

LINEA GUIDA PER LO SCAVO, LA MOVIMENTAZIONE E IL TRASPORTO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO CON AMIANTO NATURALE E PER I RELATIVI CRITERI DI MONITORAGGIO

Delibera del Consiglio SNPA.

Seduta del 22.02.2023. Doc. n.197/23



LINEA GUIDA PER LO SCAVO, LA MOVIMENTAZIONE E IL TRASPORTO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO CON AMIANTO NATURALE E PER I RELATIVI CRITERI DI MONITORAGGIO

Delibera del Consiglio SNPA.

Seduta del 22.02.2023. Doc. n.197/23

Il Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) è operativo dal 14 gennaio 2017, data di entrata in vigore della Legge 28 giugno 2016, n.132 "Istituzione del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente e disciplina dell'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale". Esso costituisce un vero e proprio Sistema a rete che fonde in una nuova identità quelle che erano le singole componenti del preesistente Sistema delle Agenzie Ambientali, che coinvolgeva le 21 Agenzie Regionali (ARPA) e Provinciali (APPA), oltre a ISPRA.

La legge attribuisce al nuovo soggetto compiti fondamentali quali attività ispettive nell'ambito delle funzioni di controllo ambientale, monitoraggio dello stato dell'ambiente, controllo delle fonti e dei fattori di inquinamento, attività di ricerca finalizzata a sostegno delle proprie funzioni, supporto tecnico-scientifico alle attività degli enti statali, regionali e locali che hanno compiti di amministrazione attiva in campo ambientale, raccolta, organizzazione e diffusione dei dati ambientali che, unitamente alle informazioni statistiche derivanti dalle predette attività, costituiranno riferimento tecnico ufficiale da utilizzare ai fini delle attività di competenza della pubblica amministrazione.

Attraverso il Consiglio del SNPA, il Sistema esprime il proprio parere vincolante sui provvedimenti del Governo di natura tecnica in materia ambientale e segnala al MASE e alla Conferenza permanente per i rapporti tra lo Stato, le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano l'opportunità di interventi, anche legislativi, ai fini del perseguimento degli obiettivi istituzionali. Tale attività si esplica anche attraverso la produzione di documenti, prevalentemente Linee Guida o Report, pubblicati sul sito del Sistema SNPA e le persone che agiscono per suo conto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in queste pubblicazioni.

Citare questo documento come segue:

Bacci T., Bucci S., Cazzola C., Ceseri D., Beccaris G., Defilippi A., Galeani S., Fercia M.L., Morelli M., Lonis R., Muto L., Pinizzotto M.R., Prandi S., Scotti E., Zanellato M.: Linea guida per lo scavo, la movimentazione e il trasporto delle terre e rocce da

scavo con amianto naturale e per i relativi criteri di monitoraggio – Linee Guida SNPA 44/2023. Roma, Aprile 2023

ISBN 978-88-448-1159-4

© Linee Guida SNPA, 44/2023

Riproduzione autorizzata citando la fonte.

Coordinamento della pubblicazione online:
Daria Mazzella – ISPRA

Copertina:
Antonella Monterisi – Ufficio Grafica ISPRA

Aprile 2023

Abstract

La linea guida, in modo particolare sulla scorta delle più recenti e significative esperienze di accompagnamento ambientale alle grandi opere strategiche da parte delle agenzie regionali, si prefigge di fornire indicazioni tecniche per il controllo e la mitigazione del rischio lungo tutta la filiera di realizzazione di opere ed interventi in aree caratterizzate dalla presenza di amianto di esclusiva origine naturale, a partire dagli studi e dalla pianificazione, agli interventi, alle determinazioni analitiche, ai monitoraggi.

The guideline, particularly on the basis of the most recent and significant experiences of environmental accompaniment to major strategic works by regional agencies, aims to provide technical indications for the control and mitigation of risk along the entire construction chain of works and interventions in areas characterized by the presence of asbestos of exclusive natural origin, starting from studies and planning, to interventions, analytical determinations, monitoring.

Parole chiave: Amianto, fibra, ofioliti, fronte di scavo

Autori:

Tiziana Bacci	(ARPA Emilia Romagna)
Silvia Bucci	(ARPA Toscana)
Cinzia Cazzola	(ARPA Piemonte)
Daniela Ceseri	(ARPA Toscana)
Gianluca Beccaris	(ARPA Liguria)
Albino Defilippi	(ARPA Piemonte)
Stefano Galeani	(ISPRA)
Maria Luisa Fercia	(ARPA Sardegna)
Michele Morelli	(ARPA Piemonte)
Roberto Lonis	(ARPA Sardegna)
Lucia Muto	(ISPRA)
Maria Rita Pinizzotto	(ARPA Sicilia)
Sonja Prandi	(ARPA Liguria)
Emanuele Scotti	(ARPA Liguria)
Marzio Zanellato	(ISPRA)

Gruppo di lavoro:

Sonja Prandi (coordinatrice) (ARPA Liguria)
Emanuele Scotti (coordinatore) (ARPA Liguria)
Tiziana Bacci (ARPA Emilia Romagna)
Silvia Bucci (ARPA Toscana)
Albino Defilippi (ARPA Piemonte)
Marco Giangrasso (ISPRA)
Roberto Lonis (ARPA Sardegna)
Lucia Muto (ISPRA)
Maria Rita Pinizzotto (ARPA Sicilia)

SOMMARIO

1	PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO	5
2	DEFINIZIONI E CRITICITÀ.....	6
2.1	Definizioni.....	6
2.2	Criticità.....	7
3	INQUADRAMENTO NORMATIVO.....	8
3.1	Normativa comunitaria.....	8
3.2	Normativa nazionale.....	10
3.3	Normativa regionale.....	13
3.4	Criticità normative.....	19
4	AMBITO DI APPLICAZIONE.....	21
5	RISCHIO SANITARIO DELL'AMIANTO	23
6	IL PROBLEMA DEL FONDO NATURALE	28
7	STUDI E PIANIFICAZIONE.....	30
7.1	Mappatura dell'amianto naturale.....	30
7.2	Indicazioni per la progettazione (grandi cantieri).....	31
8	FASE REALIZZATIVA.....	35
8.1	Scavi in sottterraneo.....	35
8.1.1	Scavo meccanizzato.....	35
8.1.2	Scavo tradizionale.....	36
8.1.3	Sondaggi in avanzamento.....	39
8.1.4	Esame del fronte di scavo ai fini della valutazione del rischio amianto.....	40
8.1.5	Mezzi d'opera.....	42
8.2	Scavi all'aperto.....	42
8.2.1	Grandi cantieri.....	43
8.2.2	Piccoli e micro-cantieri.....	44
8.2.3	Sondaggi e palificazioni.....	45
8.3	Gestione delle acque di cantiere.....	46
8.4	Caratterizzazione del materiale di scavo.....	46
8.4.1	Tecniche di campionamento.....	46
8.5	Monitoraggio delle fibre di amianto aerodisperse.....	50
8.5.1	Monitoraggio all'interno della galleria.....	50
8.5.2	Monitoraggio delle aree esterne (ambiente di lavoro e ambiente di vita).....	50
8.6	Dispositivi di protezione individuale e formazione dei lavoratori.....	52
9	DETERMINAZIONE DELL' AMIANTO IN ARIA E NELLE TERRE E ROCCE	53
9.1	Matrice aria.....	53
9.2	Matrice terre e suoli.....	54
10	GESTIONE DELLA COMUNICAZIONE.....	60
	BIBLIOGRAFIA	62
	ALLEGATO 1 – AMIANTO NATURALE.....	66
1.1	Cenni geologici.....	66

1.2. Caratteristiche dei minerali fibrosi.....	73
ALLEGATO 2 – IL PROBLEMA DELLE FIBRE NON-NORMATE.....	78
2.1 Generalità	78
2.2 Un caso studio - La contaminazione da fluoro-edenite ed il modello Biancavilla (CT) - L'esperienza di Arpa Sicilia nella gestione delle attività edilizie e di scavo dall'istituzione del sin ad oggi	83
2.2.1 Premessa	83
2.2.2 Sintesi dei risultati della caratterizzazione	85
2.2.3 Strategie adottate per la bonifica del SIN di Biancavilla	86
2.2.4 Il monitoraggio ambientale nel SIN di Biancavilla.....	87
2.2.5 Problematiche inerenti la gestione dei materiali di risulta e delle rocce e terre da scavo	89
2.2.6 Misure di cautela per la realizzazione di opere edili all'interno del SIN.....	93
BIBLIOGRAFIA	97

1 PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

La presente Linea guida è stata predisposta dal Sottogruppo operativo “SO VI/03-01 - Amianto”, che opera come articolazione del Gruppo di lavoro “GdL VI/03 - Contaminazione ambientale” del “TIC VI - Omogeneizzazione tecnica” del Sistema Nazionale per la Protezione dell’Ambiente (nel seguito SNPA).

Il tema dell’amianto, per l’ampiezza delle problematiche connesse, per le complesse implicazioni di natura sanitaria e per l’elevato impatto socio-economico, rappresenta per l’SNPA uno dei più rilevanti ambiti di interesse e di azione.

La presente Linea guida, nell’ottica di assicurare l’armonizzazione, l’efficacia, l’efficienza e l’omogeneità dei sistemi di controllo e della loro gestione nel territorio nazionale, nonché il continuo aggiornamento, in coerenza con il quadro normativo nazionale e sovranazionale, delle modalità operative dello stesso SNPA e degli altri soggetti tecnici operanti nella materia

ambientale, si prefigge di fornire indicazioni tecniche per la gestione degli interventi in zone interessate dalla presenza di formazioni ofiolitiche (c.d. “Pietre verdi”) o comunque interessate dalla presenza di materiali fibrosi naturali. Tali indicazioni derivano dalle migliori pratiche a livello nazionale e internazionale e dalle esperienze delle agenzie di protezione ambientale più impegnate in tale ambito.

La vastità, la complessità e l’intersectorialità del tema dell’amianto, che ricade altresì tra le prerogative e i compiti istituzionali di diversi ministeri, organi tecnici ed istituti, ha reso indispensabile circoscrivere e limitare gli argomenti da trattare. Peraltro, l’oggettiva prevalenza degli aspetti sanitari dell’amianto su quelli strettamente ambientali ha inevitabilmente comportato un relativo debordamento verso tematiche di salute pubblica che ricadono propriamente sotto diverse competenze istituzionali.

2 DEFINIZIONI E CRITICITÀ

2.1 DEFINIZIONI

Ai fini della presente linea guida, si applicano le seguenti definizioni:

Amianto: silicati fibrosi di cui all'art. 247 del D.Lgs. n. 81 del 09/04/2008:

- a) actinolite d'amianto, n. CAS 77536-66-4;
- b) grunerite d'amianto (amosite), n. CAS 12172-73-5;
- c) antofillite d'amianto, n. CAS 77536-67-5;
- d) crisotilo, n. CAS 12001-29-5;
- e) crocidolite, n. CAS 12001-28-4;
- f) tremolite d'amianto, n. CAS 77536-68-6.

Fibra: Tutte le particelle che presentano un rapporto lunghezza/diametro (L/D)>3/1. Questo valore del rapporto è quello che viene usato nel campo dell'igiene industriale;

Fibra secondo World Health Organisation: Sulla base di una serie di studi nel 1986 la *World Health Organisation* (WHO) definì implicitamente pericolose tutte le fibre con lunghezza >5 µm, diametro <3 µm e rapporto dimensionale L/D≥3, raccomandandone l'identificazione e il conteggio durante le analisi;

Amianto libero: fibre di amianto non legate alla matrice;

Amianto liberabile: fibre di amianto debolmente legate alla matrice e quindi rilasciabili/liberabili a seguito di modeste azioni meccaniche;

Amianto non liberabile: fibre di amianto fortemente legate alla matrice, per essere rilasciate/liberate è necessaria la frantumazione/macinazione del campione (nel caso di rocce, si intende l'amianto presente in microfessure e/o all'interno del reticolo cristallino);

Concentrazione di Amianto totale del campione: concentrazione espressa in mg/kg o ppm del campione prelevato tal quale; comprende quindi l'amianto libero, l'amianto liberabile e l'amianto non liberabile;

NOA (*Naturally Occurring Asbestos*): occorrenza naturale di fibre d'amianto presente nelle rocce e nei suoli;

Materiali contenenti amianto (MCA): materiali che contengono fibre di amianto intenzionalmente aggiunto. Gli MCA possono essere classificati come:

- friabili: materiali che possono essere facilmente sbriciolati o ridotti in polvere con la semplice pressione manuale;
- compatti: materiali duri che possono essere sbriciolati o ridotti in polvere solo con l'impiego di attrezzi meccanici (dischi abrasivi, frese, trapani, ecc.).

Materiali contenenti fibre: vengono definiti Materiali Contendenti Fibre (MCF) quei materiali in cui è presente una componente inorganica fibrosa diversa dall'amianto.

Fondo naturale: distribuzione di una sostanza nelle matrici ambientali (suolo, sottosuolo materiale lapideo e acque sotterranee) derivante dai processi naturali (geochimici, biologici, idrogeologici naturali), con eventuale componente antropica non rilevabile o non apprezzabile, come definito dalla "Linea guida per la determinazione dei valori di fondo per i suoli e le acque sotterranee" (SNPA 08/2018);

Sotto-soglia: termine che indica genericamente lo stato o la condizione al di sotto di un determinato valore, che nelle presenti linee guida è la concentrazione soglia di contaminazione (CSC) di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV, del D.Lgs. n. 152 del 03.04.2006.

Roccia (campione di): aggregato naturale di diverse specie minerali, consolidati, cementati o legati insieme, così da formare un materiale generalmente più competente di un suolo (da UNI EN 14689-1, Identificazione classificazione delle rocce). Materiale prelevato tramite mezzi manuali o meccanici da un

affioramento naturale o da una parete rocciosa di scavo o da un fronte di galleria o da uno scavo profondo che abbia raggiunto il substrato roccioso, o da una carota di un sondaggio geognostico (ad esclusione dei tratti di carotaggio relativi al materiale sciolto di copertura), anche ridotto in scaglie e frammenti perlopiù spigolosi;

Terra (campione di): aggregato di particelle minerali e/o organiche in forma di deposito e talvolta di origine organogena che può essere separato da una semplice azione meccanica e che include quantitativi variabili di acqua e aria (da UNI EN 14688-1, Identificazione e classificazione dei terreni), derivante dalla disgregazione fisica, chimica e biologica delle rocce. Sono da considerarsi 'terre' tutti i materiali sciolti all'origine quali suoli, sedimenti di alveo fluviale o torrentizio, sedimenti litorali (arenili), coltri di versante;

Campione elementare (DM 13/9/99, definizioni): quantità di materiale prelevata in una sola volta in un punto di campionamento.

Campione globale (DM 13/9/99, definizioni): insieme di campioni elementari;

Campione finale (DM 13/9/99, definizioni): parte rappresentativa del campione globale, ottenuta mediante eventuale riduzione della quantità di quest'ultimo;

Campione composito (DPR 120/17, all.2): corrisponde al campione globale definito dal DM 13/9/99.

2.2 CRITICITÀ

La vigente normativa (D.Lgs. 81/08, Art. 247) classifica come 'amianti' sei specifici minerali (crisotilo, crocidolite, grunerite di amianto, antofillite di amianto, tremolite di amianto e actinolite di amianto), che hanno avuto relativo maggiore impiego e diffusione per gli usi industriali.

Tuttavia, esistono ormai evidenze scientifiche della pericolosità di fibre asbestiformi non normate, che talora costituiscono varietà fibrose di minerali normalmente con abito non fibroso (es. antigorite, fluoroedenite, erionite, balangeroite, carlosturanite, attapulgitte o palygorskite, diopside, più raramente olivina, ticlinohumite e brucite),

non rientranti nell'elenco della norma, ma aventi analogo potenziale patogeno. Alcune di queste sono state classificate come cancerogene (Gruppo 1 - Agenti sicuramente cancerogeni per l'uomo) dallo IARC: l'erionite nel 2012 e la fluoroedenite nel 2017.

Per tale motivo, la presente Linea guida contiene un allegato relativo alle fibre non normate, anche se ancora non soggette ai vincoli normativi delle disposizioni vigenti, che può suggerire modalità di gestione volontarie improntate al principio di precauzione.

3 INQUADRAMENTO NORMATIVO

3.1 NORMATIVA COMUNITARIA

- Comunicazione della Commissione (2018/C 124/01) - Orientamenti tecnici sulla classificazione dei rifiuti;
- Risoluzione del Parlamento europeo del 14 marzo 2013 (2012/2065(INI)) - Minacce per la salute sul luogo di lavoro legate all'amianto e prospettive di eliminazione di tutto l'amianto esistente;
- Direttiva 2009/148/CE n. 148 del 30/11/2009 - Relativa alla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi con un'esposizione all'amianto durante il lavoro;
- Regolamento (CE) n. 801/2007 della Commissione del 6 luglio 2007 – Relativo all'esportazione di alcuni rifiuti destinati al recupero, elencati nell'allegato III o III A del regolamento (CE) n. 1013/2006, verso alcuni paesi ai quali non si applica la decisione dell'OCSE sul controllo dei movimenti transfrontalieri di rifiuti;
- Regolamento (CE) n. 1013/2006 del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 giugno 2006 - Relativo alle spedizioni di rifiuti;
- Direttiva 2003/18/CE n. 18 del 27/03/2003 - Modifica la direttiva 83/477/CEE del Consiglio sulla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi con un'esposizione all'amianto durante il lavoro;
- Decisione CEE/CEE/CE n. 573 del 23/07/2001 - Modifica l'elenco di rifiuti contenuto nella decisione 2000/532/CE emanata da Commissione.
- Decisione CEE/CEE/CE n. 118 del 16/01/2001 - Modifica l'elenco di rifiuti istituito dalla decisione 2000/532/CE emanata/a da Commissione CEE/CE;
- Direttiva 1999/77/CE del 26/07/1999 - Adegua 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/CEE/CE n. 659 del 3/12/1991 - Adegua al progresso tecnico l'allegato I della direttiva 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).
- Direttiva CEE/CEE/CE n. 217 del 19/03/1987 - Concernente la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento dell'ambiente causato dall'amianto;
- Direttiva CEE/CEE/CE n. 610 del 20/12/1985 - Recante la 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 CEE/CEE/CE n. 478 del 19/09/1983 - Recante la quinta modifica (amianto) della direttiva 76/769/CEE per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alla restrizione in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi;
- Direttiva CEE/CEE/CE n. 477 del 19/09/1983 - 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).

Per quanto privo di carattere cogente, si citano, tra i riferimenti di carattere internazionale, le linee guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità per la qualità dell'aria in Europa (*Air Quality Guidelines for Europe* - WHO 2000) che riportano che «un'esposizione continuativa per l'intera vita della popolazione generale ad 1 fibra/litro misurata mediante microscopia elettronica a scansione (SEM), comporta un eccesso di rischio cancerogeno compreso tra 1 e 100 casi per milione di esposti».

3.2 NORMATIVA NAZIONALE

Di seguito, si fornisce una sintesi dei valori limite previsti dalla legislazione italiana sull'amianto:

Tabella 1 – Valori limite previsti dalla legislazione italiana sull'amianto

APPLICAZIONE		VALORE LIMITE	METODO ANALITICO	RIFERIMENTO NORMATIVO
Ambiente di lavoro	Valore limite di esposizione per l'amianto (media ponderata nelle 8 ore)	0,1 ff/ml	MOCF	D.Lgs. 81/08, Titolo IX, Capo III, Art. 254, comma 1
Emissioni in atmosfera	Concentrazione limite di amianto nei condotti di scarico	0,1 mg/m ³	Gravimetrico	D.Lgs. 114/95 art. 1, comma 1
		2,0 ff/ml	MOCF	D.Lgs. 114/95 All. A,II
Effluenti liquidi	Concentrazione limite di materia totale in sospensione negli effluenti liquidi scaricati	30 g/m ³	Gravimetrico filtrazione su membrana	D.Lgs. 114/95 art. 2, comma 1
Amianto negli edifici	Valore indicativo di inquinamento in atto in un edificio (media di 3 campionamenti)	20 ff/l	MOCF	D.M. Sanità 06/09/94 All. p. 2c
		2,0 ff/l	SEM	
Interventi di bonifica	Soglia di pre-allarme per il monitoraggio esterno al cantiere di bonifica	Tendenza all'aumento	MOCF	D.M. Sanità 06/09/94 All. p. 5a/11
	Soglia di allarme per il monitoraggio esterno al cantiere di bonifica	50 ff/l		
	Restituibilità ambienti bonificati	2,0 ff/l	SEM	D.M. Sanità 06/09/94 All. p. 6b
Amianto nelle tubazioni	Divieto di impiego di tubazioni contenenti crocidolite per l'adduzione di acque potabili aggressive	< 12	Indice di aggressività dell'acqua	Circ. Min. Sanità 01.07.86, n. 42
Suoli contaminati da amianto	Concentrazione soglia di contaminazione nel suolo nel sottosuolo	1000 mg/kg	DRX - FTIR ¹	D.Lgs. 152/06
			SEM	D.M. Sanità 06/09/94 All. 2
			MOLP-DC	
	Concentrazioni soglia di contaminazione (CSC) per i suoli delle aree agricole	100 mg/kg	DRX - FTIR ¹	D.M. Ambiente 01/03/19, n. 46
			MOLP-DC	
SEM				

¹ Si deve fare presente che tale tecnica non consente il raggiungimento del limite di rilevabilità richiesto, ed è pertanto necessario l'utilizzo delle tecniche SEM o MOLP-DC

APPLICAZIONE		VALORE LIMITE	METODO ANALITICO	RIFERIMENTO NORMATIVO
Siti estrattivi di pietre verdi	Valore limite per la pericolosità dei materiali estratti; non pericolosi se inferiori o uguali a:	0,1	Indice di rilascio	D.M. Sanità 14/05/96, All. 4
Materiali sostitutivi dell'amianto	Presenza di amianto nel materiale sostitutivo ai fini dell'omologazione	Assente	SEM	D.M. Industria 12.02.97
Rifiuti	Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22	Assente	-	D.M. Ambiente 05/02/98, All. 1

- **Circolare 25 Gennaio 2011** del Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali Orientamenti pratici per la determinazione delle esposizioni sporadiche e di debole intensità (ESED);
- **Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81** e s.m.i. - Attuazione dell'articolo 1 della legge 3 agosto 2007, n. 123, in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro;
- **Decreto Ministero della Salute 14 dicembre 2004** - Divieto di installazione di materiali contenenti amianto intenzionalmente aggiunto;
- **Decreto 29 luglio 2004, n. 248** - Regolamento relativo alla determinazione e disciplina delle attività di recupero dei prodotti e beni di amianto e contenenti amianto;
- **Circolare del Ministero della Sanità 15 marzo 2004 n. 4** e s.m.i. - Note esplicative del decreto ministeriale 1 settembre 1998 recante: "Disposizioni relative alla classificazione, imballaggio ed etichettatura di sostanze pericolose (fibre artificiali, vetrose)";
- **Decreto Ministeriale 18 marzo 2003, n.101** del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio - 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;
- **Deliberazione 1 febbraio 2000** del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio - Criteri per l'iscrizione all'albo nella categoria 10-bonifica dei beni contenenti amianto;
- **Decreto 20 agosto 1999** e s.m.i. - Ampliamento delle normative e delle metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art.5, comma 1, lett. F della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto;
- **Decreto Ministero Industria Commercio Artigianato 12 febbraio 1997** - Criteri per l'omologazione dei prodotti sostitutivi dell'amianto;
- **Decreto 7 luglio 1997** - Approvazione della scheda di partecipazione al programma di controllo di qualità per l'idoneità dei laboratori di analisi che operano nel settore "amianto";
- **Decreto Ministero Sanità 14 maggio 1996** - Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lett. f, della L257/92, recante: Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto;
- **Decreto Ministero Sanità 26 ottobre 1995** - Normative e metodologie per la valutazione del rischio, il controllo, la manutenzione e la bonifica dei materiali contenenti amianto presenti nei mezzi rotabili;
- **Circolare Ministero Sanità 12 aprile 1995, n. 7** - Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto;
- **Decreto Legislativo 17 marzo 1995 n. 114** - Attuazione della direttiva 87/217/CEE in materia di prevenzione e riduzione dell'inquinamento dell'ambiente causato dall'amianto;
- **Decreto Ministero Sanità 6 settembre 1994** - Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto;
- **Legge 27 marzo 1992 n. 257** - Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto.

Oltre alle norme che hanno l'amianto quale oggetto principale, diversi altri dispositivi normativi contengono riferimenti all'amianto, anche sotto forma di limiti cogenti. È il caso dei seguenti atti normativi:

- **D.Lgs. 121 del 03/09/2020** - Attuazione della Dir. UE 2018/850 che modifica la Dir. 1991/31/CE relativa alle discariche di rifiuti;
 - **Decreto ministeriale 1 marzo 2019, n. 46** "Regolamento relativo agli interventi di bonifica, di ripristino ambientale e di messa in sicurezza, d'emergenza, operativa e permanente, delle aree destinate alla produzione agricola e all'allevamento, ai sensi dell'articolo 241 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152", che ha fissato a 100 mg/kg la concentrazione soglia di contaminazione (CSC) per i suoli delle aree agricole;
 - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Tavolo Tecnico del 14/11/2018 su "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" (resoconto consultabile al link: <http://www.bonifiche.minambiente.it/riunioni/2018/25.html>);
 - **DPR 13 giugno 2017, n. 120** "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo";
 - **Decreto 24 giugno 2015** Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Modifica del Decreto 27/09/2010, relativo alla definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica;
 - **Decreto 27 settembre 2010** Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del mare "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" fornisce indicazioni i criteri di ammissibilità dei rifiuti di amianto o contenenti amianto nelle diverse tipologie di discarica;
 - **Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152** "Norme in materia ambientale", che indica il valore della Concentrazione soglia di contaminazione (CSC) per l'amianto, pari a 1.000 mg/kg, sia per i siti ad uso verde pubblico e privato e residenziale sia ad uso commerciale e industriale;
 - **D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36** (Attuazione della direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti) prescrive per le discariche che accettano rifiuti contenenti amianto la realizzazione di uno specifico studio, al fine di evitare qualsiasi possibile trasporto aereo delle fibre verso i centri abitati in relazione alla direttrice dei venti dominanti, e fornisce indicazioni per il monitoraggio.
 - **Decreto 18 luglio 2002** Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare "Perimetrazione del sito di interesse nazionale di Biancavilla";
 - **Decreto 18 settembre 2001, n. 468** Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio Regolamento recante: "Programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale";
 - **Decreto ministeriale 5 febbraio 1998** "Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22".
- Si ricorda, infine, per completezza, quale espressione del tentativo di riordinare e unificare il complesso delle norme riferite all'amianto, il disegno di legge n. 2602 (Testo unico della normativa in materia di amianto), d'iniziativa dei senatori Fabbri, Aiello, Barozzino, Berger, Bilardi, Borioli, Cardiello, Collina, D'Adda, Fasiolo, Favero, Langella, Munerato, Parente, Pelino, Piccinelli, Romano, Serafini e Silvestro, comunicato alla Presidenza del Senato il 21 novembre 2016.

3.3 NORMATIVA REGIONALE

REGIONE ABRUZZO:

- **Legge Regionale 17/03/2014, n. 11** - Modifica alla L.R. 4 agosto 2009, n. 11 recante "Norme per la protezione dell'ambiente, decontaminazione,

smaltimento e bonifica ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto”

- **Deliberazione della Giunta Regionale 11 febbraio 2013, n. 101** - Legge 27.03.1992, n. 257 - D.Lgs. 09.04.2008, n. 81 - L.R. 04.08.2009, n. 11. Procedure per la corretta gestione del rischio amianto. Approvazione linee guida
- **Legge Regionale 04/08/2009, n. 11** - Norme per la protezione dell'ambiente, decontaminazione, smaltimento e bonifica ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto.

REGIONE BASILICATA:

- **Deliberazione della Giunta Regionale 29 novembre 2011 n. 1743** - Criteri per l'autorizzazione di attività interferenti con suolo e sottosuolo nelle aree con presenza di rocce potenzialmente contenenti amianto e per l'utilizzo e la gestione delle terre e rocce da scavo provenienti dalle suddette aree e degli inerti estratti dagli alvei fluviali;
- **Deliberazione della Giunta Regionale 23 dicembre 2010 n. 2118** - Primi indirizzi per la mitigazione del rischio di esposizione delle fibre aerodisperse nel territorio regionale interessato dalla presenza di amianto naturale;
- **Deliberazione della Giunta Regionale 22 ottobre 2008, n. 1659** - Programma di caratterizzazione dei materiali lapidei utilizzati per il confinamento delle sedi stradali con presenza di rocce contenenti amianto;
- **Deliberazione della Giunta Regionale 10 giugno 2008, n. 963** - Risultati della caratterizzazione delle aree a rischio di contaminazione ambientale da amianto in giacitura naturale con relativa cartografia;
- **Deliberazione della Giunta Regionale 10 giugno 2008 n. 867** - Programma di monitoraggio delle fibre aerodisperse durante l'esecuzione dei lavori

di messa in sicurezza della viabilità pubblica a rischio amianto;

- **Deliberazione della Giunta Regionale 15 maggio 2006, n. 739** - Progetto di Caratterizzazione finalizzato alla messa in sicurezza e ripristino ambientale delle aree incise in affioramenti di rocce contenenti amianto;
- **Deliberazione della Giunta Regionale 5 dicembre 2003, n. 2275/2003** - Progetto di mappatura dei rischi asbesto correlati nell'ambiente naturale e costruito.

REGIONE CALABRIA:

- **Piano Regionale Amianto 13 febbraio 2020**
- **Legge regionale 27 aprile 2011, n. 14** - Interventi urgenti per la salvaguardia della salute dei cittadini: norme relative all'eliminazione dei rischi derivanti dalla esposizione a siti e manufatti contenenti amianto.

REGIONE CAMPANIA:

- **P.O.R. Campania 2000/2006** – Complemento di programmazione – misura 1.8 – programmi di risanamento delle aree contaminate – azione b) – approvazione del bando di attuazione dell'azione b) relativo alla “realizzazione di interventi di messa in sicurezza, risanamento e recupero delle aree contaminate da amianto”;
- **Deliberazione della Giunta Regionale 6 agosto 2003** - Precisazione sull'attuazione del bando misura 1.8 azione B relativo alla "Realizzazione di interventi di messa in sicurezza, risanamento e recupero delle aree contaminate da amianto" di cui alle DD.G.R. N. 4068/2001 e 4616/2001.

REGIONE EMILIA-ROMAGNA:

- **Delibera Giunta Regionale 3 settembre 2018, n. 1410** - Recepimento intesa stato-regioni

sull'adozione del protocollo di sorveglianza sanitaria dei lavoratori ex esposti ad amianto;

- **Delibera Giunta Regionale 4 dicembre 2017, n. 1945** - Approvazione del “Piano amianto della Regione Emilia-Romagna - Piano Regionale della Prevenzione 2015-2018 D.G.R. n. 771/2015 progetto 2.4”;
- **Delibera Giunta Regionale n. 771/2015** - Piano amianto della Regione Emilia-Romagna – Progetto 2.4 - Piano Regionale della Prevenzione 2015-2018;
- **Delibera Giunta Regionale 19 novembre 2012, n. 1696** - 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;
- **Regione Emilia Romagna – Il Progetto Pietre Verdi:** le ofioliti, la loro estrazione e il problema amianto (Dicembre 2004);
- **Delibera Giunta Regionale n. 2004/1302** - Mappatura delle zone del territorio regionale interessate dalla presenza di amianto. Assegnazione ad ARPA di un finanziamento per l'attuazione del progetto;
- **Delibera del Consiglio Regionale 497/1996** “Piano di Protezione dell'amianto” (la Regione ha affidato ad ARPA sezione di Reggio Emilia il compito di censire i siti estrattivi di “pietre verdi” ai fini della valutazione della entità del rischio amianto associata a tale attività estrattiva).

REGIONE FRIULI-VENEZIA GIULIA:

- **Decreto Presidente Regione Friuli Venezia Giulia 17/04/2018, n. 0108/Pres.** - Legge Regionale n. 34/2017 - L. 257/1992. Approvazione del Piano regionale amianto;

- **Legge Regionale 12 settembre 2001, n. 22:** Disposizioni in materia di sorveglianza, prevenzione e informazione delle situazioni da rischio amianto e interventi regionali ad esso correlati;
- **Legge Regionale 3 settembre 1996, n. 39:** Attuazione della normativa statale in materia di cessazione dell'impiego dell'amianto.

REGIONE LAZIO:

- **Delibera Giunta Regionale 10/11/1998, n. 5892:** Piano regionale di protezione dell'ambiente, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto;
- **Delibera Giunta Regionale 12/12/1995, n. 10538** - Legge n. 257/92 art. 10. Approvazione degli indirizzi per l'adozione del piano regionale di protezione dell'ambiente, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto.

REGIONE LIGURIA:

- **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 Consiglio Regionale 20/12/1996, n. 105:** 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:

- **Legge regionale 31 luglio 2012 n. 14** - Modifiche e integrazioni alla legge regionale 29 settembre 2003, n. 17 (norme per il risanamento dell'ambiente, bonifica e smaltimento dell'amianto);

- **Piano Regionale Amianto Lombardia (PRAL) - DGR. 22/12/2005 n. 8/1526.**
- **Legge Regionale 29 settembre 2003, n. 17** - Norme per il risanamento dell'ambiente, bonifica e smaltimento dell'amianto;
- **Deliberazione Giunta Regionale 22/05/1998, n. 36262:** Linee guida per la gestione del rischio amianto.
- **Deliberazione Giunta Regionale 22/09/1995, 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".

REGIONE MARCHE:

- **Delibera Giunta Regionale MA/SAN 18/09/2001, n. 2174:** Censimento amianto - imprese ed edifici - integrazione del "Piano operativo per l'anno 2001", approvato con DGR Marche 28.12.2000, n. 2830.
- **Documento unico di programmazione Regione Marche 2000 - 2006 OB 2 Asse 1 Misura 1.1 Submisura 3 (Allegato alla deliberazione n. 79 del 22/01/2002)** - Aiuti per la riconversione ecologica delle PMI industriali ed artigiane, per il miglioramento delle condizioni di sicurezza e di salute nell'ambiente di lavoro e per il risparmio energetico (compresa bonifica di strutture contenenti amianto);
- **Delibera Giunta Regionale MA/SAN 30/12/1997, n. 3496:** Piano di protezione dell'ambiente, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto.

REGIONE MOLISE:

- **Piano regionale della prevenzione 2014-2018;**
- **Legge Regionale 07/05/2003, n. 20:** Interventi urgenti per la bonifica dell'amianto;

- **Deliberazione di Giunta del 31 dicembre 1996, n. 5593** - Direttiva Regionale in materia di censimento e bonifica dei materiali contenenti amianto utilizzato negli edifici e nelle attività produttive.

REGIONE PIEMONTE:

- **Deliberazione della Giunta Regionale 14 febbraio 2020, n. 14-1010** - Attuazione del Piano Regionale Amianto 2016-2020 di cui alla DCR 124-7279/16: mappatura e verifica della presenza naturale di amianto e linee guida per studi geologici in aree con probabilità di occorrenza di amianto;
- **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 n. 30 del 14 ottobre 2008** - Norme per la tutela della salute, il risanamento dell'ambiente, la bonifica e lo smaltimento dell'amianto.

REGIONE PUGLIA:

- **Deliberazione della Giunta Regionale 3 marzo 2015 n. 364:** Piano regionale definitivo di protezione dell'ambiente, decontaminazione, smaltimento e bonifica ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto in Puglia (PRA). Adozione definitiva e trasmissione al Consiglio Regionale per l'approvazione - Rettifiche Deliberazione Della Giunta Regionale 6 maggio 2015, n. 908: Piano regionale definitivo di protezione dell'ambiente, decontaminazione, smaltimento e bonifica ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto in Puglia (PRA);
- **Deliberazione della Giunta Regionale 27 dicembre 2012 n. 3064** - Piano regionale di protezione dell'ambiente, decontaminazione,

smaltimento e bonifica ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto Puglia;

- **Deliberazione della Giunta Regionale 8 settembre 2005, n. 1360:** POR Puglia 2000-2006 Misura 1.8 - azione 4 "monitoraggio siti inquinati". Sviluppo del sistema di riprese MIVIS per l'avvio dei lavori di mappatura dell'amianto in Puglia. Approvazione schema di convenzione con il CNR Istituto Inquinamento atmosferico - Progetto LARA;
- **Legge Regionale 4/01/2001, n. 6:** Individuazione dei siti per lo smaltimento dei rifiuti di amianto.

REGIONE SARDEGNA:

- **Deliberazione n. 66/29 del 23.12.2015** - Piano regionale di protezione, decontaminazione, smaltimento e bonifica dell'ambiente ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto;
- **Deliberazione 4 giugno 2008, n. 32/5** - Legge regionale 16 dicembre 2005, n. 22. Direttive regionali per la protezione, decontaminazione, smaltimento e bonifica dell'ambiente ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto;
- **Legge regionale 16 dicembre 2005, n. 22** - Norme per l'approvazione del Piano regionale di protezione, decontaminazione, smaltimento e bonifica dell'ambiente ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto.

REGIONE SICILIANA:

- **Legge 10 luglio 2018, n. 10** - Disposizioni programmatiche e correttive per l'anno 2018. Legge di stabilità regionale. Stralcio I - Articolo 8: Modifiche alla legge regionale 29 aprile 2014 n. 10 in materia di amianto;
- **Decreto assessoriale n. 413 del 25 settembre 2018 e Parere CTS n.231 del 29 agosto 2018** - Procedura di V.A.S. del Piano regionale amianto;

- **Decreto Assessoriale n. 105 del 15.04.15** - Istituzione del geosito di rilevanza mondiale "Lave brecciate a fluoro-edenite e fluoroflogopite di Monte Calvario" ricadente nel territorio comunale di Biancavilla (Gazzetta Ufficiale Regione Siciliana n.21 del 22 maggio 2015, p.23);

- **Legge 29 aprile 2014, n. 10** - Norme per la tutela della salute e del territorio dai rischi derivanti dall'amianto (Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale della Regione Siciliana, p. I, n. 19 del 9-5-2014)

- **Circolare Assessorato salute 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;

- **Decreto Assessore per il Territorio e l'Ambiente 12 novembre 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 resinoidi;

- **Decreto del Presidente della Regione 27 dicembre 1995** - Piano di protezione dell'amianto, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto;

- **Circolare 17 marzo 1995 n. 798** - Assessorato sanità Normativa e metodologie tecniche di applicazione dell'art.6, comma 3, e dell'art.2, della Legge 27 marzo 1992, n.257, relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto B.U.R. n.21 del 22/4/1995;

REGIONE TOSCANA:

- **Legge Regionale 5 ottobre 2017, n. 55** - Disposizioni in materia di tutela dall'amianto. Modifiche alla l.r. 51/2013;

- **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;
- **Delibera Consiglio Regionale 8/04/1997, n. 102** - Piano di protezione dell'ambiente, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto. Art. 10 Legge 27 marzo 1992, n. 257 e D.P.R. 8 agosto 1994.

REGIONE UMBRIA:

- **Deliberazione del Consiglio Regionale 5 maggio 2009, n. 301:** Piano regionale di gestione dei rifiuti;
- **Deliberazione della Giunta Regionale 8 ottobre 2007, n. 1611:** Linee guida per le Aziende USL ai fini della valutazione delle strutture contenenti amianto;
- **Deliberazione della Giunta Regionale 21/11/2001 n. 1479** - Linee guida vincolanti per le aziende ed adeguamenti al piano regionale amianto;
- **Deliberazione della Giunta Regionale 22/10/1996 n. 7485** - Piano regionale per l'amianto di cui alla D.G.R. n. 9426/95; direttive sullo smaltimento dei Rifiuti e materiali contenenti amianto;
- **Deliberazione della Giunta Regionale 15/10/1996 n. 7267** - Censimento delle strutture edilizie ad uso civile, commerciale o industriale aperte al pubblico o comunque di utilizzazione collettiva, in cui siano presenti amianto o materiali contenenti amianto;
- **Deliberazione della Giunta Regionale 07/12/1995 n. 9426** - Art. 10 della legge 27 marzo 1992, n. 257: adozione da parte della Regione dell'Umbria del piano di protezione, di

decontaminazione, di smaltimento e di bonifica dell'ambiente, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto.

REGIONE VALLE D'AOSTA:

- **Deliberazione n. 1653/XIV del 16 dicembre 2015** – Aggiornamento del Piano Regionale di Gestione dei Rifiuti approvato con Deliberazione del Consiglio regionale n.3188/XI del 15 aprile 2003 e richiamato dalla Legge regionale 3 dicembre 2007, n. 31;
- **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.

REGIONE VENETO:

- **Deliberazione della Giunta Regionale n. 39 del 21 gennaio 2013** - DGR n. 3887 del 09/12/2008 "Decreto Ministero dell'Ambiente 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". Revoca.
- **Deliberazione della Giunta Regionale 08 ottobre 2012, n. 2016** - Progetto di Banca dati regionale degli edifici adibiti a scuole pubbliche e private interessati dalla presenza di amianto;
- **Deliberazione della Giunta Regionale 15 marzo 2011, n. 265** - Linee interpretative regionali per la sorveglianza sulle attività lavorative con esposizione all'amianto (titolo ix capo III D.Lgs. 81/08);
- **Decreto Regionale 6 novembre 2009, n. 61:** Approvazione progetto "Mappatura delle zone e dei siti della Regione Veneto ove siano presenti

amianto e materiali contenenti amianto" (DGR 3887/2008);

- **Delibera Giunta Regionale 3/12/1996, n. 5455** - Linee di Piano regionale di protezione, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica dell'ambiente, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto. Art. 10 della Legge 27 marzo 1992, n. 257. Immediata eseguibilità.

PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO:

- **Delibera 27 giugno 2011, n. 998:** Rilevazione dello stato di conservazione dei tetti contenenti cemento-amianto e relativo risanamento - Istituzione registro dell'amianto;
- **Delibera Giunta Provinciale 27/01/1997, n. 274:** Piano provinciale amianto: adozione di piani di protezione, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica dell'ambiente, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto - Revoca della deliberazione n. 6449 del 16 dicembre 1996.

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO:

- **Deliberazione Giunta provinciale 30 dicembre 2011, n. 3014** - Mappatura amianto sul territorio provinciale. Linee guida per la definizione dell'indice di degrado delle coperture in cemento-amianto e delle priorità d'intervento nei siti inquinati da amianto in provincia di Trento, unitamente alla scheda di rilevamento dati. Attuazione delle lettere f) e h) della deliberazione della Giunta provinciale n. 2367 del 2009
- **Deliberazione giunta provinciale 2 ottobre 2009, n. 2367** - Mappatura amianto su territorio provinciale;
- **Deliberazione Giunta provinciale 1 settembre 2006, n. 1756** - Mappatura delle zone del territorio provinciale interessate dalla presenza di amianto;
- **Delibera Giunta Provinciale 20 novembre 1998, n. 12801** - Approvazione del "Piano provinciale di

protezione dell'ambiente, di decontaminazione, di smaltimento e di bonifica, ai fini della difesa dai pericoli derivanti dall'amianto" (Il punto 1.1 del Piano provinciale, ultimo capoverso, recita: "L'art. 2 del D.P.R. 8 agosto 1994 non interessa questa Provincia, mancando, allo stato attuale della conoscenza, siti estrattivi di pietre verdi");

- **Decreto presidente Giunta provinciale 26 gennaio 1987, n. 1-41/Leg.** - Testo unico provinciale sulla tutela dell'ambiente dagli inquinamenti - "Approvazione del testo unico delle leggi provinciali in materia di tutela dell'ambiente dagli inquinamenti" parte I – titolo V bis (articoli da 45 bis a 45 sexies) "Protezione dai pericoli derivanti dall'amianto" Parte III (articoli da 63 a 97ter) "Gestione dei rifiuti". Modificato l'art. 102 quater; aggiunto l'art. 102 septies.

3.4 CRITICITÀ NORMATIVE

Il quadro normativo, per quanto complesso e articolato, presenta alcune carenze e lacune, in modo particolare sui limiti di esposizione e di contaminazione:

- Per la concentrazione limite di esposizione per le fibre aerodisperse in ambiente esterno di vita (*outdoor*) non esiste un valore di legge. Attualmente, viene spesso adottato quale soglia cautelativa di allarme il valore di 1 ffl, indicato dall'Organizzazione mondiale della Sanità come la soglia che, nel caso di «un'esposizione continuativa per l'intera vita della popolazione generale (...), comporta un eccesso di rischio cancerogeno compreso tra 1 e 100 casi per milione di esposti» (*Air Quality Guidelines for Europe - WHO 2000*). Per l'ambiente di lavoro e per l'ambiente di vita indoor, il valore limite di esposizione esistente (vd. Tabella 1) è generalmente ritenuto non adeguato dagli enti di controllo, che richiedono spesso l'adozione di limiti più restrittivi;
- Si rileva un vistoso contrasto normativo tra il D.M. 14.05.96 e il D.Lgs. 152/06, e conseguentemente, col DPR 120/17. Segnatamente,

il D.M. 14.05.96 richiede una valutazione della pericolosità dei materiali oggetto di attività estrattiva basata sull'Indice di rilascio con relativo valore limite, mentre il D.Lgs. 152/06 prevede una concentrazione soglia di contaminazione del suolo e del sottosuolo definita in termini di concentrazione in mg/kg, con relativo limite di legge. Ciò può portare alla contraddizione che un materiale del tutto idoneo

all'estrazione e alla commercializzazione (perché con indice di rilascio inferiore al limite di legge), una volta messo in opera e sottoposto ad analisi nell'ambito di qualsiasi successivo intervento di scavo e movimentazione, possa risultare contaminato ai sensi del D.Lgs. 152/06 e da classificare come "rifiuto pericoloso".

4 AMBITO DI APPLICAZIONE

La presente linea guida è applicabile alle terre e rocce da scavo in zone interessate dalla presenza di formazioni ofiolitiche (c.d. "Pietre verdi") o, in ogni caso, contenenti materiali fibrosi naturali per i quali sia stato riconosciuto un livello di cancerogenicità, sia per scavi in sotterraneo sia all'aperto, dai piccoli cantieri alle grandi opere. Nella presente linea guida non sono richiamate le attività estrattive di "Pietre Verdi" in quanto oggetto di specifiche indicazioni normative nazionali e regionali (DM 14/05/1996, All.4 e delibere regionali) con i relativi valori limite di riferimento.

Poiché la gestione del rischio amianto comporta un consistente impegno di risorse, con conseguenze sul piano economico che possono risultare rilevanti, è necessario introdurre un previo criterio di modulazione che tenga conto degli impatti ragionevolmente prevedibili in termini di entità e durata. Il primo fondamentale criterio può essere di tipo dimensionale, mutuando dal DPR 120/17 la distinzione in cantieri di piccole dimensioni (per quantità di terre e rocce da scavo prodotte non superiori a seimila metri cubi) e cantieri di grandi dimensioni (per quantità di terre e rocce da scavo prodotte superiori a seimila metri cubi), anche non sottoposti a VIA. Ancorché non prevista dalla normativa vigente, si ritiene che sia opportuno distinguere all'interno dei piccoli cantieri l'ulteriore categoria dei microcantieri. In essa rientrano la maggior parte dei cantieri minori, perlopiù privati, di estensione e volumi di scavo oggettivamente ridotti e di durata dei lavori particolarmente contenuta, per i quali gli impatti attesi sono realisticamente modesti e tali da poter essere gestiti con un relativo aggravio delle normali buone prassi di cantiere².

Le indicazioni contenute nei capitoli che seguono saranno pertanto da applicare nei diversi casi secondo la

seguinte tabella di sintesi. Resta intesa la possibilità di adottare criteri più stringenti, nel caso di bersagli esposti di particolare rilevanza (ambito urbano, presenza di edifici scolastici ecc.), o per particolari criticità locali.

² A titolo di esempio, piccole opere in regime di attività edilizia libera, piccole autorimesse, volumi tecnici, modeste opere a rete, altri interventi di edilizia privata di volumetria ridotta.

Tab. 2 - Schema riepilogativo per l'applicazione della linea guida alle diverse tipologie di cantiere

	STUDI E PIANIFICAZIONE		FASE REALIZZATIVA
	Mappatura dell'amianto naturale	Indicazioni per la progettazione	
Microcantiere	-	-	Cap. 8.2.2
			Cap. 8.2.3
			Cap. 8.4
			Cap. 8.6
			Cap. 9.2
Piccoli cantieri (≤6.000 m ³)	-	-	Cap. 8.2.2
			Cap. 8.2.3
			Cap. 8.4
			Cap. 8.6
			Cap. 9
Grandi cantieri (>6.000 m ³)	Cap. 7.1	Cap. 7.2	Cap. 8
			Cap. 9
			Cap. 10

5 RISCHIO SANITARIO DELL'AMIANTO

Gli effetti dell'amianto sulla salute umana sono oggetto di una vasta letteratura scientifica, alla quale si rimanda per ogni approfondimento sul rischio sanitario, che, sebbene caratterizzata da un nucleo consolidato di acquisizioni ormai comunemente accettata dalla comunità scientifica, presenta ancora numerosi margini di sviluppo (ad es. relativamente alle fibre attualmente non-normate o agli effetti dovuti all'ingestione). La via inalatoria è in ogni caso a tutt'oggi considerata la principale e certa via di esposizione all'amianto. Tale evidenza costituisce attualmente il presupposto per ogni azione di prevenzione e di contenimento del rischio amianto.

Tutte le procedure, i protocolli, i sistemi e i provvedimenti comunemente adottati a livello internazionale, comprese le più recenti esperienze nazionali nella realizzazione di grandi opere infrastrutturali (ad es. la Variante di Valico Bologna-Firenze e il Terzo Valico dei Giovi), o nella demolizione di grandi strutture (ad es. la demolizione controllata del Viadotto Polcevera, il c.d. "Ponte Morandi") sono finalizzate a contenere al massimo grado possibile la dispersione aerea delle fibre. Anche la presente linea guida è conforme a tale fondamentale obiettivo.

Nel 1986 l'OMS indicò come 'pericolose' tutte le fibre di amianto con lunghezza $>5 \mu\text{m}$, diametro $<3 \mu\text{m}$ e rapporto dimensionale lunghezza/diametro >3 . La pericolosità relativa all'inalazione delle fibre dipende dal grado di penetrazione nelle vie respiratorie a sua volta dipendente dalle dimensioni delle fibre: quelle a diametro aerodinamico minore (funzione della geometria e della densità della fibra) sono suscettibili di penetrare più a fondo nell'albero bronchiale fino agli alveoli. A questo riguardo, la pericolosità degli anfiboli (crocidolite, amosite, tremolite) è considerata superiore rispetto all'amianto crisotilo.

Di seguito, si riportano le principali classificazioni a livello nazionale e internazionale relative all'amianto e alla sua pericolosità.

Tab. 3 – Nomi comuni, numero CAS, sinonimi, minerali analoghi non asbestiformi, formule chimiche e proprietà fisico-chimiche dei minerali di amianto (da Agenzia Internazionale per la ricerca sul Cancro - IARC Monographs 100C)

Nome comune	N. CAS	Sinonimo	Minerale analogo non asbestiforme	Formula chimica di massima	Colore	Temp. di decomposizione (°C)	Altre proprietà
Amianto	1332-21-4*	Non specificato	-	Non specificato	-	-	-
Minerali del gruppo del serpentino							
Crisotilo	12001-29-5*	Amianto di serpentino; amianto bianco	Lizardite; antigorite	$[Mg_3Si_2O_5(OH)_4]_n$	Bianco, grigio, verde, giallastro	600-850	Silicati a fogli ricurvi, cavi al centro; lunghezza del fascio di fibre: da pochi mm a più di 10 cm; fibre più flessibili di quelle degli anfiboli; assumono carica positiva superficiale e formano una sospensione stabile in acqua; le fibre si degradano in soluzioni di acidi diluiti
Minerali del gruppo degli anfiboli							
Crocidolite	12001-28-4*	Amianto blu	Riebeckite	$[NaFe^{2+}_3Fe^{3+}_2)Si_8O_{22}(OH)_2]_n$	Lavanda, blu, verde	400-900	Silicati a doppia catena; fibre più corte e più sottili rispetto agli altri anfiboli, ma non così sottili come il crisotilo; flessibilità delle fibre: da discreta a buona; filabilità: discreta; resistenza agli acidi: buona; meno resistente al calore rispetto alle altre fibre di amianto; contengono di solito impurezze di natura organica, tra cui bassi valori di ipa; assumono carica negativa superficiale in acqua
Amosite	12172-73-5*	Amianto bruno	Grunerite	$[(Mg,Fe^{2+})_7Si_8O_{22})(OH)_2]_n$	Bruno, grigio, verdastro	600-900	Silicati a doppia catena; fibre dritte, lunghe e ruvide; flessibilità delle fibre: notevole;

							resistenza agli acidi: notevole; possono essere più ricchi in ferro che in magnesio; assumono carica negativa superficiale in acqua
Antofillite	77536-66-4*	Ferroantofillite; <i>azbolen asbestos</i>	Antofillite	$[(Mg, Fe)_7(Si_8O_{22})(OH)_2]_n$	Grigio, bianco, grigio bruno, verde	NR	Silicati a doppia catena; fibre estremamente fragili; resistenza agli acidi: eccellente; sono presenti occasionalmente come impurezze nei depositi di talco; assumono carica negativa superficiale in acqua
Actinolite	77536-67-5*	Non specificato	Actinolite	$[Ca_2(Mg, Fe^{2+})_5(Si_8O_{22})(OH, F)_2]_n$	Verde	NR	Silicati a doppia catena; fibre fragili; nessuna resistenza agli acidi; si presentano sia in forma asbestiforme sia non-asbestiforme; sono derivati ferro-sostituiti della tremolite; si trovano come contaminanti nei depositi di amosite; assumono carica negativa superficiale in acqua
Tremolite	77536-68-6*	Acido silicico; sale di calcio e magnesio (8:4)	Tremolite	$[Ca_2(Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2)]_n$	Da bianco a verde pallido	950-1040	Silicati a doppia catena; fibre fragili; resistenti agli acidi; si presentano sia in forma asbestiforme sia non-asbestiforme; sono derivati ferro-sostituiti della tremolite; si trovano come contaminanti nei depositi di crisotilo e talco; assumono carica negativa superficiale in acqua

Tabella 4 – Classificazione secondo Regolamento (CE) n. 1272/2008 del 16 dicembre 2008 relativo alla classificazione, all'etichettatura e all'imballaggio delle sostanze e delle miscele che modifica e abroga le direttive 67/548/CEE e 1999/45/CE e che reca modifica al regolamento (CE) n. 1907/2006 (Rif. Tabella 3.1 - Elenco della classificazione e dell'etichettatura armonizzate di sostanze pericolose)

Numero della sostanza	Dati di identificazione internazionale	Numero CE	Numero CAS	Classificazione		Etichettatura			Limiti di conc. specifici, fattori M
				Codici di classe e di categoria di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo	Pittogrammi, codici di avvertenza	Codici di indicazioni di pericolo	Codici di indicazioni di pericolo supplementari	
650-013-00-6	Asbestos	—	12001-28-4	Carc. 1A STOT RE 1	H350 H372**	GHS08 Dgr	H350 H372 **		
		—	132207-32-0						
		—	12172-73-5						
		—	77536-66-4						
		—	77536-68-6						
		—	77536-67-5						
—	12001-29-5								

Tabella 5 – Classificazione della “Banca dati delle sostanze vietate (in restrizione o autorizzate)” del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del territorio e del mare (vd. <https://www.mase.gov.it/pagina/banca-dati-delle-sostanze-chimiche-vietate-restrizione-o-autorizzate>)

Nome della sostanza, del gruppo di sostanze o della miscela	Numero CAS	Numero Indice	Allegato	Numero di Restrizione e Voce di autorizzazione	Normativa di riferimento	Normativa Specifica	Tipo Pericolo	Specifica Sostanza
Actinolite	77536-66-4	650-013-006	All. XVII	Restrizione 28 Restrizione 6	Reg (CE) 1907/2006	Reg. (CE) 52/2009 Reg. (UE) 09/2012 Reg. (UE) 26/2013 Reg. (UE) 018/675 Reg. (UE) 017/1510 Reg. (UE) 016/1005	Cancerogena (C) Categoria 1A	Fibra d'amianto
Crocidolite	12001-28-4	650-013-006	All. XVII	Restrizione 28 Restrizione 6	Reg (CE) 1907/2006	Reg. (CE) 52/2009 Reg. (UE) 109/2012 Reg. (UE) 126/2013 Reg. (UE) 2018/675 Reg. (UE) 017/1510 Reg. (UE) 2016/1005	Cancerogena (C) Categoria 1A	Fibra d'amianto
Tremolite	77536-68-6	650-013-006	All. XVII	Restrizione 28 Restrizione 6	Reg (CE) 1907/2006	Reg. (CE) 52/2009 Reg. (UE) 109/2012 Reg. (UE) 126/2013 Reg. (UE) 2018/675 Reg. (UE) 2017/1510 Reg. (UE) 2016/1005	Cancerogena (C) Categoria 1A	Fibra d'amianto

Antofillite	77536-67-5	650-013-006	All. XVII	Restrizione 28 Restrizione 6	Reg (CE) 1907/2006	Reg. (CE) 552/2009 Reg. (UE) 109/2012 Reg. (UE) 126/2013 Reg. (UE) 2018/675 Reg. (UE) 2017/1510 Reg. (UE) 2016/1005	Cancerogena (C) Categoria 1A	Fibra d'amianto
Crisotilo	12001-29-5; 132207-32-0	650-013-006	All. XVII	Restrizione 28 Restrizione 6	Reg (CE) 1907/2006	Reg. (CE) 552/2009 Reg. (UE) 109/2012 Reg. (UE) 126/2013 Reg. (UE) 2018/675 Reg. (UE) 2017/1510 Reg. (UE) 2016/1005	Cancerogena (C) Categoria 1A	Fibra d'amianto
Amosite	12172-73-5	650-013-006	All. XVII	Restrizione 28 Restrizione 6	Reg (CE) 1907/2006	Reg. (CE) 552/2009 Reg. (UE) 109/2012 Reg. (UE) 126/2013 Reg. (UE) 2018/675 Reg. (UE) 2017/1510 Reg. (UE) 2016/1005	Cancerogena (C) Categoria 1A	Fibra d'amianto

6 IL PROBLEMA DEL FONDO NATURALE

Il principio che consente di stabilire limiti normativi superiori ai valori tabellari, in caso di accertati fenomeni naturali o antropici diffusi, è ormai consolidato nella disciplina comunitaria ambientale e trova diverse applicazioni nella normativa nazionale di recepimento. Il D.Lgs. 152/06 richiama più volte il concetto che, in determinate condizioni geologiche naturali, talune sostanze possono presentare concentrazioni superiori ai limiti normativi, ossia alle Concentrazioni soglia di contaminazione:

«Concentrazioni soglia di contaminazione (CSC): i livelli di contaminazione delle matrici ambientali che costituiscono valori al di sopra dei quali è necessaria la caratterizzazione del sito e l'analisi di rischio sito specifica, come individuati nell'Allegato 5 alla parte quarta del presente decreto. Nel caso in cui il sito potenzialmente contaminato sia ubicato in un'area interessata da fenomeni antropici o naturali che abbiano determinato il superamento di una o più concentrazioni soglia di contaminazione, queste ultime si assumono pari al valore di fondo esistente per tutti i parametri superati» (D.Lgs. 152/06, Art. 240);

«Al fine di conoscere la qualità delle matrici ambientali (valori di fondo) dell'ambiente in cui è inserito il sito potrà essere necessario prelevare campioni da aree adiacenti il sito. Tali campioni verranno utilizzati per determinare i valori di concentrazione delle sostanze inquinanti per ognuna delle componenti ambientali rilevanti per il sito in esame» (D.Lgs. 152/06, Allegato 2 alla Parte IV).

Nel DPR 120/17, si ritrova un'analoga definizione all'Art. 2, c. 1, lett. h:

«Ambito territoriale con fondo naturale: porzione di territorio geograficamente individuabile in cui può essere dimostrato che un valore di concentrazione di una o più sostanze nel suolo, superiore alle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V, della Parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, sia ascrivibile a

fenomeni naturali legati alla specifica pedogenesi del territorio stesso, alle sue caratteristiche litologiche e alle condizioni chimico-fisiche presenti».

La gestione dei materiali da scavo caratterizzati da superamenti legati al fondo naturale viene quindi specificamente indicata all'art. 11 del DPR 120/17, rubricato come Terre e rocce da scavo conformi ai valori di fondo naturale, che prevede la realizzazione di uno specifico "Piano di indagine" da condividere con l'Agenzia di protezione ambientale territorialmente competente.

L'art. 24 dello stesso regolamento, rubricato come Utilizzo nel sito di produzione delle terre e rocce escluse dalla disciplina rifiuti, prevede inoltre che:

«Ferma restando l'applicazione dell'articolo 11, comma 1, ai fini del presente articolo, le terre e rocce da scavo provenienti da affioramenti geologici naturali contenenti amianto in misura superiore al valore determinato ai sensi dell'articolo 4, comma 4, possono essere riutilizzate esclusivamente nel sito di produzione sotto diretto controllo delle autorità competenti».

Con ciò si rende evidente che il legislatore ha inteso, da un lato, ampliare la possibilità di riutilizzo dei materiali amiantiferi naturali, anche con concentrazioni superiori alle CSC, ma esclusivamente all'interno del sito di produzione; dall'altro, escludere espressamente qualsiasi riutilizzo all'esterno del sito in qualità di sottoprodotti.

Sotto il profilo applicativo, il quadro normativo lasciava, tuttavia, alcune significative incertezze, legate alla dubbia significatività teorica e alla criticità nell'individuazione di un valore numerico univoco di fondo per l'amianto. Ciò premesso, deve essere osservato che l'amianto naturale costituisce un caso particolare. A differenza di elementi quali i metalli e i metalloidi che possono analogamente essere presenti in concentrazioni elevate nelle rocce e nei terreni per cause naturali, nel caso specifico del parametro amianto, la

comunità scientifica concorda nel ritenere il fondo naturale non quantificabile in termini numerici. L'amianto, infatti, si presenta all'interno degli ammassi rocciosi con concentrazioni variabili in modo estremo da punto a punto, tali da produrre set di dati con un'alta percentuale di risultati inferiori al limite di rilevabilità e punte isolate di concentrazioni molto elevate. Inoltre, i particolari meccanismi dei fenomeni di alterazione, trasporto e deposito nei suoli, unitamente alla complessità delle procedure di quali-quantificazione analitica costituiscono ulteriori fattori che non consentono di determinare per tale parametro un valore di fondo scientificamente significativo e operativamente utilizzabile.

L'SNPA, nelle "Linee guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo di terre e rocce da scavo" (Linea guida 22/19, Delibera del Consiglio SNPA del 09/05/19, Doc. n. 54/19), nel cap. 5.1, ha fornito le indicazioni operative che consentono di superare tale criticità, ascrivendo le concentrazioni di amianto rilevate nelle rocce e nei terreni alla specifica pedogenesi del territorio stesso, alle sue caratteristiche litologiche e alle condizioni chimico-fisiche presenti, tramite un approccio geologico e mineralogico-petrografico.

Gli approfondimenti geologici e mineralogico-petrografici dovranno essere in grado di correlare i livelli di

concentrazione rilevati nelle rocce e nei terreni con le caratteristiche litologiche e le condizioni chimico-fisiche presenti nonché coi meccanismi pedogenetici in atto. Si dovrà prevedere, pertanto, l'esecuzione di un rilevamento geologico e strutturale di dettaglio, mirato a valutare la presenza di litotipi che possono sviluppare minerali di amianto e la loro distribuzione nella matrice rocciosa e nelle discontinuità strutturali. A seguito di questa fase preliminare, si preleveranno campioni di roccia, di detrito incoerente al piede degli affioramenti e di suoli, per le analisi mineralogico-petrografiche di laboratorio e per la determinazione qualitativa e quantitativa delle fibre di amianto. Gli accertamenti avranno come obiettivo, non soltanto la determinazione della presenza e della concentrazione totale di amianto nelle rocce affioranti ma anche, e soprattutto, l'individuazione e segnalazione della potenziale tendenza al rilascio di fibre determinata dalla presenza di superfici di debolezza meccanica contenenti minerali asbestiformi, con classificazione dei litotipi in classi a pericolosità differenziata (vd. Cap. 7.2 Indicazioni per la progettazione).

7 STUDI E PIANIFICAZIONE

La realizzazione di attività che comportino scavi e movimentazioni di materiali contenenti amianto naturale deve essere gestita tenendo conto del rischio amianto lungo tutta la filiera realizzativa, dalla progettazione delle opere, all'esecuzione, all'utilizzo, alla manutenzione, fino al termine del ciclo di vita. Dalle indicazioni di cui al presente capitolo sono in generale esclusi i piccoli cantieri e i microcantieri (cfr. Cap. 4).

7.1 MAPPATURA DELL'AMIANTO NATURALE

La disponibilità di una cartografia tematica della distribuzione dell'amianto naturale costituisce un elemento conoscitivo fondamentale sia a livello di pianificazione territoriale sia per la progettazione di opere infrastrutturali. Per tale motivo, il D.M. 101/03, prevedeva che le regioni e le province autonome di Trento e Bolzano procedessero all'effettuazione della mappatura dei siti caratterizzati dalla presenza di amianto nell'ambiente naturale o costruito.

Le indicazioni di seguito riportate rappresentano principi generali applicabili sia per la realizzazione della mappatura da parte delle regioni e delle province autonome che non l'abbiano ancora realizzata o completata, sia per studi a scala territoriale connessi a strumenti urbanistici o alla progettazione di grandi opere infrastrutturali.

La cartografia geologica con copertura nazionale completa alla scala 1:100.000 e la nuova cartografia geologica alla scala 1:50.000 (CARG) costituiscono il fondamentale strato informativo che, tuttavia, rappresenta solo il primo stadio della raccolta di conoscenze a crescente grado di specificità e dettaglio che deve essere effettuata. Andranno poi raccolte e organizzate tutte le possibili diverse fonti informative relative alla presenza di litotipi che possono essere sede

di locali concentrazioni di minerali asbestiformi, quali: articoli scientifici, permessi di ricerca e concessioni minerarie, cartografie di dettaglio, rilievi geologici specifici e dati analitici acquisiti nell'ambito delle attività di progettazione, controllo, campionamento e analisi per la realizzazione di grandi opere di interesse nazionale. In particolare, per quelle sottoposte a procedura di VIA, gli Studi di impatto ambientale necessari per la loro realizzazione potrebbero essere una importante fonte di informazioni. Ulteriori dati a disposizione potranno essere derivati da banche dati istituzionali per procedimenti di terre e rocce da scavo³ eventualmente disponibili.

All'interno delle aree di rilevamento, devono essere selezionati siti significativi sulla base dei seguenti criteri:

- evidenze macroscopiche di fibre sull'affioramento o nei suoli e nelle coltri detritiche circostanti;
- facilità di accesso a tali affioramenti, per la vicinanza a strade di interesse regionale, provinciale o comunale;
- prossimità a centri abitati o a infrastrutture pubbliche e private.

Tutti i siti selezionati devono essere georiferiti e riportati sulla cartografia geologica. La documentazione delle risultanze delle attività di rilevamento e delle analisi di laboratorio deve essere riportata su una scheda informativa schematica, progettata per essere inserita in un database alfanumerico associabile a cartografia GIS per le elaborazioni e le interrogazioni, secondo gli standard del Sistema informativo nazionale ambientale (SINANET⁴).

Nei siti selezionati, deve essere effettuato un rilevamento geologico e strutturale di dettaglio, mirato a valutare la presenza di litologie che possono sviluppare minerali di

3 Vd. ad es.: https://webgis.arpa.piemonte.it/amianto_story-map_webapp/

4 <http://www.sinanet.isprambiente.it/it>

amianto in relazione allo stato di variabilità delle facies petrografiche, dello stato di deformazione tettonica degli affioramenti rocciosi e delle associazioni litostrutturali che possono essere sede di minerali fibrosi.

A seguito della predetta fase preliminare di indagine, si dovranno prelevare campioni di roccia, di detrito incoerente al piede degli affioramenti e di suoli, per le analisi minero-petrografiche di laboratorio e per la determinazione qualitativa e quantitativa delle fibre di amianto. Ai fini della valutazione della reale attitudine delle fibre ad essere rilasciate spontaneamente o a seguito di azioni antropiche, è fondamentale non soltanto determinare la concentrazione totale di amianto nelle rocce affioranti ma anche, e soprattutto, individuare e segnalare la potenziale tendenza al rilascio di fibre determinata dalla presenza di superfici di debolezza meccanica contenenti minerali asbestiformi⁵.

Sulla base delle osservazioni e analisi sopra descritte, dovrà essere realizzato un modello geologico in cui i singoli litotipi saranno classificati in termini di Probabilità di occorrenza dei minerali di amianto (di seguito POMA⁶) in classi a probabilità differenziata, legata alla previsione di riscontrare o meno presenza di amianto in fase di scavo. In linea generale, sulla base delle indicazioni del D.M. 14/05/96 (Allegato 4) e dell'esperienza maturata dal Sistema agenziale nel corso delle attività di accompagnamento ambientale alle grandi opere, nonché sulla base dei dati disponibili in letteratura, le seguenti classi si ritengono sufficienti ad un'adeguata classificazione dei principali litotipi a rischio amianto presenti nel territorio nazionale, anche se ulteriori classi potranno essere adottate sulla base della realtà geologica locale:

- POMA BASSA: litotipi costituiti principalmente da metagabbri, metabasalti ed affini, oficalciti e breccie ofiolitiche, in cui la probabilità di trovare minerali di amianto risulta bassa, o litotipi con intercalazioni di

lenti o corpi di metabasiti e ultrabasiti. Di per sé queste litologie hanno una composizione mineralogica che non consente lo sviluppo di minerali di amianto, tuttavia nelle zone di contatto tettonico tra questi litotipi e le lenti e/o corpi di rocce amiantifere sono spesso presenti mineralizzazioni amiantifere;

- POMA MEDIA: comprende le metabasiti s.l. costituite principalmente da prasiniti, anfiboliti ed eclogiti, scisti a clorite e actinolite, in cui i minerali di amianto risultano meno frequenti rispetto alla classe successiva, ma che in condizioni di particolare deformazione tettonico-metamorfiche possono presentare sensibili concentrazioni di minerali di amianto;
- POMA ALTA: comprende le peridotiti più o meno metamorfosate comprende tutte le serpentiniti ofiolitiche ed affini, e le successioni terziarie e quaternarie derivanti dal loro smantellamento.

Nel caso di litotipi amiantiferi di natura non ofiolitica, la classificazione sarà effettuata caso per caso sulla base delle conoscenze sito-specifiche acquisite.

7.2 INDICAZIONI PER LA PROGETTAZIONE (GRANDI CANTIERI)

Nel caso di grandi cantieri e di tutti i grandi progetti infrastrutturali, coerentemente anche con i criteri generali per la redazione del progetto di fattibilità tecnico-economica indicati dalle LLGG elaborate dal MIMS nel luglio 2021, ove sia disponibile una cartografia tematica della distribuzione dell'amianto naturale, questa deve costituire il supporto conoscitivo fondamentale da utilizzare a partire dallo studio di fattibilità.

In caso contrario, la cartografia geologica nazionale o carte e banche dati geologiche regionali sono comunque

5 Cfr. "La presenza naturale di amianto nelle rocce e nei suoli ofiolitici - Il censimento dei siti a rischio amianto durante la realizzazione della cartografia geologica della Regione Liguria", Marescotti P., Crispini L., Capponi G., Fomasaro S., Beccaris G., Scotti E. – RECOVER 37/2016

6 L'acronimo "POMA" è stato originariamente introdotto dalla Regione Piemonte nell'ambito di studi regionali sull'amianto

in grado di fornire un quadro conoscitivo preliminare generalmente sufficiente a verificare l'esistenza di problematiche legate all'amianto naturale lungo lo sviluppo dell'opera in progetto. Qualora la cartografia abbia indicato la presenza nell'area di interesse di formazioni ofiolitiche, o comunque di litotipi a rischio amianto, gli studi e gli accertamenti saranno condotti per fasi di successivo approfondimento, comprendenti rilevamenti geostrutturali di dettaglio, sondaggi geognostici, campionamenti, prove e analisi.

In particolare, fin dai primi approcci al sito di intervento è necessario effettuare tutti i rilievi che, per successivi approfondimenti, portino all'accertamento della presenza di amianto nelle terre e rocce del sito passando da un modello concettuale, definito in termini di Probabilità di occorrenza dei minerali di amianto (POMA), ad un modello geologico definito in termini di effettiva presenza di amianto, ossia in termini di pericolosità. In questi termini, vengono distinti i seguenti Livelli di pericolo, secondo una sequenza logica e temporale di successivi gradi di accertamento:

- Livello di pericolo predittivo (LPP), in funzione del POMA individuato dal modello geologico;
- Livello di pericolo verificato (LPV), in funzione del POMA effettivamente riscontrato nel sito (o al fronte) di scavo;
- Livello di pericolo effettivo (LPE), in funzione del precedente LPV e del contenuto di amianto accertato analiticamente nei materiali di scavo.

Il Livello di pericolo predittivo (LPP) è distinguibile nelle seguenti classi:

- LPP-0. PERICOLO BASSO: il modello geologico prevede una POMA bassa;
- LPP-1. PERICOLO MEDIO: il modello geologico prevede una POMA media;
- LPP-2. PERICOLO ALTO: il modello geologico prevede una POMA alta.

Il Livello di pericolo predittivo, essendo basato su un modello geologico di tipo predittivo, si accompagna ad

un grado di accuratezza variabile in funzione della complessità geologica dei litotipi attraversati.

Il Livello di pericolo verificato (LPV) è distinguibile nelle seguenti classi:

- LPV-0. PERICOLO BASSO: verificata al fronte la presenza di litotipi a POMA bassa;
- LPV-1. PERICOLO MEDIO: verificata al fronte la presenza di litotipi a POMA media;
- LPV-2. PERICOLO ALTO: verificata al fronte la presenza di litotipi a POMA alto.

Il Livello di pericolo effettivo (LPE) è distinguibile nelle seguenti classi:

- LPE-0. PERICOLO BASSO: verificata al fronte la presenza di litotipi a POMA bassa. Amianto non rilevato analiticamente;
- LPE-1. PERICOLO MEDIO: verificata al fronte la presenza di litotipi a POMA media. Amianto non rilevato analiticamente;
- LPE-2. PERICOLO ALTO: verificata al fronte la presenza di litotipi a POMA alta. Amianto non rilevato analiticamente;
- LPE-3. AMIANTO PRESENTE: presenza di amianto accertata analiticamente.

La definizione del Livello di pericolo effettivo può essere, quindi, così schematizzata, a partire dal modello geologico iniziale, alla verifica in sito, agli accertamenti analitici:

Tab. 6 – Matrice per la definizione del livello di pericolo effettivo (LPE)

Livello di pericolo predittivo	Modello geologico	Livello di pericolo verificato	Verifica in sito	Livello di pericolo effettivo	Accertamento analitico	
					AMIANTO ASSENTE	AMIANTO PRESENTE
	LPP-0 POMA BASSO		LPV-0 POMA BASSO		LPE-0 PERICOLO BASSO	LPE-3 AMIANTO PRESENTE
	LPP-1 POMA MEDIO		LPV-1 POMA MEDIO		LPE-1 PERICOLO MEDIO	LPE-3 AMIANTO PRESENTE
	LPP-2 POMA ALTO		LPV-2 POMA ALTO		LPE-2 PERICOLO ALTO	LPE-3 AMIANTO PRESENTE

Si osservi che la presenza di amianto accertata analiticamente⁷ è sufficiente a far attribuire la classe di pericolo massima, indipendentemente dall'effettiva concentrazione, che potrà essere definita nelle successive fasi di caratterizzazione.

In sintesi, l'esperto di dominio dovrà definire un modello geologico in termini di POMA in funzione delle caratteristiche del progetto da realizzare e ad una scala di dettaglio adeguata, tale da descrivere al meglio le peculiarità dell'assetto litostratigrafico e tettonico dei litotipi potenzialmente amiantiferi, sia affioranti che sepolti e, sulla base dei rilievi e degli accertamenti analitici effettuati, definire i Livelli di pericolo e gli elementi di criticità ad essi connessi.

L'insieme dei dati e delle conoscenze acquisite, che saranno progressivamente ampliate ed approfondite

nelle varie fasi di progettazione, dovranno consentire, sin dal progetto di fattibilità tecnica ed economica (art. 23 del Codice dei contratti pubblici - D.Lgs. 18/04/2016 n. 50), di valutare l'ubicazione dell'opera, specie nel caso di interventi a grande sviluppo lineare, al fine di limitare, per quanto possibile e compatibilmente con i vincoli funzionali, l'interferenza dei tracciati con le formazioni amiantifere e comunque prevedere tutte le soluzioni progettuali tendenti a minimizzare il rischio di esposizione dei lavoratori e l'aerodispersione di fibre nell'ambiente.

Per ottenere le valutazioni analitiche qualitative occorrerà eseguire campionamenti tali da permettere di verificare tutta l'area di interesse, e per questo potranno essere effettuati "campionamenti ragionati"⁸ (scegliendo i materiali con maggiore probabilità di presenza di amianto), "campionamenti sistematici"⁹ (attraverso

⁷ Si intende l'accertamento della presenza di amianto a seguito di analisi qualitative eseguita secondo quanto riportato nel Cap. 9

⁸ Il campionamento ragionato (geologico-strutturale) è più idoneo in aree caratterizzate da affioramenti geologicamente eterogenei per facies petrografica e/o condizioni tettoniche. Il campionamento dovrà essere rappresentativo del singolo litotipo da caratterizzare e tenere conto dell'eventuale variabilità delle facies petrografiche delle litologie, dello stato di deformazione tettonica degli affioramenti rocciosi e delle associazioni litostrutturali sede di minerali fibrosi (quali faglie, zone di

taglio, sistemi di vene, rocce di faglia ecc. che, in ragione della loro maggiore permeabilità, possono essere sede preferenziale per la circolazione di fluidi, con conseguente predisposizione alla crescita di minerali fibrosi).

⁹ Il campionamento sistematico (statistico), più idoneo in aree caratterizzate da affioramenti rocciosi geologicamente più omogenei e da depositi detritici s.l.. Il campionamento deve essere effettuato secondo uno schema a griglia o casuale che sia statisticamente rappresentativo

opportuni schemi a griglia) o “misti” misto, in casi in cui sono presenti contesti geologici che risultano compositi rispetto ai precedenti sopra descritti, con prelievo di campioni elementari o campioni globali (compositi), ottenuti dall’insieme di più campioni elementari, previa omogeneizzazione e quartatura.

Le successive determinazioni analitiche qualitative, che dovranno essere effettuate presso un laboratorio qualificato dal Ministero della Salute con personale

professionalmente competente, avranno la finalità di evidenziare l’effettiva presenza di amianto nel territorio interessato e pertanto andranno eseguite utilizzando le tecniche con un limite di rilevabilità <100 mg/Kg s.s., applicate sul campione di terra e roccia tal quale, eventualmente sottoposto a macinazione. Il risultato dovrà essere espresso in termini di amianto presente/non rilevabile.

della natura delle caratteristiche dei litotipi affioranti e dei depositi detritici presenti nell’area da caratterizzare. Per depositi detritici s.l. il campionamento sistematico dovrà tener conto sia di ciottoli/clasti di rocce basiche e ultrabasiche presenti, sia della matrice inglobante.

8 FASE REALIZZATIVA

Nel caso di interventi in terreni amiantiferi, l'obiettivo fondamentale a cui devono mirare l'insieme delle tecniche, delle modalità esecutive, delle precauzioni e dei dispositivi di protezione e monitoraggio adottati deve essere la riduzione della liberazione di fibre dagli ammassi rocciosi o dai terreni, il loro contenimento e la minimizzazione dell'esposizione dei lavoratori e della popolazione, allo stato dell'arte delle conoscenze tecnico-scientifiche e delle migliori tecnologie disponibili. Pertanto, elemento cruciale dell'intero processo è l'individuazione e la gestione dei punti di criticità di tutte le fasi operative, intesi come le azioni e i momenti esecutivi in cui è possibile la dispersione di fibre libere nell'ambiente. Tale attività deve costituire parte integrante della progettazione, e deve essere intesa come un processo dinamico e continuo di analisi e verifica, da mettere a punto anche attraverso opportune fasi di sperimentazione e test in campo e deve essere adattabile alle diverse situazioni che possono riscontrarsi nella prassi operativa.

In coerenza con le competenze istituzionali dell'SNPA, la presente linea guida si riferisce prioritariamente all'ambiente di vita. L'esperienza maturata dalle Agenzie regionali, in modo particolare nell'ambito dell'accompagnamento ambientale alle grandi opere, tuttavia, ha mostrato inequivocabilmente lo stretto ed effettivo legame esistente tra l'ambiente di vita e quello di lavoro di competenza delle Aziende sanitarie locali (ASL). Un'efficace gestione dell'intero processo che può portare alla dispersione di fibre nell'ambiente di vita, infatti, parte inevitabilmente dal controllo dell'ambiente di lavoro, tenendo conto, inoltre, che non sempre quest'ultimo può essere fisicamente confinabile rispetto all'ambiente esterno. Per tale motivo, nel seguito, per completezza e organicità della trattazione, verranno considerati anche alcuni aspetti relativi all'ambiente di lavoro, ma si intende che essi restano soggetti alle indicazioni e alle prescrizioni dell'autorità sanitaria competente.

Ai fini della presente linea guida, le opere possono distinguersi in due fondamentali gruppi tipologici: scavi in sotterraneo e scavi all'aperto.

8.1 SCAVI IN SOTTERRANEO

Per scavi in sotterraneo, ci si riferisce in questa sede essenzialmente alla realizzazione di gallerie, stradali o ferroviarie. Le diverse tecniche di scavo possono essere complessivamente suddivise in scavi meccanizzati (con frese meccaniche a piena sezione, comunemente chiamate 'talpe', in inglese *tunnel boring machine* da cui la sigla TBM) e scavi tradizionali (con martello demolitore idraulico, c.d. 'martellone', o con esplosivo).

Per quanto lo scavo meccanizzato conosca una crescente diffusione per la maggiore efficienza e velocità di avanzamento, ci sono situazioni operative (ad es. dimensionamento e posizione della galleria, raggi di curvatura dei tracciati, difficoltà logistiche, vincoli di natura economica ecc.) in cui il ricorso alle tecniche tradizionali è indispensabile. Entrambi i metodi di scavo presentano vantaggi e svantaggi, non solo in termini generali, ma anche con specifico riferimento al rischio amianto. Tuttavia, lo scavo meccanizzato - soprattutto con frese di tipo EPB (*Earth Pressure Balance*) a fronte chiuso e, ancor più, *Hydroshield*, presenta il sostanziale pregio di mantenere il fronte di scavo confinato rispetto alle zone retrostanti e, soprattutto, con un numero minore di maestranze impegnate. Per contro, lo scavo tradizionale presenta il vantaggio di permettere una continua visibilità del fronte ai fini diagnostici e di offrire una superiore versatilità operativa.

8.1.1 SCAVO MECCANIZZATO

GENERALITÀ

In generale, per uno scavo meccanizzato eseguito tramite TBM, i punti critici che dovranno essere

puntualmente individuati e gestiti, possono essere riassunti nei seguenti fattori:

- trasferimento del materiale di smarino dalla coclea di estrazione al nastro trasportatore;
- trasporto del materiale (smarino) all'esterno;
- rischio diretto di esposizione dei lavoratori che operano in prossimità del fronte;
- rischio di contaminazione delle zone retrostanti lo scudo, durante le operazioni manutentive;
- esecuzione di fori di sondaggio in avanzamento nei casi in cui gli stessi risultino necessari per scopi geognostici, per la ricerca di gas metano o qualsiasi altro scopo;
- tragitto fino allo stoccaggio provvisorio (generalmente la c.d. ribaltina di cantiere);
- movimentazione nell'area di stoccaggio provvisoria;
- movimentazione e carico per trasporto al sito di stoccaggio definitivo;
- trasporto al sito di stoccaggio definitivo;
- movimentazione nel sito di stoccaggio definitivo.

Nel caso di impiego di fresa *Hydroshield*, non sussiste il problema del travaso del materiale scavato su nastro trasportatore, poiché il materiale viene portato all'esterno tramite condotta (c.d. "slurrydotto") allo stato semifluido in una sospensione di fango bentonitico. Si riducono, pertanto, i punti di criticità, dovendosi provvedere, peraltro, alla gestione degli ambienti in cui si effettua la separazione degli inerti dal fluido bentonitico e il recupero e ricircolo dello stesso.

MISURE DI PREVENZIONE E CONTROLLO

Le misure di prevenzione rispetto al pericolo di diffusione delle fibre saranno pertanto rivolte ai singoli punti di criticità individuati.

Nel caso di scavo meccanizzato, pur presentando, come detto, sensibili vantaggi in termini di controllo della dispersione di fibre rispetto alle tecniche tradizionali,

l'attenzione andrà essenzialmente rivolta alle fasi di carico e trasporto dello smarino all'esterno dell'ambiente di lavoro, oltre a quelle derivanti dalle necessità di accesso alla camera stagna al fronte per le operazioni di manutenzione e per la periodica sostituzione degli utensili di scavo.

Un primo punto di criticità si realizza nel punto di connessione tra la coclea di estrazione del materiale frantumato al fronte e il nastro trasportatore, che andrà configurato in modo da costituire un sistema isolato in grado di evitare che il materiale sporchi le parti esterne della zona di travaso che, essiccandosi, possano rilasciare polveri con contenuto di fibre.

Per quanto lo stato in cui si trova il materiale di scavo, generalmente miscelato con acqua, bentonite e/o additivi, non predisponga al rilascio di polveri, il nastro trasportatore deve essere preferibilmente dotato di un sistema di protezione chiuso a cilindro, eventualmente dotato di nebulizzatori a distanza prefissata.

L'esperienza delle Agenzie nell'accompagnamento ambientale alle grandi opere ha costantemente indicato che le operazioni di manutenzione, comprese le fasi di smontaggio e spostamento di attrezzature, sono momenti di particolare criticità. La presenza di pur contenute deposizioni di polveri in zone difficilmente accessibili o residui di fango essiccato possono costituire in tali circostanze sorgenti secondarie di dispersioni di fibre. Pertanto, la zona soggetta a manutenzione deve essere sempre accuratamente lavata e l'acqua utilizzata deve essere raccolta e addotta al sistema di raccolta e filtrazione.

In caso di scavo in litologie critiche dal punto di vista della presenza e del tenore di amianto anche in caso di scavo con TBM è necessario attrezzare un segmento intero di galleria a cantiere confinato predisponendo adeguata compartimentazione in zone, unità di decontaminazione del personale, sistemi di decontaminazione dei mezzi e opportuno sistema di aerazione.

8.1.2 SCAVO TRADIZIONALE

GENERALITÀ

In generale, lo scavo tradizionale è meno impegnativo nelle fasi iniziali di cantierizzazione, ma per la presenza di mezzi operativi in esercizio su un fronte di scavo non isolato, per il maggiore frazionamento del processo di scavo e trasporto e il conseguente maggior numero di addetti impegnati nelle operazioni, richiede la gestione di maggiori punti di criticità.



Figura 1 – Nebulizzazione fronte di scavo

Le criticità che dovranno essere puntualmente individuate e gestite, possono essere riassunti nei seguenti fattori:

- abbattimento materiale al fronte di scavo, sia in fase di sfondo che di profilatura;
- movimentazione e carico smarino;
- trasporto smarino all'esterno;
- stoccaggio provvisorio;
- movimentazione e carico per trasporto al sito di stoccaggio definitivo;
- trasporto al sito di stoccaggio definitivo;
- movimentazione nel sito di stoccaggio definitivo.

MISURE DI PREVENZIONE E CONTROLLO

In linea generale, le misure saranno finalizzate alla minimizzazione della produzione di polveri potenzialmente amiantifere durante tutte le operazioni che comportano un contatto diretto con la roccia (scavo di avanzamento, profilature, consolidamenti ecc.) e

all'eventuale creazione di barriere di separazione tra il cavo della galleria e l'esterno, come descritto nel dettaglio nel successivo capitolo relativo allo scavo tradizionale.

A differenza che nello scavo meccanizzato, lo scavo tradizionale non richiede l'utilizzo di fluidi condizionanti di alcun tipo, e pertanto l'abbattimento del materiale al fronte di scavo costituisce la prima potenziale sorgente di dispersione di fibre d'amianto nell'aria. Per tale motivo, il martello deve essere fornito di un sistema di nebulizzazione di acqua per ridurre e abbattere le polveri nella zona operativa dell'utensile (vd. Figura 1). Anche le pale caricatrici devono essere dotate di ugelli nebulizzatori per la bagnatura del materiale in fase di smarino e cannoni nebulizzatori direzionabili o impianti fissi ad ugelli per il bagnamento delle superfici e l'abbattimento delle polveri sono da prevedere in tutte le zone ove è identificabile una potenziale fonte di rilascio di fibre d'amianto in aria. Il pericolo di diffusione delle fibre all'esterno delle aree di lavoro deve essere affrontato con criteri progressivamente più impegnativi a seconda del grado di rischio effettivo. In molti casi, può essere sufficiente a garantire il mantenimento della quantità di fibre aerodisperse entro i limiti prefissati l'impiego di sistemi di nebulizzazione e barriere d'acqua, associati a zone di lavaggio dei mezzi in transito. Nei casi di rischio elevato, si devono adottare sistemi complessi, da sottoporre ad opportuna fase di sperimentazione, che associano barriere fisiche a barriere d'acqua e a zone a pressione controllata. In questi ultimi casi, la galleria deve essere compartimentata mediante setti-barriera strutturali aventi sviluppo pari alla sezione di scavo e caratteristiche di impermeabilità a polveri e fibre d'amianto. Sono ammesse esclusivamente le aperture necessarie al transito dei mezzi e dei lavoratori (portali di transito) ed al funzionamento degli impianti. I portali di transito devono essere dotati di sistemi di chiusura meccanizzati con dispositivi di abbattimento mediante nebulizzazione e/o lama d'acqua permanentemente in funzione nelle fasi di apertura degli stessi.

La compartimentazione deve determinare la suddivisione della galleria in almeno tre porzioni contigue a partire dal fronte di scavo:

- Zona A (contaminata): si tratta della zona a partire dal fronte di scavo ove è attesa la dispersione di fibre d'amianto in aria;
- Zona B (di decontaminazione): ove trovano spazio le attrezzature e gli apprestamenti necessari alla decontaminazione di mezzi e personale;
- Zona C (compresa fra compartimentazione Zona B e imbocco): con condizione di rischio minime.

La compartimentazione deve permettere di confinare nella zona A le lavorazioni che sono fonte rischio di esposizione all'amianto (operazioni di perforazione e scavo), le conseguenti attività di messa in sicurezza e

rivestimento provvisorio e di limitare alle sole attività di decontaminazione le lavorazioni in zona B. Al fine di catturare il più vicino possibile al fronte le fibre d'amianto aerodisperse, il sistema di ventilazione deve garantire, nelle zone A e B, una efficace aspirazione delle polveri derivanti dallo scavo. Il sistema deve garantire una condizione di depressione nelle zone A e B rispetto al resto della galleria. L'aria aspirata deve essere filtrata prima dell'emissione, mediante depolveratori con batterie di filtri HEPA.

Il principio della compartimentazione può essere schematizzato come segue:

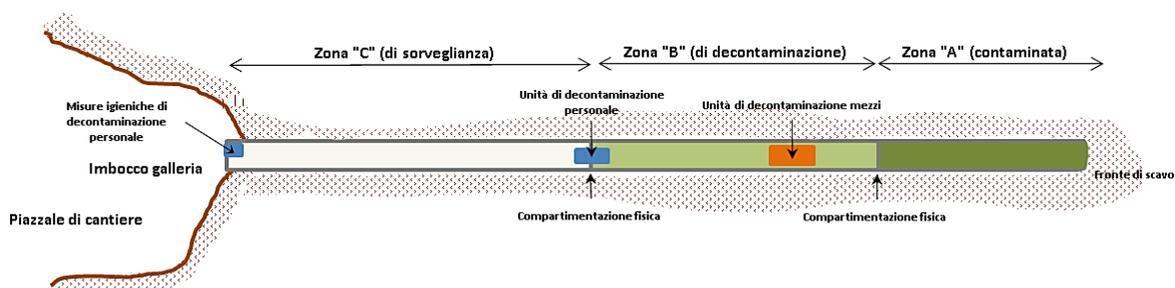


Fig. 2 – Schema di compartimentazione

L'utilizzo di esplosivi in presenza di rocce amiantifere, là dove le caratteristiche dell'ammasso roccioso lo rendano preferibile rispetto ad altre tecniche di scavo, sotto il profilo del rischio amianto, presenta alcuni vantaggi ma anche limitazioni da valutare caso per caso.



Fig. 3 – Compartimentazione fisica

Tra i vantaggi, si annoverano la riduzione della presenza e dei tempi di permanenza del personale al fronte di scavo, e una liberazione di fibre dall'ammasso complessivamente minore. Infatti, la possibilità di determinare in fase di progettazione della volata la pezzatura dello smarino, consente di poter ottenere granulometrie maggiori rispetto al martello demolitore e, quindi, minore superficie specifica, che è uno dei fattori essenziali da cui dipende, a parità di altre condizioni, la potenziale liberazione di fibre. Per contro, la liberazione delle fibre dalla matrice rocciosa avviene impulsivamente in tempi brevissimi e richiede, pertanto, l'adozione di specifici accorgimenti. Inoltre, per via delle elevate pressioni che si realizzano nel cavo della galleria ad opera della deflagrazione, l'uso delle barriere fisiche viene limitato.

Il progetto della volata deve essere finalizzato ad ottenere il significativo contenimento della fratturazione e della comminazione del materiale, garantendo la palabilità del marino per l'allontanamento del materiale dalla zona del fronte. I fori da mina devono essere caricati con cartucce ad acqua in modo che, durante

l'esplosione, oltre che ad assicurare il borrhaggio del foro (ossia il suo intasamento, per evitare l'effetto cannone, ossia che la pressione di esplosione trovi sfogo nel canale del foro), si produca una nebulizzazione acquosa in grado di limitare lo sviluppo di fumi e polveri. La perforazione dei fori da mina verrà eseguita ad umido con *jumbo*.

La compartimentazione della galleria può essere realizzata con teli mobili in grado di resistere alla deflagrazione e parti fisse realizzate con travi in ferro e rete elettrosaldata in modo da resistere alle pressioni derivanti dalla volata, oppure con portali automatici posti a distanza di sicurezza dal fronte, lasciati aperti durante la volata e richiusi immediatamente dopo l'esplosione. Prima del telo di protezione deve essere posizionato un arco con ugelli di nebulizzazione ad acqua. Dopo il brillamento deve essere riavviata la ventilazione mista (con prevalenza della ventilazione aspirante su quella premente) per l'allontanamento dei fumi della volata (c.d. sfumo) e il loro convogliamento dal fronte alla condotta di aspirazione posta in prossimità del portone. Verificata l'assenza di condizioni di pericolo e liberate l'area antistante il fronte, quelle di disaggio e riprofilatura, sono avviate le operazioni di carico ed allontanamento dello smarino analogamente allo scavo con martello demolitore.

8.1.3 SONDAGGI IN AVANZAMENTO

L'esecuzione di sondaggi in avanzamento rappresenta un tipico punto di criticità che, a fronte di una frequenza di realizzazione non necessariamente elevata o addirittura sporadica, può presentare notevoli rischi di dispersioni di fibre, anche per le concentrazioni tendenzialmente più elevate di amianto che si rinvenivano nelle formazioni amiantifere proprio nelle zone più complesse e a caratteristiche geomeccaniche scadenti che possono richiedere la realizzazione di saggi preventivi.

Al fine di evitare che l'azione di perforazione introduca nell'ambiente polveri e quindi garantire la sicurezza degli operatori, la perforazione deve avvenire ad acqua, con l'ausilio di un sistema tipo *preventer* in grado impedire la

fuoriuscita di materiale. L'acqua di perforazione deve essere veicolata all'interno di un circuito chiuso che permetta la filtrazione e separazione del materiale e la possibilità di effettuare prelievi dell'acqua di perforazione stessa, prima che questa sia rimessa nell'ambiente o riportata in circolo. I campioni estratti devono essere collocati in contenitori a chiusura stagna. Si precisa che le determinazioni analitiche sui campioni puntuali prelevati dagli spezzoni di carote non sono considerate rappresentative delle caratteristiche ambientali del materiale da scavo ai fini della sua gestione ai sensi del D.P.R.120/17.

8.1.4 ESAME DEL FRONTE DI SCAVO AI FINI DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMIANTO

Salvo che nello scavo meccanizzato, in cui il fronte normalmente non è accessibile, il rilievo geologico del fronte di scavo in fase di avanzamento costituisce la prima e fondamentale fase diagnostica e parte integrante del sistema di allerta ambientale, in quanto l'analisi sistematica dei dati ricavabili dal rilievo (caratteristiche litologiche, strutturali e mineralogiche dell'ammasso scavato) permette di formulare ipotesi attendibili sulla presenza di amianto. Si precisa che in questa sede non ci si riferisce agli ordinari rilievi geostrutturali ai fini della caratterizzazione geomeccanica dei fronti di scavo per la scelta delle modalità di scavo e avanzamento, ma alle osservazioni specifiche e aggiuntive che devono essere eseguite in presenza di rocce amiantifere.

N.	SCHEDA DI RILIEVO DEL FRONTE DI SCAVO PER LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO AMIANTO	
Galleria (nominativo, WBS ecc.):		
Data e ora:		
Rilevatore:		
Progressiva:		
Formazione geologica:		
Considerazioni visive al fronte:		
Variazioni significative rispetto al rilievo precedente:		
 <p data-bbox="887 1306 1099 1348">Rocce potenzialmente amiantifere</p>		

Fig. 4 – Esempio di scheda-tipo

Con il rilievo del fronte di scavo, i litotipi individuati nelle fasi geognostiche progettuali vengono riconosciuti al fronte dal geologo di cantiere e descritti nel dettaglio durante l'avanzamento dello scavo. La caratterizzazione completa, da effettuarsi ad ogni significativa variazione litologica, sarà riportata su una scheda di controllo e riconoscimento, che dovrà avere il seguente contenuto minimo di informazioni:

- rilievo pittorico-descrittivo delle condizioni geologiche dell'ammasso con eventuale descrizione di particolari elementi strutturali significativi;
- foto del fronte di scavo e di eventuali settori significativi;
- foto dei campioni prelevati;
- descrizione litotipo (tessitura, colore secondo Munsell Soil Colour Chart®, stato di alterazione);
- discontinuità macrostrutturali e microstrutturali;
- fratture (apertura, riempimento ecc.);
- presenza di minerali fibrosi potenzialmente contenenti amianto (fibre in fasci compatti, friabili, fibre libere, in frattura, entro cavità, sulla superficie, dimensione fibre ecc.);
- assegnazione classe di pericolo;
- concentrazione amianto (da inserire successivamente dopo i controlli analitici).

In caso di omogeneità litologica, non è richiesta la caratterizzazione completa ad ogni avanzamento o "sfondo", ma la semplice attestazione da parte del geologo della permanenza al fronte di scavo dello stesso litotipo caratterizzato in precedenza.

8.1.5 MEZZI D'OPERA

I mezzi d'opera devono essere dotati di dispositivi specifici per la mitigazione del rischio amianto, tra i quali:

- cabina di guida chiusa posta in sovrappressione mediante impianto di ventilazione dotato di filtri HEPA, con utilizzo di DPI per la protezione delle vie

respiratorie per i conducenti dei mezzi. In condizioni di rischio basso, è ammesso l'utilizzo di mezzi con cabina non dotata di filtro HEPA, purché l'interno cabina sia fatto oggetto di accurata pulizia ed aspirazione ad ogni fine turno di lavoro con attrezzature dotate di filtri HEPA;

- telecamere montate all'esterno dei mezzi per l'eliminazione dei punti ciechi visuali;
- sistema di comunicazione tra i conducenti a bordo dei mezzi e il personale a terra, per evitare la necessità di apertura di porte o finestrini;
- sistemi di bagnamento ad acqua integrati per i mezzi impegnati nello scavo e/o nella movimentazione delle terre e rocce da scavo;
- cassoni con sponde a tenuta stagna al fine di prevenire fenomeni di percolazione di acqua e fango contaminati e chiusura superiore a mezzo di telo mobile.

8.2 SCAVI ALL'APERTO

Gli scavi all'aperto, pur presentando una minore complessità rispetto agli scavi in sotterraneo, in linea generale e mediamente, dal punto di vista della gestione del rischio amianto, risultano meno gravosi per l'ambiente di lavoro, ma presentano alcune criticità aggiuntive per l'ambiente esterno di vita a causa della maggiore possibilità delle fibre di disperdersi al di fuori delle aree di lavoro. Per quanto riguarda l'individuazione dei punti di criticità, l'intero ciclo di lavorazioni degli scavi all'aperto può essere soggetto alla produzione di polveri e, quindi, nelle zone interessate dalla presenza di minerali asbestiferi, alla potenziale aerodispersione di fibre di amianto.

Anche per questa tipologia di cantieri, i principi operativi fondamentali restano quelli già delineati per le opere in sotterraneo (vd. Cap. 8.1 Scavi in sotterraneo), finalizzati a minimizzare la liberazione di fibre dagli ammassi rocciosi o il loro sollevamento dai terreni sciolti, a creare barriere fisiche per il contenimento della dispersione e,

per i grandi cantieri e là dove necessario, alla messa in opera di campionatori ambientali per il monitoraggio delle aree di lavoro e delle zone limitrofe al cantiere.

8.2.1 GRANDI CANTIERI

La problematica relativa alla presenza di amianto naturale nelle aree di scavo deve essere affrontata già a livello progettuale (vd. Cap.0) a partire dallo studio di fattibilità, individuando, nei vari gradi di approfondimento, il modello geologico dell'area di intervento in grado di indicare con esattezza la presenza e le caratteristiche dei terreni amiantiferi. Ogni attività prevista in relazione all'opera da realizzare (WBS, *work breakdown structure*), e in particolare gli scavi di sbancamento, le opere di fondazione, le aree di lavoro, le piste di cantiere e ogni altro elemento progettualmente rilevante andranno configurati nell'ottica della minima interferenza possibile con le zone a più alta probabilità di occorrenza di minerali di amianto.

Ai fini del monitoraggio delle fibre aerodisperse, deve essere effettuato il rilevamento della concentrazione di fibre aerodisperse in fase di *ante operam*, che costituirà la misura di "zero" per i successivi confronti. È il caso di precisare che tale misura non può essere generalmente intesa come un vero e proprio "valore di fondo", ma come un monitoraggio ambientale di *baseline*, al fine di determinare il cosiddetto "punto zero" o "bianco" ambientale. Alla misura di "zero" seguirà la predisposizione, intorno alle aree di scavo, di campionatori di fibre di amianto. I campionatori saranno disposti sia all'interno sia all'esterno delle aree oggetto di lavorazione. Il numero di strumenti da predisporre è funzione dell'estensione e dell'orografia dell'area in cui devono essere realizzati gli scavi e, in linea generale, oltre al punto sorgente, devono essere disposti su almeno due ipotetiche circonferenze concentriche: la prima lungo il contorno dell'area di cantiere, e la seconda ad una distanza di alcune centinaia di metri e comunque in corrispondenza dei potenziali recettori (ad es. edifici ad uso civile).

Opere lineari di superficie a modesta sezione (ad esempio le condutture per il trasporto di idrocarburi liquidi

o gassosi) possono essere gestite in maniera ottimale con punti mobili (sorgente e prima cintura, a volte coincidenti in relazione alla piccola estensione dell'area di cantiere) che seguono l'avanzamento delle lavorazioni. Il punto sorgente deve essere collocato a una distanza il più possibile ridotta dall'area di lavorazione (indicativamente inferiore a 50 m). I tempi di rilevamento saranno decisi con le autorità di controllo.

Il perimetro del cantiere deve essere delimitato da una barriera antipolvere, con funzione sia di rallentamento della velocità del vento sia di intrappolamento delle polveri e delle fibre aerodisperse. Analoghe barriere separano la zona "contaminata" da quella "non-contaminata": nella prima si svolgono gli scavi e ogni altra lavorazione che possa comportare la produzione di fibre aerodisperse, mentre la seconda è esterna alle aree di lavoro e in essa possono realizzarsi attività accessorie e transiti. Andranno in ogni caso previste ulteriori azioni di mitigazione, tra le quali cannoni nebulizzatori tipo *fog cannon*, in grado di realizzare una nube d'acqua micronizzata attorno alle aree di lavoro.

Il passaggio degli operatori dall'area contaminata a quella non contaminata deve avvenire tramite un'apposita unità di decontaminazione dotata di spogliatoi, docce e locali di recupero degli indumenti contaminati, mentre i mezzi d'opera devono essere accuratamente decontaminati (con particolare riguardo, oltre alle ruote, alla scocca, al sottoscocca, ai semiassi e alle fiancate) in un'area di lavaggio allo scopo allestita.

Un fondamentale presidio per il controllo dei fenomeni di sollevamento e risollevarimento delle polveri e del potenziale trasferimento delle fibre all'esterno delle aree di lavoro e del cantiere è la pavimentazione delle zone di transito o la stesura di uno strato superficiale di terreno granulare non amiantifero di adeguato spessore. Nelle aree non pavimentate, possono essere impiegati leganti antipolvere a base di resine organiche o altri prodotti in grado di stabilizzare la superficie ed evitare il sollevamento delle polveri e delle eventuali fibre.

In analogia a quanto già visto per gli scavi in sottoterraneo, le superfici oggetto di scavo e lavorazione e ogni altra

area potenzialmente soggetta al sollevamento di polveri devono essere mantenute opportunamente umidificate. Allo scopo, durante gli scavi e i movimenti terra devono essere azionati abbattitori di polveri ad acqua (*fog cannon*), il cui utilizzo sarà adeguatamente commisurato all'esigenza del mantenimento delle condizioni di visibilità e sicurezza dei lavoratori e di percorribilità delle piste di cantiere. Gli scavi devono essere effettuati operando in modo da garantire sempre un'inclinazione di sicurezza in rapporto alla natura dei terreni tale da evitare franamenti e conseguenti ulteriori frantumazioni dei materiali.

Le superfici pavimentate devono essere periodicamente lavate ad intervalli prefissati e sempre a fine turno e in caso di necessità, e le acque di lavaggio dovranno essere raccolte e smaltite come rifiuti o gestite come successivamente descritto al cap. 7.2.6.

Il terreno amiantifero di risulta che viene depositato, temporaneamente o per il successivo riutilizzo nei casi previsti dalla normativa ambientale, sarà sistemato in cumuli identificati e separati da eventuali altri materiali, e dovrà essere completamente coperto mediante geotessuto debitamente fissato in modo da evitarne il sollevamento.

I mezzi d'opera, che dovranno avere le caratteristiche indicate al cap. 7.2.1.5, devono essere caricati limitando al massimo l'altezza di sversamento della cucchiaia dell'escavatore, essere dotati di cassoni con sponde a tenuta stagna al fine di prevenire fenomeni di percolazione di acqua e fango contaminati e di chiusura superiore a mezzo di telo mobile, e procedere costantemente a velocità ridotta sulle piste di cantiere.

I dati relativi al monitoraggio delle fibre aerodisperse, che dovranno essere disponibili in tempi utili secondo una prefissata catena procedurale, saranno verificati in riferimento al "bianco" ambientale e alle soglie di attenzione e di allarme predeterminate. Al superamento consolidato del livello di attenzione, si dovranno azionare misure correttive, che, in generale, corrisponderanno all'intensificazione e al miglioramento delle misure ordinarie sino al rientro dei valori al di sotto della soglia.

Al superamento del livello di allarme, i lavori dovranno essere sospesi per la disamina puntuale delle possibili cause e l'individuazione delle misure correttive da adottare.

Il personale che opera nel cantiere deve essere sottoposto ad adeguata informazione e formazione, e dotato degli opportuni dispositivi di protezione individuali (D.P.I.) (vd. cap. 8.6 Dispositivi di protezione individuale e formazione dei lavoratori).

8.2.2 PICCOLI E MICRO-CANTIERI

Per i piccoli e micro-cantieri, così come definiti al Cap. 4, le indicazioni sopra riportate potranno essere ragionevolmente ridotte, anche se non è possibile definire nel dettaglio un quadro di generale applicazione, per la casistica pressoché illimitata di situazioni particolari che possono verificarsi in questi casi. Si ricorda, tuttavia, che anche nel caso dei piccoli e micro-cantieri la presenza di bersagli di particolare sensibilità (es. scuole, ospedali, centri di aggregazione all'aperto), associata a situazioni di elevata probabilità di occorrenza dei minerali di amianto o di pericolosità geologica verificata, può richiedere la prudenziale applicazione dei criteri operativi richiesti per i grandi cantieri. Le indicazioni che seguono possono essere considerate precauzioni operative valide nella grande maggioranza dei casi.

Il perimetro del cantiere deve essere delimitato da una barriera antipolvere, con funzione sia di rallentamento della velocità del vento sia di intrappolamento delle polveri e delle fibre aerodisperse. L'area di scavo dovrà essere sempre tenuta umidificata con nebulizzatori tipo *fog cannon*, in grado di realizzare una nube d'acqua micronizzata attorno alle aree di lavoro. Per aree di scavo particolarmente limitate, la bagnatura potrà essere effettuata manualmente da un operatore a terra con manichetta.

Gli scavi devono essere effettuati operando in modo da garantire sempre un'inclinazione di sicurezza in rapporto alla natura dei terreni tale da evitare franamenti e conseguenti ulteriori frantumazioni dei materiali.

Le superfici pavimentate devono essere periodicamente lavate ad intervalli prefissati e sempre a fine turno e in caso di necessità, e le acque di lavaggio dovranno essere raccolte e smaltite come rifiuti o gestite come successivamente descritto al cap. 8.3.

Il terreno amiantifero di risulta che viene depositato, temporaneamente o per il successivo riutilizzo nei casi previsti dalla normativa ambientale, sarà sistemato in cumuli identificati e separati da eventuali altri materiali, e dovrà essere completamente coperto mediante geotessuto debitamente fissato in modo da evitarne il sollevamento.

I mezzi d'opera, dotati di cabina chiusa, devono essere caricati limitando al massimo l'altezza di sversamento della cucchiaia dell'escavatore, essere dotati di cassoni con sponde a tenuta stagna al fine di prevenire fenomeni di percolazione di acqua e fango contaminati e di chiusura superiore a mezzo di telo mobile, e procedere costantemente a velocità ridotta sulle piste di cantiere.

Il personale che opera nel cantiere deve essere sottoposto ad adeguata informazione e formazione sui rischi connessi alle attività di movimentazione di terre e rocce amiantifere, e dotato degli opportuni dispositivi di protezione individuali (D.P.I.) (vd. 8.6 Dispositivi di protezione individuale e formazione dei lavoratori).

8.2.3 SONDAGGI E PALIFICAZIONI

Come già detto a proposito dei sondaggi in avanzamento eseguiti all'interno della galleria (vd. cap. 8.1.3 Sondaggi in avanzamento), anche per l'esecuzione di sondaggi e palificazioni all'aperto in presenza di amianto naturale andranno adottate speciali precauzioni. Tali attività, per quanto generalmente limitate nel tempo, possono comportare una rilevante produzione di polveri e costituire, quindi, una potenziale sorgente di fibre aerodisperse. Il criterio generale, anche in questo caso, è finalizzato al contenimento della dispersione in uno spazio il più prossimo possibile al punto di perforazione e alla gestione di tutti i residui.

Prima del posizionamento dell'attrezzatura di perforazione, deve essere predisposto un tubo di attesa

provvisorio tipo stand pipe infisso nel terreno e sigillato con miscela cementizia o schiume poliuretatiche, sul quale verrà disposto un *preventer*, in modo da assicurare una completa aderenza ed ermeticità ed evitare, quindi, la dispersione di fibre di amianto nell'ambiente. Le operazioni di pulizia devono avvenire solo con acqua pulita e non tramite aria compressa.

Nel caso di perforazione a distruzione di nucleo, e quindi tipicamente nel caso di realizzazione di micropali, il *preventer* deve essere dotato di un tubo laterale attraverso il quale il materiale di perforazione è recapitato in una vasca con agitatore, dalla quale, con l'aggiunta di acqua, verrà successivamente convogliato al sistema di



Figura 5 – Esempio di *preventer*

separazione solido-liquido, costituito generalmente da una filtropressa. Il materiale solido sarà classificato e smaltito a norma di legge. Nel caso di sondaggi a rotazione i campioni estratti devono essere collocati in contenitori a chiusura stagna.

L'acqua di perforazione deve essere veicolata all'interno di un circuito chiuso che permetta la filtrazione e separazione del materiale e la possibilità di effettuare prelievi dell'acqua di perforazione stessa, prima che questa sia rimessa nell'ambiente o riportata in circolo.

8.3 GESTIONE DELLE ACQUE DI CANTIERE

Considerato che l'abbattimento delle fibre di amianto aerodisperso avviene perlopiù con utilizzo di acqua, e che la bagnatura è riconosciuta quale essenziale *best practice* da mettere in atto nei cantieri con presenza di amianto, in quanto l'acqua è in grado di catturare le fibre di amianto eventualmente liberatesi nella movimentazione dei materiali di scavo impedendone la dispersione nell'aria, la gestione delle acque utilizzate riveste primaria importanza. Le acque contaminate da fibre, se non correttamente gestite, potrebbero infatti facilmente divenire sorgenti secondarie di fibre aerodisperse, finendo per diffondere la problematica nelle diverse aree di lavoro e/o di trasferirla all'esterno, con conseguenze potenzialmente anche peggiori.

L'attenzione dovrà essere posta già a livello di *layout* di cantiere e di organizzazione delle fasi di lavoro, ad esempio, cercando di minimizzare le aree di abbancamento provvisorio con conseguente riduzione delle fasi di bagnatura. Tutte le acque, sia quelle utilizzate nelle aree di lavoro in sotterraneo sia all'esterno, devono essere regimate, ossia raccolte tramite cunette e canalette, e recapitate ad un sistema di trattamento, prima del loro riutilizzo o del loro scarico in un recettore naturale finale. L'impianto di trattamento chimico-fisico è in generale costituito da filtri a quarzite o a sabbia e carbone attivo. In talune condizioni, a valle dell'unità di filtrazione, può essere necessario inserire un'ulteriore unità di trattamento denominata di "ultrafiltrazione", attraverso una membrana con dimensione dei pori compresa tra 0,01 e 0,10 µm che separa il particolato dall'acqua applicando una pressione transmembrana variabile tra i 0,5 e 5 bar, avente un'alta capacità di rimuovere batteri, virus e particelle colloidali.

10 Nel 1989, l'EPA propose un valore massimo di riferimento per l'amianto nelle acque potabili, individuato in circa 7×10^6 ff/L, per fibre con lunghezza $>10\mu\text{m}$, ed il relativo metodo analitico (microscopia elettronica a trasmissione TEM). Nel 1993 l'OMS dichiara che: "Non esiste alcuna prova seria che l'ingestione di amianto sia pericolosa per la salute, non è stato ritenuto utile, pertanto, stabilire un valore guida fondato su considerazioni di natura sanitaria, per la presenza di questa sostanza nell'acqua potabile". Occorre tenere in considerazione il fatto che l'utilizzo dell'acqua potenzialmente contaminata da fibre di amianto

Le acque così trattate vengono reimmesse nel ciclo di riutilizzo delle acque di cantiere o, se in esubero, scaricate direttamente dall'impianto al ricettore finale. I monitoraggi del parametro amianto¹⁰ presso il punto di scarico (pozzetto fiscale) e presso il ricettore vengono eseguiti secondo le modalità e le frequenze prescritte nell'autorizzazione allo scarico rilasciata dall'Autorità competente, ove definite, o secondo quanto previsto dalle procedure del Sistema di Gestione Ambientale.

8.4 CARATTERIZZAZIONE DEL MATERIALE DI SCAVO

In generale, ci si riferisce alla caratterizzazione dei materiali da scavo per l'accertamento della sussistenza dei requisiti di qualità ambientale delle terre e rocce da scavo ai sensi del D.P.R. 120/17. I campioni, pertanto, sono in linea di massima di tipo composito, atti a rappresentare le condizioni medie di volumi discreti dei materiali di scavo. Tuttavia, anche in considerazione delle peculiari caratteristiche di rinvenimento dei minerali amiantiferi, a fini di indagine qualitativa o per qualsiasi altra finalità o prescrizione da parte delle Autorità competenti, può rendersi necessario il prelievo di campioni puntuali.

8.4.1 TECNICHE DI CAMPIONAMENTO

A. SCAVO TRADIZIONALE IN GALLERIA

Le procedure di campionamento sono definite a livello generale dal D.P.R. 120/17, che prevede all'Al. 9 che «La caratterizzazione sul fronte di avanzamento è eseguita indicativamente ogni 500 m di avanzamento del fronte della galleria e in ogni caso in occasione dell'inizio dello scavo della galleria, ogni qual volta si verificano

può comunque diventare una "nuova" sorgente di esposizione in quanto può contribuire ad aumentare la concentrazione di fibre aerodisperse nell'ambiente. A livello europeo la metodica che viene utilizzata per l'analisi delle acque è principalmente la SEM. A livello italiano si può fare riferimento al metodo pubblicato dall'ISS: "Metodo di analisi per la determinazione qualitativa e quantitativa della concentrazione di fibre di amianto in acque destinate al consumo umano con la tecnica della microscopia elettronica a scansione".

variazioni del processo di produzione o della litologia delle terre e rocce scavate». Tuttavia, la prassi derivata dalle esperienze acquisite in modo particolare nell'accompagnamento ambientale delle opere strategiche nazionali prevede che le frequenze siano incrementate sino ad arrivare, in condizioni di particolare eterogeneità litologica e di elevato rischio amianto, ad un campionamento ad ogni sfondo di avanzamento.

Nel caso di scavo con tecniche tradizionali (martello demolitore o esplosivo), il fronte di scavo è direttamente accessibile. Pertanto, dopo l'esame del fronte e la sua caratterizzazione (vd. Cap. 8.1.4 Esame del fronte di scavo ai fini della valutazione del rischio amianto), si può procedere alle operazioni di campionamento dallo stesso fronte di scavo. Per la formazione del campione composito, si adotta normalmente una griglia di riferimento del tipo di quella sotto riportata:

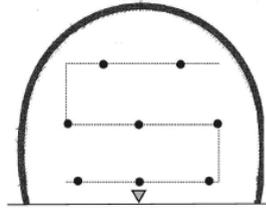


Figura 6 – Prelievo di incrementi dal fronte di scavo, con griglia di riferimento per fronte omogeneo (tratto da "Protocollo gestione amianto per il Terzo valico ferroviario dei Giovi")

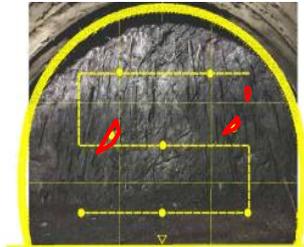
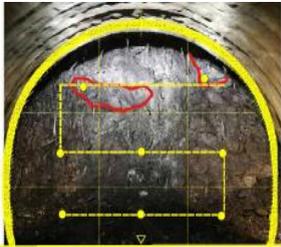


Figura 7 – Esempio di griglia di riferimento per fronte non omogeneo

Nel caso di fronte omogeneo, ossia appartenente ad un unico litotipo, i punti di prelievo possono essere distribuiti regolarmente, in modo da coprire arealmente il fronte di scavo (vd. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). In caso di fronte non omogeneo, in cui i litotipi amiantiferi siano presenti in limitate porzioni del fronte, si dovrà operare con un criterio ragionato, in modo da garantire in modo statisticamente significativo la rappresentatività del campione (vd. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

I prelievi degli incrementi vengono effettuati tramite martello demolitore, e il materiale abbattuto viene raccolto da una benna posta immediatamente al di sotto dell'utensile demolitore e posizionato su un telo posto alla base del fronte.

Nel caso non sia possibile il campionamento direttamente dal fronte di scavo, si può procedere al campionamento su cumulo del materiale posto in un'area di stoccaggio provvisorio (c.d. "ribaltina" di cantiere), prelevando non meno di otto incrementi, di cui quattro superficiali e quattro all'interno del cumulo a diverse altezze.

In tutti i casi, il campione deve essere formato con prelievo del materiale "tal-qual", omogeneizzando e quartando il materiale fino ad un quantitativo di circa 1 kg, senza alcuna operazione di setacciatura, che costituirà il campione finale di laboratorio che sarà successivamente sottoposto a macinazione e a determinazione dell'amianto totale. Per facilitare le operazioni di trattamento in laboratorio del campione, se necessario, è consentita una prefrantumazione manuale in campo dello stesso, fino ad ottenere una granulometria idonea alla macinazione con gli ordinari dispositivi di frantumazione da laboratorio.

B. SCAVO MECCANIZZATO IN GALLERIA

Le procedure di campionamento sono definite a livello generale dal D.P.R. 120/17, che prevede all'All. 9 che "La

caratterizzazione sul fronte di avanzamento è eseguita indicativamente ogni 500 m di avanzamento del fronte della galleria e in ogni caso in occasione dell'inizio dello scavo della galleria, ogni qual volta si verificano variazioni del processo di produzione o della litologia delle terre e rocce scavate". Tuttavia, la prassi derivata dalle esperienze acquisite in modo particolare nell'accompagnamento ambientale delle opere strategiche nazionali prevede che le frequenze siano incrementate sino ad arrivare, in condizioni di particolare eterogeneità litologica e di elevato rischio amianto, ad un campionamento ad ogni spinta di avanzamento.



Fig. 8 – Tramoggia con campionatore a deviazione di flusso

Nel caso di scavo meccanizzato, il fronte di scavo non è normalmente accessibile ed è pertanto preclusa la visione diretta dello stesso fronte. Il controllo della litologia, di conseguenza, salvo eventuali sondaggi geognostici in avanzamento, viene effettuato dal geologo sul materiale prelevato dal nastro trasportatore, periodicamente o su necessità, che procede alla compilazione di una scheda contenente, limitatamente alle osservazioni possibili, le informazioni della scheda

descritta al cap. 8.1.4. Il prelievo del materiale per il riconoscimento e il campionamento viene effettuato con un campionatore ad aletta con deviazione di flusso posto nella tramoggia al termine del nastro trasportatore. Possono essere adottati sistemi diversi, purché aventi analoghe funzionalità.

La frequenza di prelievo, e quindi l'apertura dello sportello del deviatore di flusso viene definita sulla base dei litotipi attraversati, della velocità di avanzamento e delle esigenze di caratterizzazione che verranno definite a livello progettuale secondo uno specifico protocollo.

È comunque da ritenersi preferibile, quale criterio generale, il prelievo di numerosi incrementi di limitati volumi di materiale. Orientativamente, dieci prelievi ogni due "spinte" di avanzamento, corrispondenti a due anelli di rivestimento messi in opera (circa 3,60 m), possono essere considerati adeguatamente rappresentativi del volume escavato. I singoli incrementi sono raccolti in una vasca di campionamento sino a raggiungere una massa rappresentativa (indicativamente all'incirca 500 kg). Da questa vengono prelevati, tramite la tecnica del paleggio frazionato, più campioni elementari, i quali vengono miscelati e omogeneizzati al fine di ottenere un campione composito dal quale è infine ottenuto il campione finale di laboratorio di massa non superiore a 1 kg.

C. SCAVO ALL'APERTO

Le procedure di campionamento sono definite a livello generale dal D.P.R. 120/17 agli allegati 2, 4 e 9 pro parte, come integrate dalle LG SNPA 22/2019 ("Linee guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo").

In caso di campionamento da cumulo, si procede analogamente a quanto descritto al precedente punto A per i campionamenti in galleria in area di stoccaggio provvisorio.

In tutti gli altri casi, a seconda del materiale, si procederà come segue:

C1. Terre

- Prelevare con opportuno utensile (trivella, pala etc.) una certa quantità rappresentativa di materiale e porlo su un telo resistente; dal campione globale così ottenuto prelevare, previa miscelazione, omogeneizzazione e quartatura, una frazione di materiale ed eseguire in campo la setacciatura a 2 cm;
- Privare il campione della frazione sopravaglio a 2 cm ottenendo il campione finale.

C2. Rocce

- Per procedere al prelievo dei materiali litoidi (da un affioramento/parete rocciosa, da uno scavo profondo che abbia superato la coltre o il sedimento soprastante, da una carota di un sondaggio geognostico) è necessario eseguire, ad opera del geologo, il distacco di una porzione di materiale ottenendo un campione elementare. Tale operazione può risultare non necessaria quando il distacco dalla sede naturale sia già stato effettuato tramite mezzi meccanici;
- Nel caso di campionamento a scopo conoscitivo o di caratterizzazione puntuale, il campione elementare coincide col campione finale;
- Nel caso di campionamenti finalizzati alla caratterizzazione media dell'ammasso roccioso, la procedura di distacco deve essere eseguita più volte in diverse zone al fine di ottenere dai vari campioni elementari un campione globale rappresentativo. Per ottenere il campione finale, si preleva dal campione globale il materiale tal-quale previa miscelazione/omogeneizzazione/quartatura senza eseguire alcuna setacciatura in campo;
- Se necessario, ai fini del successivo trattamento del campione in laboratorio, eseguire in campo su un telo resistente una riduzione granulometrica (frantumazione con martello o mazzetta indossando i DPI opportuni come occhiali protettivi e guanti), avendo cura di non perdere nulla delle scaglie/frammenti prodotti da tale operazione.

8.5 MONITORAGGIO DELLE FIBRE DI AMIANTO AERODISPERSE

Allo stato attuale delle conoscenze e delle esperienze condotte soprattutto nell'ambito dei controlli ambientali di grandi opere, non risultano relazioni univoche tra le concentrazioni di amianto nelle terre e rocce e le fibre aerodisperse. I fattori che determinano la liberazione delle fibre dai terreni e dagli ammassi rocciosi sono così numerosi e complessi, e così fortemente influenzati dalle modalità di scavo e movimentazione, da rendere il fenomeno non quantificabile preventivamente in termini rigorosi.

Per tale motivo, il monitoraggio delle fibre aerodisperse è un'attività di fondamentale e primaria importanza per la quantificazione e la gestione del rischio, e deve essere condotta secondo criteri di massima accuratezza e affidabilità.

8.5.1 MONITORAGGIO ALL'INTERNO DELLA GALLERIA

Sebbene il controllo dell'ambiente di lavoro ai fini della salute e sicurezza dei lavoratori non sia oggetto della presente linea guida, la continuità e le interconnessioni tra questo e l'ambiente di vita esterno, più o meno dirette a seconda della contiguità fisica e delle variabili possibilità di inserire elementi barriera, impongono qualche cenno sull'argomento.

La frequenza dei campionamenti e l'ubicazione delle postazioni dovranno essere stabilite in sede di piano di monitoraggio in modo da essere rappresentative delle reali condizioni ambientali, al variare delle lavorazioni in corso, nelle diverse zone di lavoro, a bordo dei mezzi e nei locali di servizio e permettere la tempestiva rilevazione di fenomeni locali di inquinamento in atto sia durante le fasi di scavo sia di non scavo. L'ubicazione delle postazioni di monitoraggio ambientale dovrà avvenire evitando il più possibile l'interferenza con agenti fisici quali flussi d'aria e/o acqua nebulizzata, presenza di eccessive vibrazioni e gli scarichi dei mezzi che influiscono sulla deposizione sui filtri.

In condizioni di rischio elevato, si devono effettuare campionamenti a campione all'interno delle cabine dei mezzi d'opera (escavatori, pale caricatori, dumper ecc.), nei locali per la decontaminazione del personale e nel punto di uscita dell'aria dai filtri del sistema di ventilazione.

Nel caso di opere complesse, si evidenzia l'utilità di effettuare le analisi con tecnica SEM, nonostante il D.Lgs. 81/2008 e s.m.i. preveda l'impiego di tecnica MOCF, al fine di consentire il confronto tra i dati relativi all'ambiente di lavoro e a quello di vita (che viene effettuato con tecnica SEM) e l'individuazione del punto di dispersione in cantiere.

8.5.2 MONITORAGGIO DELLE AREE ESTERNE (AMBIENTE DI LAVORO E AMBIENTE DI VITA)

Dal punto di vista concettuale, il sistema si articola in fasce o cinture di distanza concentriche rispetto alla sorgente, che può essere un cantiere o un deposito di terre e rocce da scavo (vd. Fig. 9).



Figura 9 – Schema concettuale delle cinture di monitoraggio

Uno o più punti di monitoraggio sono in generale posti all'interno del cantiere, e quindi ancora in ambiente di lavoro ("punto sorgente" o "punto sentinella", all'uscita della galleria o all'interno delle aree di lavoro per un cantiere all'aperto), con la finalità di costituire il primo presidio di monitoraggio più prossimo alla sorgente. I punti di prima cintura sono collocati in ambiente di vita, in zone prossime ma esterne al cantiere (ad es. nei pressi delle recinzioni e degli accessi di prima cintura). I

punti di seconda cintura sono ubicati in ambiente di vita in funzione della presenza di ricettori sensibili (scuole, edifici di civile abitazione, luoghi di aggregazione ecc.). La corretta ubicazione dei punti deve essere definita sulla base delle caratteristiche tipologiche e geometrico-dimensionali del cantiere di produzione o di deposito, e dello stato dei luoghi, anche attraverso sopralluoghi congiunti con i tecnici degli enti territoriali interessati e delle aziende sanitarie locali.



Figura 10 – Centralina di monitoraggio

Il monitoraggio ambientale in *ante operam* (AO) e in corso d'opera (CO) prevede la determinazione della concentrazione delle fibre di amianto con Microscopia Elettronica a Scansione (SEM) in tutti i punti costituenti la rete di monitoraggio ambientale.

I campionamenti relativi al monitoraggio ante operam (AO), che si prefigge lo scopo di definire un bianco di riferimento (baseline), devono essere effettuati per un tempo commisurato alla durata prevista dei lavori, allo stato dei luoghi e, in particolare, ai recettori individuati.

Per le opere di durata almeno annuale, si dovranno prevedere più campagne rappresentative delle variabilità stagionali.

Contemporaneamente al campionamento vengono rilevati i seguenti parametri meteorologici:

- velocità del vento;
- direzione del vento;
- pressione atmosferica;

- temperatura dell'aria;
- umidità relativa;
- precipitazioni.

In corso d'opera (CO) sono effettuati campionamenti utilizzando gli stessi criteri descritti per l'*ante operam*, che verranno attivati secondo frequenze prestabilite nei successivi paragrafi per i siti di produzione e per i siti di deposito. In caso di polverosità tale da rendere il filtro illeggibile, nel caso l'evento si verifichi su un punto sorgente o su un punto di prima cintura con una frequenza pari o superiore a tre volte nell'arco di un mese, si eseguirà un'analisi delle possibili cause e qualora non sia possibile eliminare i fattori causanti, si procederà ad eseguire il campionamento utilizzando più filtri in sequenza (anziché un filtro unico).

I campioni raccolti in giornate in cui si verifichino eventi piovosi di qualsiasi entità non sono considerati validi ai fini del monitoraggio di corso d'opera e non verranno pertanto sottoposti ad analisi. Il monitoraggio andrà ripreso in corrispondenza del primo turno utile, al termine dell'evento piovoso.

I risultati delle analisi in SEM in corso d'opera dovranno essere resi disponibili entro tempi congrui rispetto alle esigenze di controllo delle lavorazioni in corso (nell'attuale prassi, entro 48 ore dal campionamento) attraverso un apposito sistema informativo.

Il criterio di attivazione del monitoraggio delle fibre aerodisperse alla sorgente e nelle diverse cinture deve essere basato sulla combinazione dei fattori che determinano il grado di attenzione che deve essere adottato. In modo particolare, le frequenze di campionamento delle fibre aerodisperse sono associate allo *stato di allerta* (ad es. presorveglianza, sorveglianza, media attenzione, massima attenzione) e definito sulla base dei seguenti fattori:

- Probabilità di occorrenza dei minerali di amianto e conseguente attribuzione del Livello di pericolo predittivo (LPP) come definibile dal modello geologico (vd. Cap. 7.2 Indicazioni per la progettazione);

- Assegnazione in fase esecutiva delle classi al materiale di scavo, effettuata dal geologo attraverso la caratterizzazione del fronte di scavo con metodo osservazionale o, nel caso di scavo con TBM, del materiale prelevato da nastro e conseguente attribuzione del Livello di pericolo verificato (LPV);
- Presenza di amianto accertata analiticamente nel massivo e conseguente attribuzione del Livello di pericolo effettivo (LPE);
- Concentrazione di amianto aerodisperso effettivamente riscontrata nei punti di monitoraggio.

Le conseguenti frequenze di campionamento possono variare da una volta a settimana sul turno di otto ore, sino a tutti i giorni sui tre turni lavorativi là dove previsti.

Le metodiche e le frequenze di campionamento, così come eventuali modifiche, implementazioni e migliorie potranno essere periodicamente riconsiderate in funzione delle effettive risultanze.

Per quanto riguarda i limiti di riferimento, si vedano le considerazioni del Cap. 3.4 (Criticità normative).

8.6 DISPOSITIVI DI PROTEZIONE INDIVIDUALE E FORMAZIONE DEI LAVORATORI

Fatto salvo quanto definito dal datore di lavoro a seguito della valutazione di tutti i rischi contemporaneamente

presenti, nel caso di terreni amiantiferi, i dispositivi e gli indumenti di protezione individuale in dotazione ai lavoratori dovranno salvaguardare dall'inalazione di polveri e fibre e dalla contaminazione del corpo e degli indumenti. Pertanto, i lavoratori dovranno essere dotati di dispositivi di protezione delle vie respiratorie e di tute protettive. Per le caratteristiche di tali DPI, si rimanda al D.Lgs. 81/08 e alle indicazioni e linee guida delle ASL.

Tutti i lavoratori devono essere sottoposti ad un processo di informazione, formazione e addestramento, comprendente uno specifico corso per la gestione del rischio amianto in matrice minerale, che deve essere progettato e definito nel dettaglio prima dell'inizio dei lavori in collaborazione fra il Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione (CSE) e il Servizio di Prevenzione e Protezione (SPP) dell'impresa affidataria ovvero di persona esterna dotata delle conoscenze professionali necessarie secondo quanto previsto dall'art. 31 comma 3 del D.Lgs. 81/08.

Dovranno essere previsti percorsi di verifica dell'efficacia della formazione erogata, addestramenti in campo sulle procedure di decontaminazione attraverso una figura esperta (*tutor*), simulazioni ed esercitazioni, e aggiornamenti continui in particolare a seguito di modifiche delle condizioni di lavoro.

9 DETERMINAZIONE DELL' AMIANTO IN ARIA E NELLE TERRE E ROCCE

Tutte le analisi dell'amianto presentano una spiccata componente operatore-dipendente e vengono generalmente svolte impiegando strumentazioni e tecniche diverse. È quindi fondamentale che gli analisti posseggano un'adeguata esperienza sia delle strumentazioni sia delle specifiche tecniche. Le determinazioni analitiche qualitative e quantitative possono essere effettuate solo presso i laboratori che abbiano ottenuto dal Ministero della Salute il riconoscimento dei requisiti minimi per l'attività di campionamento e per le metodiche analitiche utilizzate (All. 5 del DM 14/05/96) individuabili nelle liste sul sito del Ministero della Salute¹¹.

Tutto ciò risulta particolarmente importante nel campo di applicazione della presente linea guida, ossia analisi di amianto nei NOA, in quanto la matrice naturale, per la sua complessità intrinseca, comporta situazioni e criticità nuove a seconda della natura geologica di ogni campione.

Come visto nei precedenti paragrafi, la determinazione dell'amianto viene richiesta sia per la matrice aria (concentrazione di fibre aerodisperse, espressa in ff/l o ff/mc) sia per la matrice terre-rocce (concentrazione massa/massa, espressa in ppm, mg/kg s.s. o %).

Di seguito vengono presentati ed esaminati i punti principali e le criticità che si devono affrontare nei campionamenti e nelle valutazioni analitiche delle matrici aria e terre-rocce con possibile presenza di NOA.

9.1 MATRICE ARIA

La determinazione delle fibre di amianto aerodisperse, negli scenari oggetto della presente linea guida, è

richiesta principalmente per campioni effettuati in ambiente esterno. Essendo importante la distinzione delle fibre di amianto da tutte le altre possibili fibre presenti in *outdoor* (organiche e inorganiche) e trattandosi generalmente di situazioni con basse concentrazioni di amianto, l'analisi deve essere eseguita con l'impiego della microscopia elettronica a scansione con associata microanalisi (SEM-EDS).

Per l'esecuzione del campionamento e delle analisi delle fibre di amianto aerodisperse si fa quindi riferimento a quanto indicato nell'allegato 2b del D.M. 06/09/94, nella norma UNI EN ISO 16000-7 e nel rapporto ISTISAN 15/5. Tali norme nascono per i campionamenti e l'analisi dell'aria di ambienti interni (*indoor*) e pertanto dovranno essere eventualmente modificate per adattare ai campionamenti e analisi di aria in ambiente esterno (*outdoor*).

L'esecuzione del campionamento dell'aria dovrà essere programmata tenendo conto dello scopo finale della specifica indagine e del luogo nel quale verrà effettuata, e allo scopo potranno essere utilizzati sia campionatori singoli sia sequenziali, in ogni caso tarati e tenuti sotto controllo con opportune procedure operative.

I parametri del campionamento dovranno essere opportunamente definiti, eventualmente eseguendo alcuni campionamenti di prova, in modo da ottimizzare la rappresentatività del campione senza compromettere l'esecuzione della successiva analisi. In particolare, occorre stabilire il diametro del filtro da utilizzare, il flusso della pompa di aspirazione ed il volume totale da campionare in modo da garantire un limite di rilevabilità dell'analisi prossimo ad 1/10 del valore soglia adottato (generalmente 1 ff/l, come detto nei precedenti paragrafi e come da riferimento WHO 2000 *Air Quality European*

¹¹ http://www.salute.gov.it/portale/temi/p2_6.jsp?id=1790&area=Sicurezza%20chimica&menu=amianto

Guideline). Si sottolinea, quindi, che i valori dei parametri di campionamento indicati nell'allegato 2b del D.M. 06/09/94 per i campionamenti indoor non sono vincolanti nel caso dell'ambiente *outdoor*, mentre è fondamentale garantire il limite di rilevabilità richiesto e il flusso laminare di aspirazione per l'omogeneità di distribuzione del particolato sul filtro.

Come detto in precedenza, nei campionamenti in ambiente esterno le concentrazioni sono generalmente basse e spesso non viene riscontrata presenza di fibre di amianto nel corso dell'analisi. È quindi importante esprimere in modo corretto la concentrazione finale misurata.

Nel caso di assenza di fibre di amianto riscontrate nel corso dell'analisi, la concentrazione finale non può essere indicata come pari a 0 ff/l, ma sarà espressa come inferiore al limite di rilevabilità (L.R. o DL, *detection limit*) calcolato secondo la norma ISO 16000-7, ossia considerando il limite superiore dell'intervallo di confidenza al 95% della distribuzione di Poisson per 0 fibre (LFS(0) = 2,99):

$$DL(ff/l) = LFS(0) \times \frac{1}{a \times N_c} \times \frac{A}{V}$$

Il limite di rilevabilità sulla concentrazione finale, dipendendo dal volume campionato, dal diametro del filtro utilizzato e dall'area analizzata, deve essere determinato ogni volta che si modifica uno di tali parametri.

Le fibre di amianto aventi geometria conforme a quanto indicato dal D.M. 06/09/94 (fibra secondo WHO) saranno caratterizzate mediante riconoscimento morfologico e microanalisi al fine di determinare se trattasi di amianto e individuarne la tipologia.

La concentrazione di fibre di amianto aerodisperse (ff/l) sarà calcolata tenendo conto dei seguenti parametri:

- volume di aria aspirata;

- diametro efficace del filtro campionato;
- numero di fibre conteggiate;
- tipologia delle fibre;
- area totale ispezionata.

Quanto riportato può essere esteso anche alla determinazione delle fibre totali qualora ne venga richiesta la determinazione e il conteggio.

ESPRESSIONE DEI RISULTATI

Nel rapporto di prova si dovrà fornire la concentrazione di fibre di amianto, indicando le tipologie riscontrate, e il valore del limite di rilevabilità. Nel rapporto di prova potrà essere specificata anche la concentrazione di fibre totali.

9.2 MATRICE TERRE E SUOLI

La classificazione di una roccia o di un materiale sciolto (suolo, coltre detritica, sedimento fluviale o litorale) ai fini della determinazione del contenuto di amianto naturale, costituisce l'esito di una procedura complessa, di cui fanno parte attività sia in sito sia in laboratorio tra loro strettamente correlate. Un valore aggiunto si ha quando la fase strettamente analitica può essere preceduta e supportata da valutazioni geologiche, generali e/o puntuali, in grado di riconoscere il contesto geologico-strutturale e minero-petrografico/litologico dei materiali.

Al momento non è presente una norma o un metodo normato che si rivolga in modo esplicito al caso dei NOA; di conseguenza, il laboratorio che decida di approcciare tale indagine deve necessariamente sviluppare una metodica interna qualitativa e quantitativa. Nel D.M. 06/09/94 All.1 vengono indicate come possibili tecniche analitiche SEM/EDS, MOLP-DC, FTIR e DRX. Le tecniche FTIR e DRX (limite di rilevabilità: 1%, ossia 10.000 mg/Kg s.s.) non sono adatte per le valutazioni quali/quantitative degli amianti nei suoli e nelle terre-roccie perché hanno limiti di rilevabilità troppo elevati (ben al di sopra dello 0.1% ossia 1000 mg/Kg s.s.) e, nel caso dei NOA, non permettono di distinguere le specie fibrose da quelle non fibrose di uno stesso minerale.

Pertanto, tutte le volte che viene richiesta una valutazione qualitativa di presenza/assenza di amianto o una quantitativa, le uniche tecniche deputate per tale scopo sono quelle che impiegano le microscopie ottiche e/o elettroniche: MOLP-DC e SEM/EDS. Nel seguito, si forniscono gli elementi essenziali per un corretto sviluppo di tali metodiche, mantenendo come riferimento gli allegati 1 e 3 del sopraccitato D.M. 06/09/94¹².

ANALISI QUALITATIVA:

La determinazione analitica qualitativa deve prevedere una prima osservazione di tutto il campione allo stereomicroscopio, seguita dall'analisi in microscopia ottica con la tecnica della luce polarizzata e della dispersione cromatica (MOLP-DC) e/o dall'analisi in microscopia elettronica con associata analisi elementare

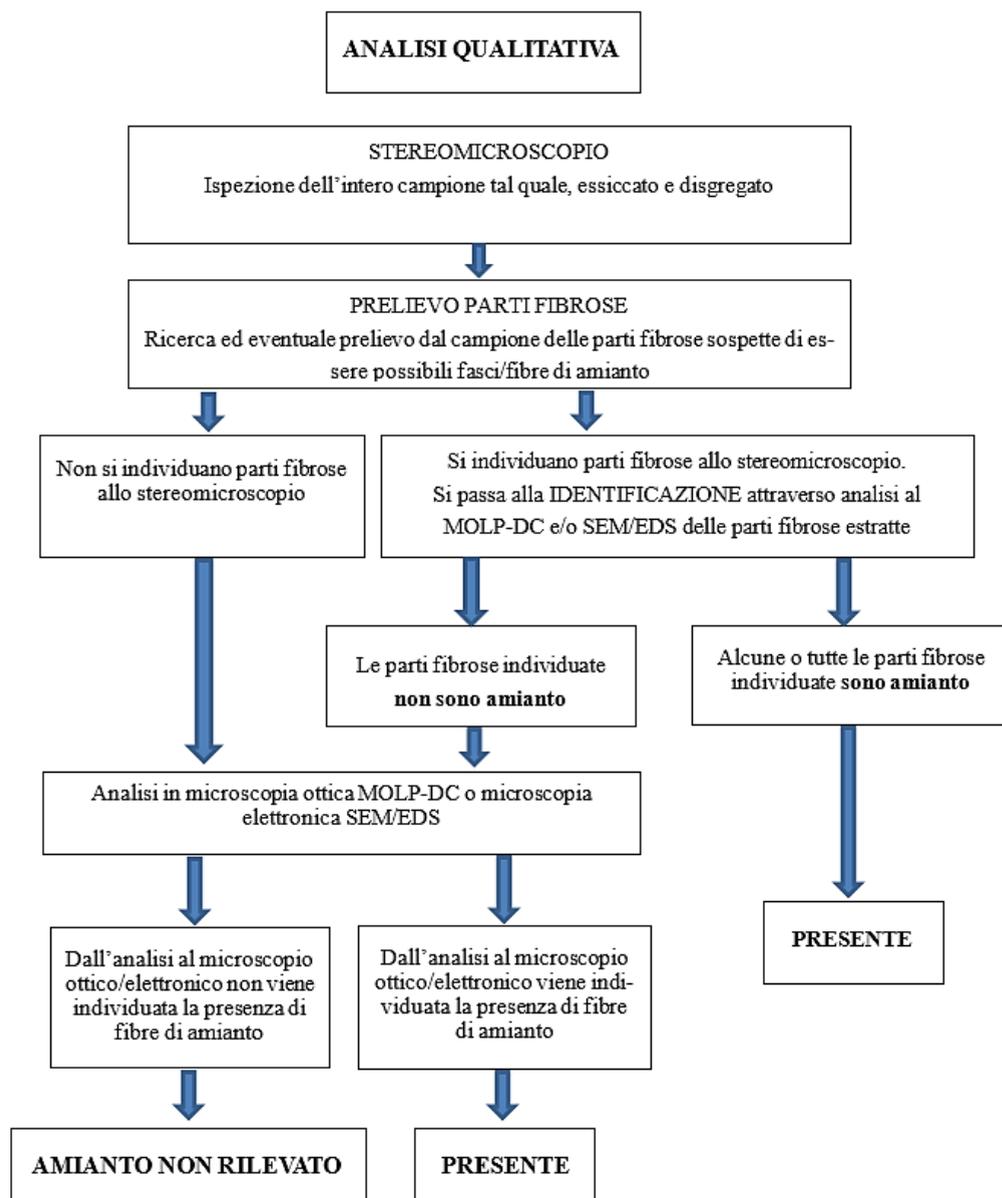
(SEM-EDS), seguendo lo schema logico di seguito riportato. Per la sicurezza dell'operatore è necessario applicare le dovute cautele per evitare qualsiasi dispersione di fibre ed eseguire ogni passaggio sotto cappa aspirante specifica per le analisi dell'amianto.

L'osservazione preliminare complessiva costituisce un punto di forza di qualsiasi metodica che si intenda adottare, in quanto consente una valutazione d'insieme dell'intero campione, e permette l'individuazione e la separazione di eventuali fibre/fasci liberi.

Per l'identificazione degli amianti, nell'utilizzo della metodica MOLP-DC per i NOA può essere necessario implementare il set dei liquidi di *Cargille* normalmente utilizzati per l'analisi degli MCA.

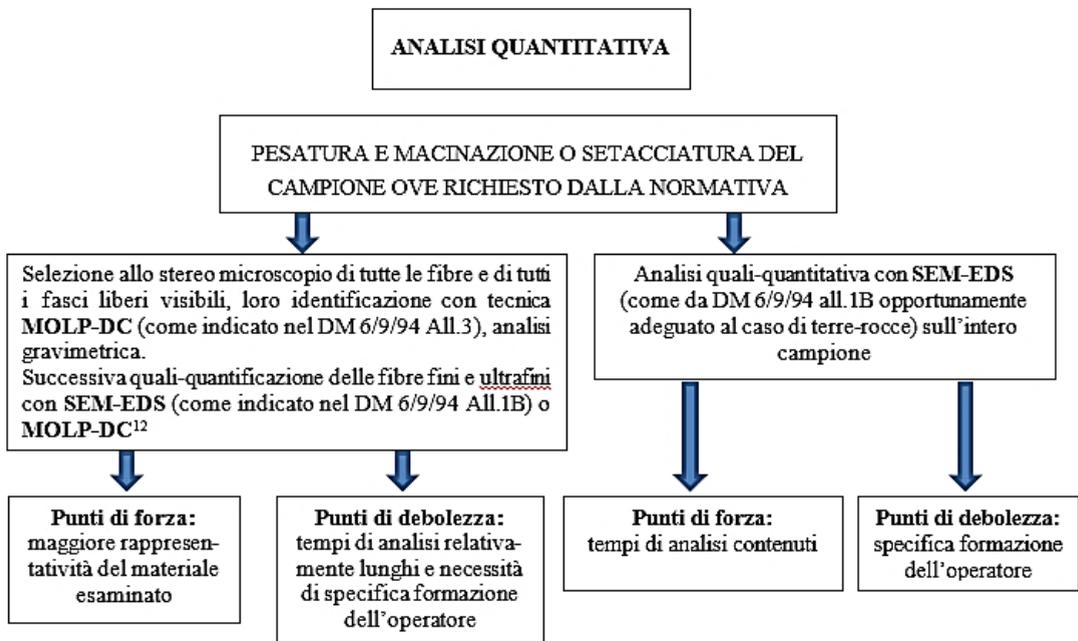
¹² A livello internazionale, esistono metodi che utilizzano la sola tecnica MOLP quantitativa previa setacciatura multipla del campione in

diverse frazioni granulometriche e altre tecniche quali la TEM (es. ASTM-USA: metodo ASTM D7521-16).



ANALISI QUANTITATIVA

Nel caso sia richiesta anche una determinazione quantitativa, questa dovrà essere svolta successivamente a quella qualitativa prima descritta. Di seguito, si riporta lo schema concettuale per la scelta della metodica quantitativa:



ANALISI QUANTITATIVA CON MICROSCOPIA OTTICA (MOLP-DC)

Per l'analisi con la microscopia ottica si è fatto riferimento al DM 06/09/94 che nell'All.3 (MOLP-DC) riporta le fasi di identificazione delle fibre di amianto sfruttando le proprietà della luce polarizzata con dispersione cromatica.

- Il personale che esegue questo tipo di analisi deve possedere comprovata esperienza nell'utilizzo del microscopio ottico in luce polarizzata e dispersione cromatica, avere ottima esperienza nell'identificazione degli amianti, avere avuto un'adeguata formazione e abilitazione per l'intero procedimento analitico; inoltre dovrà possedere specifica formazione in riferimento alla particolare matrice sottoposta ad analisi (NOA).
- La parte del materiale fibroso visibile allo stereo microscopio estratto manualmente dal campione (dal tal quale e/o dal macinato o setacciato) viene identificata con la tecnica MOLP-DC (All. 3 del DM 06/09/94); le fibre e i fasci di fibre di amianto selezionati vengono separati dal campione per la fase analitica successiva.
- Il materiale estratto e identificato come amianto viene pesato (necessariamente con bilancia analitica con la sensibilità sulla quarta cifra, ossia sui milligrammi) e viene determinata una quantità di amianto in massa presente nel campione (Q1).
- Successivamente, nel caso in cui non venga riscontrata con lo stereomicroscopio la presenza di fibre e/o, in base al sito di prelievo e al materiale stesso, non si possa escludere la presenza di fibre fini/ultrafini, l'analisi gravimetrica verrà integrata con la tecnica della microscopia elettronica con identificazione delle fibre e misurazione della loro lunghezza e diametro per determinarne la percentuale in peso (SEM/EDS, All.1b del DM 06/09/94) o con altra tecnica quantitativa in MOLP-DC12. Viene in tal modo determinata una ulteriore

quantità di amianto in massa presente nel campione (Q2).

- Il risultato finale terrà conto dei risultati ottenuti nelle diverse fasi di analisi combinando opportunamente i valori ottenuti (Q1 e Q2).

ANALISI QUANTITATIVA CON MICROSCOPIA ELETTRONICA (SEM/EDS)

Per la microscopia elettronica si fa riferimento alla metodica riportata nel D.M. 06/09/94 All. 1b¹³.

- Il personale che esegue questo tipo di analisi deve possedere comprovata esperienza nell'utilizzo del microscopio SEM, avere ottima esperienza nell'identificazione degli amianti tramite la microanalisi EDS, avere avuto un'adeguata formazione e abilitazione per l'intero procedimento analitico; inoltre dovrà possedere specifica formazione in riferimento alla particolare matrice sottoposta ad analisi (NOA).
- La metodica analitica riportata nel D.M. 06/09/94 All. 1b nasce per la determinazione quantitativa dell'amianto negli MCA nei quali la concentrazione è generalmente maggiore dello 0,1% e il rischio di interferenze con materiali fibrosi non riconosciuti dalla norma come amianto è decisamente bassa o comunque limitata alle fibre artificiali minerali (MMMF/FVS) che hanno morfologie e spettri EDS ben distinguibili da quelli degli amianti. Nel caso della ricerca e quantificazione dell'amianto nei suoli in generale, e nei NOA in particolare, può invece richiedere la quantificazioni di concentrazioni fino allo 0.01%, pertanto, l'opportuno adeguamento della metodica normata deve riguardare l'ampliamento della rappresentatività della parte che si va ad analizzare e questo può avvenire in più modi: aumentando il quantitativo di sottocampione che viene disperso e filtrato, aumentando l'area del filtro

¹³ Si ricorda che la formula riportata per la concentrazione ha il segno sbagliato nell'esponente della potenza di 10

che viene letta, eseguendo l'analisi su più filtri ottenuti da più sottocampioni rappresentativi dell'intero campione e fornendo come concentrazione finale il valore medio ottenuto sui diversi filtri.

Il D.M. 06/09/94 All. 1b indica di «Prendere in considerazione, nell'analisi del filtro, tutte le fibre o gli aggregati di fibre o gli aggregati di fibre con altro materiale; valutare, utilizzando i riferimenti dimensionali disponibili sullo schermo, la lunghezza e la larghezza di ciascuna fibra risolvibile con il SEM (non considerare in tale valutazione eventuali particelle di altra natura occasionalmente sovrapposte od aggregate alle fibre). Le fibre che non giacciono completamente nel campo di lettura vanno considerate solo per la parte compresa nel campo stesso». Quindi, per arrivare alla determinazione dell'amianto totale non ci si deve limitare a considerare fibre/fasci con lunghezza maggiore di 5 micron e diametro inferiore a 3 micron come per il conteggio delle fibre in aria.

Come indicato nel D.M. 06/09/94 All. 1b, ogni fascio identificato in SEM/EDS come amianto, viene approssimato ad un cilindro di cui si misura lunghezza e diametro attraverso il microscopio

elettronico per arrivare al valore della massa utilizzando i valori di densità riportati nello stesso decreto.

ESPRESSIONE DEI RISULTATI

Nel caso in cui nel corso delle analisi non venga riscontrata la presenza di amianto, il rapporto di prova dovrà riportare le seguenti diciture:

- Se analisi qualitativa: "Amianto non rilevato";

Nel caso in cui nel corso delle analisi venga riscontrata la presenza di amianto, il rapporto di prova dovrà riportare le seguenti diciture:

- Se analisi qualitativa: "Amianto presente", tipo di amianto;
- Se analisi quantitativa: Nel rapporto di prova andrà riportata la concentrazione e il limite di rilevabilità/quantificazione; se il valore è inferiore, indicare comunque se presente e il tipo di amianto.

La modalità di determinazione del limite rilevabilità/quantificazione deve essere indicato nella metodica adottata.

10 GESTIONE DELLA COMUNICAZIONE

Il tema della comunicazione, che nella pubblica amministrazione è curata da appositi uffici per la relazione con il pubblico (URP), ha assunto un'importanza crescente anche per quanto riguarda gli argomenti ambientali. Nel caso dell'amianto, anche a causa dei risvolti epidemiologici, sanitari e sociali che hanno avuto alcuni noti casi giudiziari, riveste un'importanza decisiva, di cui si deve tener conto in tutte le fasi realizzative di opere e interventi in zone amiantifere, salvo quelli di modesto rilievo e di breve durata. Una buona attività di comunicazione e di coinvolgimento sociale, iniziata sin dalle prime fasi e condotta con continuità, trasparenza e capacità di dialogo, è da considerarsi un'attività essenziale e strategica. Nella presente linea guida, si forniscono solo alcuni cenni, atti a ricordare la necessità che tale aspetto venga adeguatamente preso in considerazione in tutte le fasi realizzative di ogni opera di un certo rilievo.

Lo schema di seguito riportato fornisce alcune diverse possibili relazioni tra "paura" del cittadino (*outrage*) e "pericolo effettivo" (*hazard*) e conseguenziali modalità di comunicazione, e come a parità di pericolo effettivo legato a cause diverse, può corrispondere nella popolazione un grado di paura maggiore o minore, richiedendo modalità diverse di comunicazione e adeguate al caso specifico.



Figura 11 – Tipi di comunicazione in base al pericolo effettivo e alla paura collettiva (SANDMAN 1993)

Un'efficace comunicazione si fonda su alcuni principi basilari:

- Rendere pubbliche tutte le informazioni disponibili senza mai negare o sminuire i rischi possibili, ma anzi, fornire (prima e nel dettaglio) le contromisure adottate per evitarli, ridurli e gestirli;
- Istituire spazi adeguati di confronto fra tutti gli stakeholder coinvolti, valorizzando le esperienze e le competenze presenti sul territorio, anche con accordi con i media locali;
- Tenere conto di conoscenze, esperienze, valori, credenze e atteggiamenti nei confronti del rischio dei destinatari, rispettando le preoccupazioni dei cittadini (fondate o presunte);
- Concordare con la popolazione eventuali misure di compensazione, privilegiando quelle di natura ambientale a quelle economiche.

Il percorso per la costruzione di una strategia di comunicazione dovrà prendere in considerazione gli attori in gioco e gli obiettivi della comunicazione, l'oggetto della comunicazione, l'analisi del contesto attraverso la costituzione di un apposito gruppo di lavoro, i canali e gli strumenti della comunicazione e la valutazione dell'efficacia della strategia adottata.

Tabella 7 – Fattori che influenzano la percezione del rischio (Cori 2011)

Il rischio sembra minore	Il rischio sembra maggiore
... se è volontario e controllato	... se è imposto da altri e senza possibilità di fare qualcosa per limitarlo
... se è conosciuto o è già stato corso in passato	... se è sconosciuto e ci sono poche informazioni
... se produce dei vantaggi	... se non ha nessun vantaggio diretto
... se si ha fiducia in chi controlla e gestisce e si viene informati costantemente	... se non si ha fiducia in chi controlla e gestisce e non si viene informati
... se ha conseguenze temporanee	... se le conseguenze possono durare molto tempo
... se è legato a cause naturali	... se è provocato da qualcuno
... se è uguale per tutti	... se il rischio è più alto per una parte della comunità, soprattutto se colpisce i bambini
... se le conseguenze sono reversibili	... se le conseguenze sono irreversibili

Dovranno essere considerate sia tecniche di coinvolgimento 'passivo' (poster, infografiche, volantini, *fact sheet*, *newsletter*, rapporti tecnici e siti web), sia

'attivo' (riunioni, seminari, incontri con gli *stakeholder*, siti *web* interattivi, social media, *microblogging*, centri informazioni, *focus group* e consultazione pubblica).

Nel caso di un'opera di rilevante impatto, dovrà essere predisposto un sistema informativo geografico pubblicato su *web* (*WebGIS*) in grado di raccogliere le informazioni relative ai siti di monitoraggio individuati sul territorio per il monitoraggio ambientale della componente amianto definita nel Progetto di monitoraggio ambientale, e di produrre avvisi a gruppi selezionati di utenti tecnici ed amministrativi, quali sindaci dei comuni interessati, prefetture, ARPA e ASL territorialmente competenti, eventuali osservatori ambientali, nonché aperto alla consultazione della cittadinanza.

BIBLIOGRAFIA

Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 100C and Overall Evaluations of Carcinogenicity: An Updating of IARC Monographs Volumes 1–42 IARC Monographs Supplement 7.

BECCARIS G., BRANCUCCI M., CRISPINI L., FORNASARO S., MARESCOTTI P., POGGI E., SCOTTI E., SOLIMANO M. (2014) - “La presenza naturale di metalli nei suoli: criticità operative e possibili soluzioni - Metodi di indagine mirati per la determinazione dei valori di fondo naturale di alcuni metalli in rocce suoli serpentinitici dell'Unità Voltri in Liguria” - Eco Bonifiche e rifiuti, Dicembre 2014.

BECCARIS G., CRISPINI L., FORNASARO S., LUCCHETTI G., MARESCOTTI P., POGGI E., SCOTTI E. (2015) - “Chromium and nickel distribution in ultrabasic soils of the Voltri Massif (Ligurian Alps)” - Rendiconti online della società geologica italiana – Vol. 35, Suppl. n. 2.

BECCARIS G., SCOTTI E., DI CEGLIA F., PRANDI S. (2010) – “Asbestos control in ligurian ophiolites” - Congresso SGI, Pisa.

BECCARIS G., CRISPINI L., FORNASARO S., LUCCHETTI G., MARESCOTTI P., ORECCHIA M., POGGI E., SCOTTI E., SOLIMANO M. (2014) - “Background levels of potentially toxic elements in ultramafic soils from the Voltri Unit: a mineralogical and geochemical approach” - Rendiconti della Società Geologica Italiana – Vol. 31, Suppl. n. 1 - Settembre 2014 - Congresso della Società Geologica Italiana e 90° Congresso della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia.

BECCARIS G., SCOTTI E. (2016) – Rem Tech 2016 - “Amianto naturale e valori di fondo: criticità e prospettive”.

BRUNI B.M., PACELLA A., MAZZIOTTI TAGLIANI S., GIANFAGNA A., PAOLETTI L. (2006). Nature and extent of the exposure to fibrous amphiboles in Biancavilla. *Sci Total Environ*, 370(1):9–16

British Geological Survey 2012 “Normal background concentration in English soil: Final project report.”

BRUNI B.M., PACELLA A., MAZZIOTTI-TAGLIANI S., GIANFAGNA A., PAOLETTI L., 2006. Nature and extent of the exposure to fibrous amphiboles in Biancavilla. *Science of the Total Environment* 370, 9-16. doi: 10.1016/j.scitotenv. 2006.05.013.

BRUNI B.M., SOGGIU M.E., MARSILI G., BRANCATO A., INGLESSIS M., PALUMBO L., PICCARDI A., BECCALONI E., FALLEN F., MAZZIOTTI TAGLIANI S. AND PACELLA A., 2014. Environmental concentrations of fibers with fluoro-edenitic composition and population exposure in Biancavilla (Sicily, Italy). *Annali Istituto Superiore di Sanità, Monografica Section 50 (2)*, 119-126. doi: 10.4415/ANN_14_02_03.

BRUNO C., MARSILI, BRUNI B.M., COMBA P. E SCONDOTTO S., 2015. *Notiziario Istituto Superiore di Sanità*. 28 (5, Suppl. 1):3-19.

BURRAGATO F., COMBA P., BAIOCCHI V., PALLADINO D.M., SIMEI S., GIANFAGNA A., PAOLETTI L., PASETTO R., 2005. Geo-volcanological, mineralogical and environmental aspects of quarry materials related to pleural neoplasm in the area of Biancavilla, Mount Etna (Eastern Sicily, Italy). *Environmental Geology* 47, 855-868.

CAROBBI G. (1071) *Trattato di Mineralogia - 2 vol.* USES Edizioni Scientifiche S.p.A, Firenze.

COMBA P, GIANFAGNA A, PAOLETTI L (2003). Pleural mesothelioma cases in Biancavilla are related to a new fluoro-edenite fibrous amphibole. *Arch Environ Health*, 58(4):229–32.

DEER, W.A., HOWIE, R.A., AND ZUSSMAN, J. (1963) *Rock-forming minerals, volume 2, Chain silicates*, 377 p. Longmans, London.

DI PAOLA M., MASTRANTONIO M., CARBONI M., BELLI S., GRIGNOLI M., COMBA P., NESTI M., 1996. La mortalità per tumore maligno della pleura in Italia negli anni 1988-

1992. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 1996. Rapporti ISTISAN, 96/40.

EMRI SA. (2017) The Cappadocia mesothelioma epidemic: its influence in Turkey and abroad. *Ann Transl Med.* Maxime Misseri, Didier Lahondere, (2018) Characterisation of chemically related asbestos amphiboles of actinolite: proposal for a specific differentiation in the diagram (Si apfu versus Mg/Mg+Fe2+), *Int. J. Metrol. Qual. Eng.* 9, 16.

FAMOSO D., MANGIAMELI M., ROCCARO P., MUSSUMECI G., VAGLIASINDI F.G.A., 2012. Asbestiform fibers in the Biancavilla site of national interest (Sicily, Italy): review of environmental data via GIS platforms. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 11:417–427 doi: 10.1007/s11157-012-9284-9.

GIANFAGNA A. E OBERTI R., 2001. Fluoro-edenite from Biancavilla (Catania, Sicily, Italy). Crystal chemistry of a new amphibole end-member. *American Mineralogist* 83:1486-93.

GIANFAGNA A. E FIORI L., 2003. LA FLUORO-EDENITE DI BIANCAVILLA (CT): un nuovo termine estremo di anfibolo. Gruppo Mineralogico Romano.

GRIGE J.D. AND FERRARIS G., 2001. New minerals approved in 2000 by the Commission on New Minerals and Mineral Names. IMA. (No. 2000-049, p. 1001). *European Journal of Mineralogy* 13(5), 995-1002.

GRIMALDI R. E PINIZZOTTO M.R., 2018. Scavi nel SIN di Biancavilla. L'attività di ARPA Sicilia. *Ecoscienza*, 1, 44-45.

GROSSE Y., LOOMIS D., GUYTON K.Z., LAUBY-SECRETAN B., EL GHISSASSI F., BOUVARD V., BENBRAHIM-TALLAA L., GUHA N., SCOCCIANI C., MATTOCK H., STRAIF K., on behalf of the IARC monograph working group, 2014. "Carcinogenicity of the fluoro-edenite, silicon carbide fibres and whiskers, and carbon nanotubes" *Lancet Oncology* 15(13), 1427–1428, [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045\(14\)71109-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(14)71109-X).

GUALTIERI AF., BURSÌ GANDOLFI N., POLLASTRI S., RINALDI R., SALA O., MARTINELLI G., BACCI T., PAOLI F., VIANI A., VIGLIATURO R., Assessment of the potential hazard represented by natural raw materials containing mineral fibres – The case of the feldspar from Orani, Sardinia (Italy) – *Journal of Hazardous Materials* – 350, 76-87, 2018.

IARC, Fluoro-edenite, Monographs IARC, Vol. 111, Monograph 111-02, 2011.

INAIL (2018) 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. Coordinamento Scientifico Sergio Bellagamba. Autori: Bellagamba S., Paglietti F., Malinconico S., Conestabile della Staffa B., De Simone P.

International Agency for Research on Cancer (IARC) Monographs Working Group, 2017. Some Nanomaterials and Some Fibres 111 (Lyon, France 2017), 215-242.

LEAKE B.E., WOOLLEY A.R.P.S., CHARLES E.S., 1997 Nomenclature of amphiboles: report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on new minerals and mineral names, *Mineral.Mag.* 61, 295–321.

LUCCI F., DELLA VENTURA G., CONTE A., NAZZARI M. AND SCARLATO P. (2018) Naturally Occurring Asbestos (NOA) in Granitoid Rocks, A Case Study from Sardinia (Italy) - *Minerals*, 8, 442 pp23.

LYBARGER, J.A., LEWIN, M., PEIPINS, L.A., CAMPOLUCCI, S.S., KESS, S.E., MILLER, A., SPENCE, M., BLACK, B., AND WEIS, C. (2001) Medical testing of individuals potentially exposed to asbestiform minerals associated with vermiculite in Libby, Montana, A report to the community [report dated August, 23, 2001]. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

MANNA P. E COMBA P., 2001. Communicating with health authorities and the public about asbestos risk in Biancavilla (CT). *Epidemiologia & Prevenzione* 25 (1): 28-30.

MARESCOTTI P., CRISPINI L., CAPPONI G., FORNASARO S., BECCARIS G., SCOTTI E. (2016) - "La presenza naturale di amianto nelle rocce e nei suoli ofiolitici: il censimento dei siti a rischio amianto durante la realizzazione della cartografia geologica della Regione Liguria". Recover Recycling Remediation Demolition, vol. 37: 83-85. ISSN: 2421-2938.

MAZZIOTTI-TAGLIANI S, ANDREZZI GB, BRUNI BM, et al. (2009). Quantitative chemistry and compositional variability of fluorine fibrous amphiboles from Biancavilla (Sicily, Italy). *Period Mineral*, 78:65–74.

MEEKER G.P., A.M. BERN A.M., I.K. BROWNFIELD I.K., LOWERS H.A., SUTLEY S.J., HOEFEN T.M. & VANCE J.S. (2003) The Composition and Morphology of Amphiboles from the Rainy Creek Complex, Near Libby, Montana - *American Mineralogist*, Volume 88, pages 1955–1969.

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE - Osservatorio Ambientale Terzo Valico dei Giovi - Linea AV/AC Milano-Genova - Protocollo di gestione della comunicazione al cittadino – Amianto <http://www.osservatoriambientali.it/on-line/home/gli-osservatori-ambientali-e-le-linee-avac/la-linea-terzo-valico-dei-giovi/gestione-rischio-amianto---documenti.html>, 2016.

MISSERI M., LAHONDERE D., (2018) Characterisation of chemically related asbestos amphiboles of actinolite: proposal for a specific differentiation in the diagram (Si apfu versus Mg/Mg+Fe²⁺) - *Int. J. Metrol. Qual. Eng.* 9, 16.

PACELLA A., 2005. Applicazioni mineralogiche per lo studio dei siti di interesse nazionale: il "Caso Biancavilla" - ISPRA Ambiente, Educazione e Formazione Ambientale Archivio Tesi e Tirocini <http://www.isprambiente.gov.it/it/formeducambiente/stage-e-tirocini/ricerca-stage/applicazioni-mineralogiche-per-lo-studio-dei-siti-1>.

PAOLETTI L., BATISTI D., BRUNO C., DI PAOLA M., GIANFAGNA A., MASTRANTONIO M., NESTI M., COMBA P., 2000. Unusually high incidence of malignant pleural mesothelioma in a town of the eastern Sicily: an epidemiological and

environmental study. *Archives of Environmental & Occupational Health* 55, 392-8. doi: 10.1080/00039890009604036.

PALEKAR, L. D., SPOONER, C. M. AND COFFIN, D. L. (1979), Influence of crystallization habit of minerals on in vitro cytotoxicity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 330: 673–686.

PALANCE, C. (1935) The minerals of Franklin and Sterling Hill Sussex County, New Jersey. U.S. Geological Survey Professional Paper 180, 135 p.

PINIZZOTTO M.R., CANTARO C., CARUSO M., CHIARENZA L., PETRALIA C., TURRISI S., BRANCATO A., 2018. Environmental monitoring of airborne fluoro-edenite fibrous amphibole in Biancavilla (Sicily, Italy): a nine-years survey. *Journal of Mediterranean Earth Sciences (JMES)*, 10, pp.89-95 - doi: 10.3304/JMES.2018.018.

REGIONE LIGURIA, REGIONE PIEMONTE. Protocollo gestione amianto per il Terzo Valico ferroviario dei Giovi <<http://www.osservatoriambientali.it/on-line/home/gli-osservatori-ambientali-e-le-linee-avac/la-linea-terzo-valico-dei-giovi/gestione-rischio-amianto---documenti.html>>, 2018.

ROMANO R., 1982. Succession of the volcanic activity in the Etnean area. *Mem. Soc. Geol. It.* 23:27-48.

SCIACCA P., FASANO S., BERTOLINI S. e LORUSSO C. "Linee Guida per l'Accompagnamento Ambientale di Grandi opere infrastrutturali" Linee Guida SNPA 35/2021 - ISBN 978-88-448-1086-3 - © Linee Guida SNPA, 35/2021.

SCOTTI E. (2019) - Scuola di alta formazione sulla bonifica dei siti contaminati – "Amianto naturale: tra contraddizioni, allarme sociale e buone pratiche" (Ravenna);

SNPA, SISTEMA NAZIONALE per la PROTEZIONE dell'AMBIENTE (2019) "Linee Guida sull'Applicazione della Disciplina per l'Utilizzo delle Terre e Rocce da Scavo" n. 22/2019, Delibera del Consiglio SNPA, seduta del 09.05.2019 n. 54/19.

SPEA INGEGNERIA EUROPEA. Linea guida per la gestione delle terre e rocce da scavo <<https://va.minambiente.it/File/Documento/22211>>, 2011.

TEMEL, A. AND GÜNDOĞDU, M. N., 1996, Zeolite occurrences and the erionite-mesothelioma relationship in Cappadocia, Central Anatolia, Turkey, Mineralum Deposita 31: 539-547.

VORTISCH, W. E BAURCHE, X. (2017) Asbestiform Antigorite: A dangerous mineral in Serpentinites. A plea to treat asbestiform antigorite as an asbestos group mineral in terms of its occupational health safety effects. N. Miner. Abh. (J. Min. Geochem.) 24 p.

World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe, Copenhagen (2000) Air Quality for Europe, 2nd Edition, 2000. WHO Regional Publications, European Series. 91, 128-131.

WYLIE ANN G. AND VERKOUTEREN JENNIFER R. (2000) Amphibole Asbestos from Libby, Montana: Aspects of nomenclature - American Mineralogist, Volume 85, pages 1540–1542, 2000.

ALLEGATO 1 – AMIANTO NATURALE

1.1 CENNI GEOLOGICI

L'amiante naturale (NOA, *Naturally Occurring Asbestos*) non ha sviluppo ubiquitario o casuale, ma è principalmente legato alla presenza di peculiari complessi litologici, che prendono il nome di Ofioliti - da $\Omega\phi\iota\varsigma$ ($\acute{o}\phi\iota\varsigma$, serpente, e $\lambda\acute{\iota}\theta\omicron\varsigma$ ($\lambda\acute{\iota}\theta\omicron\varsigma$), roccia, per la loro caratteristica colorazione verdognola traslucida, che ricorda la pelle dei rettili -. Subordinatamente, l'amiante naturale può essere associato a fenomeni di metasomatismo, anche in presenza di rocce carbonatiche, indotto da intrusioni magmatiche

Le Ofioliti, conosciute anche con il termine informale di "Rocce verdi" o "Pietre verdi", sono sezioni di crosta oceanica e del sottostante mantello (litosfera oceanica) che sono state sollevate e inglobate nelle catene montuose fino ad affiorare sulla superficie terrestre, all'interno delle quali, a precise condizioni di pressione e temperatura occorse durante i processi orogenetici, e per circolazione di fluidi durante i processi metamorfici, possono essersi sviluppati minerali amiantiferi. Questi sono presenti soprattutto in vene all'interno delle masse rocciose, ma talora anche all'interno di reticoli di mineralizzazione di dimensioni submillimetriche.

I principali litotipi nei quali possono rinvenirsi minerali amiantiferi sono le Lherzoliti, le Serpentiniti e le Oficalciti, i Metagabbri, i Metabasalti e le Metabasiti s.l., le Anfiboliti ed Eclogiti e le Breccie poligeniche. Il D.M. 14 maggio 1996 ("Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amiante, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della L. 27 marzo 1992, n. 257, recante: "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amiante") contiene la seguente classificazione delle "pietre verdi", che non riporta gabbri e basalti in quanto hanno contenuti di minerali asbestiformi praticamente nulli nella massa ed eventualmente presenti perlopiù in giacitura filoniana.

Tab. 1 - Classificazione delle cosiddette «Pietre verdi» in funzione del loro contenuto di amianto secondo il D.M. 14/05/96, allegato 4 (in neretto, i minerali definiti «amiante» dal D.Lgs. 81/08, che aggiunge la grunerite d'amiante/amosite, l'antofillite d'amiante e la crocidolite)

Litotipo	Minerali principali
Serpentiniti s.l.	Antigorite, crisotilo , pirosseni orto (Opx) e clino (Cpx), olivina, anfibolo tremolite , talco, dolomite, granato, spinelli, cromite, magnetite
Prasiniti	Feldspato albite, epidoti, anfiboli della serie tremolite-actinolite , glaucofane, Cpx 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	Talco, clorite, dolomite, tremolite , actinolite , serpentino, crisotilo , rutilo, titanite, granato
Scisti talcosi e serpentinosi	Talco, clorite, dolomite, tremolite , actinolite , serpentino, crisotilo , rutilo, titanite, granato
Oficalciti	Talco, antigorite, crisotilo , tremolite , dolomite, calcite, olivina

Fenomeni metasomatici indotti da intrusioni magmatiche in contesti carbonatici determinano trasformazioni paragenetiche progressive con formazioni di adunamenti talcosi e/o feldspatici, spesso interessati da sfruttamento minerario, cui si associano subordinatamente locali mineralizzazioni anfiboliche a tremolite-actinolite anche con abito fibroso asbestiforme. In tali contesti, sono stati segnalati casi di vene e mineralizzazioni di amianto rinvenute in marmi, marmi dolomitici e calcari dolomitici

anche interessati da contatti tettonici (PAGE 1967, CERNEY, 1968, EINAUDI & BURT, 1982 VAN GOSEN, 2007).

Talora, anche se generalmente in concentrazioni ridotte, possono rinvenirsi minerali amiantiferi in “giacitura secondaria” in rocce sedimentarie derivanti dallo smantellamento dei sopra indicati complessi litologici. Anche se di secondario interesse nel caso di scavi in sotterraneo, ed eventualmente solo per i cantieri a cielo aperto, si ricorda che minerali amiantiferi possono rinvenirsi occasionalmente anche nei complessi caotici e nei materiali sciolti superficiali, sia per fenomeni di detrizione e trasporto di rocce amiantifere presenti all'interno del bacino idrografico, sia per operazioni di riporto e rimaneggiamento antropico. Esistono tuttavia, rocce non appartenenti alla famiglia delle ofioliti che possono contenere amianto.

In ogni caso, nella massa rocciosa le concentrazioni di amianto sono molto variabili da punto a punto, e si passa facilmente da tenori prossimi al 100%, in corrispondenza di vene fibrose, fino allo 0% nella roccia incassante. È questo, fra l'altro, anche il principale motivo per cui la comunità tecnico-scientifica concorda nel ritenere non quantificabile, in termini numerici, il fondo naturale nel caso dell'amianto (vd. Cap. 0). Anche i valori medi su grande scala possono variare significativamente da alcuni valori percentuali (ad esempio l'ammasso di serpentina asbestifera coltivato a Balangero aveva un tenore medio di amianto del 6÷8 % in peso) fino alle tracce o alla non rilevabilità.

Le rocce ofiolitiche affioranti nelle catene che circondano il Mediterraneo rappresentano i relitti di antichi bacini oceanici che sono stati richiusi durante le fasi di convergenza tra l'Africa e l'Europa. Anche se esistono diversi modelli per spiegare l'obduzione dei complessi ofiolitici, ossia il processo inverso della subduzione per cui porzioni di crosta oceanica a elevata densità vengono traslate e accavallate su crosta continentale a più bassa densità, i principali sono di tipo collisionale e considerano la messa in posto delle ofioliti un effetto dei processi di collisione continente-continente e arco insulare-continente.

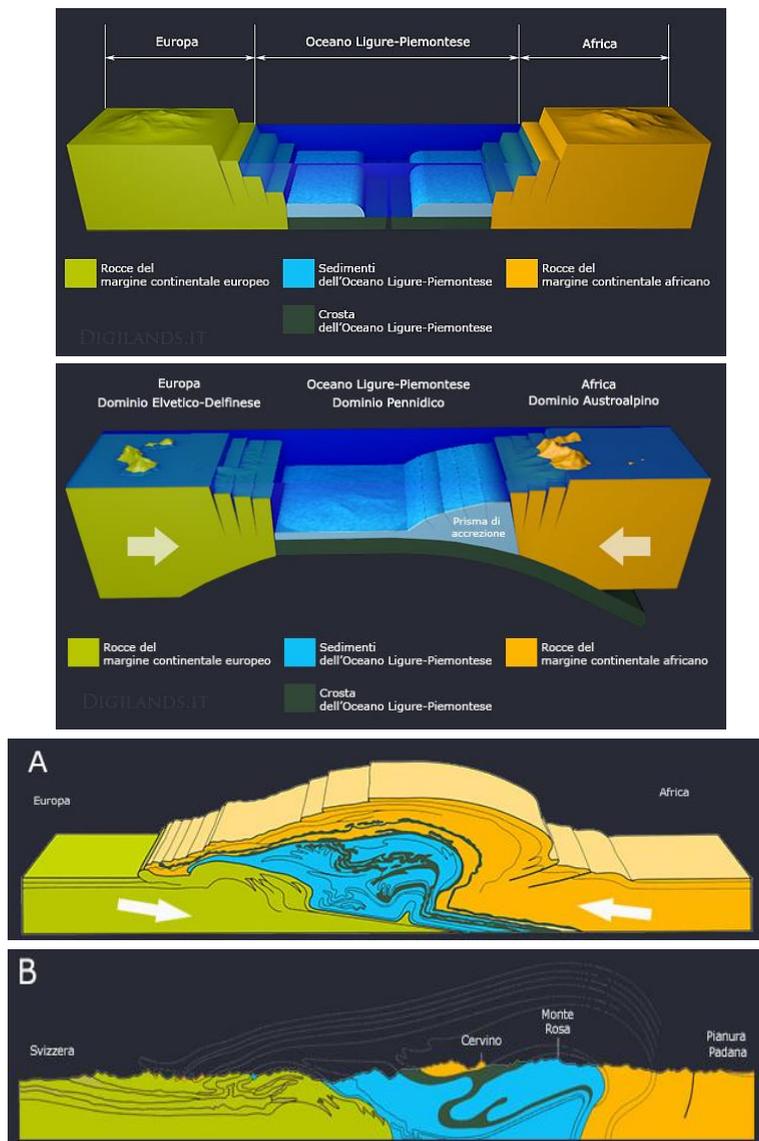


Figura 1 – Formazione di un bacino oceanico, chiusura e scontro collisionale con impilamento delle falde tettoniche ed esumazione (obduzione) della crosta oceanica ofiolitica (disegni di Alfonso Bosellini, modificati in <http://www.digilands.it/natura-illustrata/geologia/alpi/Orogenesi-alpina.html>)

Durante l'apertura del segmento settentrionale dell'Atlantico avvenuta nel Cretaceo superiore, l'Africa ha subito una variazione nel suo moto con traslazione in direzione N-NW e convergenza verso l'Europa (Treves, 1984, 1992), con contestuale chiusura dell'Oceano Ligure-piemontese. L'Europa (Treves, 1984, 1992), con contestuale chiusura dell'Oceano Ligure-piemontese.

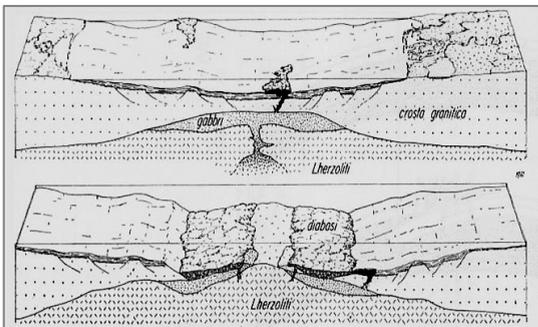


Figura 2 - Modello per la formazione di una crosta oceanica Mesozoica dell'area Piemonte-Liguria (Elter, 1972). Nella figura in alto: Triassico-Medio Giurassico): inizio di stretching e assottigliamento della crosta granitica continentale. Nella figura in basso, lacerazione della crosta continentale ed espansione, con generazione di uno "hiatus oceanico" tra i due blocchi continentali che si muovono con fuoriuscite basaltiche (*pillow lavas*, gabbri)

La definizione di associazione ofiolitica fu introdotta nel 1972 durante la Conferenza di Penrose della Società Geologica Americana. La sequenza, quando completamente sviluppata, è rappresentata dai seguenti termini, dal basso verso l'alto (cfr. MAZZEO F. 2014 - *Caratteri geochimici del mantello sorgente del magmatismo napoletano: nuove conoscenze dallo studio delle ofioliti del settore lucano dell'appennino meridionale*. Università degli Studi di Napoli Federico II):

- un complesso ultrabásico, in cui le rocce sono costituite da peridotiti di tipo lherzolitico e/o harzburgitico;
- un complesso intrusivo in cui prevalgono rocce gabbriche le cui porzioni inferiori comprendono tessiture di cumulo con stratificazione magmatica,

mentre nelle porzioni più elevate sono frequenti rocce gabbriche e modesti volumi di rocce leucocratiche;

- un complesso filoniano, costituito da un'associazione di dicchi doleritici e/o basaltici;
- un complesso vulcanico costituito da vulcaniti basiche con struttura a cuscino, e da livelli ialoclastitici;
- una copertura sedimentaria, costituita da depositi di mare profondo (terrigeni, carbonatici e silicei).

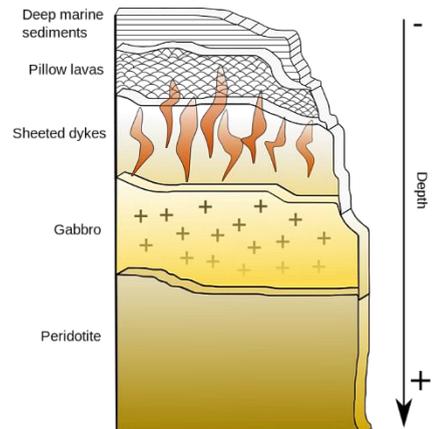


Figura 3 – Sequenza stratigrafica-tipo di complesso ofiolitico

Questa successione di litologie, basata su una sequenza affiorante in Oman, spesso non è completa. Talvolta ad esempio il complesso di gabbri filoniani manca completamente. Inoltre, le litologie ignee sono spesso serpentizzate. Il processo di serpentizzazione, molto frequente nel complesso ultrabásico, è il processo di alterazione dell'olivina ed in generale delle rocce ultrabásiche. La reazione avviene per metamorfismo di fondo oceanico, in corrispondenza della dorsale oceanica, e durante i processi di obduzione delle ofioliti. L'aggiunta di acqua è un fattore molto importante nella serpentizzazione,

che avviene a temperature generalmente inferiori a 350 °C (BARKER, 1998).

Le sequenze ofiolitiche che affiorano nelle Alpi Occidentali e nell'Appennino Settentrionale rappresentano porzioni della litosfera oceanica del bacino della Tetide Ligure (bacino Ligure - Piemonte), che separava le placche Europa e Adria durante il tardo Giurassico e Cretaceo. Esse sono state messe in posto nella catena orogenica alpina e appenninica durante la chiusura del bacino per collisione delle placche litosferiche Europa ed Adria (PICCARDO G.B. 2011).

Nell'arco alpino occidentale (Fig. 4), affiorano le ofioliti serpentizzate delle unità Ligure-Piemontesi (o Zona dei Calcescisti con Pietre Verdi o metaofioliti), derivanti dalla litosfera dell'antico oceano Ligure-Piemontese,

interposto tra il paleomargine continentale europeo e quello apulo-africano (ad es. MICHARD et al., 1996; Groppo, 2005). La zona delle unità ligure-piemontesi si estende per circa 200 km lungo l'arco alpino occidentale ed è essenzialmente costituita da scisti carbonatici (calcescisti) con intercalazioni di corpi ofiolitici di varia dimensione, che rappresentano lembi e frammenti di mantello peridotitico e di crosta oceanica, prevalentemente costituita da lave basaltiche sottomarine.

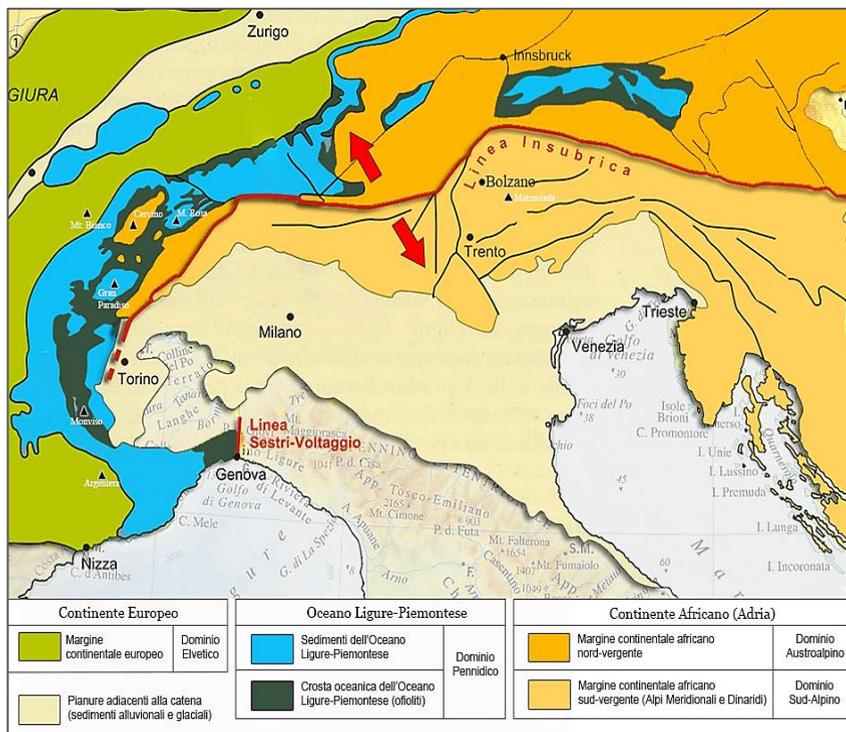


Figura 4 – Carta geologica delle Alpi (disegni da Alfonso Bosellini, modificati in <http://www.digilands.it/natura-illustrata/geologia/alpi/Orogenesi-alpina.html>) con i principali affioramenti ofiolitici



Figura 5 – Principali affioramenti ofiolitici nelle Alpi e nell'Appennino. Elaborazione effettuata con applicazione *Geomapviewer* del Portale del Servizio Geologico d'Italia (<http://portalesgi.isprambiente.it/it>), sulla base della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:1.000.000 (Document info: cartageologica1M_utm.mxd). Non si escludono affioramenti ofiolitici non cartografabili alla scala di riferimento o presenti in unità torbiditiche e olistostromi

Nell'Italia meridionale le unità tettonometamorfiche a contenuto ofiolitico coinvolte nella cintura orogena fanno parte delle falde ofiolitiche esposte lungo l'intera catena appenninica (Fig. 6).

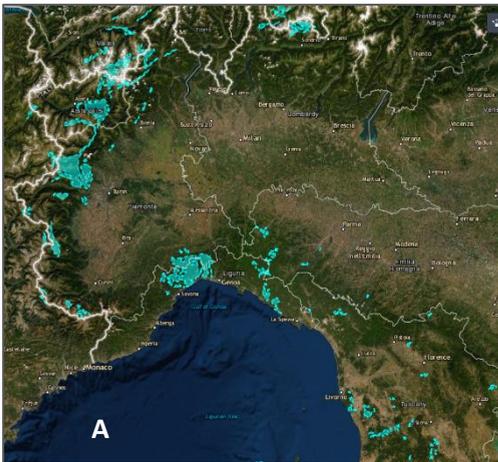


Fig. 6 – Principali affioramenti ofiolitici: dettaglio Alpi e Appennino centro-settentrionale (A) e Appennino meridionale (B)

1.2. CARATTERISTICHE DEI MINERALI FIBROSI

Come già descritto nel capitolo 2 e successivi, i minerali con abito fibroso definiti amianti dalla legge sono costituiti da sei silicati fibrosi appartenenti alla famiglia dei serpentini (crisotilo) e a quella degli anfiboli (actinolite, “amosite”, varietà fibrosa della grunerite), antofillite, “crocidolite”, varietà fibrosa della riebeckite, tremolite), differenti per composizione chimica e struttura cristallina. Altri minerali possono cristallizzare con abito fibroso (ad. es. erionite e palygorskite) oppure possono, in particolari condizioni, presentare variazioni fibrose (ad es. rutilo, brucite, olivina, fluoroedenite, antigorite). Alla problematica di tali fibre “non-normate” è dedicato l'allegato 2 della presente linea guida.

La struttura fibrosa dell'amianto deriva dalla forma del reticolo cristallino. Gli anfiboli sono inosilicati a catena doppia (vd. Fig. 9A), costituiti da catene lineari indefinite di tetraedri SiO_4 .

Tabella 2 - Silicati fibrosi di cui all'art. 247 del D.Lgs. n. 81/08

Minerale	Formula chimica	N. CAS
Actinolite d'amianto	$\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	77536-66-4
Grunerite d'amianto (Amosite)	$(\text{Mg},\text{Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	12172-73-5
Antofillite d'amianto	$(\text{Mg},\text{Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	77536-67-5
Crisotilo	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	12001-29-5
Crocidolite	$\text{Na}_2\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	12001-78-4
Tremolite d'amianto	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	77536-68-6

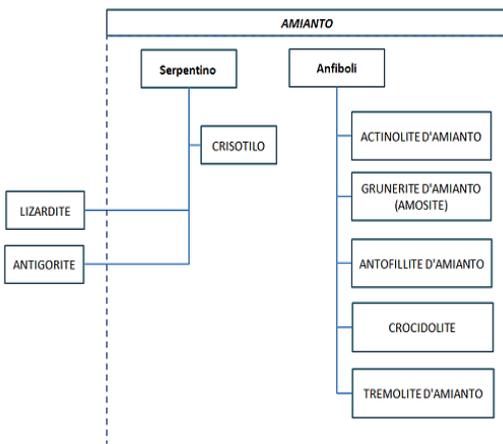


Fig. 7 – Amianto e gruppi mineralogici

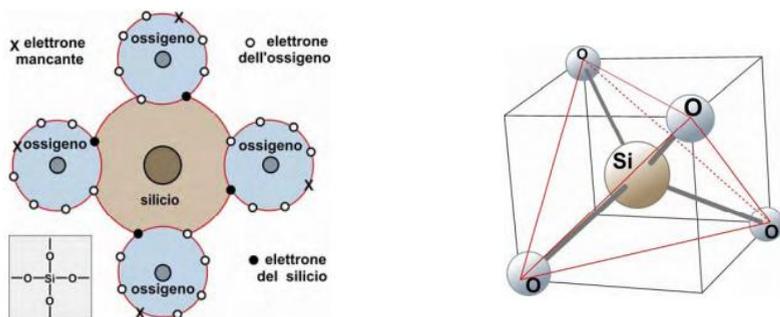


Fig. 8 – Formazione di legami covalenti mediante parziale fusione degli orbitali più esterni di un atomo di silicio con quattro atomi di ossigeno (da PEROSINO G.C. 2012, Scienze della Terra)

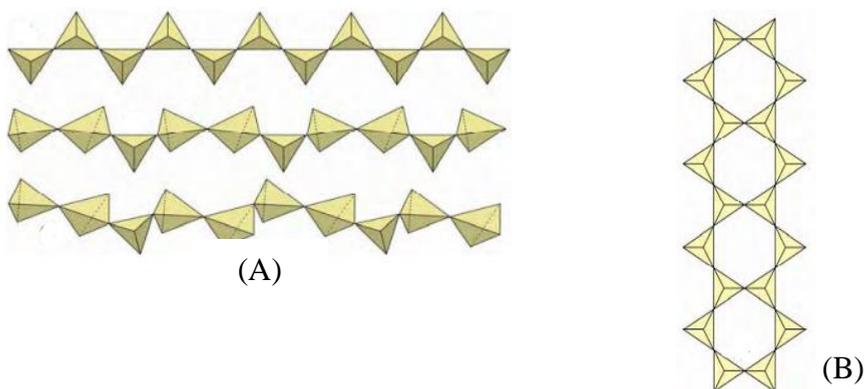


Fig. 9 – Struttura degli *inosilicati* costituiti da catene lineari di gruppi SiO_4 semplici (A) o doppie (B)

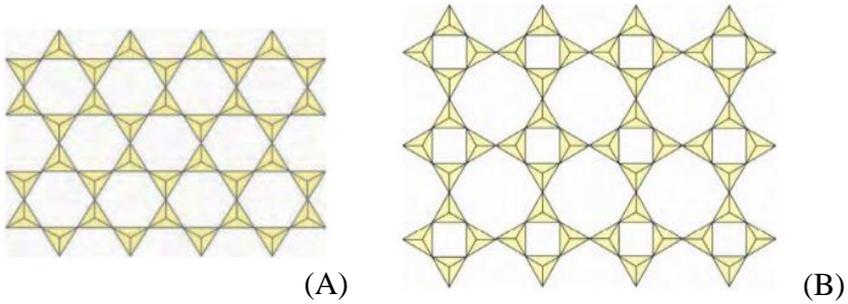


Figura 10 – Struttura dei fillosilicati: tutti i tetraedri mettono in comune tre vertici complanari, formando strati indefiniti

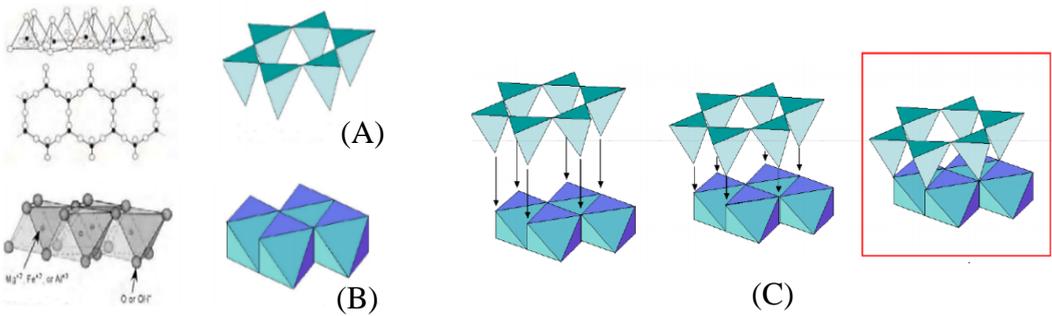


Figura 11 – Struttura dei fillosilicati

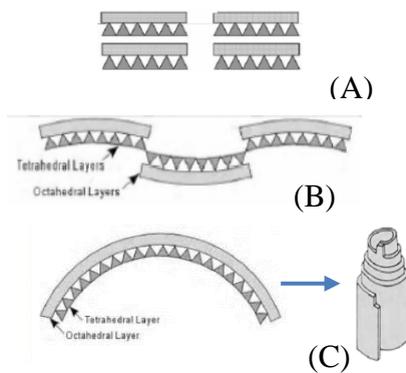


Figura 12 – Struttura dei fillosilicati: lizardite (A), antigorite (B) e crisotilo (C)

Nei fillosilicati, invece, ai quali appartiene il gruppo del serpentino, i tetraedri si uniscono a formare strati indefiniti (Fig. 10). I fogli possono avere struttura tetraedrica o ottaedrica

Dall'unione del foglio tetraedrico (Fig. 11A) con quello ottaedrico (Fig. 11B), si ottiene la geometria di base (Fig. 11C) delle strutture a strati dei fillosilicati (Gruppi T-O). I minerali del serpentino, pur avendo la stessa composizione, si differenziano per la modificazione strutturale necessaria per ridurre il *misfit* dimensionale, che consiste nella non perfetta corrispondenza dello strato T e quello O.

Nella lizardite: il *misfit* dimensionale viene bilanciato da vicarianze parziali di ioni più grandi del Si nel sito tetraedrico e più piccoli del Mg nel sito ottaedrico; per questo motivo la sua composizione è molto variabile rispetto a quella ideale. Grazie a queste vicarianze, la lizardite mantiene la struttura classica a strati T-O la cui cella è semplice e pressoché ideale. Questa struttura è caratteristica degli altri fillosilicati di questo gruppo, ad abito lamellare. Nell'antigorite, per compensare il *misfit* dimensionale, la struttura assume forma corrugata a causa dell'inversione di polarità dello strato tetraedrico nel quale l'ossigeno non condiviso assume periodicamente disposizione inversa, determinando una struttura modulare. Nel crisotilo, il *misfit* viene risolto con un'incurvatura degli strati T-O e conseguente crescita a spirale che determina l'abito fibroso. Questa proprietà strutturale è specifica del crisotilo e costituisce un fattore intrinseco indipendente dai fattori genetici e/o ambientali, che non risultano quindi essenziali per lo sviluppo dell'abito fibroso del crisotilo; tuttavia anche i fattori estrinseci determinati dall'ambiente di crescita e dalle modalità di nucleazione del minerale determinano le dimensioni dei fasci nonché la concentrazione nelle diverse tessiture e/o strutture della roccia.



Figura 13 - Esempi di litotipi potenzialmente amiantiferi: Lherzoliti tettonitiche - Unità Voltri (Genova, Loc. Piani di Praglia): presenza di serpentino (lizardite/antigorite) e potenziale amianto in massa con crescita di crisotilo in funzione del grado di serpentinizzazione



Figura 14 - Esempi di litotipi potenzialmente amiantiferi: Serpentiniti - Unità Voltri (Genova, Loc. Piani di Praglia): potenziale presenza di crisotilo in massa in funzione del grado metamorfico



Figura 15 - Esempi di litotipi potenzialmente amiantiferi: SAC (scisti actinolitico-cloritici) – Si rinvencono lungo zone di taglio e/o nelle zone di contatto tra metabasiti e serpentiniti. Serpentino e Tremolite-Attinolute sono presenti e frequentemente possono cristallizzare con abito fibroso



Figura 17 - Esempi di litotipi potenzialmente amiantiferi: Analisi allo stereomicroscopio: fasci submillimetrici di crisotilo



Figura 16 - Esempi di litotipi potenzialmente amiantiferi: Metagabbri in Facies scisti blu dell'Unità Voltri. Frequentemente le masse di metagabbri sono intruse da filoni basaltici e spesso attraversate da faglie che favoriscono la cristallizzazione di associazioni mineralogiche ad anfibolo fibroso della serie attinolute-tremolite

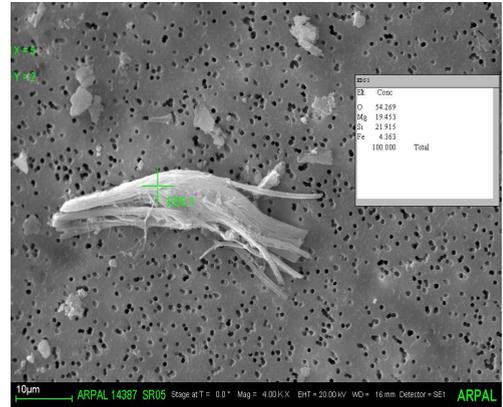


Figura 18 - Analisi microscopica: Analisi allo stereomicroscopio: fasci submillimetrici di crisotilo

ALLEGATO 2 – IL PROBLEMA DELLE FIBRE NON-NORMATE

2.1 GENERALITÀ

In natura esistono decine di specie mineralogiche aventi abito fibroso/asbestiforme, che non necessariamente hanno avuto un impiego industriale e che, pertanto, non vengono considerate “amianto” dalla normativa vigente. Alcuni di questi minerali possono avere rilevanza ambientale in quanto è stato dimostrato che sono in grado di indurre le stesse patologie attribuibili all'esposizione a fibre di amianto. Un elenco non esaustivo di detti minerali è riportato nella tabella seguente:

Tabella 1 - Alcune specie mineralogiche ad abito fibroso/asbestiforme

Minerale	Classe mineralogica		
Palygorskite	Silicati	Fillosilicati	Minerali argillosi
Wollastonite	Silicati	Tectosilicati	Pirosenoidi
Nemalite	Ossidi	Idrossido	
Erionite	Silicati	Tectosilicati	Zeoliti
Mordenite	Silicati	Tectosilicati	Zeoliti
Whincite	Silicati	Tectosilicati	Anfiboli calco-sodici
Fluoro-edenite	Silicati	Tectosilicati	Anfiboli calcici
Balangeroite	Silicati	Inosilicati	Serpentini
Carlosturanite	Silicati	Inosilicati	
Antigorite	Silicati	Fillosilicato	Serpentini



Palygorskite



Wollastonite



Antigorite



Nemalite



Whincite



Erionite



Fluoro-edenite



Mordenite



Balangeroite



Carlostauranite

Figura 1 – Campioni macroscopici di specie mineralogiche ad abito fibroso/asbestiforme (fotografie tratte da: mindat.org, webmineral.com, minfind.com e mineralatlas.eu)

Questi minerali, pur non essendo stati interessati da sfruttamento minerario e non essendo stati utilizzati industrialmente nella produzione di manufatti, costituiscono un'importante problema ambientale in quanto possono essere presenti come minerali secondari e/o in traccia in altre mineralizzazioni sfruttate industrialmente o essere presenti in rocce utilizzate come materiali da costruzione o più in generale come materiali ad uso industriale; inoltre possono partecipare alle paragenesi mineralogiche in vari tipi di rocce che per conseguenze erosive naturali, possono comportare problematiche ambientali/sanitarie.

Alcuni di questi minerali sono stati oggetto di studio da un punto di vista ambientale/sanitario, tra questi si indica la fluoro-edenite, la winchite e l'erionite.

La fluoro-edenite, inserita dallo IARC nel 2014 tra i minerali cancerogeni del gruppo 1, è un anfibolo calcico, con alto contenuto in fluoro (GIANFAGNA & OBERTI, 2001-Comba et al, 2003), rinvenuto come minerale secondario nella cava di Monte Calvario presso Biancavilla (CT) dalla quale venivano estratti materiali da costruzione. La composizione dei minerali fibrosi presenti nell'area di Biancavilla va dalla fluoro-edenite (60%), alla winchite (24%), alla tremolite (12%) e alla richterite (4%) (MAZZIOTTI-TAGLIANI S. et al 2009, BRUNI et al., 2014).

Nell'area di Biancavilla uno studio epidemiologico condotto nel 1997 mise in risalto un'incidenza di tumori maligni della pleura (mesotelioma) significativamente superiore all'attesa e sottolineò un tasso di mortalità per questa patologia tra il 1988 e il 1992, da 20 a 40 volte superiore ai tassi di incidenza normalmente registrati nelle popolazioni non esposte a rischi specifici (da: Centro Studi Interdipartimentale-Territorio, Sviluppo e Ambiente-Università degli Studi di Catania) L'area di Biancavilla è stata pertanto inserita tra i Siti d'Interesse Nazionale (SIN) con decreto ministeriale nel 2001.

Un caso simile si è registrato nel Libby (Montana, U.S.A.) in una miniera per l'estrazione della vermiculite dove è presente come minerale secondario la winchite (84%) un anfibolo calco-sodico, cui si associano in misura minore richterite (11%) e tremolite (6%) (G.P. MEEKER et al. 2003). Nell'area della miniera si è registrato un anomalo numero di casi di mesotelioma pleurico in assenza di esposizione professionale all'amianto (LYBARGER et al., 2001) sia nei residenti che negli ex lavoratori della miniera.

Ulteriori evidenze di anfiboli con abito aciculare e semi-asbestiforme sono stati studiati in una cava di marmo nella contea di Sussex in New Jersey (in Report 15 del Servizio Geologico del New Jersey). In questo sito sono presenti minerali dell'anfibolo classificabili principalmente come edenite e solo subordinatamente appartenenti alla serie tremolite-actinolite o alle orneblende del tipo pargasite hastingsite (PALANCHE 1935). Nel lavoro si evidenzia come processi di comminuzione di anfiboli aciculari possono portare alla formazione di anfiboli semi-asbestiformi con rapporti lunghezza/larghezza superiori a 20:1 per i quali è stata dimostrata la tossicità (PALEKAR et al. 1979)

La potenziale cancerogenicità dell'erionite è stata evidenziata per la prima volta in un villaggio della Cappadocia (Turchia) dove è stata accertata, in una popolazione di poche centinaia di persone, la presenza di 29 casi di mesotelioma pleurico e 4 casi di mesotelioma peritoneale non associati all'esposizione professionale ad amianto (Temel & Gundogdu, 1996). In quest'area sono presenti estese formazioni piroclastiche

mioceniche ove fenomeni di trasformazione secondaria hanno prodotto mineralizzazioni a zeoliti principalmente clinoptilolite e subordinatamente cabasite, philippsite ed erionite. In alcune zone di questa area della Cappodocia sono maggiormente presenti piroclastiti zeolitizzate a erionite che vengono utilizzate come pietre da costruzione e pavimentazione (LILIS, 1981) ed è stata dimostrata l'anomala presenza di patologie asbesto correlate (EMRI SA.2017).

Nel 1987, l'*International Agency for Research on Cancer* (IARC) ha inserito l'erionite tra i minerali cancerogeni del Gruppo 1 al pari dell'amianto normato.

L'erionite, presente in diverse località italiane, si ritrova sia in cavità in rocce vulcaniche (solitamente intermedio basiche) sia diffusamente presente come minerale di alterazione idrotermale in piroclastiti pomiceo cineritiche (e.g. in Sardegna nell'area di Osilo SS).

I problemi di classificazione tra i minerali di anfibolo normati (cancerogeni certi) e gli anfiboli non normati, per i quali è stata dimostrata la potenziale cancerogenicità, sono legati alla loro complessità chimica, che è direttamente correlata ai processi minerogenetici che hanno sovrinteso la loro formazione; inoltre, i diversi sistemi classificativi proposti da vari autori (e.g. Deer et al. (1963) Leake et al. (1997) M. Misseri e D. Lahondere (2018)), come evidenziato per esempio da Wylie e Verkouteren (2000), portano a differenti classificazioni degli stessi anfiboli (e.g. tremolite – ricterite – winchite a seconda del digramma classificativo utilizzato) oltre ad una dimostrata variabilità degli stessi all'interno di una medesima mineralizzazione.

A titolo di esempio si ricorda che il termine generico di orneblenda è riferito a soluzioni solide di termini estremi più o meno teorici quali l'edenite, la tschermachite e la pargasite; tutti questi termini possono essere interpretati come derivanti dalla tremolite per parziale sostituzione di Mg con Al o per ingresso di Na in posizioni vacanti legate alla parziale sostituzione del Si con Al per compensare le cariche rispetto al tetraedro teorico (CAROBBI G. 1971). Queste complicazioni non si registrano solo per il complesso gruppo degli anfiboli ma alcuni autori evidenziano che anche in mineralizzazioni serpentينية, alla presenza di crisotilo, spesso si affianca il termine

teoricamente non fibroso/asbestiforme antigoritico. Vortisch W. e Baurche X. (2017) evidenziano come nell'esecuzione degli scavi per una galleria autostradale nel sud dell'Austria si sia verificata un'anomala abbondanza di fibre asbestiformi aerodisperse "respirabili", in presenza di affioramenti di serpentine classificati come antigorite e solo subordinatamente come crisotilo. In questo lavoro si evidenzia come il processo di scavo e frantumazione abbia portato l'antigorite a produrre fibre "respirabili".

In Sardegna, nella località di Orani, processi metasomatici indotti da intrusioni tonalitiche-granodioritiche su meta-sedimenti, hanno prodotto trasformazioni paragenetiche con formazione di una mineralizzazione principalmente a talco e feldspato sodico-calcico oltre a numerosi minerali secondari tra cui anfiboli della serie tremolite.

Evidenze in affioramento indicano la presenza di una mineralizzazione ad anfibolo principalmente al contatto tra l'intrusione e le meta-dolomie che si associa alla mineralizzazione a talco coltivata sin dai decenni passati. Nella miniera di feldspato sodico di Orani (NU), dove è stata riscontrata la presenza di anfiboli in porzioni periferiche dei corpi mineralizzati a feldspato sodico, sono state registrate problematiche paragonabili a quanto evidenziato per la già citata miniera di vermiculite di Libby e per il tunnel autostradale del sud dell'Austria dove la presenza di fibre "respirabili" è legata anche ai processi di comminazione durante gli scavi.

Studi mineralogico-chimici eseguiti al SEM (ARPAS dati non pubblicati), hanno evidenziato la natura anche asbestiforme di detto anfibolo che in generale rientra nei



Figura 2 - Mineralizzazione a tremolite-actinolite nell'area di Orani

termini tremolitici-actinolitici mentre subordinatamente sono presenti termini con debole contenuto in sodio e alluminio che determinano incertezze classificative.

I processi di comminuzione eseguiti durante le attività di estrazione e valorizzazione mineraria hanno comportato la dispersione anche importante, di fibre anfiboliche "respirabili".

In territorio di Orani sono presenti evidenze di utilizzo di materiali da costruzione con presenza di anfiboli fibroso/asbestiformi locali (ARPAS dati non pubblicati).

Ulteriori segnalazioni di presenza di amianto naturale in Sardegna sono riportate in LUCCI F. et. al. (2018) dove anfiboli della serie tremolite-ferro actinolite con abito fibroso-aciculare secondari, sono associati a deformazioni tettoniche di taglio e ad interazioni con fluidi idrotermali in un complesso granitoido permiano della Sardegna centrale.

Le evidenze più sopra riportate indicano come esista un'importante problematica legata sia ad aspetti classificativi che morfologici:

- Per i minerali degli anfiboli, è stato dimostrato che si individuano specie mineralogiche differenti da quelle normate per legge ma per le quali la potenziale cancerogenicità è dimostrata;
- La morfologia di cristallizzazione aciculare fibrosa, che può non risultare pericolosa, per processi artificiali/naturali di comminuzione/degradazione, può determinare la formazione di fibre "respirabili".

Come proposto da Wylie e Verkouteren (2000) si ritiene pertanto che la normativa vigente dovrebbe essere modificata sostituendo alle cinque tipologie di amianto di anfibolo normate, che sostanzialmente derivano dai prodotti normalmente usati nell'industria, un generico "anfibolo fibroso" cui aggiungere il minerale erionite del gruppo delle zeoliti che risulta già un minerale cancerogeno del gruppo 1 per lo IARC.

2.2 UN CASO STUDIO - LA CONTAMINAZIONE DA FLUORO-EDENITE ED IL MODELLO BIANCAVILLA (CT) - L'ESPERIENZA DI ARPA SICILIA NELLA GESTIONE DELLE ATTIVITÀ EDILIZIE E DI SCAVO DALL'ISTITUZIONE DEL SIN AD OGGI

(ANTONINO BRANCATO, MARIA RITA PINIZZOTTO E GAETANO VALASTRO - ARPA Sicilia – Struttura Territoriale di Catania)

2.2.1 PREMESSA

Biancavilla è un comune della Città Metropolitana di Catania, con popolazione residente pari a circa 20.000 abitanti. Situato alle pendici dell'Etna, 32 Km a Nord-Ovest della città di Catania, in un territorio a prevalente vocazione agricola compreso fra i comuni di Adrano e Santa Maria di Licodia, il comune di Biancavilla occupa un'area estesa circa 70,7 km².

Geologicamente, l'area è caratterizzata dalla presenza di una serie di domi e dicchi associati a breccie autoclastiche, materiale friabile ed incoerente, nel quale vennero riscontrati anfiboli fibrosi inizialmente classificati come fasi intermedie della tremolite-actinolite (COMBA et al., 2003; MAZZIOTTI-TAGLIANI et al., 2009).

La prima indicazione circa un eccesso di casi di mesoteliomi pleurici a Biancavilla venne pubblicata in un report del programma nazionale di sorveglianza epidemiologica sulla mortalità da mesotelioma in Italia nel periodo 1988–92 (DI PAOLA et al., 1996). L'elevata incidenza, inattesa in assenza di una esposizione professionale certa all'amianto, in un paese quasi esclusivamente dedito all'agricoltura, fu correlata alla diffusa presenza di fibre anfiboliche aerodisperse (PAOLETTI et al., 2000; Comba et al., 2003; BURRAGATO et al., 2005): studi sulle matrici ambientali hanno poi evidenziato come due siti estrattivi di materiale lapideo (cave "La Cava" e "Di Paola"), situati a Sud-Est del comune di Biancavilla, nell'area di Monte Calvario, potessero essere la sorgente della contaminazione ambientale da asbesto (MANNA E COMBA, 2001).

Monte Calvario è composto da una serie di domi ad alta viscosità autobrecciata, a composizione prevalentemente benmoreitica; gli abbondanti materiali incoerenti, alterati e molto friabili, riscontrati nelle cave

prima citate, originavano sia da lave brecciate benmoreitiche sia da depositi piroclastici, co-sì come riportato da Romano (1982) nel suo lavoro sulle successioni vulcaniche Etnee. Nei campioni prelevati direttamente dalle formazioni vulcaniche "in situ", le fibre anfiboliche si presentavano sciolte e disperse in una matrice a grana fine e finissima, derivante, molto probabilmente, dall'azione autobrecciante della lava benmoreitica originale (PACELLA A., 2005).



Figura 3 - Biancavilla e Monte Calvario

L'analisi mineralogica di tali materiali portò finalmente all'identificazione di un nuovo minerale, appartenente alla serie degli anfiboli calcici, che presentava una morfologia variabile da prismatica ad aciculare a fibrosa: la fluoro-edenite.

La fluoro-edenite presenta alcuni caratteri che la fanno assomigliare ai minerali del gruppo dell'amianto, in particolare alle due fasi fibrose tremolite e actinolite, con le quali ha in comune, oltre all'aspetto morfologico, anche quello composizionale. La caratteristica saliente, che comunque distingue la fluoro-edenite di Biancavilla non solo dagli altri minerali fibrosi, ma anche da tutti gli altri anfibo-li noti, è proprio l'alto contenuto in F finora mai riscontrato in natura, tanto che essa rappresenta il primo

ritrovamento al mondo di anfibolo naturale con tutto l'OH sostituito da F.

Nel 2001 il minerale, identificato come un termine estremo della serie Edenite-Fluoroedenite a formula ($\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{Mg}_5(\text{Si}_7\text{Al})\text{O}_{22}\text{F}_2$), è stato approvato dalla "Commission on New Minerals and Mineral Names dell'International Mineralogical Association" (IMA, code 2000-049) (GIANFAGNA e OBERTI, 2001; GRIGE e FERRARIS, 2001).

Inoltre, come riportato da Gianfagna e Fiori nel 2003, il minerale rappresenta il primo ritrovamento di anfibolo fibroso in un contesto genetico decisamente vulcanico. La fluoro-edenite è infatti contenuta nei prodotti benmoreitici dell'attività etnea, interessati, successivamente alla loro messa in posto, da un intenso processo di metasomatizzazione da fluidi caldi, ricchi in fluoro. Le diverse dimensioni e morfologie della fluoro-edenite (prismatica, aciculare, fibrosa e asbestiforme) potrebbero essere ascritte proprio a diverse condizioni di cristallizzazione del sistema.

Successive indagini mineralogiche e chimiche confermarono la presenza di abbondanti fibre anfiboliche ad abito asbestiforme, di composizione simile alla fluoro-edenite, in materiali campionati anche all'esterno dell'area di cava (BRUNO et al., 2015). Tale materiale ricco in fluoro-edenite fu estratto dalle Cave di Monte Calvario sin dagli anni 50 (con un picco di produzione fra gli anni 60 e 70) ed ampiamente utilizzato nell'edilizia locale soprattutto per la preparazione di intonaci nonché per la pavimentazione di strade, piazze ed altre aree (Bruni et al., 2006). L'utilizzo diffuso in edilizia e la presenza di strade sterrate, pavimentate con il materiale proveniente dalle cave, ha di fatto causato nel tempo una contaminazione ambientale diffusa (PAOLETTI et al., 2000; BURRAGATO et al., 2005), ovvero non causata da una sorgente puntiforme (*non-point*); la polvere originata sia da strade sterrate sia dalle attività di costruzione/demolizione sia dall'estrazione di materiale dalle cave di Monte Calvario è stata la causa dell'inalazione di fibre di fluoro-edenite da parte della popolazione residente (Manna e Comba, 2001). Dal punto di vista sanitario il rischio carcinogeno per l'uomo ascrivibile agli anfiboli fibrosi della fluoro-edenite è stato

riportato nella rivista "The Lancet Oncology" (GROSSE et al., 2014) e definitivamente acclarato dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro (IARC, 2017), che ha incluso la fluoro-edenite nel Gruppo 1 - agenti sicuramente cancerogeni per l'uomo.

Sulla base delle evidenze prima citate, nel 2001 il comune di Biancavilla è stato individuato quale Sito di Interesse Nazionale con il Decreto Ministeriale 18 settembre 2001 n. 468, mentre con il successivo Decreto Ministeriale del 18 luglio 2002 è stato definito il perimetro del sito medesimo al cui interno eseguire gli interventi di caratterizzazione, messa in sicurezza di emergenza, bonifica, ripristino ambientale nonché le necessarie attività di monitoraggio.

Con Decreto Assessoriale (D.A.) n. 105 del 15.04.15 la Regione Siciliana ha istituito il geosito di rilevanza Mondiale "Lave brecciate a fluoro-edenite e fluoroflogopite di Monte Calvario", ricadente nel territorio comunale di Biancavilla, provincia di Catania. All'interno del geosito (il cui perimetro e le relative fasce di rispetto sono riportate nel D.A. prima citato) è consentito realizzare esclusivamente interventi mirati alla salvaguardia del geosito stesso, alla mitigazione del rischio geomorfologico ed in generale del rischio per la pubblica incolumità, previo nullaosta dell'Assessorato Regionale del Territorio e dell'Ambiente - Dipartimento regionale dell'ambiente.

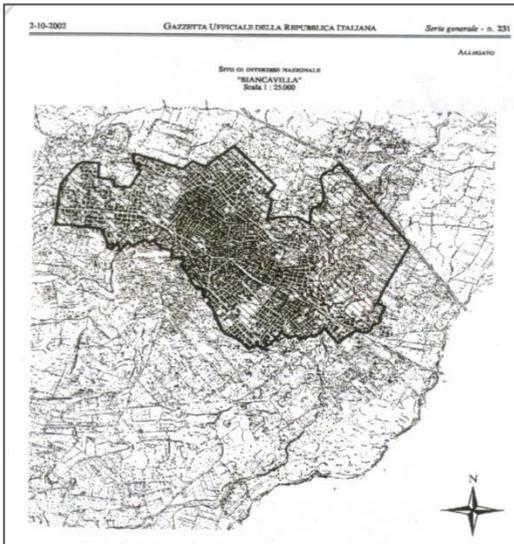


Figura 4 - Perimetro del SIN di Biancavilla (Decreto Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio del 18/07/2002)

2.2.2 SINTESI DEI RISULTATI DELLA CARATTERIZZAZIONE

A partire dal 2001, a Biancavilla furono quindi adottate una serie di misure di riduzione della polverosità in ambiente esterno cominciando, in particolare, con il pavimentare le strade sterrate considerate il principale fattore di rischio per l'esposizione della popolazione.

Più tardi, dall'agosto del 2004 al luglio 2005, l'Università di Catania eseguì uno studio di caratterizzazione dell'area di Biancavilla (Famoso et al., 2012). L'indagine in questione, oltre a valutare la concentrazione delle fibre amfiboliche nelle matrici ambientali, fra cui aria e suolo, risultò utile per valutare l'efficacia delle prime misure di mitigazione adottate dopo il 2001. Per quanto attiene alla caratterizzazione vera e propria nei documenti redatti dagli istituti universitari che hanno avuto l'incarico di eseguire i suddetti lavori si legge, tra l'altro: «(omissis) sono stati realizzati 930 campionamenti di materiali solidi. (omissis) Si è proceduto alla raccolta dei campioni solidi in tutto il territorio di Biancavilla. Come si evince dalle mi-

sure SEM/EDX la fluoro-edenite è presente nella stragrande maggioranza dei campioni sia massivi che di *top soil*. Questo risultato indica che, con estrema probabilità le sorgenti primarie di amfibolo non sono limitate alla sola zona di monte Calvario».

In merito ai dati a corredo dei documenti di cui sopra si evince che, ai fini della caratterizzazione, sono stati analizzati 313 campioni con tecnica SEM/EDX; di essi 32 (10% circa) hanno evidenziato assenza di fibre di fluoro-edenite, 42 (13% circa) hanno evidenziato presenza di fibre di fluoro-edenite in quantità maggiore a 1000 mg/Kg e 239 (77% circa) hanno evidenziato presenza di fibre di fluoro-edenite in quantità inferiore a 1000 mg/Kg. Dagli studi di cui sopra si evince che l'evidenza del superamento della CSC si è avuta solo nel 13% dei campioni esaminati mentre la presenza di fluoro-edenite è stata conclamata nel 90% dei campioni esaminati.

Tuttavia, in considerazione delle peculiarità del materiale "inquinante" (il minerale fluoro-edenite di cui trattasi) che ha la possibilità, anche per la semplice azione del vento, di liberarsi dalle rocce che lo contengono sfaldandosi in fibre che poi si disperdono nell'aria (matrice nella quale, a tutt'oggi, il suo valore limite di riferimento è stato posto pari ad 1 fibra/litro), a scopo cautelativo ed in ossequio al principio di precauzione, è stato ritenuto opportuno considerare l'intero sito come oggetto di particolari attenzioni e cautele e/o di attività riconducibili ad operazioni di messa in sicurezza e di bonifica, anche se, ad una stretta osservanza delle disposizioni di legge in materia, tali attività avrebbero dovuto riguardare solo quelle aree ricadenti nelle zone ove, a seguito di analisi del suolo, era stato conclamato il superamento della CSC.

Coerentemente con le evidenze ed i principi sopra delineati il controllo della situazione ambientale nel SIN di Biancavilla è stato effettuato tramite continui monitoraggi della qualità dell'aria, eseguiti dapprima a cura di istituti universitari e da ARPA Sicilia e dal 2011 ad oggi esclusivamente a cura di AR-PA Sicilia che, intervenendo con la propria Struttura territorialmente competente, fino ad oggi, ai fini di cui sopra, ha prelevato ed analizzato oltre 900 campioni di particolato atmosferico.

2.2.3 STRATEGIE ADOTTATE PER LA BONIFICA DEL SIN DI BIANCAVILLA

A miglior comprensione di quanto appreso verrà esposto si ritiene utile citare sinteticamente, a titolo esemplificativo e non esaustivo, alcune delle opere condotte all'interno del SIN dalla data della sua istituzione, precisando che le suddette opere vengono seguite allorché, avuto il parere favorevole di tutti gli enti preposti, si perviene all'approvazione degli specifici progetti allo scopo predisposti e vengono stanziati le somme per la realizzazione dei medesimi.

Sia sulla base di indicazioni fornite dal Comune Biancavilla che a seguito della specifica attività di controllo e monitoraggio espletata dalla Struttura di Catania di ARPA Sicilia, sinteticamente si può rappresentare che, ad oggi, all'interno del SIN oltre alle operazioni di caratterizzazione e monitoraggio sopra riportate sono state eseguite le ulteriori seguenti attività:

- Esproprio delle aree di cava di monte Calvario già esercite dalle ditte La Cava e Di Paola ed acquisizione di esse da parte del comune di Biancavilla;
- asfaltatura di circa 200.000 m² di strade urbane che risultavano realizzate a fondo naturale e pertanto potevano essere fonti di rilascio di fibre di fluoro-edenite;
- attività di predisposizione dell'area di cava ex Di Paola da adibire a discarica dei materiali lapidei provenienti dalle operazioni di scavo eseguite per l'ammodernamento del tracciato della Ferrovia CircumEtna (FCE) nonché dalle opere di urbanizzazione del Comune di Biancavilla;
- rifacimento delle parti di intonaco ammalorate ed incapsulamento delle parti ben conservate di cinque edifici pubblici che, a seguito di indagini analitiche, erano risultati essere stati realizzati con l'impiego di sabbie vulcaniche provenienti dalle cave di monte Calvario che, come detto, contengono fluoro-edenite. Gli edifici erano: le scuole G. Marconi, G. Verga, L. Sturzo e Don G. Bosco, nonché il palazzo Comunale;
- ricopertura con calcestruzzo proiettato (*spritz beton*) di una porzione di una parete rocciosa facente parte

- dell'area di monte Calvario e contigua alla porzione di Sud-Est dell'abitato di Biancavilla;
- rifacimento degli intonaci dei muri di cinta del cimitero, del campo sportivo e della villa comunale;
- rifacimento degli intonaci della scuola materna di via Pistoia;
- attività di MISE (messa in sicurezza permanente) dell'area di monte Calvario ove insisteva la cava della ditta La Cava, costituita nella rimozione dei cumuli di materiali lapidei frantumati residuati dalla dismessa attività estrattiva ed ancora presenti nel sito e loro conferimento nella limitrofa area di discarica (ex cava Di Paola), nella ricopertura del piano di calpestio con apposizione di uno strato di pietrisco di circa cinquanta centimetri di spessore, certificato esente da sostanze inquinanti, tra cui la fluoro-edenite, per una superficie totale di circa 90.000 m²;
- continuazione della ricopertura con spritz beton della parete dell'area di cava adiacente al lato Sud-Est dell'abitato;
- recinzione completa dell'area di cava;
- completamento dell'asfaltatura delle strade urbane.

Occorre ora esplicitare alcune considerazioni che sono state alla base delle strategie di intervento adottate e/o previste tenuto conto della peculiarità del sito e della necessità di operare conformemente alle normative di settore, nonché in ossequio al principio di precauzione ai fini della massima sicurezza.

Appare evidente che nella situazione ambientale descritta ai paragrafi precedenti le attività eseguite al fine di "estinguere" le sorgenti di rilascio di fibre nell'atmosfera non sempre rivestono le connotazioni ascrivibili alle operazioni di "bonifica" così come definita all'art. 240 del decreto legislativo 03 aprile 2006 n. 152 e ss. mm. ii. ed intese come: "l'insieme degli interventi atti ad eliminare le fonti di inquinamento e le sostanze inquinanti o a ridurre le concentrazioni delle stesse presenti nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee ad un livello uguale o inferiore ai valori delle Concentrazioni Soglia di Rischio (CSR)". Anzi si può affermare che in genere, e tranne alcuni casi specifici (di cui si dirà appresso), le operazioni di riduzione dei

quantitativi di fluoro-edenite nel suolo non risultano in programma, in quanto tecnicamente impossibili da attuare in un sito in cui, per fenomeni di origine naturale il minerale in questione è presente in quantità estremamente diffusa e variabile e pertanto tali operazioni non sono state attuate se non in casi particolari di cui in seguito sarà fatta menzione.

Piuttosto le numerose attività poste in essere nel SIN di Biancavilla possono essere viste come operazioni di "messa in sicurezza permanente" intesa, sempre ai sensi dell'art. 240 del D.Lgs. 152/06 come: "l'insieme degli interventi atti ad isolare in modo definitivo le fonti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti e a garantire un elevato e definitivo livello di sicurezza per le persone e per l'ambiente."

Per facilitare la comprensione di quanto sopra accennato in merito alle due tipologie di interventi si cita-no, a titolo di esempio, alcune opere già realizzate ed incluse nel precedente elenco, che appaiono individuabili o come attività di bonifica o come attività di messa in sicurezza permanente.

BONIFICHE:

- Rimozione di tutti i cumuli di materiale lapideo frantumato residuati dalla dismessa attività di cava ed ancora giacenti all'interno della stessa. I materiali rimossi sono stati messi in sicurezza in apposita area all'interno della ex Cava Di Paola, allo scopo autorizzata con disposizione prefettizia ad essere adibita a discarica dei materiali potenzialmente contenenti fluoro-edenite e provenienti dal sito della cava "La Cava", dai lavori di scavo effettuati per le opere di urbanizzazione del comune di Biancavilla, non-ché dai lavori eseguiti dalla Ferrovia CircumEtna (FCE) per l'ammodernamento della tratta Paternò-Adrano il cui tracciato, tra l'altro, prevedeva la realizzazione di una galleria (oggi già ultimata ed in esercizio), scavata nel sottosuolo del sito di monte Calvario;
- rimozione e conferimento a discarica diintonaci ammalorati di edifici o manufatti pubblici riscontrati, a mezzo di precedenti indagini analitiche, con

presenza di sabbie vulcaniche contenenti fluoro-edenite.

MESSA IN SICUREZZA PERMANENTE:

- Ricopertura dell'intero piano di calpestio dell'area dell'ex cava "La Cava" con strato di pietrisco vulcanico di opportuno spessore e pezzatura, previamente analizzato e certificato con la supervisione di ARPA Sicilia, al fine di verificare l'assenza di fluoro-edenite ed il rispetto delle CSC di cui alla Tabella 1, Allegato 5, al Titolo V della Parte IV del d.lgs. 152/06 per gli eventuali altri inquinanti potenzialmente presenti nel sito di provenienza del pietrisco, attese le attività in esso svolte (essenzialmente movimentazione di mezzi di trasporto e macchine da scavo);
- ricopertura con calcestruzzo spruzzato (spritz beton) di una parete acclive dell'area della cava La Cava prospiciente l'abitato di Biancavilla e di cui si è detto ai punti precedenti;
- asfaltatura di vie e aree pubbliche che risultavano sterrate prima dei suddetti interventi.

2.2.4 IL MONITORAGGIO AMBIENTALE NEL SIN DI BIANCAVILLA

Uno studio pubblicato dall'Istituto Superiore di Sanità, contenente i risultati di 3 campagne di campionamento (anni 2000, 2004-05 e 2009-13) delle fibre aerodisperse di fluoro-edenite nel comune di Biancavilla, riporta come nell'anno 2000, prima dell'implementazione delle misure di mitigazione, il li-vello di contaminazione era contenuto in un *range* da 0.4 a 8.2 (media 1.76) fibre per litro (f/l). Nello stesso anno furono altresì riscontrati rilevanti picchi di concentrazione di fibre (da 93 a 183 f/l), regi-strati in prossimità di strade sterrate, pavimentate con materiale inerte ed in condizioni di intenso traffico veicolare.

I dati del periodo 2004-2005 (Università di Catania), relativi ad un'indagine volta anche a valutare la concentrazione delle fibre anfiboliche nelle matrici aria e suolo, evidenziò l'efficacia degli interventi di mitigazione

nel frattempo posti in essere sulla base delle nuove misurazioni, che mostravano valori di concentrazione in ambiente esterno in un intervallo compreso fra 0.01 e 4.19 f/l (media 0.35 f/l).

I dati relativi al periodo 2009-13 (ARPA Sicilia) confermarono tale trend discendente fino ad una concentrazione media di fibre aerodisperse pari a 0.1 f/l nel 2013, sebbene alcuni valori anomali superiori fossero stati osservati in concomitanza con specifici interventi (progetti di scavo) o in determinate condizioni meteorologiche (BRUNI et al., 2014).

La riduzione nel tempo della concentrazione di fibre di fluoro-edenite aerodisperse è, di fatto, il risultato di tutte le attività poste in essere a Biancavilla da quando, nel 2001 l'intero agglomerato urbano è stato riconosciuto "Sito di Interesse Nazionale" da bonificare.

Nel 2008, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATM) ha affidato all'ARPA Sicilia il compito di controllare la qualità dell'aria di Biancavilla, in particolare durante tutte le attività di bonifica e/o messa in sicurezza permanente, allo scopo di monitorare l'esposizione della popolazione ma anche il rispetto delle prescrizioni impartite per la realizzazione di tali attività.

Iniziato nel 2009, il monitoraggio delle fibre aerodisperse è stato eseguito da ARPA Sicilia in maniera routinaria, anche in assenza di specifiche attività antropiche alle quali potenzialmente imputare il rilascio di fibre in atmosfera, allo scopo di verificare il rispetto del valore indicato dalle Linee Guida dell'Organizzazione Mondiale della Sanità per la qualità dell'aria in Europa (WHO, 2000) in ambiente urbano, pari ad 1 f/l, che di fatto comporta un incremento di rischio cancerogeno compreso fra 1 e 100 casi/1.000.000 di esposti, relativamente ad una esposizione continuativa per l'intera vita della popolazione generale. Tutte le analisi, dal 2009 a tutt'oggi, sono eseguite presso il laboratorio amianto di ARPA Sicilia in SEM-EDX secondo i criteri stabiliti nel Decreto Ministero della Salute (DM) 06/09/94, avendo, il laboratorio suddetto, ottenuto e mantenuto il previsto riconoscimento ministeriale per l'esecuzione di tali analisi.

Dall'esame dei risultati ottenuti dai circa 950 campioni prelevati dal 2009 a fine 2019 si evince nel complesso un andamento di significativa riduzione delle concentrazioni di fibre aerodisperse, mentre i superamenti del valore di 1 f/l sporadicamente registrati sono stati generalmente osservati in concomitanza di specifici interventi quali attività di scavo/demolizione, o in determinate condizioni meteorologiche. Fra i dati più recenti, da segnalare un solo superamento nel 2015 (in concomitanza di lavori di scavo stradale nel centro urbano) mentre nessun superamento è stato registrato negli anni 2016 e 2017 (PINIZZOTTO et al., 2018).

Tuttavia, in controtendenza, occorre segnalare che nell'arco del 2018, a fronte di 50 campioni prelevati, sono stati registrati ben due superamenti del valore di 1 f/l, ottenuti nell'ambito di campagne di campionamento del particolato atmosferico condotte da ARPA a ridosso di cantieri di piccole dimensioni (ristrutturazione di una chiesa e demolizione di alcuni tramezzi all'interno di un garage privato), regolarmente autorizzati dal comune di Biancavilla. Nessun superamento è stato registrato nel corso del 2019.

I dati del monitoraggio complessivamente dimostrano quanto sia di estrema importanza esercitare un controllo particolarmente attento ed efficiente da parte degli Enti preposti su tutte le attività che richiedono movimentazione di materiali e terre all'interno del SIN per la realizzazione di opere di urbanizzazione o di lavori di cantieri edili, predisponendo piani di controllo e misure di mitigazione.

Da non sottovalutare, inoltre, i superamenti registrati in area urbana, in zone site in prossimità dell'area di cava e presso le quali non erano in atto particolari attività antropiche, come per esempio osservato nel corso dell'anno 2014 (6 superamenti/181 campioni prelevati). In quell'anno, infatti, ad eccezione di due superamenti ottenuti nel corso delle operazioni di scavo eseguite per la rimozione dei serbatoi di un Punto Vendita carburanti, gli altri 4 superamenti sono stati registrati in zona urbana, non distante dall'area di cava e da alcuni affioramenti di rocce vulcaniche privi di terreno di copertura e di vegetazione, presso le quali non c'era evidenza dello svolgimento di particolari attività che avessero

comportato l'esecuzione di scavi, movimenti terra etc. È pertanto verosimile ritenere che in aree quali quelle descritte, specie in condizioni di ventilazione e bassa umidità, possano originarsi rilasci di fibre anche in assenza di attività antropiche; tale evidenza è stata sottolineata nei report periodica-mente trasmessi alle autorità ambientali e sanitarie, nonché al comune di Biancavilla, ritenendo che potessero essere utili nello stabilire le priorità di intervento per i futuri progetti di bonifica e/o messa in sicurezza permanente allo studio presso i competenti uffici del suddetto Comune.

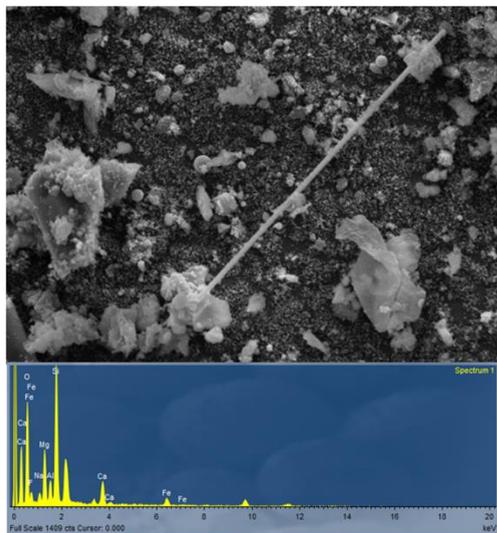


Figura 5 - Immagine al SEM e spettro EDX di fibra respirabile di fluoro-edenite in campione di particolato atmosferico prelevato a Biancavilla

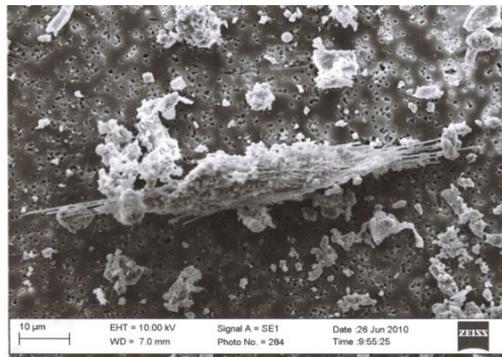


Figura 6 - "Agglomerato" di fibre di fluoro-edenite riscontrato in un campione di particolato atmosferico prelevato a Biancavilla nel 2010

2.2.5 PROBLEMATICHE INERENTI LA GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA E DELLE ROCCE E TERRE DA SCAVO

Nel merito delle considerazioni e/o indicazioni riportate nel presente e nei successivi punti, si precisa preliminarmente che essi non costituiscono proposte di future linee guida (anche se a tal fine potrebbero essere prese in considerazione in fase di adozione delle medesime ad opera degli organismi preposti) ma riportano piuttosto una esposizione dei criteri che, per le motivazioni scientifiche e le-gali, appresso riportate, si è ritenuto di dover adottare o proporre per l'esecuzione delle varie opere realizzate (o da realizzare) nel SIN di Biancavilla.

CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GENERALE

A seguito delle attività di bonifica, riguardanti la rimozione di parti di manufatti edilizi riscontrati contaminati da fluoro-edenite, nonché a seguito di operazioni di costruzione o demolizioni di edifici e/o realizzazione di opere lineari interrato o di urbanizzazione può derivare la formazione di materiali lapidei per la cui gestione è possibile individuare diversi scenari che di seguito si cercherà di delineare nella maniera più completa possibile, pur nella consapevolezza che, nella realtà operativa, potranno sempre verificarsi dei casi pratici non perfettamente riconducibili agli scenari esplicitati.

Preliminarmente, come di seguito riportato, si ritiene di dover ribadire e precisare i presupposti che hanno motivato le scelte operative adottate nel corso degli anni passati e fino ad oggi.

- Le operazioni che possono essere ritenute di “bonifica” secondo la definizione di cui all’art. 240 del D.Lgs. 152/2006 sono quelle che hanno riguardato la rimozione di materiali lapidei contenenti fluoro-edenite depositati sul suolo dell’area di cava “La Cava” (attività già completata) o la rimozione di intonaci o altri manufatti edilizi eseguita presso gli edifici pubblici e privati nei quali era stata precedentemente conclamata la presenza di fluoro-edenite; da tali attività derivano sicuramente rifiuti da considerare quali materiali contenenti amianto e da avviare in apposita discarica;
- le restanti operazioni quali asfaltatura di strade sterrate, ricopertura di pareti rocciose con *spritz beton* e similari sono riconducibili ad operazioni di messa in sicurezza permanente ai sensi della relativa definizione di cui al citato art. 240 del D.Lgs. 152/2006;
- nel corso della caratterizzazione, completata nel 2005 dall’Università di Catania, come prima esplicitato, è emerso che circa il 90% dei campioni di terreno e *topsoil*, prelevati con distribuzione uniforme all’interno del sito, avevano dimostrato all’analisi SEM EDX la presenza di fluoro-edenite, sebbene solo nel 13% dei casi fossero stati riscontrati valori di concentrazione superiori ai 1000 mg/kg, stabilito dalle norme vigenti per l’amianto quale limite per distinguere i terreni “contaminati” da amianto (e per similitudine tossicologica anche da fluoro-edenite) da quelli che o non contengono tale minerale o che lo contengono in misura inferiore alla rispettiva CSC (vedasi il punto successivo). A dimostrazione della presenza ampiamente diffusa del minerale suddetto all’interno del SIN, è importante evidenziare come gli studi di caratterizzazione eseguiti abbiano comportato il prelievo di campioni in punti distribuiti in maniera pressoché uniforme nell’intera area del SIN.
- l’applicazione del principio di cautela, in considerazione del fatto che anche valori di fluoro-edenite nel terreno inferiori alla rispettiva CSC pari a 1000 mg/kg possono dare luogo a rilasci nell’atmosfera di fibre in concentrazioni maggiori di 1 f/l ed in considerazione del fatto che le fibre prodotte in un determinato punto possono essere facilmente veicolate nelle aree circostanti, ha portato alla decisione di considerare tutto il sito “contaminato” a prescindere da ulteriori attività di caratterizzazione, pertanto proponendo ed adottando le procedure operative coerenti con la scelta di cui sopra;
- come meglio esplicitato in seguito, non appare né possibile né utile eseguire indagini volte ad individuare un valore di fondo naturale per la fluoro-edenite presente nei suoli del SIN;
- nell’intera area del SIN di Biancavilla le possibili cause antropiche di rilascio di fibre di fluoro-edenite sono ascrivibili a tutte le operazioni che prevedano scavi e/o movimentazione di terre e rocce nonché al traffico veicolare del centro e della periferia urbana e, pertanto, tali fonti di pressione sono state oggetto dei controlli di ARPA Sicilia. In particolare, per quanto attiene alle operazioni di costruzione e demolizione e a quelle di movimentazione terre e gestione dei materiali di risulta, si è ritenuto che ARPA Sicilia dovesse rilasciare opportune indicazioni oltre ad eseguire i pertinenti controlli analitici relativamente al rischio di rilascio in atmosfera di polveri contaminate da fibre.
- Tenuto conto di quanto prima riportato e avuto riguardo alle normative di settore e alle linee guida emanate nei vari anni, segnatamente d.lgs 152/2006, Legge 11 novembre 2014 n. 164 (L. 164/2014), Decreto MATTM del 24 giugno 2015 di modifica del decreto del 27 settembre 2010 relativo alla definizione dei criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica (MATTM 06/2015), Decreto del Presidente della Repubblica 13 giugno 2017 n.120 (DPR 120/2017), linee guida INAIL a cui fanno riferimento le disposizioni del MATTM ratificate con le relative C.d.S. decisorie, nonché alle linee guida SNPA deliberate dal Consiglio SNPA del 09.05.2019

n. 54/19 (LG SNPA) ed ai contenuti degli altri documenti di sintesi delle riunioni tenutesi presso il MATTM (ad esempio resoconto sintetico della riunione tecnica del 14.11.2018 trasmesso con protocollo n. 0023815/STA del 29.11.2018), a titolo esemplificativo e non esaustivo, si riportano le seguenti indicazioni (rassegnate da ARPA Sicilia in casi di interventi già posti in essere o ancora da realizzare) per la gestione in sicurezza e conforme alle normative di settore per le attività edilizie o di urbanizzazione ricadenti all'interno del SIN, esplicitando le conseguenti considerazioni di merito.

**SMALTIMENTO COME RIFIUTI DI MATERIALI EDILIZI
PROVENIENTI DA ATTIVITÀ DI BONIFICA DI EDIFICI E
MANUFATTI EDILIZI NEI QUALI È STATA CONCLAMATA LA
PRESENZA DI FLUORO-EDENITE**

Tali materiali, per i quali risultava conclamata la contaminazione con fibre di fluoro-edenite, sono stati considerati cautelativamente come rifiuti pericolosi con codice CER 170605*, per i quali prevedere il collocamento in discariche per materiali contenenti amianto in conformità con i criteri di ammissibilità indicati nell'allegato 2 al Decreto MATTM 06/2015.

**GESTIONE DEI MATERIALI LAPIDEI NATURALI PRODOTTI NEL
CORSO DI ATTIVITÀ EDILIZIE ESEGUITE ALL'INTERNO DEL SIN**

In merito a tale tematica si intende precisare che, relativamente al SIN di Biancavilla, il riutilizzo all'interno dei siti di produzione dei materiali lapidei naturali prodotti durante le attività edilizie o di urbanizzazione è stato ritenuto ammissibile anche alla luce dei contenuti di cui al DPR 120/2017 e da privilegiare rispetto al conferimento in discarica a cui ricorrere, pertanto, nei casi in cui il sito di produzione non potesse accogliere, in maniera funzionale all'opera da realizzare, i materiali di scavo prodotti durante la realizzazione della stessa opera.

Occorre però precisare che la definizione dei casi di seguito esplicitati ha tenuto conto di quanto riportato in merito alle caratteristiche del SIN di cui trattasi (con

presenza diffusa del minerale fibroso definito fluoro-edenite, avente caratteristiche morfologiche e tossicologiche riconducibili a quelle degli amianti) nonché delle conclusioni cui si perviene al paragrafo 5.1 delle citate LG SNPA 22/2019, ove si afferma che: «La comunità tecnico scientifica concorda nel ritenere non quantificabile in termini numerici il fondo naturale nel caso dell'amianto» citando, tra l'altro il rapporto *“Normal background concentrations (NBCs) of contaminants in English soils: Final projet report”* che definiva “non possibile” e “inappropriato” definire un valore di fondo naturale per l'amianto”.

La conclusione di cui sopra risulta, peraltro, essere conforme anche dalle disposizioni di cui all'art. 11 del DPR 120/2017 che, al comma 1, recita: «Qualora la realizzazione dell'opera interessi un sito in cui, per fenomeni di origini naturali, nelle terre e rocce da scavo le concentrazioni dei parametri di cui all'allegato 4, superino le concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B, Tabella 1, Allegato 5 al Titolo V della Parte IV del decreto 152/2006 è fatta salva la possibilità che le concentrazioni di tali parametri vengano assunte pari al valore di fondo esistente».

Per quanto sopra è apparso lecito concludere che in un punto qualunque del SIN possa essere ritenuto come valore di fondo il valore di concentrazione di fluoro-edenite presente nel medesimo punto; ciò formalmente e di fatto consente l'allocazione nello stesso punto di materiali da scavo prodotti per opere edili e di urbanizzazione per i quali possano essere escluse contaminazioni dovute a sostanze diverse dalla fluoro-edenite e che abbiano origine antropica.

Fatte le superiori premesse sono stati distinti i vari casi appresso riportati:

**TERRE E ROCCE DA SCAVO PRODOTTE IN CANTIERI DI
PICCOLE DIMENSIONI COME DEFINITI ALLA LETTERA T
DELL'ART.2 DEL DPR 120/2017. DISPOSIZIONI DI CUI AL
CAPO III ART. 20 DPR 120/2017**

Il riutilizzo dei materiali di cui al presente punto è stato considerato lecito all'interno del sito di produzione alle condizioni e con le modalità previste dagli artt. 20 e 21 del citato DPR 120/2017. Tenuto conto delle

considerazioni precedentemente esposte circa l'impossibilità di determinare i valori di fondo naturale relativamente al parametro amianto (nel caso in ispecie fluoro-edenite) non è stato ritenuto utile o necessario eseguire analisi di caratterizzazione di tale materiale a meno che non risultassero evidenti contaminazioni di origine antropica diverse dalla presenza della fluoro-edenite.

In ogni caso si è ritenuto che la sussistenza delle condizioni previste dall'art. 4 per qualificare i materiali di cui trattasi come sottoprodotti dovesse essere attestata dal produttore tramite dichiarazione sostitutiva di atto di notorietà con la trasmissione al comune del luogo di produzione e all'ARPA Sicilia del modulo di cui all'allegato 6 del DPR 120/2017.

Nel caso in cui i materiali da scavo di cui al presente punto avessero presentato evidenze anche della presenza di materiali di riporto, il loro riutilizzo nel sito di produzione sarebbe stato subordinato alle disposizioni contenute al punto 3 dell'art. 4 del DPR 120/2017.

TERRE E ROCCE DA SCAVO PRODOTTE IN CANTIERI DI GRANDI DIMENSIONI COME DEFINITI ALLA LETTERA U DELL'ART.2 DEL DPR 13 GIUGNO 2017. DISPOSIZIONI DI CUI AL CAPO III ARTT. DA 9 A 18 DEL DPR 13 GIUGNO 2017 N. 120

Anche se il caso di cui al precedente punto rappresenta la casistica di gran lunga più frequente all'interno del SIN tuttavia si ritiene di segnalare che, per quanto attiene alle terre e rocce da scavo prodotte in cantieri di grandi dimensioni come definiti alla lettera u dell'art.2 del DPR 13 giugno 2017 ed in ottemperanza alle disposizioni di cui al Capo III, artt. da 9 a 18 del DPR 13 giugno 2017 n. 120, il legale rappresentante dell'impresa o la persona fisica proponente l'opera dovrà provvedere ad inoltrare all'autorità competente e all'ARPA competente per territorio, il piano di utilizzo delle terre e rocce da scavo redatto in conformità alle disposizioni di cui all'allegato 5 del DPR 120/2017; con il suddetto documento il proponente attesta la sussistenza dei requisiti di cui all'art. 4 del DPR di cui sopra. Si rileva che nella fattispecie di cui al presente punto appare necessaria l'esecuzione di analisi di caratterizzazione dei materiali,

in quanto queste sono espressamente citate al punto 4 del detto allegato 5 del DPR 120/2017, che prevede anche la modalità di esecuzione delle stesse, come nelle previsioni di cui agli allegati 1, 2 e 4 dello stesso DPR 120/2017.

Come esperienza operativa pregressa, maturata antecedentemente al DPR 120/2017, si ritiene utile riportare quanto realizzato nel 2016 a proposito dell'esecuzione del progetto "Banda Ultra Larga (BUL) e sviluppo digitale in Sicilia - Cantiere Biancavilla San Rocco" per alcune analogie delle opere dal-lo stesso previste con quelle dei cantieri di grandi dimensioni.

Sottoposto all'esame della Struttura Territoriale di Catania di ARPA Sicilia per la valutazione degli aspetti ambientali connessi alla realizzazione dell'opera, il progetto ha inizialmente destato non poche preoccupazioni in quanto l'ipotesi progettuale si presentava ad alto rischio di contaminazione ambientale per diffusione di fibre di fluoro-edenite, in relazione ai lavori di scavo per il passaggio della fibra ottica in un contesto urbano fortemente antropizzato.

Sulla scorta dei rilievi mossi da ARPA il progetto originario è stato profondamente modificato privilegiando scelte operative mirate a minimizzare le attività di "disturbo" del suolo; di conseguenza si è determinato un diverso tracciato della rete che ha consentito la significativa riduzione dell'estensione lineare delle opere di scavo per il passaggio della fibra ottica, privilegiando l'installazione di condotti aerei per il passaggio dei cavi sfruttando palificazioni già esistenti.

Anche le modalità di scavo sono state modificate ed adattate alla specifica situazione: ciò ha comportato la necessità di escludere l'uso della fresatrice per la realizzazione delle mini trincee, date le difficoltà che nello specifico contesto operativo avrebbero comportato le operazioni di bonifica e decontaminazione giornaliera della macchina con esiti poco certi sotto il profilo della sicurezza, a favore di scavi da eseguire "a mano" nel rispetto delle normative di protezione dei lavoratori e comunque sotto continua nebulizzazione di acqua per ridurre al massimo la polverosità e quindi l'eventuale diffusione delle fibre. Inoltre si è optato per la parcellizzazione dell'opera in cantieri giornalieri di

estensione ridotta più facilmente gestibili e delimitabili, chiaramente contrassegnati per il rischio amianto, in modo da ridurre al minimo il tempo di esposizione delle aree di scavo agli agenti atmosferici; al con-tempo sono state fissate le condizioni di operatività, ovvero di fermo delle attività dei cantieri in relazione alle condizioni meteorologiche (intensità del vento secondo la Scala Beaufort).

Particolare attenzione è stata prestata alla gestione del materiale di risulta delle attività di scavo per il quale, a fronte della previsione progettuale di una sua limitata caratterizzazione di tipo "puntiforme", è stato invece adottato un criterio molto più cautelativo richiedendone il confinamento mediante raccolta in *big bag* alla stessa stregua di un rifiuto contaminato da amianto ed il successivo conferimento in toto in discarica autorizzata per lo smaltimento di RCA.

ARPA Sicilia ha inoltre prescritto l'esecuzione del monitoraggio ambientale (inizialmente non previsto nel progetto originario) articolato nelle fasi di ante operam, corso d'opera e post operam, con il prelievo e l'analisi in SEM di campioni di particolato atmosferico per la ricerca ed il conteggio delle fibre aerodisperse di fluoro-edenite, al fine di verificare l'eventuale superamento del valore di 1 f/l indicato dalle Linee Guida OMS per la qualità dell'aria in ambiente urbano, prima richiamato.

Inoltre, tenuto conto che l'esecuzione dei lavori doveva avvenire all'interno di un SIN, ARPA ha preteso che il progetto e le prescrizioni proposte fossero sottoposti al vaglio del MATTM e degli organi tecnico scientifici (ISS, ISPRA, INAIL). Nel merito si precisa che tutte le osservazioni e prescrizioni avanzate da ARPA Sicilia hanno trovato pieno accoglimento e sostegno degli Enti prima citati e, di conseguenza, sono stati recepiti anche dalle Ditte che hanno poi portato a termine il progetto "BUL" Biancavilla.

L'efficacia del complesso di misure poste in essere per contenere la diffusione nell'ambiente di fibre di fluoro-edenite è stata dimostrata dal mancato riscontro di superamenti del valore di riferimento di 1 f/l nei campioni di particolato atmosferico prelevati durante la realizzazione del progetto, nonostante il riscontro di fibre, seppure in concentrazioni contenute, in una percentuale

significativa delle membrane filtranti analizzate (GRIMALDI e PINIZZOTTO, 2018).

COLLOCAMENTO IN DISCARICA DEI MATERIALI LAPIDEI NATURALI CONTENENTI AMIANTO CHE NON POSSONO TROVARE UTILIZZO ALL'INTERNO DEL SITO DI PRODUZIONE

I materiali di cui al presente punto, provenienti da cantieri sia di piccole dimensioni sia di grandi dimensioni, che non possono essere reimpiegati all'interno del sito di produzione e per i quali si prevede il collocamento in discarica, sono stati, e si ritiene dovranno essere, conferiti in discarica autorizzata per materiali contenenti amianto (vedasi i materiali provenienti dallo scavo della galleria della FCE e dalle opere di bonifica degli edifici pubblici già citate in altre parti della presente); altre collocazioni in diverse tipologie di discarica, anche per rifiuti non pericolosi, possono essere consentite qualora le necessarie operazioni di caratterizzazione eseguite dal proponente in conformità alle disposizioni contenute nell'allegato 4 del DPR 120/2017 ne dimostrino l'ammissibilità nella tipologia di discarica prescelta.

Le previsioni di collocamento in discarica devono essere contenute nel piano di utilizzo di cui all'art. 9 o nella dichiarazione di cui all'art. 21 del DPR 120/2017. Gli accertamenti da eseguire ai fini delle attività propedeutiche al conferimento in discarica vanno concordati con ARPA ed eseguiti in contraddittorio con la medesima Agenzia.

2.2.6 MISURE DI CAUTELA PER LA REALIZZAZIONE DI OPERE EDILI ALL'INTERNO DEL SIN

Occorre premettere che già nel marzo 2000, con nota prot. n. 4473/ARS/DI/R del MATTM era stato trasmesso un documento relativo alle "Prescrizioni di Sicurezza da adottare nei lavori di urbanizzazione del comune di Biancavilla" i cui contenuti, assieme a quelli di cui alle "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", elaborato da INAIL a seguito di apposita convenzione siglata con il Comune di Biancavilla nel febbraio 2016 e discusso nel tavolo tecnico tenutosi presso il MATTM in data 14.11.2018, sono stati tenuti nel

dovuto conto per elaborare le misure di cautela di cui al presente punto che, a loro volta, ove necessario sono state indicate per la stesura delle procedure che il soggetto esecutore dell'opera doveva presentare a corredo della documentazione volta all'ottenimento delle necessarie autorizzazioni.

Altra considerazione importante riguarda il fatto che, alla luce dei dati di cui al paragrafo 2, ribadito che la pericolosità delle fibre di fluoro-edenite risiede nella loro facilità di dispersione nella matrice aria (capacità non legata direttamente alla loro concentrazione nella matrice suolo), non è apparso cautelativo subordinare gli eventuali lavori edilizi alla caratterizzazione dei materiali lapidei oggetto di scavi e/o movimentazioni ma si è ritenuto più conveniente, ai fini delle precauzioni da adottare per l'esecuzione dei lavori suddetti, considerare tutti i siti oggetto di intervento potenzialmente pericolosi per la presenza di fluoro-edenite. La caratterizzazione di dettaglio, da eseguire ancor prima di iniziare l'opera in progetto è stata ritenuta da prevedere (ed è stata effettivamente eseguita) nel caso di realizzazione di grandi opere per la cui esecuzione può risultare fondamentale conoscere preventivamente, all'inizio delle attività, le caratteristiche mineralogiche dei siti su cui intervenire (una tale attività è stata svolta ad esempio prima della realizzazione della galleria della FCE, oggi compiuta e funzionante, che per circa 3165 metri attraversa il sottosuolo del sito di Monte Calvario).

Viste le superiori premesse, circa le modalità operative da adottare durante gli interventi di tipo edilizio da eseguire nel SIN di Biancavilla, nel rispetto delle disposizioni di legge vigenti e delle varie linee guida già in essere, si possono ancora esplicitare i seguenti casi che si ritiene di indicare anche per future opere ancora da realizzare.

NUOVE COSTRUZIONI EDILIZIE

Di seguito si riportano le indicazioni per la tipologia di opere di cui al presente paragrafo, elaborate anche sulla base di quanto contenuto nella citata nota Prot. n. 4473/ARS/DI/R del MATTM ed aggiornate alle intervenute nuove disposizioni normative.

- Le attività edilizie in progetto, relativamente alle opere di scavo, ai volumi delle terre e rocce che si verranno a creare, ed al loro destino, devono essere esplicitamente e dettagliatamente indicate nella documentazione prevista dal DPR 120/2017, da trasmettere ai competenti uffici comunali ai fini dell'ottenimento del "permesso di costruire", nonché agli uffici ASP e ARPA Sicilia che esprimeranno i propri pareri con le eventuali indicazioni di merito da riportare nel citato "permesso di costruire".
- Il sito interessato dai lavori di scavo deve essere adeguatamente segnalato e recintato ed ivi deve essere interdetto l'accesso ai non addetti ai lavori. La segnaletica deve riportare esplicitamente i rischi di inalazione di polveri pericolose, dovuta alla presenza di scavi aperti e di macchinari in funzione. La recinzione deve essere predisposta in modo da consentire il passaggio ai soli addetti ai lavori; in prossimità di ciascun cantiere deve essere predisposto un idoneo sistema di decontaminazione e, qualora necessario, un locale lavanderia attrezzato per il lavaggio degli indumenti da lavoro. La predisposizione dei presidi di cui sopra deve essere indicata, a cura del proponente, nei documenti di cui al punto precedente da trasmettere al Comune di Biancavilla ed alle competenti strutture dell'ASP e di ARPA Sicilia ed essere oggetto delle eventuali prescrizioni che saranno riportate nel "permesso di costruire."
- Le eventuali acque di lavaggio potranno essere smaltite per spandimento sul suolo all'interno del sito di lavorazione, previo trattamento con sistema in grado di garantire una filtrazione pari a 3 μ ; i filtri esauriti vanno trattati come rifiuti contenenti amianto.
- Tutte le operazioni di scavo, da far eseguire a ditta che, ai sensi dell'art. 212 del d.Lgs. 152/06, risulti iscritta alla categoria 10 B dell'albo dei gestori ambientali di cui alla deliberazione del MATTM n. 1 del 30.03.2004, andranno effettuate adottando le procedure di sicurezza appresso riportate, volte a

perseguire l'abbattimento continuo delle polveri aerodisperse ai fini di non aumentare i livelli di inquinamento delle matrici ambientali quali:

- bagnatura, mediante nebulizzazione continua a bassa pressione (*fog cannon*), dell'area di scavo, utilizzando acqua al fine di evitare la risospensione di polveri;
 - impiego di macchine da lavoro (escavatori, pale meccaniche, camion, etc.) dotate di cabina di comando chiusa e climatizzata;
 - stoccaggio provvisorio del materiale di risulta a fianco dello scavo con ricopertura del medesimo materiale mediante teli di plastica;
 - riutilizzo in situ del materiale da scavo (si veda in proposito quanto riportato nella parte generale), in conformità alle disposizioni di cui al DPR 120/2017, qualora risulti accertato che detto materiale è esclusivamente di origine naturale e non contiene altri materiali di risulta apportati nel sito in precedenti operazioni di scavo e reinterro. Il riutilizzo di cui sopra, da prevedere in progetto, potrà avvenire anche secondo le previsioni del comma 2 dell'art. 24 del citato DPR 120/2017 e sotto il diretto controllo delle autorità competenti.
 - Il materiale da scavo che per quantità non può essere riutilizzato in situ, nonché gli eventuali altri materiali di origine antropica diversi dal terreno naturale, rinvenuti durante lo scavo, verranno gestiti secondo le norme vigenti e, previa caratterizzazione, dovranno essere conferiti al sito di discarica autorizzato per la tipologia di materiale individuato in sede di caratterizzazione. In alternativa, se ritenuto più conveniente in ragione dei costi, i materiali di risulta sopra indicati, prescindendo dalla loro caratterizzazione, potranno essere direttamente conferiti in discarica per amianto; tale previsione sarà oggetto di precise indicazioni nei documenti da trasmettere ad ASP ed ARPA, per i pareri e/o le prescrizioni che saranno recepite nel "permesso di costruire".
 - Il personale deve essere equipaggiato con idonei DPI monouso, che, dopo l'utilizzo dovranno essere smaltiti come rifiuto contaminato, in sacchi impermeabili, chiusi ed etichettati. In particolare dovranno essere usati:
 - guanti;
 - tute a perdere, realizzate in tyvec o similari (provviste di cappuccio e cuciture rivestite da nastro iso-lante);
 - calzari o scarpe antinfortunistiche idrorepellenti (da pulire molto bene con acqua a fine turno e da lasciare in cantiere). Se sono utilizzati calzari questi devono essere inseriti all'interno dei pantaloni della tuta e sigillati con nastro isolante;
 - Per ciò che concerne la protezione delle vie aeree si utilizzeranno maschere FP 3 (rif. DM 20/08/1999, G.U. n. 249 del 22/10/99);
- Inoltre:
- È fatto divieto di fumare, consumare cibi e bevande e sostare nell'area di lavori se non per il tempo strettamente necessario.
 - Gli indumenti da lavoro a perdere vanno smaltiti come rifiuti pericolosi.
 - Le attrezzature e le macchine da lavoro devono essere lavate con acqua, utilizzata a bassa pressione entro il perimetro interessato dallo scavo al termine di ciascun ciclo di lavoro. Le acque di lavaggio potranno essere smaltite all'interno del sito di lavorazione previa filtrazione con filtro atto a garantire il trattenimento di materiali fino a 3 μ ; i filtri esauriti vanno trattati come rifiuti contenenti amianto.
 - Tutte le attività di cui trattasi devono essere eseguite dopo l'esecuzione del monitoraggio ambientale ante operam, realizzando, in corso d'opera, il monitoraggio continuo e giornaliero delle fibre aerodisperse sia ambientale che personale ed eseguendo infine il monitoraggio post operam. Il monitoraggio ambientale in corso d'opera sarà realizzato disponendo almeno due campionatori di particolato

atmosferico da posizionare uno sottovento ed uno sopravvento rispetto alla sorgente di polvere ed in prossimità della stessa, i campionamenti personali saranno eseguiti giornalmente dotando di campionatore personale almeno un lavoratore tra quelli operanti presso l'area di escavazione/movimentazione terreni; per quanto attiene alle modalità di campionamento si rimanda ai relativi contenuti tecnici del D.M. 06.09.94. Le analisi ambientali dovranno essere disponibili entro le 48 ore successive al campionamento e saranno eseguite con tecnica SEM/EDX. Qualora le analisi dimostrino una netta tendenza verso un aumento della concentrazione di fibre aerodisperse rispetto al valore di fondo stimato con il monitoraggio ante operam, ovvero in tutti i casi di concentrazione superiore ai valori limite di preallarme pari a 1 fibra/litro e di allarme pari a 2 fibre/litro andranno modificate le tecniche di intervento al fine di abbattere la polverosità; nel caso di superamenti del valore di 2 fibre/litro sarà necessario procedere ad un incapsulamento delle aree di lavorazione. Inoltre in caso di preallarme andrà data comunicazione alla ASP ed all'ARPA con specifico report settimanale contenente le cause del superamento e le misure adottate dal datore di lavoro per ovviare alla situazione così come previsto dal comma 2 dell'art. 254 del decreto legislativo 9 aprile 2008 n. 81 (D.Lgs. 81/2008); in caso di allarme le comunicazioni ad ASP ed ARPA devono essere date immediatamente e comunque entro le 24 ore dal prelievo.

- Il monitoraggio personale, da eseguire con analisi con tecnica MOCF, dovrà evidenziare valori di fibre totali non superiori a 20 fibre/litro (soglia di preallarme) e di 50 fibre/litro (soglia di allarme); in caso di superamento della soglia di preallarme andranno modificate le tecniche di intervento al fine di abbattere la polverosità. In caso di superamento della soglia di allarme sarà necessario procedere ad un incapsulamento delle aree di lavorazione. Come indicato per le analisi ambientali con tecnica SEM, nei casi di preallarme ed allarme devono essere inoltrate le comunicazioni ad ASP ed ARPA con le medesime modalità di cui al punto precedente. Tutti i campionamenti e le analisi, ivi comprese le

controanalisi a cura di ARPA, da eseguire nella misura di almeno il 10% del totale, costituiscono oneri a carico delponente.

Dopo la realizzazione delle opere di scavo e l'isolamento di queste con opportuna bagnatura, l'inserimento delle opere edilizie (fondazioni, massetto e struttura in elevazione) può essere eseguito anche da ditte non in possesso dell'iscrizione alla categoria 10 B dell'albo dei gestori ambientali di cui alla deliberazione del MATTM n. 1 del 30.03.2004.

OPERE EDILIZIE DI RISTRUTTURAZIONE – DEMOLIZIONI E RICOSTRUZIONI, MANUTENZIONE, RISANAMENTO CONSERVATIVO

Le prescrizioni di cui al presente punto riguardano solo gli edifici costruiti, ovvero oggetto di interventi manutentivi eseguiti antecedentemente alla data di chiusura delle cave di materiale lapideo di monte Calvario.

In tali casi si dovrà intervenire o caratterizzando i materiali o, se ritenuto più conveniente operando come se gli stessi contenessero fluoro-edenite. Per quanto attiene alla caratterizzazione si rimanda ai dettami tecnici di cui al DM 06.09.94 che, soprattutto per i materiali eterogenei, consiglia di prelevare da due a tre campioni ogni 100 mq circa, avendo cura di campionare anche nei punti che appaiono di diversa colorazione superficiale rispetto al complesso della superficie.

I lavori di rimozione dovranno essere eseguiti da ditta che, ai sensi dell'art. 212 del D.Lgs. 152/06 e ss. mm. ii. risulti iscritta alla categoria 10 B dell'albo dei gestori ambientali di cui alla deliberazione del MATTM n. 1 del 30.01.2003.

I materiali di risulta andranno smaltiti in discarica autorizzata per amianto, mentre per quanto attiene all'utilizzo DPI resta valido quanto già detto al paragrafo 6.1 a cui si rimanda per i relativi dettagli. Relativamente ai monitoraggi, qualora le attività lavorative avvengano in ambiente outdoor, occorre ancora fare riferimento ai contenuti del citato paragrafo 6.1 mentre invece per le attività indoor si applicheranno le disposizioni di cui al D.M. 06/09/94.

BIBLIOGRAFIA

Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 100C and Overall Evaluations of Carcinogenicity: An Updating of IARC Monographs Volumes 1–42 IARC Monographs Supplement 7.

BECCARIS G., BRANCUCCI M., CRISPINI L., FORNASARO S., MARESCOTTI P., POGGI E., SCOTTI E., SOLIMANO M. (2014) - “La presenza naturale di metalli nei suoli: criticità operative e possibili soluzioni - Metodi di indagine mirati per la determinazione dei valori di fondo naturale di alcuni metalli in rocce suoli serpentinitici dell'Unità Voltri in Liguria” - Eco Bonifiche e rifiuti, Dicembre 2014.

BECCARIS G., CRISPINI L., FORNASARO S., LUCCHETTI G., MARESCOTTI P., POGGI E., SCOTTI E. (2015) - “Chromium and nickel distribution in ultrabasic soils of the Voltri Massif (Ligurian Alps)” - Rendiconti online della società geologica italiana – Vol. 35, Suppl. n. 2.

BECCARIS G., SCOTTI E., DI CEGLIA F., PRANDI S. (2010) – “Asbestos control in ligurian ophiolites” - Congresso SGI, Pisa.

BECCARIS G., CRISPINI L., FORNASARO S., LUCCHETTI G., MARESCOTTI P., ORECCHIA M., POGGI E., SCOTTI E., SOLIMANO M. (2014) - “Background levels of potentially toxic elements in ultrabasic soils from the Voltri Unit: a mineralogical and geochemical approach” - Rendiconti della Società Geologica Italiana – Vol. 31, Suppl. n. 1 - Settembre 2014 - Congresso della Società Geologica Italiana e 90° Congresso della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia.

BECCARIS G., SCOTTI E. (2016) – Rem Tech 2016 - “Amianto naturale e valori di fondo: criticità e prospettive”.

BRUNI B.M., PACELLA A., MAZZIOTTI TAGLIANI S., GIANFAGNA A., PAOLETTI L. (2006). Nature and extent of the exposure to fibrous amphiboles in Biancavilla. *Sci Total Environ*, 370(1):9–16

British Geological Survey 2012 “Normal background concentration in English soil: Final project report.”

BRUNI B.M., PACELLA A., MAZZIOTTI-TAGLIANI S., GIANFAGNA A., PAOLETTI L., 2006. Nature and extent of the exposure to fibrous amphiboles in Biancavilla. *Science of the Total Environment* 370, 9-16. doi: 10.1016/j.scitotenv. 2006.05.013.

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., 2014. Environmental concentrations of fibers with fluoro-edenitic composition and population exposure in Biancavilla (Sicily, Italy). *Annali Istituto Superiore di Sanità, Monografic Section* 50 (2), 119-126. doi: 10.4415/ANN_14_02_03.

BRUNO C., MARSILI, BRUNI B.M., COMBA P. E SCONDOTTO S., 2015. *Notiziario Istituto Superiore di Sanità*. 28 (5, Suppl. 1):3-19.

BURRAGATO F., COMBA P., BAIOCCHI V., PALLADINO D.M., SIMEI S., GIANFAGNA A., PAOLETTI L., PASETTO R., 2005. Geo-volcanological, mineralogical and environmental aspects of quarry materials related to pleural neoplasm in the area of Biancavilla, Mount Etna (Eastern Sicily, Italy). *Environmental Geology* 47, 855-868

CAROBBI G. (1071) *Trattato di Mineralogia - 2 vol.* USES Edizioni Scientifiche S.p.A, Firenze.

COMBA P, GIANFAGNA A, PAOLETTI L (2003). Pleural mesothelioma cases in Biancavilla are related to a new fluoro-edenite fibrous amphibole. *Arch Environ Health*, 58(4):229–32.

DEER, W.A., HOWIE, R.A., AND ZUSSMAN, J. (1963) *Rock-forming minerals, volume 2, Chain silicates*, 377 p. Longmans, London.

DI PAOLA M., MASTRANTONIO M., CARBONI M., BELLI S., GRIGNOLI M., COMBA P., NESTI M., 1996. La mortalità per tumore maligno della pleura in Italia negli anni 1988-1992. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 1996. *Rapporti ISTISAN*, 96/40.

- EMRI SA. (2017) The Cappadocia mesothelioma epidemic: its influence in Turkey and abroad. *Ann Transl Med.* Maxime Misseri, Didier Lahondere, (2018) Characterisation of chemically related asbestos amphiboles of actinolite: proposal for a specific differentiation in the diagram (Si apfu versus Mg/Mg+Fe²⁺), *Int. J. Metrol. Qual. Eng.* 9, 16.
- FAMOSO D., MANGIAMELI M., ROCCARO P., MUSSUMECI G., VAGLIASINDI F.G.A., 2012. Asbestiform fibers in the Biancavilla site of national interest (Sicily, Italy): review of environmental data via GIS platforms. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, 11:417–427doi: 10.1007/s11157-012-9284-9.
- GIANFAGNA A. E OBERTI R., 2001. Fluoro-edenite from Biancavilla (Catania, Sicily, Italy). Crystal chemistry of a new amphibole end-member. *American Mineralogist* 83:1486-93.
- GIANFAGNA A. E FIORI L., 2003. LA FLUORO-EDENITE DI BIANCAVILLA (CT): un nuovo termine estremo di anfibolo. Gruppo Mineralogico Romano.
- GRIGE J.D. AND FERRARIS G., 2001. New minerals approved in 2000 by the Commission on New Minerals and Mineral Names. IMA. (No. 2000-049, p. 1001). *European Journal of Mineralogy* 13(5), 995-1002.
- GRIMALDI R. E PINIZZOTTO M.R., 2018. Scavi nel SIN di Biancavilla. L'attività di ARPA Sicilia. *Ecoscienza*, 1, 44-45.
- 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. "Carcinogenicity of the fluoro-edenite, silicon carbide fibres and whiskers, and carbon nanotubes" *Lancet Oncology* 15(13), 1427–1428, [http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045\(14\)71109-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-2045(14)71109-X).
- GUALTIERI AF., BURSÌ GANDOLFI N., POLLASTRI S., RINALDI R., SALA O., MARTINELLI G., BACCI T., PAOLI F., VIANI A., VIGLIATURO R., Assessment of the potential hazard represented by natural raw materials containing mineral fibres – The case of the feldspar from Orani , Sardinia (Italy) – *Journal of Hazardous Materials* – 350 , 76-87, 2018.
- IARC, Fluoro-edenite, Monographs IARC, Vol. 111, Monograph 111-02, 2011.
- INAIL (2018) 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. Coordinamento Scientifico Sergio Bellagamba. Autori: Bellagamba S., Paglietti F., Malinconico S., Conestabile della Staffa B., De Simone P.
- International Agency for Research on Cancer (IARC) Monographs Working Group, 2017. Some Nanomaterials and Some Fibres 111 (Lyone, France 2017), 215-242.
- LEAKE B.E., WOOLLEY A.R.P.S., CHARLES E.S, 1997 Nomenclature of amphiboles: report of the Subcommittee on Amphiboles of the International Mineralogical Association Commission on new minerals and mineral names, *Mineral. Mag.* 61, 295–321.
- LUCCI F., DELLA VENTURA G., CONTE A., NAZZARI M. AND SCARLATO P. (2018) Naturally Occurring Asbestos (NOA) in Granitoid Rocks, A Case Study from Sardinia (Italy) - *Minerals*, 8, 442 pp23.
- LYBARGER, J.A., LEWIN, M., PEIPINS, L.A., CAMPOLUCCI, S.S., KESS, S.E., MILLER, A., SPENCE, M., BLACK, B., AND WEIS, C. (2001) Medical testing of individuals potentially exposed to asbestiform minerals associated with vermiculite in Libby, Montana, A report to the community [report dated August, 23, 2001]. Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- MANNA P. E COMBA P., 2001. Communicating with health authorities and the public about asbestos risk in Biancavilla (CT). *Epidemiologia & Prevenzione* 25 (1): 28-30.
- MARESCOTTI P., CRISPINI L., CAPPONI G., FORNASARO S., BECCARIS G., SCOTTI E. (2016) - "La presenza naturale di amianto nelle rocce e nei suoli ofiolitici: il censimento dei

siti a rischio amianto durante la realizzazione della cartografia geologica della Regione Liguria". *Recover Recycling Remediation Demolition*, vol. 37: 83-85. ISSN: 2421-2938.

MAZZIOTTI-TAGLIANI S, ANDREOZZI GB, BRUNI BM, et al. (2009). Quantitative chemistry and compositional variability of fluorine fibrous amphiboles from Biancavilla (Sicily, Italy). *Period Mineral*, 78:65–74.

MEEKER G.P., A.M. BERN A.M., I.K. BROWNFIELD I.K., LOWERS H.A., SUTLEY S.J., HOFEN T.M. & VANCE J.S. (2003) The Composition and Morphology of Amphiboles from the Rainy Creek Complex, Near Libby, Montana - *American Mineralogist*, Volume 88, pages 1955–1969.

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE - Osservatorio Ambientale Terzo Valico dei Giovi - Linea AV/AC Milano-Genova - Protocollo di gestione della comunicazione al cittadino – Amianto <http://www.osservatoriambientali.it/on-line/home/gli-osservatori-ambientali-e-le-linee-avac/la-linea-terzo-valico-dei-giovi/gestione-rischio-amianto---documenti.html>, 2016.

MISSERI M., LAHONDERE D., (2018) Characterisation of chemically related asbestos amphiboles of actinolite: proposal for a specific differentiation in the diagram (Si apfu versus Mg/Mg+Fe₂₊) - *Int. J. Metrol. Qual. Eng.* 9, 16.

PACELLA A., 2005. Applicazioni mineralogiche per lo studio dei siti di interesse nazionale: il "Caso Biancavilla" – ISPRA Ambiente, Educazione e Formazione Ambientale Archivio Tesi e Tirocini <http://www.isprambiente.gov.it/it/formeducambiente/stag-e-e-tirocini/ricerca-stage/applicazioni-mineralogiche-per-lo-studio-dei-siti-1>.

PAOLETTI L., BATISTI D., BRUNO C., DI PAOLA M., GIANFAGNA A., MASTRANTONIO M., NESTI M., COMBA P., 2000. Unusually high incidence of malignant pleural mesothelioma in a town of the eastern Sicily: an epidemiological and environmental study. *Archives of Environmental & Occupational Health* 55, 392-8. doi: 10.1080/00039890009604036.

PALEKAR, L. D., SPOONER, C. M. AND COFFIN, D. L. (1979), Influence of crystallization habit of minerals on in vitro cytotoxicity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 330: 673–686.

PALANCE, C. (1935) The minerals of Franklin and Sterling Hill Sussex County, New Jersey. U.S. Geological Survey Professional Paper 180, 135 p.

PINIZZOTTO M.R., CANTARO C., CARUSO M., CHIARENZA L., PETRALIA C., TURRISI S., BRANCATO A., 2018. Environmental monitoring of airborne fluoro-edenite fibrous amphibole in Biancavilla (Sicily, Italy): a nine-years survey. *Journal of Mediterranean Earth Sciences (JMES)*, 10, pp.89-95 - doi: 10.3304/JMES.2018.018.

REGIONE LIGURIA, REGIONE PIEMONTE. Protocollo gestione amianto per il Terzo Valico ferroviario dei Giovi <<http://www.osservatoriambientali.it/on-line/home/gli-osservatori-ambientali-e-le-linee-avac/la-linea-terzo-valico-dei-giovi/gestione-rischio-amianto---documenti.html>>, 2018.

ROMANO R., 1982. Succession of the volcanic activity in the Etnean area. *Mem. Soc. Geol. It.* 23:27-48.

SCOTTI E. (2019) - Scuola di alta formazione sulla bonifica dei siti contaminati – “Amianto naturale: tra contraddizioni, allarme sociale e buone pratiche” (Ravenna).

SNPA, SISTEMA NAZIONALE per la PROTEZIONE dell'AMBIENTE (2019) “Linee Guida sull'Applicazione della Disciplina per l'Utilizzo delle Terre e Rocce da Scavo” n. 22/2019, Delibera del Consiglio SNPA, seduta del 09.05.2019 n. 54/19.

SPEA INGEGNERIA EUROPEA. Linea guida per la gestione delle terre e rocce da scavo <<https://va.minambiente.it/File/Documento/22211>>, 2011.

TEMEL, A. AND GÜNDOĞDU, M. N., 1996, Zeolite occurrences and the erionite-mesothelioma relationship in Cappadocia, Central Anatolia, Turkey, *Mineralum Deposita* 31: 539-547.

VORTISCH, W. E BAURCHE, X. (2017) Asbestiform Antigorite: A dangerous mineral in Serpentinities. A plea to treat asbestiform antigorite as an asbestos group mineral in terms of its occupational health safety effects. N. Miner. Abh. (J. Min. Geochem.) 24 p.

World Health Organization (WHO) Regional Office for Europe, Copenhagen (2000) Air Quality for Europe, 2nd Edition, 2000. WHO Regional Publications, European Series. 91, 128-131.

WYLIE ANN G. AND VERKOUTEREN JENNIFER R. (2000) Amphibole Asbestos from Libby, Montana: Aspects of nomenclature - American Mineralogist, Volume 85, pages 1540–1542, 2000.

