza competenti per territorio (Ausl ed Arpa) e gli Enti scientifici nazionali, tra cui l'Inail.

Per valutare in concreto i livelli di aerodispersione di fibre asbestiformi a carico dei lavoratori impegnati nei cantieri e degli ambienti di vita circostanti, sono state effettuate numerose campagne di monitoraggio con campionamenti dell'aerodisperso sia personali che ambientali ed analisi in Microscopia ottica (MOCF) ed elettronica (SEM).

I punti di prelievo ambientali sono stati ubicati in corrispondenza della bocca d'uscita dell'impianto di estrazione aria di ciascun cantiere, all'imbocco delle gallerie, sui fronti di scavo all'interno delle gallerie e sui piazzali di servizio delle aree di cantiere.

Tali campagne sono state condotte sia a scopi assicurativi da parte della Contarp Inail, che valutativi da parte del Dit-Inail.

Per quanto riguarda l'indagine ambientale Contarp, sono stati prelevati campioni per le mansioni di minatore, escavatorista, palista, nonché per addetti alle lavorazioni in corso di:

- gestione dello smarino, posa centina e rivestimento preliminare con spritz beton, consolidamento fronte (foratura);
- scavo con sistema Super Wedge e martellone (disgaggio e riduzione pezzatura);
- scavo, posa centina e rivestimento preliminare con spritz beton.

I dati ottenuti hanno sostanzialmente indicato assenza di fibre osservate nell'area di filtro esaminata, in quanto il valore di n. di fibre $< 0,5$ esprime il valore più basso che si riesce a leggere con la tecnica analitica. La discriminazione chimica non è stata possibile.

La tabella che segue presenta un riepilogo delle postazioni e delle mansioni sui cui sono stati effettuati i campionamenti.

Cantiere	Lavorazioni in corso	Figura professionale
1 Est	Smarino, posa centina e rivestimento preliminare con spritz beton, consolidamento fronte (foratura)	Minatore: a 138 m dall'imbocco Escavatorista: a 138 m dall'imbocco Palista: a 138 m dall'imbocco
2 Lato Ovest	Scavo con sistema Super Wedge e martellone (disgaggio e riduzione pezzatura)	Escavatorista: a 143,40 m dall'imbocco Minatore: a 143,40 m dall'imbocco Minatore: a 143,40 m dall'imbocco
3 Ovest	Scavo, posa centina e rivestimento preliminare con spritz beton	Escavatorista: a 372 m dall'imbocco Minatore: a 372 m dall'imbocco

In merito alle indagini a fini valutativi, condotte dal Dit Inail per stabilire l'efficacia delle misure di prevenzione adottate e per il loro costante adeguamento alle situazioni in essere rilevate in cantiere, sono state realizzate 12 indagini ambientali nel corso delle quali sono stati effettuati campionamenti sia personali che ambientali con relative analisi in MOCF e SEM. Sono state prese in esame tutte le mansioni svolte dai diversi lavoratori presenti on-site per valutare il diverso livello di esposizione; sono stati effettuati campionamenti ambientali sia in outdoor che in sotterraneo, nonché condotte ispezioni presso le UDP per verificarne il loro corretto utilizzo.

Situazioni di criticità sono state rilevate nelle fasi iniziali di lavorazione con saltuari innalzamenti dei valori sia presso i cantieri di escavazione che presso il volume confinato specificatamente autorizzato per lo smaltimento dei rifiuti (compresi i DPI esausti), ubicato all'interno del sito estrattivo comunale. Tali criticità sono state prontamente superate nelle aree di scavo vietando l'uso di esplosivi e suggerendo l'impiego esclusivo di martelli demolitori integrati da sistemi di bagnatura.

In tal senso ha contribuito anche l'utilizzo di sistemi di abbattimento della polverosità al fronte, durante le fasi di escavazione, per evitare aerodispersione primaria; sistemi di abbattimento della aerodispersione secondaria sono stati utilizzati lungo tutto il tracciato della galleria sterrata, mediante impianti di irrigazione allocati su entrambi i fianchi delle gallerie e tramite l'installazione di un frangente d'acqua in entrata/uscita dalle medesime, per la bagnatura dei mezzi in transito. Per quanto concerne il sito di smaltimento è stato richiesto di operare esclusivamente nelle giornate piovose o con ventosità ridotta, provvedendo in giornata alla ricopertura del terreno di risulta delle gallerie con materiale inerte, oltre alla costante nebulizzazione di tutto l'impianto.

Le indagini conoscitive e strumentali effettuate nei cantieri sotterranei di lavoro a Biancavilla e l'adozione delle misure di prevenzione e sicurezza suggerite hanno permesso, nel complesso, di evidenziare come nei campioni di particolato aerodisperso prelevati ed analizzati nel corso dei lavori, non si sia rilevata sostanziale presenza di fibre di amianto o di fibre asbestiformi anfiboliche del tipo fluoro-edenite.

6.4 Scavi e opere di urbanizzazione a diverse scale

Le opere di urbanizzazione consistono in tutte quelle attività volte a rendere idonea all'uso, una porzione di territorio in funzione della sua destinazione finale. Comprendono quindi tutte quelle opere necessarie per rendere fruibile un qualsiasi insediamento abitativo, produttivo, terziario o agricolo, esistente o di nuova fondazione.

La loro previsione fin dalla fase progettuale è richiesta esplicitamente sia dalle leggi vigenti in materia di edilizia e di governo del territorio, sia dai regolamenti edilizi locali che dagli strumenti di pianificazione urbanistica.

Le opere di urbanizzazione si distinguono in primarie e secondarie.

Tra le opere di urbanizzazione primaria, necessarie a garantire il corretto funzionamento degli edifici, anche da punto di vista igienico-sanitario, si annoverano la costruzione della rete idrica, fognaria ed elettrica nonché di strade, spazi di sosta e passaggi pedonali.

Le opere di urbanizzazione secondaria ricomprendono invece, beni e servizi di prima necessità e spazi di aggregazione (scuole, impianti sportivi, ecc.).

Per la realizzazione di tutte queste opere, anche solo come attività preliminari di preparazione dell'area, sono necessari lavori di scavo e movimentazione (carico, trasporto, riporti, spianamento, etc.) di terre e rocce.

Lo scavo a cui si ricorre è quello tradizionale a cielo aperto.

In base alla tipologia di opera da eseguire, si distingue in:

- scavo di splatemento: attività relativa ad un vasto scavo ad andamento pianeggiante (la superficie orizzontale è preponderante rispetto alla profondità dello scavo);
- scavo di sbancamento: attività relativa alla modifica dell'andamento naturale del terreno;
- scavo a sezione ristretta o obbligata: attività dove la sezione dello scavo è vincolata allo stato dei luoghi e/o alla presenza di strutture o servizi.

Inoltre può essere realizzato:

- manualmente: impiegato solo per scavi di ridotte dimensioni e di limitata profondità e solo qualora vi sia l'impossibilità di accedere all'area di lavoro con i mezzi meccanici;
- mediante macchine movimento terra in caso di scavi tradizionali;
- con tecnologie *"no dig"* o *"trenchless"*: impiegate per il risanamento e/o per la so-

stituzione delle tubazioni esistenti, e/o per la posa in opera di nuove infrastrutture di rete, ricorrendo a limitati scavi a cielo aperto (entità di scavo pari al 10-15% di quella richiesta dalle procedure tradizionali).

Queste ultime tecniche, alternative allo scavo tradizionale a cielo aperto, hanno trovato un vasto impiego per l'esecuzione di opere di posa e sostituzione di reti di sottoservizi (acquedotti, gasdotti, fognature, reti elettriche, reti di telecomunicazioni), poiché hanno il vantaggio di ridurre i tempi di realizzazione dell'intervento, di essere meno invasive (diminuzione dei volumi di materiali da movimentare) oltre ad essere più sicure per i lavoratori (riduzione significativa dei rischi di caduta dall'alto e di seppellimento). Mentre alcune di queste tecniche (pipe bursting, Pipe-Replacer), sono oggi sconsigliate in presenza di materiali contenenti amianto (caso della sostituzione delle tubature interrato in cemento amianto, poiché provocano la rottura del materiale, con conseguente rilascio di fibre nel suolo), nel caso specifico sono da considerarsi efficaci. Avere un'area di scavo limitata comporta una notevolmente riduzione sia dell'aerodispersione primaria che secondaria.

Nella presente trattazione, tuttavia non sono prese in considerazione tali tecniche in quanto ancora poco diffuse, ma si farà riferimento esclusivamente a quelle tradizionali a cielo aperto.

L'esecuzione di scavi in aree dove sia probabile la presenza di litologie contenenti amianto ha sicuramente come punto di partenza imprescindibile un'indagine geologica, petrografica e mineralogica, oltreché geomeccanica, per pianificare e definire le azioni d'intervento adeguate al livello di rischio presente.

I principi comuni da rispettare durante l'esecuzione di scavi in questi contesti possono essere così elencati:

- evitare il sollevamento di polveri in tutta l'area in cui sono effettuati i lavori;
- adozione delle protezioni individuali per ogni lavoratore presente all'interno del cantiere;
- limitazione dell'esposizione dei lavoratori con riduzione delle ore di attività nelle mansioni a rischio (rotazione del personale);
- presenza di cabine pressurizzate con condizionamento interno e con filtro assoluto sui mezzi d'opera;
- dove possibile pavimentare con materiali antipolvere le aree di passaggio dei mezzi;
- pulizia delle polveri dai mezzi di trasporto e dalle attrezzature per evitare il trasferimento della contaminazione al di fuori dell'area di cantiere;
- monitoraggio programmato dell'aerodispersione nell'area interessata dagli scavi e all'esterno;
- rispetto delle procedure per la manutenzione dei DPI e dell'igiene personale alla fine del turno prima di lasciare il cantiere.

Di seguito vengono illustrate a titolo esemplificativo, e non esaustivo, le fasi

lavorative di scavo per opere di fondazione, per posa in opera di reti di sottoservizi, per costruzioni stradali e ferroviarie. Per le fasi in cui si possono verificare situazioni di aerodispersione primaria o secondaria, a causa della manomissione diretta della superficie contaminata o per risollevarimento delle polveri, vengono poi descritte le misure tecniche ed organizzative procedurali da adottare.

Scavi per opere di fondazione

Questi scavi sono a cielo aperto ed a sezione obbligata con pareti verticali o subverticali, eventualmente effettuati in luoghi già abitati (aree urbane, centri storici). Sono generalmente caratterizzati da ampie superfici di impronta, dislivelli notevoli, assenza di vie di fuga, problemi di drenaggio dell'acqua e notevole sviluppo delle pareti di taglio.

La realizzazione delle fondazioni prevede le seguenti fasi lavorative:

- tracciamento delle fondazioni;
- pulizia dell'area con mezzi meccanici per l'asportazione della parte più superficiale del terreno, dell'erba, di cespugli o di altri ostacoli;
- realizzazione di un piano per infissione picchetti, posizionamento strumenti di misura, etc.;
- sbancamento: modifica del profilo naturale, fino alla quota di base;
- scavo per fondazioni;
- realizzazione delle fondazioni dirette o indirette (palificazioni).

Scavi per posa in opera di reti di sottoservizio

Si tratta di scavi a sezione obbligata, con notevole sviluppo longitudinale, di profondità in genere non elevata e con possibile disomogeneità litologica e strutturale dei terreni attraversati. Tali contesti sono caratterizzati da spazi spesso ristretti e pertanto si configurano come ambiti operativi angusti.

La profondità di posa dipende dal tipo di sottoservizio e dalle condizioni in sito. In corrispondenza dei centri cittadini, infatti, la coesistenza di più reti di sottoservizi comporta la necessità di organizzare lo spazio disponibile posizionando ciascuna di esse ad una diversa profondità.

Per il servizio idrico, ad esempio, le condotte vengono posizionate ad una profondità compresa tra 1,20 - 1,30 m nei centri cittadini e intorno a 1,50 m per gli acquedotti esterni.

La larghezza dello scavo dipende oltre che dalle dimensioni del tubo, anche dagli spazi minimi necessari per le attività di assemblaggio degli elementi che andranno a costituire l'opera.

Le operazioni di scavo in terreni, di qualsiasi natura e consistenza, vengono generalmente realizzati mediante escavatori/miniescavatori, ma in specifiche situazioni può essere necessario ricorrere ad interventi manuali.

Lo scavo di trincee in roccia invece viene eseguito a mano con martello demolitore o mediante martellone montato su mezzo meccanico (raramente viene impiegato esplosivo).

A seguito della regolarizzazione del fondo, per la formazione del letto di posa può essere impiegato il materiale scavato opportunamente vagliato o di riporto.

La messa in posa prevede quindi le seguenti fasi:

- posa della segnaletica di sicurezza del cantiere;
- predisposizione di spazi per il parcheggio e movimentazione dei mezzi d'opera;
- scarifica e rimozione di porzioni di sede stradale se pre-esistente;
- scavo per la realizzazione della trincea con mezzo meccanico o a mano se necessario;
- abbancamento del materiale scavato in area limitrofa allo scavo;
- formazione del letto di posa (materiale scavato opportunamente vagliato o materiale di riporto);
- messa in posa della tubazione;
- reinterro e sistemazione dello scavo (materiale scavato o materiale di riporto);
- eventuale ripristino della pavimentazione;
- trasporto e smaltimento dell'eventuale materiale di risulta.

Scavi per costruzioni stradali e ferroviarie

In tale ambito esiste una notevole variabilità nella tipologia dei lavori di taglio, scavo e sagomatura dei versanti, anche in funzione dell'assetto plano-altimetrico (gallerie, ponti ecc.), dell'antropizzazione del territorio e delle opere previste lungo il tracciato (ad es. passanti stradali e ferroviari sotterranei, incassati o sopraelevati). Un caso particolare è il cantiere stradale in cui l'intervento di scavo avviene in un'area destinata alla circolazione e alla sosta dei veicoli e dei pedoni, nella quale si eseguono lavori o si depositano materiali. Può essere fisso, se non subisce spostamenti nell'arco della giornata o mobile.

Il cantiere può essere sviluppato in trincea, in rilevato, a mezza costa o in relazione a opere d'arte.

Le fasi di lavoro sono:

- tracciamento;
- posa della segnaletica di sicurezza del cantiere;
- posa e formazione della segnaletica stradale (verticale e orizzontale);
- predisposizione di spazi per il parcheggio e movimentazione dei mezzi d'opera;
- scarifica e rimozione di porzioni di sede stradale se pre-esistente;
- deviazione di corsi d'acqua (quando necessaria);
- posa delle opere provvisorie per sostegno e protezione degli scavi;
- scavi per le opere di fondazione;
- eventuale deviazione di sottoservizi;
- posa di cordoli, pavimentazione, tubazioni, pozzetti, ecc.;
- rinterri e compattazioni;
- formazione del sottofondo stradale;
- stesa del conglomerato bituminoso;
- posa di elementi per l'allontanamento delle acque;
- posa barriere di sicurezza;

- formazione di aree a verde;
- rimozione della segnaletica stradale temporanea e ripristino di quella permanente;
- pulizia e ripristino delle aree interessate dalle lavorazioni;
- trasporti in discarica.



Figura 6.22 - Sbancamento stradale con affioramento di amianto naturale



Figura 6.23 - Interventi di copertura del versante con affioramento di amianto naturale

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
• tracciamento	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso nelle operazioni di infissione picchetti, posizionamento degli strumenti di misura • aerodispersione secondaria: pulizia del terreno, movimentazione dei mezzi di trasporto; se indumenti e DPI non vengono adeguatamente puliti e/o dismessi la contaminazione può essere esportata dall'area di lavoro all'esterno

Soluzioni tecniche

- umidificazione preventiva

Soluzioni organizzative e procedurali

- pulizia ad umido delle attrezzature utilizzate
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
• preparazione • escavazione	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene di materiale fibroso nello scavo della roccia • aerodispersione secondaria: risollevarimento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra

Soluzioni tecniche

- bagnatura con appositi sistemi per la nebulizzazione dell'acqua, di cui dovrà essere garantita la continuità
- bagnatura delle zone circostanti il punto di disgaggio
- copertura con teloni della zona denudata, soprattutto se in condizioni di ventilazione sostenuta
- installazione di barriere antivento intorno alla zona di lavoro
- adeguamento delle volumetrie di scavo per limitare l'entità della mobilitazione dei materiali contaminati
- limitazione di velocità di avanzamento dello scavo

Soluzioni organizzative e procedurali

- eliminazione delle polveri dai mezzi di trasporto e in generale dalle attrezzature - lavaggio
- gestione dei cumuli e depositi temporanei di materiale scavato
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
• posizionamento armature	• aerodispersione primaria: intercettazione di vene o di materiale fibroso nelle operazioni di infissione delle armature • aerodispersione secondaria: risollevarimento per movimentazione delle armature rimosse

Soluzioni tecniche

- umidificazione dell'area escavata, senza compromissione della stabilità
- eventuale inertizzazione dell'area escavata con spritz beton

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- procedure di posa che minimizzino il disturbo dello scavo
- pulizia ad umido/lavaggio delle attrezzature utilizzate
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
• realizzazione opere/fondazioni	• aerodispersione primaria: fuoriuscita a giorno di fanghi contaminati durante l'esecuzione di pali trivellati • aerodispersione secondaria: risollevarimento di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra

Soluzioni tecniche

- adeguata umidificazione dell'area escavata
- copertura con teli durante i periodi di fermo cantiere
- eventuale inertizzazione delle superfici esposte spritz beton
- esecuzione di pali con circolazione d'acqua; stoccaggio del materiale di risulta in area dedicata

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni
- utilizzo di mezzi con cabine pressurizzate con condizionamento interno con sistemi filtranti adeguati
- conseguente manutenzione adeguata dei sistemi filtranti
- eliminazione delle polveri dai mezzi e attrezzature - lavaggio
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
• movimentazione del materiale di risulta • trasporto	• aerodispersione primaria: frantumazione del materiale per la movimentazione durante il carico sui mezzi • aerodispersione secondaria: risollevamento di polvere per non adeguata pulizia dei mezzi all'uscita del cantiere

Soluzioni tecniche

- installazione filtri impianto cabina di guida
- pavimentazione delle vie di transito, e quando possibile anche dei percorsi principali
- bagnatura con impianti fissi per la nebulizzazione dell'acqua (anche con aggiunta di additivi di stabilizzazione)
- bagnatura delle ruote dei camion con passaggio obbligatorio attraverso impianto erogatore a spruzzo
- utilizzo di mezzi con cabine pressurizzate con condizionamento interno con sistemi filtranti adeguati
- copertura con teloni dei cassoni dei camion durante il trasporto dei materiali al di fuori dei luoghi di estrazione

Soluzioni organizzative e procedurali

- regolazione del traffico veicolare e pedonale interno e in ingresso: limitazione della velocità dei mezzi, anche con dispositivi (bande rilevate, cunette, etc.).
- allontanamento di lavorazioni dalle vie di transito
- pulizia degli automezzi prima dell'uscita
- corretta manutenzione effettuata rispettando le indicazioni e la cadenza stabilita dal costruttore
- rispetto delle procedure per l'utilizzo dei DPI e l'igiene personale

Approfondimento: il caso studio delle attività di costruzione stradale nel SIN di Biancavilla e le misure di prevenzione e protezione per la filiera delle opere di urbanizzazione

Come precedentemente segnalato nell'intero perimetro comunale di Biancavilla è stata riscontrata una diffusa presenza di fluoro-edenite nel suolo. Qualsiasi attività di costruzione per opere di pubblica utilità (rete idrica, gas, luce, telefonia, etc.) può pertanto provocare una potenziale aerodispersione primaria o secondaria.

Nel tempo sono stati approvati diversi progetti che hanno richiesto una approfondita valutazione sull'impatto ambientale e l'esecuzione di monitoraggi dell'aerodisperso. Di seguito si riportano alcune tra le più significative esperienze maturate negli ultimi 20 anni.

Nel 2002-2003, nell'ambito dei lavori di bonifica e di ripristino ambientale del SIN, l'Inail ha proceduto, a fini assicurativi, al monitoraggio dei lavoratori impegnati nelle costruzioni stradali, in relazione all'aerodispersione di fibre di fluoro-edenite. Ai fini della riduzione dell'aerodispersione secondaria sono stati predisposti specifici interventi, che sono consistiti in:

- realizzazione del "cassonetto stradale", con asportazione dei primi 20 cm circa di terreno naturale e di riporto, conferito poi in discarica presso il sito della ex cava di M. Calvario;
- preparazione dello strato di sottofondazione (su cui poggiare il cassonetto), realizzato con materiale inerte definito "misto granulometrico";
- asfaltatura.

Le figure professionali impegnate nelle principali fasi di lavoro (asfaltatura esclusa) e considerate nella valutazione di cui sopra, erano:

- addetto all'escavatore;
- operai addetti all'aspersione con liquidi incapsulanti del materiale da asportare, e all'esecuzione di piccoli scavi manuali;
- addetto alla minipala e al rullo compressore;
- addetto al trasporto in discarica del materiale scarificato con camion.

Tra i mezzi impiegati: escavatori con benna, camion per trasporto in discarica, furgoni per trasporto del liquido incapsulante con serbatoio di 1000 l, minipala per stendere il granulato, rullo compressore.

Nelle aree oggetto di intervento era già attivo un complesso protocollo di monitoraggio sulla presenza di fibre aerodisperse. I campionamenti sono stati eseguiti nel primo mese con cadenza giornaliera (prelievi personali e ambientali), e successivamente settimanale (prelievi ambientali).

L'indagine ambientale nel corso dei lavori di rifacimento delle strade sterrate, effettuata dall'Inail, ha previsto 15 prelievi personali di campioni d'aria e 18 prelievi di campioni massivi in diversi cantieri. Come massivi sono stati campionati: roccia e sabbie vulcaniche o parzialmente vulcaniche del fondo stradale naturale,

frammenti di tute da lavoro in tessuto non tessuto già usate, frammenti di roccia, sabbie, ghiaia, misto granulometrico vulcanico del nuovo sottofondo, frammenti di maschere semifacciali filtranti dopo l'utilizzo, provenienti da quattro diversi cantieri. Nei campioni massivi è stata eseguita la ricerca e la caratterizzazione di fibre asbestiformi e di altri minerali fibrosi, in particolare anfiboli contenenti Ca e Mg, con analisi in SEM; nei campioni su membrana (filtri) è stato eseguito il conteggio degli elementi fibrosi con discriminazione morfologica e chimica (SEM), determinando la concentrazione di fibre asbestiformi e di altre fibre. Le analisi sono state eseguite dal laboratorio Inail.

Nei campioni massivi è stata rilevata la presenza di alcune specie fibrose appartenenti ai gruppi dei pirosseni e degli anfiboli (silicati), con caratteristiche di respirabilità. In alcuni campioni, sono state individuate fibre con morfologia simile a quella della fluoro-edenite.

Le risultanze dei campionamenti personali non hanno mostrato superamenti dei valori limite, attestando la corretta esecuzione dei lavori in termini di sicurezza, per gli operatori e per gli ambienti di vita.

Posa dei cavi in fibra ottica

Nel mese di dicembre 2016, è stato dato avvio al "Progetto Banda Ultra Larga", opera pubblica che prevede la realizzazione della rete in fibra ottica in 142 comuni della Sicilia. Esso è iniziato a partire dal centro urbano di Biancavilla con l'effettuazione della posa dei cavi in fibra ottica per collegare 41 armadi stradali alla centrale ed ha successivamente interessato anche i comuni limitrofi.

L'obiettivo era raggiungere un bacino di utenza di circa 11.500 unità immobiliari e collegare a 100 Mbit/s anche le 11 sedi della P.A. (scuole, istituzioni, FF.OO.) presenti nella cittadina.

Le lavorazioni sono state eseguite sulle principali sedi stradali comunali per una durata di circa 11 settimane.

Considerata la peculiarità ambientale del sito di Biancavilla, sulla base di accordi tra la ditta aggiudicataria del bando ministeriale e l'Amministrazione comunale, il programma delle attività di scavo ha previsto un piano di lavorazione per la posa dei cavi in fibra ottica, approvato dalle autorità preposte alla tutela ambientale (Mattm, Enti scientifici nazionali, Organi di vigilanza territorialmente competenti), e da attuarsi, previo monitoraggio costante della qualità dell'aria, da imprese abilitate iscritte all'Albo gestori ambientali categoria 10.

Anche l'Inail, in qualità di referente tecnico scientifico del Mattm, si è espresso in merito al progetto presentato, evidenziando la necessità di redazione di un Piano di caratterizzazione dell'intera tratta interessata dai lavori, al fine di valutare idonee misure di sicurezza a tutela degli operatori addetti alle lavorazioni e degli ambienti di vita limitrofi, e di un piano di monitoraggio personale e ambientale, ai fini della tutela dei lavoratori addetti alle operazioni prospettate e della popolazione residente in prossimità dei cantieri.

È stato rappresentato inoltre, che tutti gli operatori impegnati in tali lavorazioni,

prima dell'inizio delle operazioni, avrebbero dovuto ricevere idonea informazione e formazione, sul rischio correlato alla presenza di fluoro-edenite nel suolo e sui DPI da adottare.

A seguito delle diverse osservazioni formulate dagli Enti preposti al controllo, l'originaria lunghezza dell'infrastruttura in fibra ottica è stata ridotta ai fini del contenimento dei costi e dei tempi di realizzazione - tenuto conto della specificità ambientale - a complessivi 2,5 km circa, coprendo la restante rete di telecomunicazioni mediante infrastruttura via etere con nuova posa di cavo aereo (tecnologia mobile).

Tutte le lavorazioni sono state effettuate secondo le prescrizioni delle autorità competenti relative alla tutela dei lavoratori. In sintesi si è proceduto con:

- allestimento del cantiere temporaneo su strada carrabile con delimitazione e recinzione con pannelli modulari al fine di evitare l'interruzione del servizio;
- delimitazione del cantiere e apposizione della segnaletica anche riguardo al rischio di inalazione polveri;
- realizzazione di un'area di decontaminazione del personale, ai fini della corretta esecuzione delle operazioni di vestizione/svestizione del personale;
- bagnatura mediante nebulizzazione continua dell'area di scavo e dei materiali caricati su camion. La frantumazione dell'asfalto con mezzo meccanico si effettua nebulizzando preventivamente e durante la rottura dello stesso con prodotto incapsulante biodegradabile;
- impiego di macchine operatrici in sicurezza (copertura dei mezzi con teloni in fase di trasporto del materiale);
- lavaggio con acqua di attrezzature e macchine dopo ogni ciclo di lavoro, entro il perimetro di scavo;
- bagnatura e/o eventuale incapsulamento dello scavo e del terreno di risulta;
- conferimento dei materiali di risulta in discarica autorizzata;
- informazione dei lavoratori sui rischi derivanti dalla fluoro-edenite e impiego di idonei DPI (guanti, tute in tessuto non tessuto o similari monouso, con cappuccio e cuciture rivestite da nastro isolante, calzari in gomma o scarpe antinfortunistiche idrorepellenti; per la protezione respiratoria, maschere con filtro P3.

I lavori sono stati eseguiti all'interno di una struttura mobile di confinamento, al fine di contenere l'eventuale aerodispersione lungo tutta la tratta di interesse.

La velocità media di avanzamento dei lavori è variata da centinaia di metri al giorno a chilometri l'ora, anche in funzione della pavimentazione rinvenuta e della tipologia di materiale da scavare (roccia, terreno).

Le fasi operative sono state le seguenti:

- monitoraggio ambientale *ante operam*;
- bagnatura e/o eventuale incapsulamento preventivi;
- scavi a sezione obbligata con mezzi meccanici e rimozione materiali escavati;
- prelievo di campioni;
- confezionamento dei materiali escavati e deposito temporaneo;

- trasporto a destinazione;
- posa tubazioni;
- riempimento degli scavi a sezione ristretta con malta cementizia;
- esecuzione di cordoli, marciapiedi e canalette;
- messa in opera dei pozzetti prefabbricati e paline;
- ripristino basolato o posa in opera di conglomerato bituminoso.

Gli scavi sono stati effettuati a cielo aperto con l'impiego di mezzi meccanici. In particolare si è ricorsi a scavi a sezione ristretta con la tecnica della "mini-trincea" per la posa di un cavo a fibra ottica e a sezione obbligata per la posa di condutture destinate alla distribuzione di fibra e di altri elementi dell'infrastruttura.

Su due fasi lavorative di 4 settimane, le operazioni di scavo hanno avuto una durata rispettivamente di 17 e 13 giorni.

Le lavorazioni con potenziale aerodispersione di fibre di fluoro-edenite sono state quelle di scavo stradale e di movimentazione e confezionamento della terra rimossa, ed insaccata poi in big bags, successivamente sigillati, etichettati, incapsulati.

L'involucro esterno dei big bags è stato pulito con aspiratore dotato di filtro assoluto Hepa. I sacconi sigillati a fine giornata lavorativa sono stati caricati su un automezzo e conferiti in un impianto autorizzato di stoccaggio provvisorio per rifiuti contenenti amianto.

Specifiche indicazioni sono state date in caso di riutilizzo in sito della terra scavata, previa copertura con terreno pulito o pavimentazione; in caso di eccedenza, è stato previsto il conferimento diretto in un impianto di smaltimento per rifiuti di amianto o, a seguito di caratterizzazione analitica (con ricerca della fluoro-edenite), l'avvio a recupero/smaltimento secondo le norme specifiche per la gestione delle terre e rocce da scavo.

I cantieri di scavo, come sopra accennato, sono stati delimitati lateralmente con strutture mobili in telo in PVC, con apposta la segnaletica di pericolo per i rischi specifici.

L'escavatore impiegato è stato pulito prima con aspiratore dotato di filtro Hepa e successivamente ad umido. I panni impiegati sono poi stati smaltiti insieme agli indumenti dei lavoratori come rifiuti speciali pericolosi con il codice Cer 15.02.02*- "assorbenti, materiali filtranti (inclusi filtri dell'olio non specificati altrimenti), stracci e indumenti protettivi, contaminati da sostanze pericolose".

All'interno del Piano di sicurezza e coordinamento è stato incluso il Piano di monitoraggio ambientale che ha previsto una continua verifica della presenza di fibre aerodisperse nella zona interessata dai lavori:

- durata del monitoraggio in fase ante operam pari a 15 giorni distribuiti nel tempo in modo da risultare rappresentativo delle diverse condizioni meteorologiche della zona e del regime dei venti dominanti;
- numero 75 campioni prelevati nelle 5 stazioni della rete di monitoraggio per definire il valore di fondo ambientale dell'area e valutare l'opportunità di individuare

“valori di riferimento” per le fibre anfiboliche in ambiente outdoor diversi rispetto a quello indicato dall’Oms (1 ff/l);

- in corso d’opera, è stato eseguito almeno 1 campionamento al giorno per singolo cantiere. Il campionamento è stato eseguito in prossimità delle attività con maggiore rischio di aerodispersione delle fibre (escavazione, asportazione materiali di risulta, insaccamento nei big bags, ecc.), tenendo altresì conto delle condizioni meteorologiche giornaliere.

Nel PSC, sono state indicate inoltre, le misure da attuare in particolari condizioni:

- nel caso di un progressivo aumento delle fibre aerodisperse, intensificare la bagnatura dell’area di scavo e della terra interessata, utilizzando dell’acqua e/o dell’incapsulante, al fine di evitare la dispersione delle fibre;
- nel caso di un ulteriore aumento dei livelli di inquinamento, sospendere le attività di scavo e predisporre misure idonee per contenere e limitare la dispersione delle fibre (aumento della quantità di incapsulante, chiusura dello scavo con telo in PVC o geotessuto, ecc.);
- nel caso della contemporanea presenza di più cantieri di scavo, effettuare campionamenti giornalieri per ciascun tratto;
- nel caso di “significativa” persistenza di vento di intensità uguale o superiore al grado 3 della scala Beaufort (2-19 km/h), sospendere le operazioni di scavo.

Il Piano infine conteneva le misure di decontaminazione del personale, delle attrezzature e dei mezzi.

Negli ultimi mesi del 2016, ai controlli di routine eseguiti all’interno del SIN, è stato affiancato il monitoraggio ante-operam relativo ai lavori per la realizzazione del progetto “Banda ultralarga (BUL) e sviluppo digitale in Sicilia - Cantiere Biancavilla San Rocco”. Il monitoraggio non ha comportato evidenza di superamenti del valore limite. A conclusione dei lavori è stato quindi eseguito il monitoraggio post operam.

Complessivamente non si sono registrati superamenti, se non durante limitati interventi di scavo/demolizione, o in presenza di avverse condizioni meteorologiche.

Procedure tecnico-operative di sicurezza per lavori di scavo e movimentazione terre nel sito di Biancavilla

Il comune di Biancavilla, nel 2016 ha siglato una apposita convenzione con Inail per la stesura di procedure da adottare a tutela dei lavoratori, degli ambienti di vita e delle matrici ambientali (aria, acqua e suolo) nel corso di attività di gestione del territorio che comportano interventi ed opere urbanistico-edilizie nell’area del SIN di Biancavilla. Ciò in considerazione delle conoscenze tecnico-scientifiche possedute e dell’esperienza maturata dall’Inail in materia di amianto e fibre anfiboliche pericolose, tra cui la fluoro-edenite.

La convenzione, ancora in atto, prevede, oltre alla stesura delle succitate procedure e misure di prevenzione anche la realizzazione di campagne trimestrali di

monitoraggio ambientale e personale, da effettuarsi per la verifica della corretta attuazione delle indicazioni fornite.

Al fine quindi di implementare ulteriormente l'efficacia delle attività di prevenzione dei rischi per i lavoratori e di promozione della salute della popolazione finora messe in atto nel SIN a garanzia di un maggiore livello della qualità ambientale, si è proceduto alla redazione di procedure di sicurezza, per le attività che possono generare aerodispersione di fibre pericolose, quali:

- movimentazioni di terreno e scavi, per opere pubbliche o private (livellamenti, pavimentazioni stradali, opere di escavazione per posa in opera di reti, per fondazioni, etc.);
- interventi che comportino operazioni di demolizione o una qualunque forma di rottura di murature e/o disturbo di materiali potenzialmente contenenti fluoro-edenite in edifici costruiti fra il 1950 ed il 1990 (demolizione di edifici, pareti, rifacimento intonaci, apertura finestre, piccoli interventi di manutenzione, etc.).

Tali procedure, approvate con decreto n. 48 del 15 maggio 2020 dal Mattm, indicano modalità di "bonifica" non ancora codificate dalle norme vigenti, a tutela dei lavoratori addetti a tali interventi e degli ambienti di vita limitrofi.

Nella presente trattazione, si farà riferimento esclusivamente alle attività di movimentazione di terreni e scavo.

Alla luce dei risultati del PDC e dei dati analitici registrati dagli anni 2000 ad oggi, si è ritenuto di dover considerare a priori, per il principio della massima cautela, trattandosi di ambienti di vita cittadini, che tutto il suolo, sottosuolo, compreso nel perimetro del SIN, sia contaminato da fibre di fluoro-edenite.

In funzione delle concentrazioni riscontrate on site, attraverso monitoraggi ambientali e personali, dovranno essere adottate misure di prevenzione più o meno stringenti. In generale, si ritiene di dover adottare un grado di attenzione maggiormente elevato per attività che impattano significativamente sui terreni contaminati (interventi di escavazione, movimentazione, splateamento, scarifica, rippaggio, scotico, livellamento, etc.), rispetto a quelle che possono avere un contatto episodico e/o sporadico con gli stessi.

Le misure riportate dovranno essere applicate sia ai casi di lavorazioni di grandi che di piccole dimensioni con procedure diversificate. Analogamente vengono indicati i più idonei DPI e Dispositivi di protezione collettiva (DPC) in considerazione del principio di massima cautela per i lavoratori.

A titolo esemplificativo si riportano di seguito le principali misure di prevenzione e protezione da adottarsi nel caso di grandi interventi di escavazione/movimentazione di terreni:

- delimitazione dell'intera area oggetto degli interventi su tutti i lati del perimetro con idonea recinzione, per impedire l'accesso ai non addetti ai lavori;
- installazione di idonea cartellonistica anti-intrusione, divieto di accesso ai non addetti ai lavori, obbligo di adozione dei DPI e pericolo di inalazione di fibre pericolose, idonea per dimensione e collocazione;

- creazione di una zona di vestizione/svestizione in ingresso al cantiere ove indossare i DPI e smaltimento in opportuno contenitore chiuso al termine del turno lavorativo, eventualmente con apposita UDP così come prevista e gestita ai sensi del decreto Ministeriale 6 settembre 1994 o una Unità spogliatoio costituita da almeno due locali, uno per gli indumenti puliti ad uso civile ed uno per la gestione dei DPI di cantiere, intervallati da una chiusa d'aria;
- accesso autorizzato all'area di cantiere solo ai lavoratori equipaggiati con idonei DPI a perdere. In particolare, è opportuno l'utilizzo di guanti, tute in tessuto non tessuto o similari a perdere (preferibilmente lisce, complete di cappuccio da indossare sempre, anche sotto il casco e con cuciture rivestite da nastro isolante), e calzari in gomma o scarpe alte antinfortunistiche idrorepellenti (da pulire molto bene con acqua a fine turno e da lasciare in cantiere). I pantaloni della tuta dovranno essere inseriti fuori dei calzari in gomma o scarpe alte antinfortunistiche e sigillati con nastro adesivo. Analoga sigillatura dovrà essere prevista tra i guanti ed i polsini della tuta. Si sconsiglia l'impiego dei calzari a perdere, che potranno essere previsti solo per lavorazioni limitate e di brevissima durata;
- impiego di dispositivi per la protezione delle vie aeree: maschere pieno facciali con filtro P3 o dispositivi di categoria superiore per gli addetti alle operazioni di escavazione, movimentazione, etc.; semimaschere con filtro P3 per gli addetti alle operazioni di messa in posa di strutture edili, etc.; facciale filtrante a perdere (FFP3) per le altre figure professionali;
- corretta svestizione dei DPI: in sequenza dovranno essere lavati i calzari in gomma o scarpe alte antinfortunistiche, rimossi i guanti e la tuta, tolti i calzari o le scarpe precedentemente citate e, da ultimo, levata la maschera a protezione delle vie aeree. In caso trattasi di maschere pieno facciali o semimaschere con filtro P3, prima della loro rimozione, si dovrà provvedere ad una accurata loro decontaminazione esterna con acqua e successivamente interna, e ad una eventuale sostituzione dei filtri. I filtri esausti in analogia ai facciali filtranti a perdere (FFP3), dovranno essere smaltiti al termine di ogni singolo utilizzo come rifiuti contaminati da sostanze pericolose. Detti rifiuti dovranno essere collocati in busta chiusa prima del loro smaltimento. Le maschere pieno facciali o semimaschere pulite dovranno essere conservate in busta chiusa;
- smaltimento a seguito della loro dismissione dei DPI impiegati durante le lavorazioni come rifiuti contaminati da sostanze pericolose;
- impiego di presidi di sicurezza (elmetto, imbracature, funi, occhiali di protezione, cuffia antirumore, etc.), oltre a quelli necessari per lavorare in presenza di fibre pericolose durante tutte le operazioni;
- idonei turni lavorativi e pause che tengano conto dello stress indotto dai DPI utilizzati e delle condizioni climatiche. Le pause eventualmente svolte all'interno del cantiere dovranno essere effettuate esclusivamente presso i servizi logistici (locale mensa, uffici, etc.), evitando la circolazione senza DPI all'interno dell'area di cantiere;
- bagnatura con nebulizzazione a bassa pressione di tutta la viabilità interna al cantiere;

- divieto di sottoporre ad operazioni di recupero fuori sito o di incenerimento i rifiuti vegetali prodotti dalle attività di decespugliamento, potatura etc.. Gli stessi potranno essere sottoposti a recupero esclusivamente nel sito;
- preventiva imbibizione del terreno con acqua prima dell'esecuzione di qualsiasi attività che comporti movimentazione di suolo e sottosuolo (carotaggi, trincee, scavi, etc.) da proseguire durante tutte le fasi di scavo e movimentazione;
- in caso di lavorazioni aventi durata superiore ad una giornata lavorativa, bagnatura/aspersione con una soluzione di acqua ed incapsulante dello scavo prodotto, per stabilizzare le superfici esposte all'aria durante le successive fasi lavorative;
- durante le fasi di movimentazione/escavazione di suolo e sottosuolo, stoccaggio del materiale di risulta ancora umido, all'interno dell'area di cantiere al di sopra di teli in polietilene di spessore minimo di 0,15 mm. Sullo stesso dovrà essere steso a fine giornata lavorativa uno o più teli in polietilene liscio/i e di idoneo spessore al fine di evitare il sollevamento di polveri potenzialmente pericolose ad opera degli agenti atmosferici;
- prima della movimentazione/rimozione del terreno di risulta, qualora si fosse asciugato, procedere ad una nuova bagnatura;
- confezionare l'eventuale materiale di risulta non reimpiegato in situ, in sacchi chiusi e, successivamente in big-bags, trasportato in camion coperti, previa imbibizione del materiale. Si dovrà procedere al suo allontanamento dal cantiere e conferimento in apposito deposito preliminare o definitivo, quanto prima possibile;
- lavaggio dei mezzi prima dell'uscita, entro il perimetro interessato dal cantiere con acqua a bassa pressione (no idropulitrice). A fine giornata lavorativa, si dovrà altresì prevedere una accurata pulizia interna dell'abitacolo mediante aspiratore a filtri assoluti;
- decontaminazione ad umido di tutte le attrezzature impiegate;
- prima di procedere alla realizzazione di eventuali nuove strutture, per poterle costruire senza specifiche misure di prevenzione e protezione dei lavoratori per il rischio di inalazione di fibre di fluoro-edenite, confinamento di tutte le porzioni di terreno movimentato.

6.5 Lavorazioni agrarie e forestali

Vaste zone del territorio nazionale (Alpi e Appennino Centro Meridionale) sono caratterizzate da una notevole complessità geologica, presentando affioramento di rocce metamorfiche contenenti minerali d'amianto e, in particolare, tremolite; in queste aree sono presenti attività produttive agricole e forestali.

Questi territori sono considerati marginali per l'agricoltura, in quanto la presenza di terreni prevalentemente ciottolosi, ricchi di scheletro, con la presenza di una percentuale variabile di argilla e spesso con un pH tendente all'acidità non sono idonei ad uno sfruttamento intensivo. Pertanto l'agroecosistema sopra descritto permette principalmente attività agro silvo-pastorali.

In queste zone del territorio nazionale la presenza di aree boschive determina anche attività lavorative forestali volte allo sfruttamento, ma anche alla gestione conservativa, del patrimonio boschivo.

6.5.1 Lavorazioni agrarie

Le attività agricole che vengono svolte sono di tipo estensivo e si possono ricondurre alle coltivazioni erbacee, arboree ed agli allevamenti. In particolare le lavorazioni agricole necessarie nel caso di impianto di una coltura arborea riguardano la preparazione del terreno che può prevedere, oltre all'eventuale abbattimento di piante, il dissodamento, lo scasso, il livellamento della superficie del terreno. Nel caso di impianto delle colture erbacee annuali e poliannuali si effettuano lavorazioni tradizionali quali l'aratura, l'epicatura, la semina e rullatura che comportano una movimentazione del suolo. Nell'ultimo decennio si stanno progressivamente espandendo nuove tecniche di lavorazione quali la "semina su sodo" in terreni non lavorati (non dissodati) attraverso l'apertura di sottili solchi di larghezza e profondità sufficienti a ottenere un'idonea copertura del seme e senza il ricorso a nessun altro tipo di lavorazione del terreno.

Le lavorazioni descritte sono effettuate sia con mezzi meccanici che manualmente; in entrambi i casi, si deve considerare la possibilità di intercettare vene di materiale fibroso e il successivo risollevarlo di polveri durante le operazioni.

Lavorazioni come la concimazione, la sarchiatura, i trattamenti fitosanitari, la potatura, la gestione degli impianti di irrigazione non prevedono movimentazione del terreno; ciò non determina di per sé la produzione di polvere e, operando spesso in presenza di acqua, se ne garantisce l'abbattimento.

Tenuto conto di quanto sopra esposto, nelle tabelle che seguono sono descritte le principali fasi di lavorazione e l'eventuale aerodispersione collegata; di seguito, inoltre, si consigliano le basilari azioni di prevenzione da applicare per i lavoratori del settore che operino in aree in cui è accertata o potenziale la presenza di amianto naturale:

- adozione di tecniche colturali di lavorazione minima nel quale la semina di colture erbacee viene effettuata tramite macchine operatrici combinate, che con un solo passaggio effettuano nel contempo una leggera scarificazione del suolo, la semina, la concimazione localizzata e la rullatura con una movimentazione ridotta a pochi centimetri di terreno;
- incentivazione e sviluppo di interventi di imboschimento con colture arboree da legno quale alternativa di coltivazione del suolo;
- preparazione del terreno: oltre all'eventuale abbattimento di piante, questa operazione prevede dissodamento, scasso, livellamento;
- lavorazione del terreno: aratura, epicatura, rullatura;
- raccolta e prima lavorazione: falciatura, mietitura, trebbiatura.

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
preparazione del terreno	aerodispersione primaria: intercettazione di vene o di materiale fibroso nelle operazioni di dissodamento, scasso e livellamento del terreno con degradazione meccanica della roccia e/o del terreno aerodispersione secondaria: risollevamento di materiale durante le operazioni

Soluzioni tecniche

- installazione filtri impianto cabina di guida

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni: allontanamento altri lavoratori durante attività
- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente
- svolgimento di attività con cabina guida chiusa con pulizia giornaliera dei filtri
- manutenzione e pulizia delle attrezzature
- informazione e formazione
- istruzioni adeguate ai lavoratori

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
lavorazione del terreno	aerodispersione primaria: intercettazione di vene o di materiale fibroso nelle operazioni di lavorazione del terreno aerodispersione secondaria: frantumazione e risollevamento di materiale durante le operazioni

Soluzioni tecniche

- installazione filtri impianto cabina di guida
- adozione pratiche agricole innovative (semina su sodo, lavorazione minima)

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni: allontanamento altri lavoratori durante attività
- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente
- utilizzo di macchine operatrici per la lavorazione su sodo (seminatrici combinate)
- svolgimento di attività con cabina guida chiusa con pulizia giornaliera dei filtri
- manutenzione e pulizia delle attrezzature
- informazione e formazione
- istruzioni adeguate ai lavoratori

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
raccolta e prima lavorazione del prodotto colturale	aerodispersione secondaria: risollevarimento di polveri

Soluzioni tecniche

- installazione filtri impianto cabina di guida

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto da altre lavorazioni: allontanamento altri lavoratori durante attività
- riduzione al minimo delle macchine operanti contemporaneamente
- svolgimento di attività con cabina guida chiusa con pulizia giornaliera dei filtri
- manutenzione e pulizia delle attrezzature
- informazione e formazione
- istruzioni adeguate ai lavoratori

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
Operazioni manuali	aerodispersione primaria: intercettazione di vene o di materiale fibroso nelle operazioni di lavorazione del terreno aerodispersione secondaria: risollevarimento di polveri, riutilizzo di attrezzature e indumenti contaminati non puliti

Soluzioni tecniche

- bagnatura del suolo
- adozione pratiche agricole che privilegino l'uso di macchine

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro, mantenendo le distanze di rispetto dalle lavorazioni con mezzi meccanici.
- controllo sanitario
- allontanamento del lavoratore da sorgenti di aerodispersione
- informazione e formazione
- istruzioni adeguate ai lavoratori
- programmazione misure per il miglioramento nel tempo
- segnaletica
- manutenzione e pulizia delle attrezzature



Figura 6.24 - Affioramenti di rocce tettonizzate (Schettino e Colafemmina, 2012)

6.5.2 Lavorazioni forestali

In questo ambito si fa riferimento alle operazioni di esbosco per le quali è possibile sia un'aerodispersione primaria che secondaria. Esse possono essere sintetizzate nelle seguenti fasi:

1. apertura di sentieri per il passaggio di mezzi meccanici e creazione di piazzole di carico;
2. interventi di taglio;
3. il carico ed il trasporto del legname dal bosco alle piazzole di carico.

Mentre le fasi 1 e 3 sono svolte completamente con mezzi meccanici, dall'interno di cabine isolate, nella fase 2 il taglio viene effettuato con motoseghe vicino al suolo. Queste macchine creano una movimentazione forzata d'aria, dovuta al funzionamento del motore a scoppio, con risollevarimento di polveri presenti nel suolo.

L'applicazione sulle teste degli escavatori di pinze multiuso idrauliche, dotate di un

sistema di presa del fusto idraulico, di una motosega per il taglio della pianta e di un sistema idraulico per la successiva rotazione del fusto per il suo abbattimento può migliorare le condizioni di lavoro. Infine, sostituendo la testa con altre attrezzature si possono effettuare anche la fase di movimentazione e carico del legname.

Si consiglia, infine, di procedere a:

- indagini geologiche delle aree del territorio;
- mappatura del territorio;
- interventi di trasformazione da bosco ceduo a fustaia in modo da aumentare il numero di anni tra un intervento ed il successivo sulla stessa superficie boschiva;
- divieto di taglio nei periodi più asciutti e/o preventiva bagnatura del fusto;
- formazione ed informazione dei lavoratori.

Lavorazioni forestali: operazioni meccaniche

1. apertura di sentieri

- **aerodispersione primaria:** intercettazione di vene o di materiale fibroso

Soluzioni tecniche

- bagnatura del suolo
- installazione filtri impianto cabina di guida

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro
- svolgimento di attività con cabina guida chiusa con pulizia giornaliera dei filtri
- allontanamento del lavoratore da sorgenti di aerodispersione
- informazione e formazione
- istruzioni adeguate ai lavoratori
- programmazione misure per il miglioramento nel tempo
- segnaletica
- manutenzione e pulizia delle attrezzature

2. taglio con mezzi meccanici

- **aerodispersione secondaria:** risollevarimento di polveri

Soluzioni tecniche

- adozione di testate di taglio su escavatori dotati di cabina

Soluzioni organizzative e procedurali

- svolgimento di attività con cabina guida chiusa con pulizia giornaliera dei filtri
- allontanamento del lavoratore da sorgenti di aerodispersione
- informazione e formazione
- istruzioni adeguate ai lavoratori
- manutenzione e pulizia delle attrezzature

3. trasporto del legname

- **aerodispersione secondaria:** risollevarimento di polveri

Soluzioni tecniche

- bagnatura del suolo
- adozione macchine operatrici dotati di cabina

Soluzioni organizzative e procedurali

- razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro,
- allontanamento del lavoratore da sorgenti di aerodispersione
- informazione e formazione
- istruzioni adeguate ai lavoratori
- segnaletica
- manutenzione e pulizia delle attrezzature

Fasi di lavorazione: operazioni manuali	Sorgenti di aerodispersione
1. taglio delle piante con motosega	• aerodispersione secondaria: risollevarimento di polveri
Soluzioni tecniche • adozione pratiche agricole che privilegino l'uso di macchine	
Soluzioni organizzative e procedurali • adozione di DPI • controllo sanitario • informazione e formazione • istruzioni adeguate ai lavoratori • programmazione misure per il miglioramento nel tempo • segnaletica • manutenzione e pulizia delle attrezzature	

Approfondimento: Il caso della Basilicata

L'indagine epidemiologica

A seguito dell'indagine epidemiologica svolta nel 2002 dal Dipartimento di Prevenzione dell'ex ASL 3 di Lagonegro (PZ) che individuò tre casi di mesotelioma pleurico in un brevissimo arco temporale e interessanti una coorte di popolazione insistente in due comuni dell'area sud della Basilicata, fu avviata dalla Regione una prima indagine conoscitiva sul rapporto di causalità tra la suddetta patologia e gli affioramenti di ofioliti ("Pietre Verdi"). L'indagine fu svolta in collaborazione con l'Istituto di Scienze della Terra dell'Università La Sapienza di Roma, l'Istituto di Igiene Industriale dell'Università Cattolica di Roma e la locale Azienda sanitaria.

I primi risultati confermarono che i soggetti con mesotelioma avevano vissuto e svolto attività lavorativa di tipo agricolo in territori in cui erano presenti in affioramento ofioliti con presenza di tremolite, crisotilo, crocidolite e talco. In tutte le aree indagate, la morfologia del terreno si presentava molto simile con estesi affioramenti di serpentiniti molto fratturate, con superfici traslucide di colore dal nero-bluastro al verde scuro, untuose al tatto per la presenza di talco; solo in rari casi con tessitura massiccia.

Le fibre di amianto "tremolite" sono state individuate nei ciottoli, nella roccia in posto, in vene, schiacciate lungo piani di scistosità e negli argilloscisti.

Frequenti fibre bianche o bianco-verdastre di amianto sono state notate sia in roccia, lungo superfici di discontinuità, sia, più spesso, disgregate nei depositi di copertura o sul piano di campagna

Il livello di contaminazione dei luoghi visitati appariva abbastanza significativo, soprattutto per l'estensione degli affioramenti e per il rimaneggiamento subito nel tempo.

Al termine dell'indagine preliminare la Regione Basilicata avviò, a partire dal 2003, un programma di monitoraggio geologico consistente nella mappatura definitiva delle aree (in collaborazione con il CNR, ARPAB e altri enti regionali).

Sono stati poi avviati:

- un programma di sorveglianza epidemiologico-sanitaria degli esposti con l'obiettivo di valutare la prevalenza di patologie respiratorie correlate con l'esposizione occupazionale ed ambientale ad asbesto;
- un programma di comunicazione alla popolazione esposta dei livelli di rischio per la salute;
- le misure di riduzione del rischio con interventi di messa in sicurezza delle strade interpoderali di proprietà pubblica.

La sorveglianza epidemiologica ha riguardato una coorte di 699 soggetti (332 M 367 F) visitati fra aprile 2008 e marzo 2009.

Sono risultati affetti da patologie asbesto correlate 63 soggetti pari al 9% del totale. La patologia prevalente è risultata essere placche e/o ispessimenti pleurici (24 maschi 11 femmine).



Figura 6.25 - Zone di pascolo nelle aree di confine tra i Comuni di Lauria (PZ) e Castelluccio Superiore (PZ), (Schettino e Colafemmina, 2012)

È stato individuato un caso di carcinoma polmonare in un soggetto con placche pleuriche ex-fumatore con storia di esposizione ambientale ed occupazionale ad asbesto. È stata riscontrata diagnosi di mesotelioma pleurico in due soggetti ultrasessantenni con storia di esposizione ad amianto lavorativa probabile nell'industria ed in agricoltura avendo entrambi svolto lavorazioni agrarie in aree contaminate da fibre di tremolite.

Al riguardo si osserva che la diagnosi di mesotelioma riguarda circa 3 casi su 1000, valore superiore al tasso grezzo di mesotelioma pleurico certo per il sesso maschile in Italia riportato dal Registro nazionale dei mesoteliomi (ReNaM), riferito all'anno 2001, pari a 2,74 per 100.000 uomini.

Nonostante l'esposizione ambientale a tremolite riguardi l'intera popolazione residente, il 62% delle patologie asbesto-correlate riscontrate ha interessato soggetti con storia, attuale o pregressa, di occupazione in edilizia o in agricoltura avendo svolto attività implicanti azioni di disturbo meccanico del suolo con potenziale esposizione a tremolite superiore a quella ambientale.

Campioni dei terreni delle zone di lavorazione sono stati analizzati da Inail rivelando la presenza di fibre di tremolite in un caso e di crisotilo negli altri due.

Lo studio della Regione Basilicata

Il progetto di mappatura e monitoraggio del rischio amianto implementato dalla Regione Basilicata, ricompreso nel Piano Amianto Regione Basilicata del 2016, ha previsto l'individuazione, la delimitazione e la mappatura dei siti caratterizzati dalla presenza di amianto nell'ambiente naturale, combinando dati di telerilevamento, osservazioni dirette in situ ed analisi di laboratorio.

Il territorio investigato ha una superficie di circa 70.000 ha delimitato dal poligono che comprende porzioni di territorio di S. Severino Lucano, Castelluccio Superiore, Viggianello, Episcopia, Lauria, Chiaromonte, Terranova del Pollino.

I risultati ottenuti dimostrano la possibile presenza di minerali asbestiformi negli affioramenti di serpentiniti, anfiboliti, metabasiti, oltre che nei suoli, nei corpi di frana, brecce di versante e detriti.

In attuazione della Legge nazionale 23 marzo 2001, n. 93 e relativo d.m. applicativo n. 101/2003 "Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessata dalla presenza di amianto", le attività svolte successivamente al 2001 in relazione alla presenza di amianto di origine naturale nel territorio regionale hanno permesso di finanziare n. 6 progetti di bonifica con messa in sicurezza della viabilità interpoderale di proprietà pubblica ricadente su affioramenti di rocce contenenti amianto nell'area del Pollino.

Tra le misure operative prese nei primi anni 2000 vi sono le ordinanze che vietano la manipolazione di materiale per il rifacimento muretti, recinzioni, etc.; divieto di coltivazione intensiva e pastorizia; estrazione e movimentazione materiali per la realizzazione di strade/sentieri nei suddetti Comuni.

Diversi autori hanno infatti evidenziato come l'emissione di polveri durante la coltivazione possa variare in funzione delle tecniche e tecnologie utilizzate. A seguito dello studio dell'uso del suolo e dei principali tipi di colture utilizzate localmente, è stato inoltre riconosciuto il contributo di questi fattori alla vulnerabilità del suolo all'erosione, in particolare quella idraulica.

Sarebbe opportuno l'utilizzo di tecniche che eliminino completamente l'aratura e quindi il rivoltamento degli orizzonti del terreno.

Alcune azioni di prevenzione proposte sono state:

- rotazione delle colture scegliendo specie che assicurino copertura del suolo estesa per tutto l'anno;
- pratiche di salvaguardia delle aree non coltivate;
- misure di mitigazione dei processi di ablazione del suolo quali:
 - tecniche di coltivazione che minimizzino la mobilitazione e dispersione di polveri;
 - colture che proteggano coprendolo il suolo in tutte le stagioni dell'anno.

6.6 Rimozione e smaltimento/bonifica di ballast

L'utilizzo per diversi scopi di materiali provenienti da aree in cui è nota la presenza

di Pietre Verdi può portare ad una inconsapevole diffusione sul territorio di rocce potenzialmente contenenti amianto. Tra le tipologie di più ampia diffusione si possono citare gli usi di pietrisco per pavimentazioni stradali, delle frazioni fini in malte ed intonaci edili, di lastre e lastroni per coperture di tetti; è anche il caso del ballast ferroviario costituito da alcune tipologie di Pietre Verdi, ampiamente utilizzato sul territorio nazionale per le ottime caratteristiche meccaniche.

Il ballast è lo strato di pietrisco sul quale poggiano le traverse di una ferrovia, interposto tra la piattaforma stradale e l'armamento con lo scopo di:

- distribuire i carichi verticali sul piano di regolamento del corpo stradale;
- assicurare al binario le condizioni geometriche di progetto;
- assorbire gli sforzi indotti nel binario dalla circolazione dei treni;
- assorbire gli sforzi indotti nel binario dalle variazioni di temperatura;
- costituire un drenaggio delle acque meteoriche;
- conferire elasticità al binario;
- realizzare un filtro tra binario ed ambiente nei confronti dei fenomeni vibrazionali.

Il ballast è costituito da pietrisco a spigoli vivi di pezzatura tra 30 e 60 mm, disposti secondo un profilo di un trapezio isoscele con i lati inclinati di 3/4, di spessore minimo variabile a seconda delle caratteristiche della linea ferroviaria, per dimensioni e carichi previsti.

Le rocce di provenienza del ballast hanno generalmente caratteristiche di elevata resistenza a compressione; le cosiddette Pietre Verdi sono state spesso utilizzate a questo scopo.

Le problematiche di salute e sicurezza possono sorgere nel momento in cui si procede con interventi di manutenzione o di rinnovo delle massicciate ferroviarie con conseguente movimentazione e/o asportazione di pietrisco ferroviario. Verranno di seguito descritte le fasi lavorative correlate a tali operazioni e le misure di prevenzione a tutela dei lavori da adottare in presenza di ballast costituito da Pietre Verdi, a prescindere dalla determinazione del contenuto in amianto.

La gestione del ballast risultato contaminato a seguito di caratterizzazione preventiva, come rifiuto pericoloso, non sarà oggetto della seguente trattazione, in quanto esula dagli scopi del presente documento.

Le operazioni relative al rifacimento del ballast, attualmente effettuate con sistemi automatizzati, possono essere:

- livellamento, allineamento e rinalzatura;
- risanamento;
- asportazione e bonifica.

Le macchine impiegate lavorano a ciclo continuo e sono composte da vagoni che camminano sui binari da trattare in cui sono montati:

- dispositivi di scavo;
- sistemi di misurazione;
- dispositivi di vagliatura;

- nastri trasportatori;
- vagoni per il trasporto dei detriti;
- convogliatori di materiale;
- silos.

Prima di effettuare le operazioni di livellamento, allineamento e rinalzatura, la massicciata viene rimossa a partire dalle estremità delle traverse (sguarnitura) per valutare lo stato delle traverse scoperte e provvedere alla sostituzione di quelle deteriorate e degli elementi in cui si osservano allargamenti dei fori delle caviglie che fissano gli organi di attacco alle traverse. A tale fase propedeutica seguono le azioni di manutenzione e ripristino della piena funzionalità.

La *rinalzatura* è un trattamento superficiale della massicciata limitato alle zone di appoggio del binario in corrispondenza delle rotaie attuato per migliorare la risposta elastica della massicciata. Può essere effettuato per compressione con masse battenti, per vibrazione con attrezzi oscillanti, per vibro-compressione con macchine rinalzatrici che, muovendosi lungo il binario, effettuano contemporaneamente un movimento di stringimento e un'azione di vibrazione e sollevano il pietrisco all'altezza adeguata.

Il *livellamento* consiste nel ristabilire il corretto livello del binario, sia in senso longitudinale, sia trasversale, attraverso l'impiego di macchine livellatrici o macchine rinalzatrici. Al termine dei lavori la sagoma della massicciata viene ripristinata.

La *riguarnitura* consiste nella risistemazione del pietrisco rimosso e nell'integrazione con altro di nuova fornitura.

La *profilatura* consiste nella modellazione della sagoma trasversale della piattaforma con macchina profilatrice dotata di vomeri laterali e frontali in grado di spostare e modellare il ballast ferroviario.

Il *risanamento* è un'operazione per ripristinare le caratteristiche di compattezza ed elasticità del ballast. Esso consiste nella vagliatura ed asportazione parziale o totale del pietrisco. Queste due tipologie di azioni prevedono il setacciamento e l'aggiunta di nuovo ballast, nonché l'asportazione del materiale terroso e del pietrisco di dimensioni non adeguate. Il risanamento prevede, inoltre, uno scavo iniziale per il posizionamento della macchina e l'inserimento della catena asportatrice. Il pietrisco scartato dalla catena viene trasportato su carri tramoggia mediante nastri trasportatori.

La macchina risanatrice è un convoglio composto da:

- locomotori, uno in testa e uno in coda;
- vagone cisterna contenente acqua per l'abbattimento delle polveri;
- vagone container per pezzi di ricambio e utensileria, olio motore, olio idraulico, olio del cambio e antigelo;
- vagone raccoglitori del pietrisco scartato dalla risanatrice durante il lavoro con nastri trasportatori;
- vagone della macchina risanatrice/vagliatrice;
- vagoni trasportatori di pietrisco nuovo;
- vagone con profilatrice e rinalzatrice.

L'*asportazione* è un'operazione che, finalizzata alla rimozione del ballast contaminato, impiega escavatori di dimensioni variabili in funzione della tipologia di binario, di ambiente e della quantità di materiale da asportare. Agli escavatori sono abbinati vagoni o camion con cassone ricopribile per il trasporto di ballast usato e da smaltire come rifiuto. La rimozione degli elementi del binario può comportare un risollevaramento della polvere presente all'interno del pietrisco; la modalità dell'operazione, la provenienza del ballast da trattare e la presenza di personale a terra per operazioni manuali non automatizzate, determinano l'entità dell'aerodispersione.

In sintesi, la manutenzione o il rifacimento del ballast possono comportare aerodispersione di polveri per risollevaramento, legata a materiale, benché naturale, non in posto. Le polveri possono o meno contenere sostanze contaminanti e, tra queste, nel caso delle Pietre Verdi, possono esserci diverse quantità di fibre di amianto. Al fine di progettare adeguate misure per eliminare o ridurre l'aerodispersione, è necessario pianificare ed effettuare indagini di tipo qualitativo e quantitativo per determinare:

- la presenza di rocce potenzialmente contenenti minerali di amianto (provenienza del ballast);
- la presenza di minerali di amianto nelle rocce di provenienza;
- la quantità di minerali di amianto anche in termini di frequenza dell'occorrenza di rinvenimento (analisi quantitativa amianto: determinazione dell'indice di rilascio, delle fibre liberabili e della concentrazione totale di amianto);
- l'entità della potenziale aerodispersione in caso di operazioni di manutenzione e rifacimento del ballast;
- l'eventuale necessità di asportazione totale del ballast.

Stabilire la provenienza delle rocce è il primo passo dell'indagine; risalendo alla forniture e dunque al contesto geologico del sito di estrazione, si può effettuare una prima discriminazione tra rocce che sicuramente non contengono minerali di amianto e rocce potenzialmente contenenti Noa.

In quest'ultimo caso, si dovrebbe procedere ad una valutazione in sito attraverso campionamenti e analisi di caratterizzazione geologica, petrografica e mineralogica del pietrisco.

I riferimenti per l'esecuzione delle indagini sono riportati in bibliografia in cui sono citati anche i testi di legge da cui trarre indicazioni sui requisiti minimi dei laboratori pubblici e privati che intendono effettuare attività analitiche sull'amianto, sulla procedura di smaltimento ballast e sull'analisi di caratterizzazione del rifiuto.

Si ricorda anche la Sentenza della Cassazione Penale (Sez. 3, 14 aprile 2011, n. 15177 - Sequestro probatorio di materiale contenente amianto: ballast) in cui si sottolinea che *"...il datore di lavoro deve effettuare ogni indagine necessaria per individuare la presenza di materiali con potenziale contenuto di amianto e se vi è il minimo dubbio sulla presenza di amianto in un materiale o in una costruzione deve adottare le misure di sicurezza all'uopo indicate..."*

Sulla base di quanto sopra, in seguito alle indagini ambientali e di caratterizzazione del materiale, possono scaturire tre situazioni:

1. ballast completamente privo di minerali di amianto;
2. ballast costituito da rocce con minerali di amianto ma con I.R. $> 0,1$ ai sensi del d.m. 14/5/96;
3. ballast contaminato da amianto.

Nel caso 1) non sarà necessario alcun intervento, mentre nel caso 3) dovrà essere pianificata e attuata la rimozione della massicciata con smaltimento del pietrisco come rifiuto pericoloso, secondo un Piano di lavoro approvato dalla Asl territorialmente competente prima dell'inizio dei lavori.

Il caso 2) sarà preso in analisi di seguito, poiché si tratta di ballast per il quale, nonostante non sia necessaria la asportazione totale, è plausibile ritenere una potenziale aerodispersione di amianto per risollevarimento di polveri durante la movimentazione; saranno quindi indicate nelle tabelle e nella sezione che segue le azioni specifiche di prevenzione del rischio di aerodispersione secondaria ad amianto per i lavoratori addetti alle operazioni rientranti nelle situazioni 2 e 3.

Fasi di lavorazione	Sorgenti di aerodispersione
• rinalzatura • livellamento • riguarnitura • profilatura	• aerodispersione secondaria: risollevarimento causato dall'azione meccanica di rinalzatura o per la risistemazione (livellamento, riguarnitura, profilatura)
• risanamento • vagliatura • asportazione	• aerodispersione primaria: intercettazione di materiale fibroso per frammentazione nelle operazioni di scavo della massicciata • aerodispersione secondaria: risollevarimento per movimentazione del pietrisco, vagliatura, trasporto
• manutenzione e rifacimento della massicciata • riciclaggio del pietrisco	• aerodispersione secondaria: risollevarimento per movimentazione del pietrisco

Caso 2: Ballast costituito da rocce con minerali di amianto ma con I.R. > 0,1

Trattamento (rinalzatura) e movimentazione per risistemazione (livellamento, riguarnitura, profilatura)

- **aerodispersione secondaria:** risollevarimento causato dall'azione meccanica di rinalzatura o per la risistemazione (livellamento, riguarnitura, profilatura)

Soluzioni tecniche

- automazione delle operazioni
- adozione di macchine con dispositivi per l'abbattimento delle polveri aerodisperse (irrigatori integrati o impianti di nebulizzazione ad acqua)
- adozione di mezzi d'opera con cabine pressurizzate a condizionamento interno, con filtro assoluto, impianto di climatizzazione, sistema di pressurizzazione, filtri antipolvere
- adozione di carri tramoggia con nastri trasportatori chiusi e in depressione
- avvisatori acustici e visivi
- telecamere per la visibilità durante il lavoro della spazzola.
- dispositivi di d'emergenza

Soluzioni organizzative e procedurali

- bagnatura preventiva del ballast da lavorare
- pulizia delle polveri dai mezzi di trasporto e dalle attrezzature per evitare la diffusione delle polveri aerodisperse
- creazione di aree di rispetto e razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro
- procedure di lavoro relative a:
 - controlli dei mezzi d'opera
 - pulizia e manutenzione
 - pulizia ad umido di ruote, camion, scarpe, indumenti

Caso 3: Bonifica di ballast contaminato da amianto

I lavori di risanamento o rinnovamento degli impianti d'armamento comportanti la rimozione totale del pietrisco di cui se ne sia preventivamente accertata la contaminazione da amianto, e la sua sostituzione con materiali esenti da contaminazioni dovranno essere eseguiti in ottemperanza alla normativa vigente in materia. In particolare, dovranno essere specificate:

- a) le modalità di rimozione, deposito temporaneo e conferimento del ballast contenente amianto;
- b) la fornitura ai lavoratori di idonei dispositivi di protezione individuale;
- c) verifica dell'assenza di rischi dovuti all'aerodispersione di amianto sul luogo di lavoro, al termine dei lavori di rimozione del ballast contenente amianto;
- d) adeguate misure per la protezione e la decontaminazione del personale incaricato dei lavori;
- e) adeguate misure per la protezione dei terzi e per la raccolta e lo smaltimento dei materiali;
- f) adozione, nel caso in cui sia previsto il superamento dei valori limite, di misure di intervento emergenziale atte a contenere l'aerodispersione;
- g) natura dei lavori e loro durata presumibile;
- h) luogo ove i lavori verranno effettuati;
- i) tecniche lavorative adottate per la rimozione dell'amianto;
- l) caratteristiche delle attrezzature o dispositivi che si intendono utilizzare per attuare quanto previsto dalla lettera d) ed e).

Per ciò che concerne le fasi operative, esse comprenderanno le seguenti misure:

- abbondante e preventiva bagnatura delle zone interessate, nonché l'incapsulamento del materiale mediante spruzzatura di apposito liquido, possibilmente a base vinilica;
- predisposizione degli idonei attacchi degli impianti idraulici nella zona di intervento;
- continua inaffiatura della zona durante la rimozione delle traverse;
- continua inaffiatura abbondante della zona durante la rimozione completa del pietrisco amiantifero tramite macchina operatrice, in modo che l'operazione venga eseguita esclusivamente ad umido;
- caricamento del pietrisco umido su carro pianale ferroviario/autocarro mediante macchina operatrice;
- a riempimento avvenuto, copertura con telo plastico del cassone degli autocarri
- conferimento del pietrisco, mediante trasportatore iscritto all'Albo, ad una discarica idonea allo smaltimento, previa analisi di conferimento.

Durante le operazioni di rimozione del pietrisco, dovrà essere eseguito, a cura dell'impresa, un monitoraggio ambientale delle fibre aerodisperse nelle aree circostanti il cantiere. Il monitoraggio verrà attuato con l'adozione di tecniche analitiche di MOCF.

Gli operatori addetti alla rimozione degli impianti d'armamento e del pietrisco dovranno essere equipaggiati con i seguenti DPI, oltre a quelli specifici per la lavorazione in esecuzione:

- tuta in tessuto non tessuto con cappuccio;
- maschera filtrante specifica per polveri fibrogene tipo FFP3;
- guanti a 5 dita in cuoio crosta;
- scarpe antinfortunistiche;
- elmetto di sicurezza;
- inserti auricolari e/o cuffie.

Gli operatori dovranno avere a disposizione, nelle vicinanze dell'area di lavoro un locale per il proprio equipaggiamento prima dell'inizio dei lavori, come pure dovranno disporre di un contenitore per custodire i DPI riutilizzabili al termine del turno di lavoro per i quali, prima di essere tolti e riposti, ogni operatore provvederà ad un'adeguata pulitura.

I DPI sostituiti saranno imbustati in un sacco di polietilene e trattati al pari del pietrisco smaltito.

Scavo della massicciata con escavatori (risanamento, vagliatura, asportazione)

- **aerodispersione primaria:** intercettazione di materiale fibroso per frammentazione nelle operazioni di scavo della massicciata
- **aerodispersione secondaria:** risollevarimento per movimentazione del pietrisco, vagliatura, trasporto

Soluzioni tecniche

- automazione delle operazioni
- installazione di barriere antivento intorno alla zona di lavoro.
- adozione di mezzi d'opera con cabine pressurizzate a condizionamento interno e con filtro assoluto
- adozione di mezzi d'opera con aspirazione localizzata delle polveri, dotati di apposito sistema di filtraggio per le polveri più sottili

Soluzioni organizzative e procedurali

- bagnatura preventiva del ballast da rimuovere o incapsulamento mediante spruzzatura di apposito prodotto a base vinilica
- pulizia delle polveri dai mezzi di trasporto e dalle attrezzature per evitare la diffusione delle polveri aerodisperse
- creazione di aree di rispetto e razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro
- procedure di lavoro relative a:
 - controlli dei mezzi d'opera
 - pulizia e manutenzione
 - pulizia ad umido di ruote, camion, scarpe, indumenti
 - circolazione di mezzi d'opera e di pedoni all'interno del cantiere
- manutenzione adeguata dei sistemi filtranti delle cabine dei mezzi d'opera

Movimentazione del pietrisco con nastri trasportatori o con escavatori a benna

- **aerodispersione secondaria:** risollevarsi di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra

Soluzioni tecniche

- automazione delle operazioni di caricamento, convogliamento, accumulo e scarico
- adozione di carri tramoggia con nastri trasportatori chiusi e in depressione
- adozione di mezzi d'opera con cabine pressurizzate a condizionamento interno e con filtro assoluto
- adozione di mezzi d'opera con aspirazione localizzata delle polveri, dotati di apposito sistema di filtraggio per le polveri più sottili
- bagnatura continua del materiale rimosso e dell'area di scavo
- pulizia delle polveri dai mezzi di trasporto e dalle attrezzature per evitare la diffusione delle polveri aerodisperse

Soluzioni organizzative e procedurali

- regolazione del traffico veicolare e pedonale interno e in ingresso: limitazione della velocità dei mezzi, anche con dispositivi (bande rilevate, cunette, etc.).
- allontanamento di lavorazioni dalle vie di transito
- creazione di aree di rispetto e di divieti di accesso; razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro
- riduzione delle ore di attività nelle mansioni a rischio
- rotazione del personale
- procedure di lavoro relative a:
 - controlli dei mezzi d'opera
 - pulizia e manutenzione
 - pulizia ad umido di ruote, camion, scarpe, indumenti
 - circolazione di mezzi d'opera e di pedoni all'interno del cantiere
- manutenzione adeguata dei sistemi filtranti delle cabine dei mezzi d'opera

Trasporto per conferimento in discarica come rifiuto

- **aerodispersione secondaria:** risollevarsi di materiale per il passaggio di mezzi di movimentazione e di personale a terra

Soluzioni tecniche

- automazione delle operazioni di caricamento, convogliamento, accumulo e scarico
- adozione di carri tramoggia con nastri trasportatori chiusi e in depressione
- adozione di mezzi d'opera con cabine pressurizzate a condizionamento interno e con filtro assoluto
- adozione di mezzi d'opera con aspirazione localizzata delle polveri, dotati di apposito sistema di filtraggio per le polveri più sottili
- i camion per il conferimento in discarica devono essere dotati di telo plastico

Soluzioni organizzative e procedurali

- bagnatura continua del materiale rimosso per il trasporto
- pulizia delle polveri dai mezzi di trasporto e dalle attrezzature per evitare la diffusione delle polveri aerodisperse
- creazione di aree di rispetto e di divieti di accesso; razionalizzazione degli spazi funzionali nell'area di lavoro
- riduzione delle ore di attività nelle mansioni a rischio
- rotazione del personale
- procedure di lavoro relative a:
 - controlli dei mezzi d'opera
 - pulizia e manutenzione
 - pulizia ad umido di ruote, camion, scarpe, indumenti
 - circolazione di mezzi d'opera e di pedoni all'interno del cantiere
- manutenzione adeguata dei sistemi filtranti delle cabine dei mezzi d'opera

7. Considerazioni generali per la gestione dei rischi correlati alla presenza di amianto naturale negli ambienti di lavoro

Le prescrizioni legislative inerenti i Noa, concernenti la tutela della salute dei lavoratori, forniscono solo indicazioni parziali e generali sulle modalità di sfruttamento delle Pietre Verdi e sulla valutazione del loro indice di rilascio.

Restano da definire in modo chiaro e diretto le procedure da attuare in cantiere e quelle di controllo (modalità e numero dei campionamenti ed analisi dell'aria) da effettuare a cura delle aziende di settore e degli Organi di vigilanza.

Si ritiene importante sottolineare di nuovo che, laddove vi è una potenziale o nota presenza di amianto naturale nelle rocce, in caso di lavorazioni insistenti su tali territori, essa non provoca necessariamente un'esposizione a rischio amianto a carico degli addetti alle attività.

Infatti, la mappatura effettuata ai sensi del d.m. 101/03 ha individuato sia siti in cui è certa la presenza di rocce contenenti amianto naturale, sia aree in cui affiorano litologie in cui il contenuto di minerali di amianto è solo ipotizzato.

Inoltre, a causa della casuale distribuzione degli aggregati fibrosi all'interno delle rocce incassanti, le attività lavorative insistenti sui territori interessati da tale problematica, non necessariamente intercettano e conseguentemente disperdono nell'aria ambiente le fibre di minerali di amianto disturbati nella loro sede naturale. Poiché le attività lavorative che insistono su tali litologie risultano molteplici e coinvolgono un numero elevato di operatori, diverse iniziative regionali e molti studi di settore sono stati sviluppati in proposito.

Il d.m. 101/03 ha avuto, in questo senso, il merito di spronare gli Enti e le aziende dando un forte segnale; la sensibilità di cittadini e Associazioni, amplificata da eventi a cui è stato dato risalto nei mass media, ha condotto ad esigere, quale punto di partenza imprescindibile, una maggiore conoscenza su questa tematica ed un miglioramento dell'approccio trasversale da adottare.

È convinzione degli autori di questa pubblicazione che qualsiasi progetto di sfruttamento del territorio in presenza di Noa debba avere come presupposto, oltre al rispetto della legislazione vigente, che meriterebbe di essere significativamente integrata, anche una approfondita conoscenza della situazione geologica e del grado di urbanizzazione dell'area su cui si intende intervenire; esso deve inoltre contemplare una contestualizzazione delle soluzioni tecnologiche e organizzative generali di comparto, verificandone la fruibilità ed applicabilità anche in altri ambiti. Le diverse esperienze, qualora messe a fattor comune ed opportunamente adattate al contesto specifico, potrebbero dar vita ad una schematizzazione e sistematizzazione degli interventi, assicurando la replicabilità del progetto.

Per agevolare la riproducibilità ed omogeneità degli interventi, questo lavoro ha descritto nei precedenti capitoli le singole operazioni lavorative, evidenziandone il diverso impatto anche a seconda delle dimensioni delle aree interessate. Infatti, nonostante la notevole variabilità geologica, morfologica, di uso del suolo e urbanistica del territorio nazionale, si riscontra che spesso le situazioni di rischio si manifestano con caratteristiche analoghe in differenti contesti. Ad esempio, la sistemazione di versanti per bonifica o per instabilità prevede generalmente le medesime operazioni, a meno di situazioni aggiuntive legate a problematiche locali; o ancora, uno scavo in rocce contenenti amianto implica medesime problematiche di aerodispersione (la preparazione e l'installazione del cantiere, il taglio con macchine operatrici, la raccolta, il deposito e l'allontanamento dello smarino, la pulizia di macchine, attrezzature, abiti di lavoro) indipendentemente dal fatto che serva per la costruzione di una strada, una pista ciclabile o per la gettata di fondazioni.

Alla luce di quanto sopra esposto, si rileva che le azioni da intraprendere per ciascuna tipologia di opera antropica in presenza di amianto naturale possono assumere un valore generale; ciò a maggior ragione se tali azioni vengono contestualizzate, adeguatamente finalizzate a seguito di concertazione tra le parti in gioco (Regioni, Province, Comuni, aziende, datori di lavoro, popolazione), e messe in pratica secondo il principio del "minimo disturbo possibile" di rocce e terreni sospettati di contenere amianto.

Tale contestualizzazione può risultare fondamentale in particolare nel caso di lavori di piccole dimensioni, nei quali il disturbo è minimo. In tali situazioni l'impiego di prassi consolidate può consentire di gestire idoneamente l'aerodispersione secondaria e portare al contempo ad una semplificazione degli adempimenti, con indubbio beneficio per le PMI.

Come più volte in precedenza riportato nel testo, la conoscenza del territorio dal punto di vista geologico, strutturale e petrografico, accanto ad una progettazione dettagliata delle opere da realizzare, e la gestione geografica di queste informazioni, consentono non solo di individuare la potenziale presenza di amianto nelle aree di intervento prima della loro esecuzione, ma anche di ipotizzare eventuali situazioni di aerodispersione primaria e secondaria fin dalle fasi preliminari, ottimizzando gli interventi in funzione del contesto, minimizzando così gli impatti negativi e gli imprevisti, e pervenendo ad una pianificazione delle misure di prevenzione e protezione da adottare, fin dalle fasi iniziali dell'opera.

8. Conclusioni

Le tematiche inerenti la sicurezza sul lavoro e la tutela ambientale sono trasversali rispetto a tutti i settori industriali. La riduzione dell'impatto sanitario e degli infortuni sono infatti gli obiettivi prioritari da considerare in prospettiva.

Tenuto conto di ciò, il presente lavoro riporta lo stato dell'arte sulla presenza dei Noa in Italia evidenziando le problematiche gestionali ad essi correlati e delineando le principali soluzioni operative applicabili alle diverse tipologie di siti produttivi che insistono in aree con presenza di amianto naturale. Vengono altresì forniti alcuni esempi pratici relativi alle fasi di applicazione delle misure cautelative ritenute idonee e, dunque, riportati sistematicamente i principali casi di studio italiani per le attività lavorative di settore, quali l'estrazione e lavorazione di pietre ornamentali e di pietrisco, le bonifiche di siti contaminati da amianto naturale, gli scavi per gallerie stradali e ferroviarie, gli scavi e opere di urbanizzazione, le lavorazioni agrarie e la rimozione e smaltimento/bonifica di ballast.

Ciò al fine di promuovere non solo la conoscenza di una materia complessa, ma anche di incoraggiare una *governance* che metta al centro nelle future strategie di settore la tutela dei lavoratori e degli ambienti di vita e preveda l'adozione di specifiche misure di prevenzione e protezione.

Con il termine "prevenzione" si indica l'insieme delle misure atte a impedire il verificarsi di eventi dannosi. Intimamente collegato al concetto di sicurezza sul lavoro, il suo significato si arricchisce di un aspetto operativo se la prevenzione è considerata come gestione di risorse umane, strumentali ed economiche, procedure, agenti materiali e luoghi di lavoro; essa ha dunque il fine di permettere lo svolgimento dell'attività lavorativa senza causare danni ai lavoratori.

La prevenzione consiste perciò in azioni, interventi e comportamenti tesi a migliorare le condizioni di lavoro e ad indurre gli operatori, a tutti i livelli, ad avere cura della propria sicurezza e della propria salute e di quelle delle altre persone operanti nelle vicinanze, sulle quali possono ricadere gli effetti delle proprie azioni o omissioni.

In quest'ottica, le misure di prevenzione possono essere di tipo organizzativo-gestionale, tecnico e procedurale.

Le prime si riferiscono a ruoli, responsabilità, risorse e mezzi, competenze e abilità. Essendo aspetti incrementabili attraverso specifici processi formativi, appartengono alle misure organizzative anche la formazione e l'addestramento dei lavoratori a comportamenti corretti.

Le misure tecniche o tecnologiche sono invece relative all'impiego e alle caratteristiche di attrezzature e relative componenti, strutture ed elementi.

Le misure procedurali infine indicano specifiche modalità di esecuzione dei processi operativi finalizzati al contenimento o all'eliminazione dei rischi, trasferite ai lavoratori tramite addestramento, continuo e costantemente verificato.

In considerazione dell'impatto sanitario, sociale ed economico che la problematica dell'amianto ha assunto negli ultimi decenni, si ritiene che la prevenzione del rischio correlato abbia dunque un'accezione "globale".

La prevenzione "globale" si concretizza perciò nella tutela della salute dei lavoratori e della popolazione, nonché nella salvaguardia dell'ambiente.

Tenuto conto della estensione di tale accezione, il presente lavoro si propone di mettere in luce l'importanza di stabilire tra gli obiettivi chiave del settore, l'adozione di misure cautelative che consentano di evitare l'aerodispersione primaria a fibre di amianto o asbesto-simili o, se ciò non è possibile, di limitarne la dispersione secondaria nell'aria ambiente.

Questo vuol dire adoperarsi in primo luogo, per una efficace programmazione nell'utilizzo e gestione del territorio, per poi mettere in atto azioni mirate di tipo organizzativo, procedurale e tecnologico, che consentano di misurare nel tempo il livello di concentrazione delle fibre di amianto o asbesto-simili nelle aree di lavoro e di valutare l'efficacia delle misure di prevenzione assunte, intraprendendo anche un percorso di miglioramento continuo.

La piena consapevolezza delle problematiche territoriali, che deriva soprattutto da una approfondita conoscenza del territorio anche dal punto di vista geologico, ha un sicuro impatto positivo se considerata già a livello progettuale e finalizzata alla "previsione", in quanto potrebbe consentire di razionalizzare le scelte in termini di adeguatezza delle misure ma anche di costi, risorse e tempi, nonché di possibilità di rivedibilità e aggiornamento.

Sarà opportuno inoltre provvedere a standardizzare gli approcci a livello nazionale al fine di sistematizzare gli interventi di prevenzione, sia di tipo amministrativo che di tipo gestionale-operativo a carico delle aziende esecutrici.

Prevedendo una piena sinergia dei vari attori del sistema, dalle strutture pubbliche (Pubblica Amministrazione, Enti Locali) preposte alla gestione del territorio, ai manager aziendali, agli operatori di cantiere, ai funzionari degli Organi di controllo, e ai vari *stakeholders*, potranno essere sviluppate proficuamente le diverse attività lavorative in siti con presenza di Noa, creando economia senza ingenerare nuovi rischi, sanitari o ambientali, in un'ottica di sostenibilità globale.

Allegato 1 - "Elenco non esaustivo della legislazione europea in tema di amianto"

Norma	Oggetto
direttiva 2009/148/CE n. 148 del 30/11/2009 del parlamento europeo e del consiglio	protezione dei lavoratori contro i rischi connessi con un'esposizione all'amianto durante il lavoro (versione codificata)
parere 2007/C 97/07 del Comitato economico e sociale europeo	proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio sulla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi con un'esposizione all'amianto durante il lavoro (versione codificata)
regolamento CE n. 1013/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 giugno 2006	spedizioni di rifiuti
direttiva n. 2003/18/CE del Parlamento Europeo e Consiglio del 27 marzo 2003	modifica la direttiva 83/477/CEE del Consiglio sulla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi con un'esposizione all'amianto durante il lavoro (Testo rilevante ai fini del SEE)
UNI ISO 10397:2002: Codice ICS: 13.040.40 dicembre 2002	emissioni da sorgente fissa - determinazione delle emissioni da opere di amianto - metodo di misurazione mediante conteggio delle fibre
risoluzione CE n. 161/01 del Consiglio del 3 giugno 2002	nuova strategia comunitaria per la salute e la sicurezza sul luogo di lavoro (2002-2006)
comunicazione CE n. 119/07 del 22/05/2002	procedura d'informazione - Regole tecniche
parere CE n. 94/09 del Comitato economico e sociale del 18 aprile 2002	proposta di direttiva del Parlamento europeo e del Consiglio recante modifica della Direttiva del Consiglio 83/477/CEE sulla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi con un'esposizione all'amianto durante il lavoro

Norma	Oggetto
decisione CEE/CEEA/CECA n. 272 del 25 marzo 2002	stabilisce i criteri ecologici per l'assegnazione di un marchio comunitario di qualità ecologica alle coperture dure per pavimenti
raccomandazione 2001/680/CE della Commissione del 7 settembre 2001	relativa agli orientamenti per l'attuazione del regolamento (CE) n. 761/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio sull'adesione volontaria delle organizzazioni a un sistema comunitario di ecogestione e audit (EMAS)
dec. CEE/CEEA/CECA n. 573 del 23/07/2001	2001/573/CE: Decisione del Consiglio del 23 luglio 2001 che modifica l'elenco di rifiuti contenuto nella decisione 2000/532/CE della Commissione comunicazione CE del 13/12/2000: Procedura d'informazione - Regole tecniche
decisione CEE/CEEA/CECA della Commissione n. 532 del 3 maggio 2000	sostituisce la decisione 94/3/CE che istituisce un elenco di rifiuti conformemente all'articolo 1, lettera a), della dir. 75/442/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti e la decisione 94/904/CE del Consiglio che istituisce un elenco di rifiuti pericolosi ai sensi dell'articolo 1, paragrafo 4, della direttiva 91/689/CEE del Consiglio relativa ai rifiuti pericolosi
direttiva CEE/CEEA/CE della Commissione n. 77 del 26 luglio 1999	adeguata per la sesta volta al progresso tecnico l'allegato I della direttiva 76/769/CEE del Consiglio concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi (amianto)
direttiva CEE del Consiglio n. 88/642 del 16 dicembre 1988	modifica la direttiva 80/1107/CEE sulla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da un'esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro

Norma	Oggetto
Direttiva CEE/CEE/CE del Consiglio n. 24 del 7 aprile 1998	direttiva sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro (quattordicesima direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1, della dir. 89/391/CEE)
direttiva CEE/CEE/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio n. 24 del 17 giugno 1997	relativa a taluni elementi o caratteristiche dei veicoli a motore a due o a tre ruote
direttiva CEE/CEE/CE del Consiglio n. 49 del 23 luglio 1996	per il ravvicinamento delle legislazioni degli Stati membri relative al trasporto di merci pericolose per ferrovia
direttiva CEE/CEE/CE del Consiglio n. 33 del 22 giugno 1994	relativa alla protezione dei giovani sul lavoro
regolamento CEE/UE del Consiglio n. 259 del 1 febbraio 1993	relativo alla sorveglianza e al controllo delle spedizioni di rifiuti all'interno della Comunità europea, nonché in entrata e in uscita dal suo territorio
regolamento CEE/UE del Consiglio n. 2455 del 23 luglio 1992	relativo alle esportazioni e importazioni comunitarie di taluni prodotti chimici pericolosi
direttiva CEE/CEE/CE del Consiglio n. 692 del 23 dicembre 1991	per la standardizzazione e la razionalizzazione delle relazioni relative all'attuazione di talune direttive concernenti l'ambiente
direttiva CEE/CEE/CE del Consiglio n. 689 del 12 dicembre 1991	relativa ai rifiuti pericolosi
direttiva CEE/CEE/CE della Commissione n. 659 del 3 dicembre 1991	adeguata al progresso tecnico l'allegato I della dir. 76/769/CEE del Consiglio concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi (amianto)

Norma	Oggetto
direttiva CEE/CEE/CE del Consiglio n. 382 del 25 giugno 1991	modifica la direttiva 83/477/CEE sulla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi con un'esposizione all'amianto durante il lavoro (seconda direttiva particolare ai sensi dell'articolo 8 della dir. 80/1107/CEE)
direttiva CEE/CEE/CE del Consiglio n. 656 del 4 dicembre 1990	relativa alle misure transitorie applicabili in Germania concernenti talune disposizioni comunitarie nel settore della tutela dell'ambiente
direttiva CEE/CEE/CE del Consiglio n. 394 del 28 giugno 1990	sulla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da un'esposizione ad agenti cancerogeni durante il lavoro (sesta direttiva particolare ai sensi dell'articolo 16, paragrafo 1 della dir. 89/391/CEE)
raccomandazione CE della Commissione n. 326 del 22 maggio 1990	riguardante l'adozione di un elenco europeo delle malattie professionali
direttiva CEE del Consiglio n. 87/217 del 19 marzo 1987	concernente la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento dell'ambiente causato dall'amianto
direttiva CEE del Consiglio n. 86/188 del 12 maggio 1986	in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti dall'esposizione al rumore durante il lavoro
direttiva CEE del Consiglio n. 85/610 del 20 dicembre 1985	recante settima modifica - amianto - della direttiva 76/769/CEE concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi.
direttiva CEE del Consiglio n. 83/478 del 19 settembre 1983,	recante quinta modifica - amianto - della dir. 76/769/CEE per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed ammini-

Norma	Oggetto
	strative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi
direttiva CEE del Consiglio del 19 settembre 1983	sulla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi con l'esposizione all'amianto durante il lavoro - seconda direttiva particolare ai sensi dell'art. 8 della direttiva 80/1107/CEE
direttiva CEE del Consiglio n. 82/605 del 28 luglio 1982	sulla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi ad un'esposizione al piombo metallico ed ai suoi composti ionici durante il lavoro - prima direttiva particolare ai sensi dell'art. 8 della direttiva 80/1107/CEE
direttiva CEE del Consiglio n. 80/1107 del 27 novembre 1980	sulla protezione dei lavoratori contro i rischi derivanti da un'esposizione ad agenti chimici, fisici e biologici durante il lavoro.
direttiva CEE del Consiglio n. 78/319 del 20 marzo 1978	relativa ai rifiuti tossici e nocivi
direttiva CEE del Consiglio n. 76/769 del 27 luglio 1976,	concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi
direttiva CEE del Consiglio n. 75/442 del 15 luglio 1975	relativa ai rifiuti

Allegato 2 - "Elenco non esaustivo della legislazione nazionale in tema di amianto"

Norma	Oggetto
l. 12 aprile 1943, n. 455	Estensione dell'assicurazione obbligatoria contro le malattie professionali alla silicosi e all'asbestosi.
d.p.r. 1124 del 30 giugno 1965	Testo unico delle disposizioni per l'assicurazione obbligatoria contro gli infortuni sul lavoro e le malattie professionali.
ordinanza ministero sanità 26 giugno 1986	Restrizioni all'immissione sul mercato e all'uso della crocidolite e dei prodotti che la contengono.
d.m. 21 gennaio 1987	Norme tecniche per l'esecuzione di visite periodiche ai lavoratori esposti al rischio di asbestosi.
d.p.r. n. 215 del 24 maggio 1988	Attuazione delle direttive 83/478/CEE e 80/1107/CEE recanti rispettivamente la V e la VII modifica (amianto) della dir. 76/769/CEE.
d.lgs. n. 277 del 15 agosto 1991	Attuazione di alcune direttive CEE in materia di protezione dei lavoratori contro i rischi durante il lavoro.
l. n. 257 del 27 marzo 1992	Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.
d.l. n. 169 del 5 giugno 1993	Disposizioni urgenti per i lavoratori nel settore dell'amianto.
l. n. 271 del 4 agosto 1993	Disposizioni urgenti per i lavoratori nel settore dell'amianto.

Norma	Oggetto
d.l. n. 374 del 11 agosto 1993	Attuazione dell'Art. 3, comma 1, lettera f), della legge 23 ottobre 1992, n. 421, recante benefici per le attività usuranti.
d.p.r. 13-4-94 n. 336	Regolamento recanti le nuove tabelle delle malattie professionali nell'industria e nell'agricoltura.
d.m. 29-7-94	Attuazione delle direttive CEE sull'uso di sostanze e preparati pericolosi.
d.p.r. 8-8-94	Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni ed alle province autonome di Trento e Bolzano per l'adozione di piani di protezione, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica dell'ambiente, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto.
d.m. 5/9/94	Elenco delle industrie insalubri di cui all'art. 216 del testo unico delle leggi sanitarie.
d.m. 6-9-94	Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art.6 comma 3,e dell'art.12 comma 2 della legge 27-3-92 n. 257 relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto.
l. 3-11-94 n. 640	Ratifica ed esecuzione della convenzione sulla valutazione dell'impatto ambientale in un contesto transfrontaliero, con annessi, fatto a Espoo il 25-2-91.
d.lgs. 17-3-95 n. 114	Attuazione delle direttiva 87-217-CEE in materia di prevenzione e riduzione dell'inquinamento dell'ambiente causato dall'amianto.
d.m. 28-3-95 n. 202	Regolamento recante modalità e termini per la presentazione delle domande di finanziamento a valere sul fondo speciale per la riconversione delle produzioni di amianto, previsto dalla legge 27-3-92 n257, concernente norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

Norma	Oggetto
circ. 12-4-95 n. 7	Circolare esplicativa del d.m. 6-9-94.
d.m. 26-10-95 n. 66	Normative e metodologie tecniche per la valutazione del rischio, il controllo, la manutenzione e la bonifica dei materiali contenenti amianto presenti nei mezzi rotabili.
d.p.c.m. 16-11-95	Ripartizioni di contributi a carico dello Stato e relativi all'annualità 1994 per la realizzazione dei piani di cui all'art.10 della legge 27-3-92 n. 257.
d.l. 19-3-96 n. 134	Disposizioni urgenti per il risanamento dei siti industriali dell'area di Bagnoli.
d.m. 14-5-96	Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art.5 comma 1 lettera f della legge 27-3-92 n. 257 recante: Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.
d.l. 17-5-96 n. 174	Disposizioni urgenti per il risanamento dei siti industriali dell'area di Bagnoli.
d.l. 14-8-96 n. 494	Attuazione della direttiva 92/57/CEE concernente le prescrizioni minime di sicurezza e di salute da attuare nei cantieri temporanei o mobili.
d.m. 12-2-97	Criteri per l'omologazione dei prodotti sostitutivi dell'amianto.
d.l. 5-2-97 n. 22	Attuazione delle direttive 91-156-CEE sui rifiuti, 91-689-CEE sui rifiuti pericolosi e 94-62-CE sugli imballaggi e sui rifiuti di imballaggio
aggiornamento d.l. 5-2-97 .22	Testo aggiornato del D.L. 5-2-97 n. 22.
d.m. 7-7-97	Scheda di partecipazione al programma di controllo di qualità per l'idoneità dei laboratori di analisi che operano nel settore "amianto".

Norma	Oggetto
d.lgs. 1-12-97 n. 468	Revisione della disciplina sui lavori socialmente utili, a norma dell'articolo 22 della legge 24 giugno 1997, n. 196.
d.m. 26-3-98	Elenco contenente i nomi delle imprese e dei materiali sostitutivi dell'amianto che hanno ottenuto l'omologazione.
d.l. 31-3-98	Conferimento di funzioni e compiti amministrativi dello Stato alle regioni ed enti locali, in attuazione del capo I della legge 15 marzo 1997, n. 59.
l. 9-12-98 n. 426	Nuovi interventi in campo ambientale.
d.m. 20-8-99	Ampliamento delle normative e delle metodologie tecniche, per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto.
d.l. 19-11-99 n. 528	Modifiche ed integrazioni al decreto legislativo 14 Agosto 1996, n. 494, recante attuazione della direttiva 92/57/CEE in materia di prescrizioni minime di sicurezza e di salute da osservare nei cantieri temporanei o mobili.
deliberazione 1-2-00	Criteri per l'iscrizione all'albo nella categoria 7 - gestione di impianti mobili per l'esercizio delle operazioni di smaltimento e di recupero dei rifiuti.
l. 27-3-01 n. 93	Disposizioni in campo ambientale.
d.m. 25-7-01	Rettifica al Decreto 20 Agosto 2001.
d.m. 18-9-01 n. 468	Regolamento recante: "Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale".

Norma	Oggetto
l. 21-12-01 n. 443	Delega al Governo in materia di infrastrutture ed insediamenti produttivi strategici ed altri interventi per il rilancio delle attività produttive.
dir. Mattm 9-4-02 n. 102	Indicazioni per la corretta e piena applicazione del regolamento comunitario n. 2557/2001 sulle spedizioni di rifiuti d in relazione al nuovo elenco dei rifiuti.
d.l. 8-9-02 n. 138	Interventi urgenti in materia tributaria, di privatizzazioni, di contenimento della spesa farmaceutica e per il sostegno dell'economia anche nelle aree svantaggiate.
l. 31-7-02 n. 179	Disposizioni in materia ambientale.
d.l. 13-1-03 n. 36	Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti.
d.m. 13-3-2003 e ss.mm.ii.	Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica.
d.m.18-3-2003 n. 101	Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto, ai sensi dell'art.20 della legge 23 marzo 2001, n. 93.
d.m. 5-2/04	Modalità ed importi delle garanzie finanziarie che devono essere prestate a favore dello Stato delle imprese che effettuano le attività di bonifica dei beni contenenti amianto.
d.l. 30-3-04	Criteri e requisiti per l'iscrizione all'Albo nella categoria 10 - Bonifica dei beni contenenti amianto.
d. interno Matt n. 771/ribo/di/g/sp del 12-6-03	Attribuzione del 50% dei fondi disponibili per la realizzazione della mappatura delle aree contaminate da amianto come previsto dall'Art.1, comma 4 del d.m. n. 101.

Norma	Oggetto
d. interno Matt n. 524/qdv/di/g/sp del 21-6-04	Trasferimento del 70% della quota assegnata per la realizzazione degli interventi di bonifica di particolare urgenza come previsto dall'Art.4, comma 4 del d.m. n. 101.
d.m. 29-7-04 n. 248	Regolamento relativo alla determinazione e disciplina delle attività di recupero dei prodotti e beni di amianto e contenenti amianto.
d.m. 14-12-04	Divieto di installazione di materiali contenenti amianto intenzionalmente aggiunto.
d.lgs. 152/06 3 aprile	Norme in materia ambientale.
d.m. 3-8-05	Criteri di ammissibilità dei rifiuti di amianto o contenenti amianto.
d.lgs. 257/06	"Attuazione della direttiva 2003/18/CE relativa alla protezione dei lavoratori dai rischi derivanti dall'esposizione all'amianto durante il lavoro".
d.m. 12 marzo 2008	Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale. Modalità attuative dei commi 20 e 21 dell'articolo 1 della legge 24 dicembre 2007, n. 247, concernente la certificazione di esposizione all'amianto di lavoratori occupati in aziende interessate agli atti di indirizzo ministeriale.
d.lgs. 81/08	Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.
d.lgs. 03-08-09. n. 106	Disposizioni integrative e correttive del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81.
d.m. 27 settembre 2010	Definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica, in sostituzione di quelli contenuti nel decreto del Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio 3 agosto 2005.

Norma	Oggetto
d.m. 2012 08 ottobre n. 161	Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo.
circolare del 25 gennaio 2011	Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali - Orientamenti pratici per la determinazione delle esposizioni sporadiche e di debole intensità (ESED).
d.l. 2014 12 settembre, n. 133	Misure urgenti per l'apertura dei cantieri, la realizzazione delle opere pubbliche, la digitalizzazione del Paese, la semplificazione burocratica, l'emergenza del dissesto idrogeologico e per la ripresa delle attività produttive. c.d. Sblocca Italia - Terre da scavo, Bonifiche, edilizia.
l. 23-12-2014 n. 190	Disposizioni per la formazione del bilancio annuale e pluriennale dello Stato (legge di stabilità 2015). Stanziamenti per gli anni 2015, 2016 e 2017 "in favore dei comuni di Casale Monferrato e Napoli - Bagnoli - introduzione Fondo vittime amianto per esposizione familiare ed ambientale - Altre novità contributive e previdenziali.
d.m. 24 giugno 2015	Modifica del decreto 27 settembre 2010, relativo alla definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica.
l. 28 dicembre 2015, n. 208	Legge di stabilità 2016. - Nuovi benefici contributivi e prestazioni del Fondo Vittime dell'Amianto, con relativi termini di decadenza. - Maggiorazioni contributive per il settore della produzione di materiale rotabile - Altre novità contributive e previdenziali.

Allegato 3 - “Elenco della legislazione regionale in tema di amianto”

L’elenco delle leggi regionali in materia di amianto rispecchia la presenza di amianto naturale sul territorio di competenza; ad eccezione di alcune Regioni che, seppure la letteratura scientifica in materia segnali alcuni affioramenti, hanno ritenuto di non dover affrontare la problematica dal punto di vista legislativo.

Regione Basilicata

Norma	Oggetto
Legge regionale 8 settembre 1999, n. 27	Concessione di finanziamenti regionali a sostegno degli interventi di bonifica da amianto.
Legge regionale 2 febbraio 2001, n. 67	Disciplina delle attività di gestione dei rifiuti ed approvazione del relativo piano
Contenuti principali: I dati del censimento dei siti di estrazione di Pietre Verdi; I dati del censimento delle imprese che hanno utilizzato amianto o svolgono attività di bonifica o di smaltimento di rifiuti contenenti amianto (RCA); I dati del censimento degli edifici ex art. 12 del dpr 8/8/1994; I dati del censimento delle discariche abusive di RCA; La banca dati amianto; Le modalità di attuazione delle competenze ex art. 11 del dpr 8/8/1994; Piani di indirizzo per il controllo delle condizioni di salubrità ambientale e di sicurezza del lavoro per il controllo delle attività di bonifica da amianto e di smaltimento dei rifiuti contenenti amianto; Formazione degli operatori del Servizio sanitario regionale (Ssr) addetti al controllo delle situazioni a rischio specifico di contaminazione ambientale e di esposizione personale e degli addetti alle attività di bonifica da amianto e di smaltimento dei rifiuti contenenti amianto.	
Delibera Giunta Regionale, 23 dicembre 2010, n. 2118	Disciplina delle attività di gestione dei rifiuti ed approvazione del relativo piano
Contenuti principali: Mappatura e caratterizzazione delle aree del territorio regionale con presenza di litologie potenzialmente contenenti amianto: primi indirizzi per la mitigazione del rischio di esposizione alle fibre aerodisperse	
Delibera Giunta Regionale, 29 novembre 2011, n. 1743	Criteri per l'autorizzazione di attività interferenti con suolo e sottosuolo nelle aree potenzialmente contenenti amianto e per l'utilizzo e la gestione delle terre e rocce da scavo provenienti dalle suddette aree e dagli inerti estratti dalle alvei fluviali
Legge regionale, 24 settembre 2015, n. 42	Incentivi per la manutenzione e la rimozione e lo smaltimento di piccoli quantitativi di materiali o rifiuti contenenti amianto
Regione Basilicata Dipartimento Ambiente e Territorio	Piano regionale di gestione dei rifiuti (PRGR) VI Parte PIANO AMIANTO Relazione di Piano Gennaio, 2016

Regione Calabria

Norma	Oggetto
P.R.A.C. Piano Regionale Amianto Calabria 2014	Attuazione della Legge Regionale 27 aprile 2011, n. 14 (art. 4, comma 1) recante « <i>Interventi urgenti per la salvaguardia della salute dei cittadini: norme relative all'eliminazione dei rischi derivanti dalla esposizione a siti e manufatti contenenti amianto</i> » (di seguito chiamata l. r. 14/2011); p. 3.1. L'amianto naturale. Allegato n. 4 Localizzazione Dell'amianto Naturale
Delibera Giunta Regionale n. 127 del 27 aprile 2015 Rapporto Preliminare Ambientale	Allegato 1: Documento Preliminare del Piano Regionale Amianto; Allegato 2: Questionario

Regione Emilia Romagna

Norma	Oggetto
Delibera Giunta Regionale n. 1696/2012	LINEE DI INDIRIZZO REGIONALI per la classificazione dei giacimenti di ofioliti, l'individuazione delle modalità di coltivazione e delle misure tecniche per il contenimento del rischio correlato e per l'utilizzo dei materiali estratti in funzione del loro contenuto di amianto

Contenuti principali: classificazione dei giacimenti all'interno del "Progetto sperimentale Pietre Verdi" basata su 4 punti fondamentali

- 1) classificazione preliminare dei giacimenti di Pietre Verdi
 - valutazioni ed analisi geologiche e petrografiche
 - valutazioni ed analisi geostrutturali
 - stima del tenore di amianto
 - determinazione dell'amianto liberabile/rilasciabile
- 2) individuazione preventiva delle modalità ottimali di coltivazione del giacimento per:
 - mitigare gli impatti ambientali
 - limitare al massimo l'esposizione degli addetti
 - consentire controlli mirati e puntuali
 - garantire la sicurezza dei materiali estratti
- 3) verifiche periodiche e sistematiche dei materiali estratti e dei livelli di esposizione per i lavoratori, tramite:
 - esame geologico-petrografico dei fronti di scavo
 - determinazione dell'amianto rilasciato dai materiali estratti
 - determinazione dell'esposizione personale dei lavoratori (d.lgs. 81/08)
- 4) l'utilizzo dei materiali estratti.

Le cave sono così classificate in: CLASSE A o CLASSE B e conseguentemente ne vengono definiti i possibili utilizzi e i relativi divieti.

Regione Liguria

Norma	Oggetto
Delibera Giunta Regionale 15 novembre 2013 - n. 1423	Aggiornamento indirizzi operativi per la applicazione del regolamento Terre e rocce di scavo. d.m. 161/2012 e d.l. 69/2013, che contiene in allegato la modulistica da utilizzare per la gestione delle terre e rocce di scavo ai sensi del d.l. n. 69/2013
Legge Regionale 6 marzo 2009 - n. 5	Norme per la prevenzione dei danni e dei rischi derivanti dalla presenza di amianto, per le bonifiche e per lo smaltimento
Delibera Giunta Regionale 21 gennaio 2000 - n. 40/00	Piano di censimento dei siti estrattivi di Pietre Verdi
Delibera Giunta Regionale 6 marzo 1998 - n. 567/98	Piano regionale di protezione dell'ambiente, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto di cui all'art.10 della legge 27 marzo 1992 numero 257 - Approvazione documenti informativi e di attuazione
Delibera Giunta Regionale 20 dicembre 1996 - n. 105/96	Piano di protezione dell'ambiente, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto di cui all'articolo 10 della legge 27 marzo 1992, n. 257

Regione Lombardia

Norma	Oggetto
Delibera Giunta Regionale 12 marzo 2008 n. 8/6777	Determinazioni in merito alla sorveglianza sanitaria dal rischio di esposizione a fibre di amianto e aggiornamento delle "Linee Guida per la gestione del rischio amianto" di cui alla d.g.r. n. 36262/1998
Legge del 29-09-2003 n. 17	Norme per il risanamento dell'ambiente, bonifica e smaltimento dell'amianto
Delibera Giunta Regionale 22 maggio 1998 n. 36262	Linee guida per la gestione del rischio amianto
Delibera della Giunta Regionale 22 settembre 1995 n. 6/2490	Adozione del "Piano di protezione, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica dell'ambiente ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto"
Delibera della Giunta Regionale 22 dicembre 2005 - n. 8/1526	Approvazione del Piano Regionale Amianto Lombardia (PRAL) di cui alla legge regionale del 29 settembre 2003 n.17: Allegato 5 (p.2.4 del PRAL) Localizzazione dell'amianto naturale

Regione Piemonte

Norma	Oggetto
Deliberazione del Consiglio Regionale 1 marzo 2016, n. 124 - 7279	Piano di protezione dell'ambiente, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto (Piano regionale amianto) per gli anni 2016- 2020
Legge regionale 14 ottobre 2008, n. 30	Norme per la tutela della salute, il risanamento dell'ambiente, la bonifica e lo smaltimento dell'amianto

L'articolo 7 disciplina la redazione e l'approvazione del Piano regionale amianto, precisando che, ai fini dell'approvazione, il Piano regionale amianto debba essere presentato dalla Giunta regionale al Consiglio regionale. Il primo Piano regionale amianto della Regione Piemonte è stato adottato con deliberazione della Giunta regionale 5 febbraio 2001, n. 51-2180; successivamente con deliberazione della Giunta regionale 1° febbraio 2010, n. 6-13149 è stato poi presentato al Consiglio regionale l'aggiornamento del Piano, che non è stato tuttavia oggetto di esame ed approvazione.

Regione Sardegna

Norma	Oggetto
Delibera n. 66/29 del 23 dicembre 2015	Piano regionale di protezione, decontaminazione, smaltimento e bonifica dell'ambiente ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto e degli elaborati connessi alla Valutazione Ambientale Strategica ai sensi del d.lgs. n. 152/2006 e s.m.i., della Legge n. 257/1992 e del d.p.r. 8.8.1994. legge regionale 16 dicembre 2005, n. 22
Deliberazione di Giunta Regionale n. 66/29 del 23 dicembre 2015	Piano regionale di gestione dei rifiuti: Piano regionale di protezione, decontaminazione, smaltimento e bonifica dell'ambiente ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto

Regione Sicilia

Norma	Oggetto
Dipartimento della Protezione Civile - Ufficio Amianto; Circolare con Prot. n. 26621 del 09-05-2016; l.r. n. 10/2014	Norme per la tutela della salute e del territorio dai rischi derivanti dall'amianto". - Istituzione del Registro pubblico degli edifici, degli impianti, dei mezzi di trasporto e dei siti con presenza certa o con conclamata contaminazione da amianto. Contiene indicazioni sull'utilizzo del Registro di cui al D.D.G n. 59 del 17/03/2016.
Assessorato alla Salute, Dipartimento della Protezione Civile - Ufficio Amianto, Dipartimento per le Attività sanitarie e Osservatorio Epidemiologico; D.DD.GG. n. 286 del 06-05-2016	Approvazione Protocollo sanitario Regionale standardizzato per gli accertamenti sanitari in materia di amianto (art. 11, c. 1, l.r. 10/2014).
Dipartimento della Protezione Civile - Ufficio Amianto; D.D.G. n. 59 del 17-03-2016	Istituzione del Registro pubblico degli edifici, degli impianti, dei mezzi di trasporto e dei siti con presenza certa o con conclamata contaminazione da amianto
Presidenza; Circolare 22-07-2015	Legge regionale 29 aprile 2014, n. 10 "Norme per la tutela della salute e del territorio dai rischi derivanti dall'amianto". Attuazione art. 4, c. 1, lettera b) - Linee guida per la redazione del "Piano comunale amianto"
Assessorato Territorio ed Ambiente, Dipartimento Regionale dell'ambiente; D.A. n. 105 del 15-04-2015	Istituzione del Geosito "Lave brecciate a fluoro-edenite e fluoroflogopite di Monte Calvario", territorio comunale di Biancavilla (CT).
Legge 29-04-2014, n. 10	Norme per la tutela della salute e del territorio dai rischi derivanti dall'amianto
<i>In attuazione degli obiettivi del Piano Nazionale Amianto 2013, del Piano Sanitario Regionale e di normativa nazionale afferente alla materia, costituisce l'Ufficio Amianto del Dipartimento della Protezione Civile ed adotta iniziative volte alla prevenzione primaria e secondaria ed al risanamento ambientale rispetto all'inquinamento da fibre da amianto</i>	

Assessorato della Salute; Circolare 21 dicembre 2011, n. 1285	Linee guida sulle misure di tutela della salute e sicurezza dei lavoratori esposti al rischio amianto durante i lavori di manutenzione, rimozione dell'amianto o dei materiali contenenti amianto, smaltimento e trattamento dei relativi rifiuti, nonché di bonifica delle aree interessate
---	--

Contiene disamina sugli obblighi a carico del D.L. per i lavori indicati nel titolo della Circolare, in conformità alle disposizioni della Normativa nazionale, fornendo indicazioni applicative finalizzate anche a rendere uniformi e omogenee su tutto il territorio regionale le procedure utilizzate dalle AA.SS.PP. e dalle aziende interessate.

Assessorato per la Sanità; Decreto 24-11-2003	Individuazione della struttura del Centro Operativo Regionale della Regione siciliana. Contiene disposizioni organizzative sulle attività, in ambito regionale, da realizzare per il Registro Nazionale dei Mesoteliomi
---	---

Assessorato della Sanità; Circolare n. 1025 del 23-05-2000	Registro regionale dei mesoteliomi - Definizione delle procedure di segnalazione e registrazione dei casi e modalità applicative del decreto 24 giugno 1998
--	---

Ordinanza del sindaco di Biancavilla n. 32 del 12 marzo 1999	Divieto assoluto dell'attività di cava, di frantumazione e movimentazione del pietrisco lavico contaminato da materiali fibrosi della famiglia dell'amianto (anfiboli, tremolite, actinolite, etc.) proveniente dalla cava di Monte Calvario
--	--

Assessorato Territorio ed Ambiente; D.A. 12-11-1998	Prescrizioni tecniche minime necessarie per l'attivazione, all'interno di una discarica di tipo 2A, di una specifica sezione dedicata al conferimento dei rifiuti di amianto in matrice cementizia o resinoide
---	--

Assessorato della Sanità; Decreto 24-06-1998	Istituzione del Registro regionale siciliano dei mesoteliomi
--	--

Presidenza; D.P. Reg. 27-12-1995	Piano di protezione dell'amianto, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto
----------------------------------	---

Regione Toscana

Norma	Oggetto
Deliberazione del Consiglio Regionale dell'8 aprile 1997, n. 102	Piano di protezione dell'ambiente, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto
Legge regionale 19 settembre 2013, n. 51	Norme per la protezione e bonifica dell'ambiente dai pericoli derivanti dall'amianto e promozione del risparmio energetico, della bioedilizia e delle energie alternative
Deliberazione 16 febbraio 2015, n. 130	Approvazione documento "Azioni propedeutiche alla elaborazione del Piano Regionale di Tutela dall'amianto ai sensi dell'art. 2 della l.r. 51/2013"

Regione Valle d'Aosta

Norma	Oggetto
Legge regionale 22 dicembre 2015, n. 22	Approvazione dell'aggiornamento del piano regionale di gestione dei rifiuti per il quinquennio 2016/2020. Rideterminazione dell'entità del tributo speciale per il deposito in discarica dei rifiuti solidi. Allegato C "Piano regionale di gestione dei rifiuti della regione autonoma Valle d'Aosta (articolo 1, comma 3, lettera c)) - Volume 3 - Bonifica dei siti contaminati e amianto"

Bibliografia

Cap. 3

- "An outbreak of pleural mesothelioma and chronic fibrosing pleurisy in the village of Karain/Urgüp in Anatolia" Baris YI, et al. Thorax. 1978;33:181-192<http://thorax.bmj.com/content/thoraxjnl/33/2/181.full.pdf>
- Sheppard R.A. Open File Report 96-018; U.S. Geological Survey, 1996; <https://pubs.usgs.gov/of/1996/0018/report.pdf>
- "Geologic occurrences of erionite in the United States: an emerging national public health concern for respiratory disease" Van Gosen B.S. et al. Environ Geochem Health (2013) 35:419-430 DOI 10.1007/s10653-012-9504-9:
https://www.fairwarning.org/wp-content/uploads/2016/02/Erionite-in-the-US_Environmental-Geochem-and-Health-4.pdf

Capp. 4, 5

- "Travaux en terrain amiantifère - opérations de génie civil de bâtiment et de travaux publics", INRS Edition 6142, septembre 2013, ISBN 978-2-7389-2080-5.
- "Tätigkeiten mit potenziell asbest-haltigen mineralischen Rohstoffen und daraus hergestellten Gemi-schen und Erzeugnissen - TRGS 517", Februar 2013, GMBI 2013 S. 382-396 v. 9.4.2013 [Nr. 18].
- "Affleurements naturels d'amiante - Etat des connaissances sur les expositions, les risques sanitaires et les pratiques de gestion en France et à l'étranger", Saisine n. 2007-SA-0408, RAPPORT d'expertise, Octobre 2010.
- "Asbestos pollution in an inactive mine: Determination of asbestos fibers in the deposit tailings and water", Koumantakis E., Anastasiadou K., Gidaracos E., Journal of hazardous materials, 167, Elsevier, 1080-1088, February 2009.
- Clinkenbeard J.P., Churchill R.K., Kiyoun Lee, Guidelines for geologic investigations of naturally occurring asbestos in California, California Geological Survey, Special Publication 124, 2002.
- Foster H.I., Asbestos Occurrence in the Eagle C-4 Quadrangle Alaska, Geological Survey Circular 611, 1969.
- Solie D.N., Athey J.E., Preliminary evaluation of bedrock potential for naturally occurring asbestos in Alaska, Alaska Division of Geological & Geophysical Surveys, Miscellaneous Publication 157, 2015.

- <http://dggs.alaska.gov/1AFAF8A6-59C9-4629-9147-7ADCC7F94250/FinalDownload/DownloadId-E6212931E2B421CEC1BDEB855DF38AFD/1AFAF8A6-59C9-4629-9147-7ADCC7F94250/webpubs/dggs/mp/text/mp157.pdf>.
- "Naturally Occurring Asbestos (Noa) in Italy: Risks and Remediation Activities", Malinconico S., Paglietti F. - Atti del IV International Symposium on "Mine Reclamation", Seoul 29-31 Maggio 2013, pagg. 41-49.
- "Airborne asbestos fibres monitoring in tunnel excavation" - Gaggero L., Sanguiniti E., Gonzalez A.Y., Militello G.M., Scuderi A., Parisi G. - Journal of environmental management, 18 March 2017.
- "Safety Procedures during Restoration in Mining and Quarrying Areas", Paglietti F., Di Molfetta V., Malinconico S., Giangrasso M., Atti della Conferenza internazionale CONSOIL 2010, 21-24 Settembre 2010 Salisburgo.
- "Tunnelling in Naturally Occurring Asbestos (Noa): prevention and safety measures", Malinconico S., Paglietti F., Di Molfetta V., Gennari F., Bellagamba S., Proceeding World Asbestos Conference 2009, 1-3 October 2009, Taormina.
- "Natural asbestos contamination: Biancavilla's case", Paglietti F., Damiani F., Malinconico S., De Simone P., ASTM Johnson Conference, 14-18 July 2008, "Critical Issues in Monitoring Asbestos, Burlington", Vermont.
- "Toxicity evaluation for the broad area of the asbestos mine of northern Greece", Anastasiadou K., Gidarakos E., Journal of hazardous materials, A 139, Elsevier, pag. 9-18, June 2006.
- "Risk of exposure to tremolite fibers in an urban area" - Camilucci L., De Simone P., Fanizza C., Paglietti F. - Atti del Convegno "International Conference on Environmental and Occupational Respiratory Diseases" - Lucknow, 29 October - 2 November 2000, India.
- "Tecniche di bonifica e monitoraggio in aree contaminate da amianto di origine naturale ed antropica", S. Malinconico, F. Paglietti, B. Conestabile Della Staffa, S. Bellagamba, P. De Simone, Atti del convegno INAIL, Roma, 3-4 Maggio 2016.
- "La presenza naturale di amianto in ambienti di vita o di lavoro: problematiche di censimento e gestionali", Malinconico S., Paglietti F., Conestabile della Staffa B., Bellagamba S., Atti Convegno Assoamianto "Amianto in ambienti di vita e di lavoro: problemi e soluzioni", Remtech 2016, Ferrara, 23 Settembre 2016, pag. 478 - 484. ISBN: 978-88-904428-1-0.
- "Messa in sicurezza e bonifica del sito minerario di Balangero e Corio", B. Conestabile della Staffa, F. Paglietti, P. De Simone, Workshop "Siti contaminati: Esperienze negli interventi di risanamento", SiCon 2015, Taormina, 6 Febbraio 2015, pag. 371 - 378.
- "Naturally Occurring Asbestos in Italy", S. Malinconico, Paglietti F., Rimoldi B., Sala O., Atti del GEOMED 2011, 20-25 Settembre 2011.

- “Lo stato dell’arte del censimento e della mappatura dell’amianto in Italia”, Paglietti F., atti del Seminario su “Problema amianto: lo stato dell’arte degli aspetti tecnici, normativi, gestionali e previdenziali”, 3 Giugno, Roma 2009, Università di Roma “La Sapienza”.
- “Presenza naturale di amianto ed azione antropica”, Malinconico S., atti del Seminario su “Problema amianto: lo stato dell’arte degli aspetti tecnici, normativi, gestionali e previdenziali”, 3 Giugno, Roma 2009, Università di Roma “La Sapienza”.
- “Progettazione delle attività di Monitoraggio Ambientale e delle Procedure di Sicurezza da adottare nel corso di attività di bonifica da amianto in ambiente cittadino”, Paglietti F., Di Molfetta V., Malinconico S., De Simone P., Atti del Convegno AIDII, Le Giornate di Corvara, 15° Convegno di Igiene Industriale, 1-3 Aprile 2009, pag. 703-707.
- “Mappatura e controllo delle aree minerarie ai fini della valutazione del rischio di contaminazione da amianto: risultati preliminari” - Paglietti F., Plescia P.- Giornata di Studio su “Il rischio amianto legato alle attività estrattive ed alla bonifica di siti industriali dismessi, Torino, 20 Maggio 1997.
- “Le Pietre Verdi: metodologie di controllo del loro contenuto in amianto” - Marabini A., Paglietti F., Plescia P.- Congresso Nazionale dei Geologi, Roma, 17-20 Aprile 1997.
- “Protocollo di monitoraggio amianto per lo scavo dei rami di collegamento” - SWS engineering, 22 Gennaio 2016.
- “Protocollo gestione amianto Terzo Valico dei Giovi - Linea AV/AC Milano - Genova”, Ministero dell’Ambiente e della tutela del Territorio e del Mare, prot. n. DVA-2014-0011755 del 23/4/2014.
- “Prescrizioni relative alla gestione operativa del deposito sotterraneo per rifiuti pericolosi sito in Strada Statale n. 24, Comune di Cesana T.S.E.” - Servizio Pianificazione e gestione rifiuti, bonifiche, sostenibilità ambientale, Provincia Torino, prot. n. 162-36727/2013.
- “Localizzazione dell’amianto naturale in Valmalenco” - Progetto Codice IReR: 2007B079, Rapporto finale Maggio 2008, <http://www.irer.it/ricerche/territoriale/ambiente/2001B079>.
- “The natural presence of asbestos in Tuscany”. 1th Geoitalia 2007 - Rimini, 12-14 Settembre 2007. T06-12 Poster Di Benedetto, Francesco 10.1474/Epitome. 02.0260. Geoitalia 2007.
- “Amianto di serpentino e di anfibolo, serie tremolite e actinolite sull’Appennino Calabrese: risultati preliminari di monitoraggi in ambiente lavorativo e cittadino” - Silvestri S., Veraldi A., Falcone M., Capone P., Amato G., Campopiano A., Spagnoli G., La prevenzione primaria dei tumori di origine industriale ed ambientale in una società moderna, Genova, 7-9 novembre 2004.

- "Progetto regionale Pietre Verdi" - Regione Emilia Romagna, 2004, http://www.arpa.emr.it/dettaglio_documento.asp?id=3074&idlivello=1092.
- "Valutazione del rischio ambientale da fibre di amianto in siti dell'Appennino Emilian con affioramenti naturali di "Pietre Verdi": primi risultati e considerazioni" - Sala O. et al., Atti del IX Convegno AIDII di Corvara, Marzo 2003.
- "Contaminazione da fibre di amianto nelle acque potabili in Toscana" - Fornaciai G., Cherubini M., Mantelli F. - I Documenti, n. 12, Fondazione Salvatore Maugeri, IRCCS, P, 1997.
- "Il rischio amianto in cave di serpentino" - Wojtowicz M., Lauria E., Mego P.G., Giornale degli Igienisti Industriali, 1991, 16, pagg. 81-96.
- "Amianto naturale in Piemonte. Cronistoria delle concessioni e dei permessi di ricerca mineraria" - Arpa Piemonte, Torino, 2008. <http://www.arpa.piemonte.it/index.php?module=contentExpress&func=display&ceid=735>.
- "Mappa Pietre Verdi in Liguria - Regione Liguria, http://www.cartografiarl.regione.liguria.it/CartoWebNet/CwMappa.aspx?codice_applicazione=1&codice_catalogo=1200.
- "Linee di indirizzo per la gestione del rischio di dispersione di fibre di amianto: interventi inerenti gli strumenti regolatori per la pianificazione del territorio, finalizzati alla minimizzazione del rischio di dispersione" - Regione Piemonte.
- "Cantiere di scavo della galleria Finestra Cravasco" - COCIV.
- "Asbestos Risk In Quarrying And Processing Of The "Serpentino Della Val Malenco", Central Alps: Preliminary Geological And Environmental Studies For Risk Assessment" Cavallo A., Rimoldi B., Ferrario A. Atti del Convegno: "Dagli amianti alle nanoparticelle: dall'esperienza del passato la chiave per risolvere i problemi del futuro", Università di Torino, Torino, 2004.
- "Esposizione a fibre di amianto nelle attività di estrazione e lavorazione del serpentino della Val Malenco" Cavallo A., Rimoldi B., Guercio A., Massera S., Pisanelli F. AIDII 23° Congresso Nazionale, Bologna, 2005.
- "Naturally occurring asbestos in quarrying and processing the "Serpentino della Valmalenco" (So), Central Alps: geological and environmental studies for risk assessment", Cavallo A., Massera S., Rimoldi B., Guercio A., Marena G., Barbassa E., Santucci P., Tripi L., Verdel U. Book of Abstracts 28th International Congress on Occupational Health ICOH, Milano, 2006.
- "Erionite: analisi preliminare alla valutazione di una potenziale esposizione per i lavoratori italiani". Rimoldi B., Pasquarè G., Tibaldi A., Cavallo A., Mattioli M., Renzulli A. Riv. Inf. Mal. Prof., Fasc.1/2009, pag. 143-154.
- "Geology and health: study methodology and volcano-tectonic genesis of the highly cancerogenic erionite mineral". Cavallo A., Mattioli M., Pasquarè G., Renzulli A., Rimoldi B., Tibaldi A. Abstract Volume ILP Joint Task Force Meeting 2009, Eds.

- A.Tibaldi, B. Van Wyk de Vries & G. Hoffer, Laboratoire Magmas et Volcans, Université Blaise Pascal, France, 2009.
- "Evaluation of workers' exposure to naturally occurring asbestos in quarrying and processing of the "Serpentino della Val Malenco", Central Alps, Italy" . I Rimoldi B., Cavallo A., Massera S., Guercio A., Barbassa E., Marena G., Pisanelli F., Santucci P., Tripi L. in: Epitome, Geoitalia 2009.
 - "Measuring naturally occurring airborne asbestos: the Lombardia and Emilia Romagna experiences in the field and in the laboratory". Rimoldi B., Cavallo A., Massera S., Sala O., Pelosio A., Boggio P. In: Epitome, Geoitalia 2009.
 - "Worker's asbestos exposure in quarrying and processing of the "Serpentino della Val Malenco", Central Alps, Italy: risk assessment and prevention". Massera S., Guercio A., Rimoldi B., Cavallo A., Barbassa E., Santucci P. In: Book Of Abstracts - 8th International Scientific Conference. Health, Work And Social Responsibility. Roma, IOHA, 2010.
 - "First investigations about erionite and offretite in Italian volcanic environments" Cavallo, A., Dogan, A.U., Dogan, M., Mattioli, M., Renzulli, A., Rimoldi B., Tibaldi, A. Proceedings ILP's Second Potsdam Conference, 2010.
 - "Preliminary Investigations of Some Fibrous Zeolites Which May Cause Adverse Health Effects: A Case Study From Volcanic Rocks Of Northern Italy" Mattioli M., Dogan A.U., Dogan M., Cenni M., Renzulli A., Rimoldi B., Tibaldi A. 4th International Conference on Medical Geology "Geological and Medical Sciences for a safer Environment" Bari, 2011.
 - "Geology And Health: The Highly Carcinogenic Erionite Mineral And The Need For A Risk Assessment In Italy" Cavallo A., Rimoldi B., Dogan M., Dogan A.U. 4th International Conference on Medical Geology "Geological and Medical Sciences for a safer Environment" Bari, 2011.
 - "Naturally Occurring Asbestos In Serpentinite Quarries: A Case Study In Valmalenco, Central Alps, Northern Italy", Rimoldi B., Cavallo A., Guercio A., Barbassa E., Marena G., Pisanelli F., Santucci P., Tripi L., Massera S. 4th International Conference on Medical Geology "Geological and Medical Sciences for a safer Environment" Bari, 2011.
 - "Erionite And Other Fibrous Zeolites In Volcanic Environments: The Need For A Risk Assessment In Italy" Cavallo A., Rimoldi B. In: European Geosciences Union General Assembly Vienna, Austria, 2012.
 - "Asbestos Exposure During Quarrying And Processing Of Serpentinites: A Case Study In Valmalenco, Central Alps, Northern Italy" Cavallo A., Rimoldi B. In: European Geosciences Union General Assembly Vienna, Austria, 2012.
 - "Chrysotile asbestos in serpentinite quarries: a case study in Valmalenco, Central Alps, Northern Italy" Cavallo A., Rimoldi B. Environmental Science: Processes & Impacts DOI: 10.1039/C3EM00193H, 2013.

- "Mappatura Dei Siti Contaminati Da Amianto Di Origine Naturale" In: Reti, sinergie, appropriatezza, innovazione: professioni tecniche verso il futuro della salute e sicurezza sul lavoro - Rimoldi B., Addia R., Antonelli B. M., Bellomo D., Bevilacqua R., Bisignano U., Buffa C., Candido D., Cifelli F., Colafemmina G., Continisio R., Della Penda E., Di Benedetto R., Ferman R., Frusteri L., Galassi R., Gambacciani L., Gargano C., Guercio A., Iotti A., Lancellotti D., Marchesi E., Mecchia M., Nori L., Papapietro N., Salierno F., Santucci P., Tamiglio G., Valori L., Zecchi C. Atti del 9° Seminario Contarp, pag. 401-407.
- "Green Stones processing post-quarrying: asbestos risk exposure and prevention" Guercio A., Rimoldi B. MinOSH, Odense (Danimarca), 2017.
- "Workers' risks in naturally occurring asbestos contaminated sites" Bellomo D., Gargano C., Guercio A., Rimoldi B., Punturo R. Congresso congiunto della Società Italiana di Mineralogia e Petrografia, Società Geologica Italiana, Associazione Italiana di Vulcanologia e Società Geochimica italiana, Geosciences: a tool in a changing world, Pisa, 2017.
- APAT: Carta geologica Foglio n. 613 Taormina scala 1:50.000. Università di Catania, 2009.
- ARPA Toscana, 2011. Le attività di ARPAT nelle fasi autorizzative e di controllo delle attività estrattive in rocce ofiolitiche. ARPAT, 30 settembre 2011.
- "First investigations about erionite and offretite in Italian volcanic environments". Cavallo A., Dogan A.U., Dogan M., Mattioli M., Renzulli A., Rimoldi B., Tibaldi A.: Proceedings ILP's Second Potsdam Conference, 6-8 Oct. 2010.
- "Erionite and other fibrous zeolites in volcanic environments: the need for a risk assessment in Italy". Cavallo A., Rimoldi B. In: European Geosciences Union General Assembly 2012, Vienna, Austria, NH8.3 Medical Geohazards and Geochemistry, 22 - 27 April 2012.
- "Sub-greenschist facies assemblages of metabasites from south-eastern Peloritani range (NE-Sicily)". Cirrincione R., Atzori P., Pezzino A.: Mineralogy and Petrology, 67, 193-212, 1999.
- "Caratterizzazione petrografica e geochimica delle meta-vulcaniti pre-erciniche affioranti nel settore meridionale dei Monti Peloritani (SE Sicilia)". Cirrincione R., Lo Giudice A., Mazzoleni P., Pezzino A., Trombetta A.: Boll. Acc. Gioenia di Scienze Naturali, vol. 36, n. 362, 61-86, 2003.
- CNR-IDPA e ETH: Carta geologica della Valmalenco scala 1:25.000. Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria. Milano, 2004.
- ISPRA: Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Foglio 49, "Verona". Serv. Geol. It., 1967.
- "The deformation history of an accreted ophiolite sequence: the Internal Liguride

- units (Northern Apennines, Italy)". Marroni M. & Pandolfi L., *Geodin. Acta*, 9(1), 13-29 1996.
- Tesi di laurea inedita "Amianto crisotilo e rocce serpentinosi all'Isola d'Elba" Massera S. 1992.
 - "Ophiolites of the Calabrian Peloritan arc and their relationships with the crystalline basement (Catena Costiera and Sila Piccola, Calabria, Southern Italy)". Piluso E., Cirrincione R., Morten L. *GLOM 2000 Excursion Guide - Book*. Ofioliti, 25, 117-140, 2000.
 - "I minerali del gruppo dell'Ortler. Antofillite e actinolite di Val di Bresimo" Pirani R. *Rend. Accademia dei Lincei*, s.VIII, vol XIII, Fasc.1-2, pag. 83-88, 1952.
 - Regione Emilia-Romagna: Il progetto regionale Pietre Verdi. Le ofioliti, la loro estrazione e il problema amianto. 2004.
 - "Valutazione dell'esposizione ad amianto naturale degli addetti all'estrazione e lavorazione del "Serpentino della Val Malenco": un esempio di consulenza resa alle aziende del territorio". Rimoldi B., Cavallo A., Barbassa E., Guercio A., Marena G., Massera S., Pisanelli F., Santucci P., Tripi L.: *Atti 6° Seminario Contarp "Sicurezza e prevenzione: esperienze a confronto"*, 2009.
 - http://www.bonifiche.minambiente.it/contenuti/SIN_AMIANTO/cartografia/Mappa_2015_25_11_2015.pdf.
 - <http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2016/10/attach/dcr124%20ambiente.pdf>.
 - http://webgis.arpa.piemonte.it/w-metadoc/geo_dissesto/amianto_in_natura_guida_lettura_dati2013.pdf.
 - <http://www.arpat.toscana.it/documentazione/report/le-attivita-di-arpat-nelle-fasi-autorizzative-e-di-controllo-delle-attivita-estrattive-in-rocce-ofiolitiche>.
 - <http://www.alitec.eu/ambiente/24?jjj=1460635854793>.
 - <http://docplayer.it/9306185-Ambiente-e-salute-nelle-marche.html>.
 - <http://www3.arpa.marche.it/doc/Pdf/epidem/Neoplasie%20e%20asbesto%20nelle%20Marche.pdf>.
 - <http://geoportal.regione.umbria.it/geoportal/catalog/main/home.page>.
 - <http://www.camminacammina.it/cava-del-bianchi-riserva-naturale-monte-rufeno>.

Par. 5.2

- Decreto Ministeriale 18 marzo 2003, n. 101, "Regolamento per la realizzazione di una mappatura delle zone del territorio nazionale interessate dalla presenza di amianto, ai sensi dell'articolo 20 della legge 23 marzo 2001, n. 93.", pubblicato nella G.U. n. 106 del 9 maggio 2003.

- Legge 23 marzo 2001, n. 93, "Disposizioni in campo ambientale", pubblicata nella G. U. n. 79 del 4 aprile 2001.
- "La mappatura dell'amianto in Italia: stato dell'arte e criteri di priorità", Paglietti F., Malinconico S., Moccaldi A., Ludovisi G. Il Sole 24 Ore - Ambiente e Sicurezza, n. 10 del 17 maggio 2005.
- "Italian asbestos mapping", Paglietti F., Di Molfetta V., Malinconico S., Gennari F., Bellagamba S., Giangrasso M. In: Proceeding World Asbestos Conference 2009, 1-3 October 2009, Taormina.
- "Natural Occurring Asbestos in Italy", Malinconico S., Paglietti F., Rimoldi B., Sala O. In: Atti del GEOMED 2011, 20-25 Settembre 2011.
- INAIL "Amianto nelle rocce ofiolitiche in Calabria", Collana Ricerche, 2020.

Par. 5.3

- "Naturally Occurring Asbestiform Minerals in Italian Western Alps and in Other Italian Sites" Belluso E., Baronnet A., Capella S. Environmental & Engineering Geoscience, Vol. XXVI, No. 1, February 2020, pp. 39-46.
- "Determination of the concentration of asbestos minerals in highly contaminated mine tailings: An example from abandoned mine waste of Crêtaz and Èmarese (Valle d'Aosta, Italy)". Gualtieri A.F., Pollastri S., Ronchetti F., Gandolfi N. B., Albonico C., Cavallo A., Zanetti G., Marini P., Sala O. American Mineralogist (2014) 99 (7): 1233-1247.
- <http://www.arpa.vda.it>.
- http://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2017/09/Attivita%CC%80_Agenzie_ES4_2017.pdf.
- Regione Piemonte. Piano Regionale Amianto 2016-2020, all'indirizzo web: <https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/ambiente/amianto-bonifiche-terre-rocce-scavo/amianto>.
- ARPA Piemonte, 2016. Mappatura litologie con probabilità di occorrenza di amianto naturale in Piemonte - Guida alla lettura dei dati, all'indirizzo web http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportalservice_arpa/catalog/search/resource/details.page?uuid=ARLPA_TO:07.13.01-02-03-D_2014-03-03-11:00.
- Cartografie tematiche su mappatura amianto naturale su web app Arpa Piemonte, all'indirizzo web:
- https://webgis.arpa.piemonte.it/amianto_storymap_webapp/
- "Le nostre rocce - le rocce della Liguria: riconoscerle e capirne la storia". Cortesogno L., Palenzona A., 1986 Edizioni Sagep, Genova.

- DGR Liguria n. 859-2008, Allegato 3: Relazione Pietre Verdi, Sito regione Liguria per l'ambiente: <http://www.ambienteinliguria.it/lirgw/eco3/ep/linkPagina.do?canale=/Home/015Territorio/050geologia/030cartografiageologica/010pietreverdi>.
- Consiglio Nazionale delle Ricerche, Politecnico Federale di Zurigo, 2004. "Carta geologica della Valmalenco". Edizioni CNR, 2004.
- "Valutazione Dell'esposizione Ad Amianto Naturale Degli Addetti All'estrazione E Lavorazione Del "Serpentino Della Val Malenco": Un Esempio Di Consulenza Resa Alle Aziende Del Territorio". Rimoldi B., Cavallo A., Barbassa E., Guercio A., Marena G., Massera S., Pisanelli F., Santucci P., Tripi L. Atti 6° Seminario CONTARP "Sicurezza e prevenzione: esperienze a confronto", Quaderni della Riv. Inf. Mal. Prof. 2009, pag. 65-72.
- Deliberazione di Giunta regionale 22 Dicembre 2005 n. 8/1526, "Approvazione del Piano Regionale Amianto Lombardia (PRAL) di cui alla legge regionale 29 Settembre 2003 n. 17".
- "I minerali del gruppo dell'Ortler: 4: Antofillite e actinolite di Val di Bresimo. Solubilità di questa actinolite." Pirani R., 1952 Atti della Accademia nazionale dei Lincei. Rendiconti della Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali, S.8, vol. 13, p. 83-88.
- ARPA Emilia-Romagna, 2004. "Il Progetto regionale Pietre Verdi - Le ofioliti, la loro estrazione e il problema amianto" Regione Emilia-Romagna. http://www.arpa.emr.it/dettaglio_generale.asp?id=1281&idlivello=1099.
- Regione Toscana - ARPAT - USL toscane - Dipartimento di Scienze della Terra dell'università di Pisa. Progetto CamAm.
- Regione Toscana, Consorzio Lamma, Centro di GeoTecnologie dell'Università degli Studi di Siena, 2016. Progetto AmianTos, (<http://www.lamma.rete.toscana.it/bd-amianto-naturale-nelle-rocche-bdamiantos>)
- ARPA Toscana, 2011. Le attività di ARPA Toscana nelle fasi autorizzative e di controllo delle attività estrattive in rocce ofiolitiche, (<http://www.arpas.toscana.it/temi-ambientali/amianto/mappatura>).
- Regione Toscana, Schede d'Ambito Piano paesaggistico;
- "Geology of Central and Eastern Elba Island, Italy". Bortolotti V., et al., 2001. Ofioliti; 26(2a): 97-150.
- "The architecture of the Jurassic Ligure-Piemontese oceanic basin: tentative reconstruction along the Northern Apennine - Alpine Corsica transect." Marroni M., Pandolfi L., 2007 International Journal of Earth Science; DOI: 10.1007/s00531-006-0163-x.
- "Contributo alla conoscenza delle "rocce verdi" dell'Appennino Centrale" Brotzu P., Ferrini V., Masi U., Morbidelli L., Turi B., 1973. Periodico di mineralogia, Anno XLII, n. 3, 591-619.

- “Ricerca ed esplorazione nell’area geotermica di Torre Alfina (Lazio-Umbria)”. Buonasorte G., Cataldi R., Ceccarelli A., Costantini A., D’Offizi S., Lazzarotto A., Ridolfi A., Baldi P., Barelli A., Bertini G., Bertrami R., Calamai A., Cameli G., Corsi R., D’Acquino C., Fiordelisi A., Ghezzi A., Lovari F., 1988. Boll. Soc. Geol. It., 107, 265-337.
- “Segnalazione di tremolite asbestiforme nel Lazio” Burrigato F., Ballirano P., Fiori S., Papacchini L. Sonno M., 2001. Il Cercapietre, Notiziario del Gruppo Mineralogico Romano; 1-2, 32-35.
- “Fluoborite, piombo nativo, richterite ed altri interessanti ritrovamenti nei Colli Albani”. Caponera I., Fiori S., Pucci R., 2003. Il Cercapietre, Notiziario del Gruppo Mineralogico Romano; 1-2, 2003.
- “Analysis of fibrous zeolites in the volcanic deposits of the Viterbo province, Italy”. Cattaneo A., Rossotti A., Pasquarè G., Somigliana A., Cavallo d.m., 2011. Environ Earth Sci (2011) 63:861-871.
- “Richterite nei proietti metamorfosati di Stracciapappe, complesso Vulcanico Sabatino”. Fiori S., Gorga R., Pucci R., 2001. Il Cercapietre, Notiziario del Gruppo Mineralogico Romano; 1-2, 2001.
- “Valutazione della pericolosità da rilascio di amianto da materiali naturali: un esempio dal Parco Nazionale del Pollino (Italia meridionale)”. Beneduce P., Di Leo P., Filizzola C., Giano S.I., Schiattarella M., 2008. Mem. Descr. Carta Geol. d’It., LXXVIII, pp. 13-30.
- “Carta geologica delle Unità Liguridi dell’area del Pollino (Basilicata): nuovi dati geologici, mineralogici e petrografici”. Cavalcante F., Belviso C., Finizio F., Lettino A., Fiore S., 2009. S. Fiore ed., ISBN 978-88-7522-026-6.
- “I lineamenti geologici e strutturali del territorio lucano.” De Stefano A. http://www.old.consiglio.basilicata.it/conoscerebasilicata/territorio/Territorio_DeStefano/geologia.pdf.
- “Clay mineralogy, geochemistry and structural setting of the ophiolite-bearing units from southern Italy: a multidisciplinary approach to assess tectonic history and exhumation modalities”. Di Leo P., Schiattarella M., Cuadros J., Cullers R., 2005. Atti Ticinesi Sc. Terra, ser. spec., 10: 87-93.
- “Le successioni alluvionali e lacustri quaternarie affioranti nella media valle del Fiume Sinni (Appennino meridionale, Basilicata)”. Giannandrea P., Loiacono F., 2003. Il Quaternario, 16: 257-267.
- “Geologia del versante nord-orientale del massiccio del Pollino (confine calabro-lucano): nota illustrativa sintetica della Carta geologica alla scala 1:50.000”. Monaco C., Tortorici L., Morten L., Critelli S., Tansi C., 1995. Boll. Soc. Geol. It.: 114, 277-291.
- “Stratigraphic and structural relationships between Meso-Cenozoic Lagonegro

- basin and coeval carbonate platforms in southern Apennines, Italy". Pescatore T., Renda P., Schiattarella M., Tramutoli M., 1999. *Tectonophysics*, 315: 269-286.
- Regione Basilicata, Università degli Studi di Roma "La Sapienza", ArpaB, 2003. Progetto regionale Pietre Verdi.
 - "Mapping of risk due to particulates of natural origin containing fibrous tremolite: the case of Seluci di Lauria (Basilicata, Italy). Modelling, computer assisted simulation and mapping of natural phenomena for hazard assessment "Burrigato F., Mastacchi R., Papacchini L., Rossini F., Sperduto B.- *Geophysical Research Abstracts Volume 6* (2004).
 - "Tettonica della Catena del Pollino (confine calabro-lucano)". Schiattarella M., 1996. *Mem. Soc. Geol. It.*, 51: 543-566.
 - "Quaternary tectonics of the Pollino Ridge, Calabria-Lucania boundary, southern Italy". Schiattarella M., 1998. In: Holdsworth R.E., Strachan R.A. & Dewey J.F. (Eds): "Continental transpressional and transtensional tectonics". Geological Society, London, *Spec. Publ.*, 135: 341-354.
 - "Analisi strutturale ed osservazioni morfostratigrafiche nel bacino del Mercure (Confine Calabro-Lucano)". Schiattarella M., Torrente M.M., Russo F., 1994. *Il Quaternario*, 7: 613-626.
 - "Continental crust rocks associated with ophiolites in Lucanian Apennine (southern Italy)". Spadea P., 1982. *Ophioliti*, 2/3, 501-522.
 - "Rapporti tra ofioliti e formazioni sedimentarie nell'area compresa tra Viggianello, Francavilla sul Sinni, Terranova del Pollino e S. Lorenzo Bellizzi". Vezzani L., 1968. *Atti Acc. Gioenia Sci. Nat.*, 19: 109-144, Catania.
 - "Le ofioliti della zona tra Castelluccio inferiore e S. Severino Lucano (Potenza)". Vezzani L., 1970. *Atti Acc. Gioenia Sci. Nat.*: 7: 1-49, Catania.
 - "L'arco Calabro Peloritano nell'orogene appenninico Magrebide". Amodio Morelli L., Bonardi G., Colonna V., Dietrich D., Giunta G., Ippolito F., Liguori V., Lorenzoni S., Paglionico A., Perrone V., Piccarreta G., Russo M., Scandone P., Zanettin Lorenzoni E., Zuppeta A., 1976. *Mem. Soc. Geol. It.*, 17: 1-60.
 - "Le Pietre Verdi del Reventino: valutazione della dispersione di fibre di tremolite nelle attività lavorative". Falcone M., Capone P.P., Tarzia V., Campopiano A., Giardino R., Iannò A., De Simone P., Spagnoli G., Macrì G., 2006. *Med. Lav.* 97 (1): 36-43.
 - "Valutazione dell'esposizione ad amianto degli addetti all'estrazione e lavorazione della pietra verde del monte Reventino: primi risultati". Falcone M., Capone P.P., Tarzia V., Iannò A., Spagnoli G., Campopiano A., De Simone P., Giardino R., Macrì G., 2005. *Sole 24 Ore*, Milano, 53.
 - "The carbonate tectonic units of northern Calabria (Italy): a record of Apulian pa-

- laeomargin evolution and Miocene convergence, continental crust subduction, and exhumation of HP-LT rocks" Iannace A., Vitale S., D'Errico M., Mazzoli S., Di Staso A., Macaione E., Messina A., Reddy S.M., Somma R., Zamparelli V., Zattin M., Bonardi G., 2007. *J. Geol. Soc. Lond.*, 164 : 1165-1186.
- "L'unità di San Donato quale margine deformato cretaceo-paleogenico del bacino di Lagonegro (Appennino meridionale-Arco-Calabro)". Ietto A., Barillaro A.M., 1993. *Boll. Soc. Geol. Italy*, 111: 193-215.
 - Le Pietre Verdi nel Sud Italia - Inail Centro Ricerche Lamezia Terme. http://www.inail.it/internet_web/wcm/idc/groups/internet/documents/document/ucm_portstg_115079.pdf.
 - "Tectonometamorphic evolution of the ophiolitic sequences from Northern Calabrian Arc". Liberi F., Piluso E., 2009. *Ital. J. Geosci. Boll. Soc. Geol. It.*, Vol. 128, No. 2, pp. 483-493.
 - "Ophiolites of the Calabrian Peloritan arc and their relationships with the crystalline basement (Catena Costiera and Sila Piccola, Calabria, Southern Italy)". Piluso E., Cirrincione R., Morten L., 2000. *GLOM 2000 Excursion Guide - Book. Ophioliti*, 25, 117-140.
 - PRAC Piano Regionale Amianto Calabria 2014 - http://www.regione.calabria.it/ambiente/allegati/vas/procedimentiincorso/vas/piano_regionale_amianto/4_allegato_1.pdf.
 - "Contributo alla conoscenza di alcuni minerali industriali: l'associazione tremolite-wollastonite-talco di M.te Tamara (Nuxis - Sardegna meridionale)". Fais S. et Al., 1986. *Ricerche geogiacimentologiche e geofisiche*.
 - "Giacimento di amianto di Monte Aspro, Terranova Pausiana (Sardegna)" - Ferrari A., 1911. Cagliari, Stabil. tipogr. G. Serreli.
 - "Naturally Occurring Asbestos (Noa) in Granitoid Rocks, A Case Study from Sardinia (Italy)". Lucci F., Della Ventura G., Conte A., Nazzari M., Scarlato P., 2018. *Minerals* 2018, 8(10), 442. <https://doi.org/10.3390/min8100442>.
 - Note Illustrative della Carta geologica d'Italia, Foglio 565 - Capoterra, 2009. Ispra.
 - Regione Sardegna, 2003. Piano regionale di gestione dei rifiuti - Piano di bonifica siti inquinati e Allegato 5 - Schede siti minerari dismessi.
 - Regione Sardegna, 2015. Delibera regionale n. 66/29 del 23 dicembre 2015, Piano regionale di protezione, decontaminazione, smaltimento e bonifica dell'ambiente ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto - Allegato 2, Rapporto ambientale.
 - Regione Sardegna, 2018. Piano regionale di gestione rifiuti, sezione bonifica delle aree inquinate - Relazione di Piano e Allegato 2, Rapporto ambientale.
 - Sito web <http://www.minieredisardegna.it>.

- "First investigations about erionite and offretite in Italian volcanic environments". Cavallo A., Dogan A.U., Dogan M., Mattioli M., Renzulli A., Rimoldi B., Tibaldi A., 2010. Solid Earth - Basic Science for the Human Habitat. - ILP's Second Potsdam Conference 2010.
- "Erionite and other fibrous zeolites in volcanic environments: the need for a risk assessment in Italy". Cavallo A., Rimoldi B., 2012. Geophysical Research Abstracts, vol. 14, EGU2012-57400-I, 2012 EGU General Assembly.
- "Potentially contaminated sites at Somma-Vesuvius volcanic complex". Menditti I., Ghiara M.R., Rossi M., Capitelli F., Petti C., 2011. In atti 4th International Conference on Medical Geology, Bari, Italy, 20-25 September 2011.
- "Nuove specie minerali al Somma-Vesuvio: fluoro-edenite". Russo, M., Della Ventura, G., Campostrini, I., Preite, D., 2009. Micro (notizie mineralogiche), 173-174.
- "Geological map of Etna volcano, scala 1:50.000". Branca S., M. Coltelli, G. Gropelli, F. Lentini, 2011. Ital. J. Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.) Vol. 130, No. 3 (2011).
- "Sub-greenschist facies assemblages of metabasites from south-eastern Peloritani range (NE-Sicily)". Cirrincione R., Atzori P., Pezzino A., 1999. Mineralogy and Petrology, 67, 193-212.
- "Caratterizzazione petrografica e geochimica delle meta-vulcaniti pre-Erciniche affioranti nel settore meridionale dei Monti Peloritani (SE Sicilia)". Cirrincione R., Lo Giudice A., Mazzoleni P., Pezzino A., Trombetta A., 2003. Boll. Acc. Gioenia di Scienze Naturali, vol. 36, n. 362, 61-86.
- CNR, 1979. Carta geologica dell'Etna.
- DAss 15 aprile 2015, Istituzione del geosito "Lave brecciate a fluoro-edenite e fluoroflogopite di Monte Calvario", ricadente nel territorio comunale di Biancavilla. GURS n. 21 del 22/5/2015.
- "Fluoro-edenite from Biancavilla (Catania, Sicily, Italy): Crystal chemistry of a new amphibole end-member". Gianfagna A., Oberti R., 2001. American Mineralogist, Volume 86, p. 1489-1493.
- "Segnalazione di fibre di amianto anfibolico nei prodotti lavici metasomatizzati di Monte Calvario (Biancavilla, Sicilia Orientale)". Gianfagna A., Paletti L., Ventura P., 1997. Plinius (Suppl. EJM), 18, 117-119.
- "New minerals approved in 2000 by the Commission on New Minerals and Mineral Names. IMA. (No. 2000-049, p. 1001)". Grige J.D., Ferraris G., 2001. Eur. J. Mineral., 13(5): 995-1002.
- http://www.ct.ingv.it/images/MappaGeologicaEtna/geological_map_Etna.pdf.
- "A Halogen-dominant mineralization at Mt. Calvario dome (Mt. Etna) as a response of volatile flushing into the magma plumbing system". Mazziotti Tagliani S., Nicotra E., Viccaro M., Gianfagna, 2012. Miner. Petrol., 106:89-105.

- "Inquadramento geologico dell'area di Biancavilla (Etna)". Palladino D., Simeì S., 2007. Convegno Nazionale "Anfiboli fibrosi: nuove problematiche relative al rischio ambientale e sanitario", Roma, 27-28 Aprile 2007.
- "Metasomatic events recorded in ultramafic xenoliths from the Hyblean area (Southeastern Sicily, Italy)". Scribano V., Viccaro M., Cristofolini R., Ottolini L., 2009. *Miner. Petrol.*, 95:235-250.
- ARPAM. Rapporto "Neoplasie pleuriche e polmonari ed asbesto nella regione Marche".
- "Diario di ricerca mineralogica". Cingolani G., 1988. Arti Grafiche Spadaccini srl di Verbania, pp. 94.
- "Il bacino del Metauro - Descrizione geologica, risorse minerarie, idrogeologia". Selli R., 1954. Cassa di Risparmio di Fano.
- "Volcanic events in the Eastern part of the Adriatic forland (Northern Marche area, Italy)". Capuano N., 1993. Proceedings of the 1st R.C.A.N.S. Congress, Lisboa, October 1992, 181-189.
- Carta Geologica d'Italia 1:50.000 - Catalogo delle Formazioni, - Appennino - Scheda del Bisciaro, APAT-CNR-Commissione Italiana di Stratigrafia, 240-247.
- "The succession of the Val Marecchia Nappe (Northern Apennines, Italy) in the light of new field and biostratigraphic data". De Capoa P., D'Errico M., Di Staso A., Perrone V., Perrotta S., Tiberi V., 2015. *Swiss Journal of Geoscience*, 108:35-54.
- "Il contributo vulcanoderivato in successioni pelitiche oligo-mioceniche dell'Appennino settentrionale". Mezzetti R., Morandi N., Tateo F., Dondi M., 1991. *Giornale di Geologia*, vol. 53/2, 167-185.
- Regione Umbria, 2012. Carte geologiche regionali 1:10.000, Portale UMBRIAGEO, Sezione ATLANTE - cartografia geologica vettoriale della Regione Umbria.
- "Il vulcanismo medio-pleistocenico dell'Appennino Laziale-Abruzzese: dalle peculiarità scientifiche agli aspetti applicativi". D'Orefice M., Graciotti R., Capitanio F., Stoppa F., Rosatelli G., Barbieri M., 2006. Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, Vol. LXXII.
- "Carta geologica dell'Abruzzo, in scala 1:100000". Vezzani L., Ghisetti F., 1998. Firenze, S.EL.CA.
- "I minerali delle vulcaniti di Punta delle Pietre Nere nel Gargano (Lésina, Foggia, Puglia)". Russo, M. MICRO (località), 2008, 227-244.

Cap. 6

Par. 6.1.1

- “Asbestos Risk In Quarrying And Processing Of The “Serpentino Della Val Malenco”, Central Alps: Preliminary Geological And Environmental Studies For Risk Assessment”. Cavallo A., Rimoldi B., Ferrario A. Atti del Convegno: “Dagli amianti alle nanoparticelle: dall’esperienza del passato la chiave per risolvere i problemi del futuro”, Università di Torino, 2004.
- “L’estrazione della Serpentinite della Val Malenco: la problematica dell’esposizione dei lavoratori a fibre di amianto di origine naturale (Noa). Risultati delle indagini preliminari”. Cavallo A., Rimoldi B. In: Professione Geologo, 25/2005:15-20.
- “Naturally occurring asbestos in quarrying and processing the “Serpentino della Valmalenco” (So), Central Alps: geological and environmental studies for risk assessment”. Cavallo A., Massera S., Rimoldi B., Guercio A., Marena G., Barbassa E., Santucci P., Tripi L., Verdel U. Book of Abstracts 28th International Congress on Occupational Health ICOH Milano, 2006.
- “Esposizione a fibre di amianto nelle attività di estrazione e lavorazione del serpentino della Val Malenco”. Cavallo A., Rimoldi B., Guercio A., Massera S., Pisanelli F. In: Atti 23° Congresso Nazionale AIDII, Bologna, 2005.
- “Valutazione Dell’esposizione Ad Amianto Naturale Degli Addetti All’estrazione E Lavorazione Del “Serpentino Della Val Malenco”: Un Esempio Di Consulenza Resa Alle Aziende Del Territorio” Rimoldi B., Cavallo A., Barbassa E., Guercio A., Marena G., Massera S., Pisanelli, Santucci P., Tripi L. In: Atti 6° Seminario CONTARP “Sicurezza e prevenzione: esperienze a confronto”, Quaderni della Riv. Inf. Mal. Prof., pag. 65-72, 2009.
- “Protocol for the determination of personal exposure to airborne natural asbestos fibers in the workplace of ornamental stones” P. Santucci, A. Somigliana - Ital. J. Occup. Environ. Hyg, 2014, 5(2), pagg. 78-85.
- “Natural occurring asbestos occupational exposure assessment: protocol of sampling and analysis” P. Santucci, A. Somigliana, - atti “The 8th International Symposium on Modern Principles for Air Monitoring and Biomonitoring”, Marseille, 15-19 June 2014”, pag 173.

Par. 6.1.2

- ARPA TOSCANA Le attività di ARPAT nelle fasi autorizzative e di controllo delle attività estrattive in rocce ofiolitiche. A cura di: Baldanzini E., Becatti A., Cavallaro E., Ceccanti M., Franceschini F., Ponzuoli P., 2011.
- <http://www.arpat.toscana.it/documentazione/report/le-attivita-di-arpat-nelle->

fasi-autorizzative-e-di-controllo-delle-attivit -estrazzive-in-rocc -ofiolitiche?searchterm=None.

- "Linee guida per la classificazione dei giacimenti di ofioliti, l'individuazione delle modalit  di coltivazione e delle misure tecniche per il contenimento del rischio correlato e per l'utilizzo dei materiali estratti in funzione del loro contenuto di amianto". Sala O., Pelosio A., Romagnoli M. Workshop "Le Pietre Verdi in Italia: sicurezza e salute dei lavoratori e implicazioni ambientali" Regione Lombardia, Milano, 2012.
- REGIONE EMILIA-ROMAGNA-ARPAER Il Progetto regionale Pietre Verdi, 2004.
- https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/amianto/progetto_regionale_pietre_verdi.pdf.
- "Amianto: criteri per una corretta valutazione del rischio professionale". Lamberti M. Giornate di studio Centro Servizi - AUSL di Modena, 2016.
- <http://www.ausl.mo.it/dsp/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/11679>.
- "Workers' Asbestos Exposure Assessment In Quarrying The Greenstones (Ophiolites) In The Parma Province". Gerbelli C., Magnani F., Sala O., Pecchini G., Bacci T., Pagliai P. In: Atti del 4th International Conference on Medical Geology "Geological and Medical Sciences for a safer Environment" Bari, 2011.

Par. 6.2

- Risanamento e sviluppo ambientale della miniera di amianto di Balangero e Corio. Problematiche operative e nuove tecnologie" M. Bergamini. Atti Convegno Remtech Ferrara, 2008.

Par. 6.3

- Gronda di Ponente di Genova "Studio metodologico e procedurale in merito alle problematiche ambientali indotte dagli scavi in ambiente amiantifero. Linee guida per la gestione del rischio amianto negli scavi all'aperto e in galleria" autostrade per l'Italia Linee Guida per la gestione di terre e rocce da scavo.
- "Valutazione dell'esposizione a silice libera cristallina nello scavo di gallerie. Appennino umbro-marchigiano" M. Mecchia, E. Incocciati, C. Kunkar, D. Candido, R. Compagnoni, E. Della Penda Collana Rischi e Prevenzione, INAIL, 2011.

Par. 6.4

- ARPA SICILIA "Il monitoraggio ambientale nel SIN di Biancavilla" a cura della ST di CATANIA Dott. Roberto Grimaldi - Dott.ssa Maria Rita Pinizzotto, Dicembre 2017.
- "Nature and extent of the exposure to fibrous amphiboles in Biancavilla". Bruni B.M., Pacella A., Mazziotti-Tagliani S., Gianfagna A., Paoletti. L.Sci.Total Environ;370:9-16, 2009 DOI: 10.1016/j.scitotenv.2006.05.013.

- "Environmental concentrations of fibers with fluoro-edenitic composition and population exposure in Biancavilla (Sicily, Italy)". Bruni B.M., Soggiu M.E., Marsili G., Brancato A., Inglessis M., Palumbo L., Piccardi A., Beccaloni E., Falleni F., Mazziotti Tagliani S. and Pacella A. *Ann. Ist. Super Sanità Monographic Section*, Vol. 50, No. 2: 119-126, 2014 DOI: 10.4415/ANN_14_02_03.
- "The pleural mesothelioma cases in Biancavilla are related to the new fluoro-edenite fibrous amphibole". Comba P, Gianfagna A, Paoletti L. *Arch Environ Occup Health*;58:229-32, 2003 DOI: 10.3200/AEOH.58.4.229-232.
- "La mortalità per tumore maligno della pleura in Italia negli anni 1988-1992". Di Paola M, Mastrantonio M, Carboni M, Belli S, Grignoli M, Comba P, Nesti M. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 1996. Rapporti ISTISAN, 96/40.
- "Fluoro-edenite from Biancavilla (Catania, Sicily, Italy). Crystal chemistry of a new amphibole end-member". Gianfagna A. and Oberti R. *Am. Mineralogist* 2001; 83:1486-93.
- "New minerals approved in 2000 by the Commission on New Minerals and Mineral Names". Grige J.D. And Ferraris G. IMA. (No. 2000-049, p. 1001). *Eur. J. Mineral.* 2001; 13(5): 995-1002.
- "Carcinogenicity of the fluoro-edenite, silicon carbide fibres and whiskers, and carbon nanotubes" Grosse Y., Loomis D., Guyton K.Z., Lauby-Secretan B., El Ghissassi F., Bouvard V., Benbrahim-Tallaa L., Guha N., Scoccianti C., Mattock H., Straif K., on behalf of the Iarc monograph working group 2014 *Lancet Oncology*-Vol 15(13): p1427-1428, [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045\(14\)71109-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(14)71109-X).
- "Communicating with health authorities and the public about asbestos risk in Biancavilla (CT)". Manna P and Comba P. 2001 *Epidemiol. Prev.*, 25 (1): 28-30.
- "Unusually high incidence of malignant pleural mesothelioma in a town of the eastern Sicily: an epidemiological and environmental study". Paoletti L, Batisti D, Bruno C, Di Paola M, Gianfagna A, Mastrantonio M, Nesti M, Comba P. *Arch. Environ. Occup. Health* 2000;55:392-8. DOI: 10.1080/00039890009604036.
- World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe, Copenhagen (2000) *Air Quality for Europe*, 2nd Edition, 2000. WHO Regional Publications, European Series, n. 91, 128-131.
- "INAIL Risk Insurance For Asbestosis In Road And Rail Yards In Biancavilla Area" Bellomo D, Gargano C. 2011 In: *Atti 4th International Conference on Medical Geology*, Bari, Italy, 20-25 September 2011.

Par. 6.5

- "Valutazione della pericolosità da rilascio di amianto da materiali naturali: un esempio dal Parco Nazionale del Pollino (Italia meridionale)" Beneduce P., Di Leo

- P., Filizzola C., Giano S.I., Schiattarella M. Mem. Descr. Carta Geol. d'It. LXXVIII: 13-30, 2008.
- "Health Impact of Asbestos Fibres Naturally Occurring in Mount Pollino Area (Basilicata Region, Southern Italy)". Caputo A., Marco De Santis M., Manno V., Cauzillo G., Bruni B.M., Palumbo L., Conti S., Comba P. Epidemiol. Prev. Mar-Apr 2018;42(2):142-150. doi: 10.19191/EP18.2. P142.043.
 - "Il Caso Del Comune Di Lauria (Potenza). Caputo A. Convegno ASSOAMIANTO Problema Amianto aspetti gestionali e procedure di bonifica". Vercelli, 2005.
webref: <http://www.assoamianto.it/Allegati%20RELAZIONE%20CAPUTO.pdf>
 - "Semina su sodo, molto più di una semplice innovazione" D. Marandola, Carmine Caprarella L'Informatore Agrario • 11/2012.
 - Speciale lavorazione del terreno" G. Armentano "L'Informatore Agrario • 24-25/2018.
 - "Selvicoltura Generale" M. Cappelli Edagricole (1991).
 - "Prospettive di sviluppo dell'arboricoltura da legno in Basilicata" S. Gallo, E. Pennacchio, A. S. Roselli Supplemento a l'informatore agrario 2/97.
 - "Carta geologica delle Unità Liguridi dell'area del Pollino (Basilicata): nuovi dati geologici, mineralogici e petrografici". Cavalcante F., Belviso C., Finizio F., Lettino A., Fiore S. - S. Fiore ed., 2009. ISBN 978-88-7522-026-6, pp. 36.
 - "Pleural Malignant Mesothelioma Among Resident Population In Areas With Natural Occurring Asbestos On Calabria-Lucania Border". I Massaro T., Fiore S., Dragonieri S., Grimaldi M.C., Pistillo S., Cauzillo G., Musti M.. In: Atti Del 4th International Conference On Medical Geology "Geological and Medical Sciences for a safer Environment" Bari, 2011.
 - Consensus Conference "Sorveglianza sanitaria delle popolazioni esposte a fibre di tremolite nel territorio della ASL 3 - Lagonegro (PZ)". Musti M., Bruno C., Casano F., Caputo A., Cauzillo G., Cavone D., Convertini L., De Blasio A., De Mei B., Marra M., Montagano G., Schettino B., Zona A., Comba P. - Roma 22 - 23 febbraio 2005. Ann. Ist. Super. Sanità 2006; 42 (4): 469-476.
 - "Mesotelioma pleurico ed esposizione ambientale a fibre minerali: il caso di un'area rurale in Basilicata". Pasetto R., Bruni B., Bruno C., Cauzillo G., Cavone D., Convertini L., De Mei B., Marconi A., Montagano G., Musti M., Paoletti L., Comba P. Ann. Ist. Super. Sanità 2004;40(2):251-265.
 - "Introduzione alla geologia dell'Appennino meridionale". Prosser G. In: Atti del 1° Congresso dell'Ordine dei Geologi di Basilicata, "Ricerca, Sviluppo ed Utilizzo delle Fonti Fossili: Il Ruolo del Geologo", Potenza, 2012.
 - REGIONE BASILICATA "Caratterizzazione Delle Aree A Rischio Di Contaminazione

Ambientale Da Amianto In Giacitura Naturale (Studio Cnr 2007)". In: Piano regionale di gestione dei rifiuti (PRGR) VI Parte - Piano Amianto, 2016. webref: http://www.regione.basilicata.it/giunta/files/docs/DOCUMENT_FILE_3007914.pdf

- "Collaborazione tra INAIL e ASP Basilicata per la definizione medico legale e assicurativa di casi di anomala esposizione professionale a fibre asbestosiche". Schettino B., Colafemmina G.. Workshop "Le Pietre Verdi in Italia: sicurezza e salute dei lavoratori e implicazioni ambientali" Regione Lombardia, Milano, 2012.
- Piano Amianto Regione Basilicata (2016) webref: http://www.regione.basilicata.it/giuntacma/files/docs/DOCUMENT_FILE_3024085.pdf.
- "Fibrous mineral detection in natural soil and risk mitigation (1st paper)". Burragato F., Gaglianone G., Gerbasì G., Mazziotti-Tagliani S., Papacchini L., Rossini F. Sperduto B. Period. Mineral. (2010), 79, 3, 21-35.
- "Agricultural Dust Production in Standard and Conservation Tillage Systems in the San Joaquin Valley". Baker J. B., Southard R. J., Mitchel J. P. I Published in J. Environ. Qual. 34:1260-1269 (2005). Atmospheric Pollutants and Trace Gases Abbreviations: CTCC, conservation tillage with cover crop; CTNO, doi:10.2134/jeq2003.0348.
- Bernardini P, Schettino B, Sperduto B, Giannandrea F, Burragato F, Castellino N. Tre casi di mesotelioma pleurico ed inquinamento ambientale da rocce affioranti di tremolite in Lucania. G Ital Med Lav Erg 2003;25(3):408-11).

Par. 6.6

- "Pietrischi ferroviari da rocce verdi: metodologia d'analisi del contenuto d'amianto e metalli pesanti e suggerimenti per una corretta valutazione del potenziale inquinante" M. Pucci, M. T. Petri, C. Gerra, A. M. Marabini, P. Plescia, M. A.Tocino, G. Paoloni ARGOMENTI - 8, RFI, 2006, Pag. 75-102.
- "Bonifica Delle Aree Degli Impianti Ferroviari Di Brescia Scalo E Montirone (Bs) Contaminate Da Radiocesso" M. Gili, ENEA, Vol 28 n. 23.
- ENEA - Dipartimento Energia Centro Ricerche Saluggia, Vercelli LUIGI Olivero Enea - Dipartimento Ambiente Centro Ricerche Saluggia, Vercelli.
- Azienda Trasporti Milanese S.P.A. "Esercizio Tranviario Urbano. Rinnovo Impianti Tranviari In Via Mac Mahon (Tratto Piazza Diocleziano - V.Le Monte Ceneri) Con Salvaguardia Alberature - Progetto Esecutivo. Opere stradali e a verde" 2012.

Cap. 7

- "Linee guida per la classificazione dei giacimenti di ofioliti, l'individuazione delle modalità di coltivazione e delle misure tecniche per il contenimento del rischio correlato e per l'utilizzo dei materiali estratti in funzione del loro contenuto di

amianto". Sala O., Pelosio A., Romagnoli M. Workshop "Le Pietre Verdi in Italia: sicurezza e salute dei lavoratori e implicazioni ambientali" Regione Lombardia, Milano, 2012.

- Regione Emilia-Romagna: Il progetto regionale Pietre Verdi. Le ofioliti, la loro estrazione e il problema amianto. 2004.
webref: https://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/amianto/progetto_regionale_pietre_verdi.pdf

