Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

OSSERVATORIO AMBIENTALE TERZO VALICO DEI GIOVI

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione Generale Valutazioni Ambientali

E.prot DVA – 2014 – 0011755 del 23/04/2014

Ministero dell'Ambiente e della Tutela
del Territorio e del Mare
Direzione Generale
per le Valutazioni Ambientali
SEDE

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – OA Terzo Valico dei Giovi

U.prot OAVG – 2014 – 0000042 del 23/04/2014

Pratica N. .....

Rif. Mittente: .....

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE
RICEVUTO IL
23 APR. 2014
DIREZIONE GENERALE PER LE VALUTAZIONI AMBIENTALI

OGGETTO: **Linea AV/AC Milano-Genova. *"Terzo Valico dei Giovi".***
Trasmissione Relazione *"Protocollo Gestione Amianto".*

E' pervenuta la nota a firma del coordinatore regionale della Regione Piemonte del 04/04/2014, acquisita agli atti con prot. OAVG-2014-40 del 16/04/2014, con la quale il GdL tematico "Amianto" di questo Osservatorio Ambientale, con cui trasmette la Relazione tecnico-metodologica quale aggiornamento del documento datato luglio 2013.

Questa esperienza nasce in ambito di Legge Regionale del Piemonte n. 4/11 per cui, la Regione Piemonte, attraverso la concertazione e la consultazione interviene a favore dei territori interessati dalla realizzazione di grandi infrastrutture per limitarne gli impatti, cercando di armonizzare mitigazioni e compensazioni con opere di accompagnamento al progetto. Successivamente, la costituzione del GdL tematico "Amianto" dell'Osservatorio Ambientale, coordinato dal rappresentante regionale, al fine di migliorare la governance del monitoraggio della corretta realizzazione dell'opera, ha condotto alla elaborazione della presente Relazione che costituisce un contributo tecnico - metodologico per le valutazioni di competenza dell'Autorità competente, andando ad aggiornare la prima bozza consegnata all'Osservatorio Ambientale del "Terzo Valico" in data 16/07/13 affinandone i contenuti tecnici ed integrandola con il contributo della Regione Liguria.

Tale lavoro si fonda sull'attività svolta in sinergia e con la fattiva collaborazione delle Direzioni Trasporti, Ambiente, Sanità e Opere Pubbliche della Regione Piemonte, i Dipartimenti Geologia - Dissesto e Polo Amianto di Arpa Piemonte, il Tecnico rappresentante dei Comuni Piemontesi e per la Regione Liguria il Settore Aria, Clima e gestione integrata dei rifiuti, il Settore VIA di Regione Liguria, il Settore Prevenzione, Sanità Pubblica, Fasce deboli, Sicurezza alimentare

e Sanità animale, i Comuni di Campomorone, Ceranesi, Genova, Ronco Scrivia, lo PSAL di ASL 3, la Direzione Scientifica e il Dipartimento di Genova di Arpa Liguria.

Detto aggiornamento recepisce gli approfondimenti emersi nei vari incontri e rappresenta un possibile modello generale da adottare per una efficace gestione preventiva del rischio amianto.

Il presente documento che si trasmette per i seguiti di competenza, vuole essere un contributo ai fini delle attività di valutazione della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS.

Il Presidente
(Avv. Vittorio Brindisi)

Allegati: Nota prot. OAVG-2014-40 del 16/04/2014

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio
e del Mare – OA Terzo Valico dei Giovi
E.prot OAVG – 2014 – 0000040 del 16/04/2014

Eg. Sig. Presidente dell'Osservatorio Ambientale
Per il Terzo Valico Ferroviario dei Giovi
Avv. Vittorio BRINDISI
c/o Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare
Via Cristoforo Colombo, 44
00154 R O M A

– 4 APR. 2014

Oggetto: Protocollo Gestione Amianto (versione del 18/03/2014) - Trasmissione

Come da intese raggiunte e verbalizzate nella riunione di Osservatorio tenutasi in data 18 marzo u.s., si trasmette copia cartacea in originale del documento in oggetto ed anticipato in formato digitale a mezzo mail il 18 marzo stesso.

Cordiali saluti

Il coordinatore del Gruppo di Lavoro
Aldo MANTO

Via Belfiore, 23
10125 T o r i n o
Tel. 011-4324246
Fax 011-4323648
e-mail:aldo.manto@regione.piemonte.it

REGIONE LIGURIA

REGIONE PIEMONTE

Terzo Valico Ferroviario Dei Giovi

GdL "Gestione Rischio Amianto"

PROTOCOLLO GESTIONE AMIANTO

(VERSIONE DEL **18/03/2014**)

Composizione GdL:

- Regione Piemonte
- Regione Liguria
- Provincia di Alessandria
- Provincia di Genova

Sommario

1. ELENCO ALLEGATI 4

2. PREMESSA 5

3. SCOPO DEL LAVORO 6

4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO 7

5. AMIANTO E PIETRE VERDI 8

5.1 AMIANTO 8
5.2 PIETRE VERDI 10

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE 11

6.1 LE UNITÀ TETTONO-STRATIGRAFICHE 11
Zona Sestri-Voltaggio 11
Bacino Terziario Ligure Piemontese 13
6.2 L'EVOLUZIONE STRUTTURALE E QUELLA METAMORFICA 14

7. RILIEVI GEOLOGICI DI SUPERFICIE DELLE FORMAZIONI POTENZIALMENTE AMIANTIFERE 19

7.1 UNITÀ TIMONE – BRIC TEIOLO (UNITÀ DEL MONTE FIGOGNA DI HACCARD ET AL., 1984) ... 20
7.2 FORMAZIONE DI MOLARE (COMPLESSO CONGLOMERATICO MARINO, cMS, DI HACCARD ET AL., 1984) 28

8. RISULTATI DELLE ANALISI DEI CAMPIONI PRELEVATI DAGLI AFFIORAMENTI 31

9. RISULTATI DELLE ANALISI DEI CAMPIONI PRELEVATI DAI SONDAGGI 34

10. SINTESI DEI DATI SALIENTI E CONSIDERAZIONI GENERALI SUL RISCHIO AMIANTO 36

Conclusioni 40

11. PROTOCOLLI DI CARATTERIZZAZIONE DEL MATERIALE DI SCAVO 42

11.1 TRATTE INTERESSATE DALLE OPERAZIONI DI CAMPIONAMENTO E TECNICHE ADOTTATE 42
11.2 QUADRO DI RIFERIMENTO NORMATIVO 43
11.3 CAMPIONAMENTO CON SCAVO MECCANIZZATO (TBM). 43
11.4 CAMPIONAMENTO DEI FRONTI SCAVATI CON METODO TRADIZIONALE. 45
11.4.1 Drill & Blasting senza pre-consolidamento 45
11.4.2 Drill & Blasting con pre-consolidamento 46
11.5 SCAVO E CAMPIONAMENTO CON IL DEMOLITORE IDRAULICO 51
11.6 CAMPIONAMENTO SUL CUMULO DELLO SMARINO 53
11.7 ANALISI DI LABORATORIO SUI CAMPIONI SOLIDI 54
11.8 LABORATORIO A SERVIZIO DEL CANTIERE 56

12. PROTOCOLLI DI MONITORAGGIO DELL'ARIA 57

13. RETE DI MONITORAGGIO DELL'ARIA 58

13.1 CAMPIONAMENTO DELLE FIBRE AERODISPERSE 60
13.2 CRITERI DI ATTIVAZIONE DEL MONITORAGGIO DELLE FIBRE AERODISPERSE. 61

Versante piemontese. *61*
Versante ligure *67*
14. ANALISI DI LABORATORIO SULL'AERODISPERSO **74**

1. ELENCO ALLEGATI

ALLEGATO 1 – Relazione del Prof. Ing. Carlo Clerici

ALLEGATO 2 – Carta Geologica

ALLEGATO 3 – Sezioni Geologiche

ALLEGATO 4 – Pubblicazione Ajes 2009

ALLEGATO 5 – Pubblicazione Amam 2005

ALLEGATO 6 – Metodica Arpa Emilia Romagna

ALLEGATO 7 – Metodica Arpa Piemonte

ALLEGATO 8 – Amianto in Val Lemme – Venezia , 2005

ALLEGATO 9 – Localizzazione dei punti relativi alla rete di monitoraggio dell'amianto aerodisperso .

ALLEGATO 10 - Opere in sotterraneo connesse a nuova viabilità nel Genovese – Rilievi geologici di superficie.

2. PREMESSA

Questa esperienza nasce in ambito di Legge Regionale del Piemonte n. 4/11 per cui, la Regione Piemonte, attraverso la concertazione e la consultazione interviene a favore dei territori interessati dalla realizzazione di grandi infrastrutture per limitarne gli impatti, cercando di armonizzare mitigazioni e compensazioni con opere di accompagnamento al progetto e quindi confluisce nell'ambito dei lavori dell'Osservatorio Ambientale del "Terzo Valico" (OAVG) nel corso dei lavori del 20 giugno 2013 come risulta da nota Ministero dell'Ambiente (MATTM) prot. OAVG-2013-0000035 del 26/6/2013 con oggetto: "ratifica costituzione gruppo di lavoro tematici".
Con determina DVA-2013-0018482 del 2 agosto 2013, il MATTM prescrive l'adozione del documento per i lavori in galleria progettati per il III Valico Ferroviario dei Giovi.

La presente Relazione Finale aggiorna la prima bozza consegnata all'Osservatorio Ambientale del "Terzo Valico" in data 16/07/13 affinandone i contenuti tecnici ed integrandola con il contributo della Regione Liguria ed è la prima revisione del documento approvato dal Comitato di Direzione Amianto della Regione Piemonte (versione 22 febbraio 2014) .
Detto aggiornamento, pertanto, recepisce gli approfondimenti emersi nei vari incontri e rappresenta il modello generale da adottare per una efficace gestione preventiva del rischio amianto.

Il monitoraggio è stato condiviso e rispetto alla proposta dei punti di campionamento licenziati con il progetto definitivo dal CIPE, si è ritenuto necessario intervenire implementando ed ottimizzando gli stessi come riportato nell'allegato 9 alla presente relazione.

Al Gruppo di Lavoro "Gestione del rischio Amianto" hanno contribuito:

le Direzioni Trasporti, Ambiente, Sanità e Opere Pubbliche della Regione Piemonte, i Dipartimenti Geologia - Dissesto e Polo Amianto di Arpa Piemonte, il Tecnico rappresentante dei Comuni Piemontesi e per la Regione Liguria il Settore Aria, Clima e gestione integrata dei rifiuti, il Settore VIA di Regione Liguria, il Settore Prevenzione, Sanità Pubblica, Fasce deboli, Sicurezza alimentare e Sanità animale, i Comuni di Campomorone, Ceranesi, Genova, Ronco Scrivia, lo PSAL di ASL 3, la Direzione Scientifica e il Dipartimento di Genova di Arpa Liguria.

Ai tavoli di lavoro sono convocati i rappresentanti tecnici di Cociv.

3. SCOPO DEL LAVORO

Il Progetto Definitivo del Terzo Valico dei Giovi è stato approvato con Prescrizioni e Raccomandazioni con Delibera CIPE n. 80/2006.

Al punto 6 – Integrazioni Progettuali – Ambiente Punto s), della Delibera, al fine di prevenire qualsiasi potenziale impatto dovuto all'eventuale ritrovamento di amianto, viene prescritto di :

- definire meglio le procedure in caso di riscontri oggettivi;
- intensificare i controlli nel tratto di galleria compreso tra i sondaggi SR13 (pk 12+000) ed SR15 (pK 19+700);
- predisporre nell'ambito del Progetto Esecutivo un Progetto di monitoraggio della qualità dell'aria da attivarsi qualora i controlli evidenziassero un innalzamento del rischio relativo alla concentrazione di fibre asbestiformi aereodisperse. Tale progetto di monitoraggio dovrà anche interessare le aree limitrofe a quelle di cantiere interessate dalla presenza di ricettori sensibili. Le misurazioni dovranno essere effettuate presso opportune stazioni testimone da localizzarsi in numero adeguato, nelle aree maggiormente soggette all'eventuale esposizione.

Scopo del presente documento è quello di dettagliare, in funzione delle tecniche di avanzamento, i protocolli analitici per la caratterizzazione dei materiali in fase di scavo e per il monitoraggio della qualità dell'aria relativamente al parametro "amianto aerodisperso" in ante e corso d'opera nonché definire le metodiche di campionamento, nel rispetto di quanto prescritto in Delibera CIPE.

4. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto Ministeriale 06/09/94 - Normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6, comma 3, e dell'art. 12, comma 2, della legge 27 marzo 1992, n. 257, relativa alla cessazione dell'impiego dell'amianto.
- Decreto Legislativo del Governo n° 114 del 17/03/1995 - Attuazione della direttiva 87/217/CEE in materia di prevenzione e riduzione dell'inquinamento dell'ambiente causato dall'amianto.
- Decreto Ministeriale del 14/05/1996 - Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica, ivi compresi quelli per rendere innocuo l'amianto, previsti dall'art. 5, comma 1, lettera f), della legge 27 marzo 1992, n. 257, recante: "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto".
- Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 - "Norme in materia ambientale".
- Decreto 10 Agosto 2012 n. 161 - "Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo".
- Decreto Legislativo n. 81 del 9 aprile 2008 - "Testo Unico in materia di salute e Sicurezza sul lavoro".

5. AMIANTO E PIETRE VERDI

5.1 Amianto

Con il termine "amianto" si indica una serie di silicati idrati caratterizzati da differente struttura e composizione chimica, accomunati da una morfologia marcatamente fibrosa.

La struttura fibrosa, con fibre estremamente sottili ma molto addensate, conferisce all'amianto, in particolare al crisotilo, un'elevata resistenza alla trazione, elevata flessibilità, resistenza all'azione di agenti chimici e biologici, al calore, all'abrasione ed all'usura (termica e meccanica). E' inoltre facilmente filabile e può essere tessuto.

Le diverse proprietà, la versatilità ed il basso costo del minerale, hanno comportato un vasto utilizzo tecnologico, in diverse applicazioni industriali, edilizie e prodotti di consumo. Ciò a partire dall'antichità fino ai tempi recenti, sin quando il suo utilizzo nel nostro Paese, è stato vietato a causa degli effetti dannosi a carico dell'apparato respiratorio.

Aspetti mineralogici e morfologici

La vigente normativa (D. Lgs. 81/08 art. 247[(1)]) classifica come *amianti* i seguenti sei minerali, di cui uno appartenente al gruppo del serpentino e cinque appartenenti al gruppo degli anfiboli (vedasi Tabella 1).

MINERALE	NOME COMMERCIALE	GRUPPO	FORMULA
CRISOTILO	CRISOTILO (o amianto bianco)	SERPENTINO	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$
CROCIDOLITE (varietà asbestiforme della **RIEBECKITE**)	CROCIDOLITE (o amianto blu)	ANFIBOLO	$Na_2(Fe^{+2},Mg)_3Fe^{+3}Si_8O_{22}(OH)_2$
GRUNERITE DI AMIANTO	AMOSITE (o amianto bruno)	ANFIBOLO	$(Fe^{+2},Mg)_7Si_8O_{22}(OH)_2$
ANTOFILLITE DI AMIANTO	ANTOFILLITE	ANFIBOLO	$(Mg,Fe^{+2})_7Si_8O_{22}(OH)_2$
TREMOLITE DI AMIANTO	TREMOLITE	ANFIBOLO	$Ca_2(Mg,Fe^{+2})_5Si_8O_{22}(OH)_2$
ACTINOLITE DI AMIANTO	ACTINOLITE	ANFIBOLO	$Ca_2(Mg,Fe^{+2})_5Si_8O_{22}(OH)_2$

Tabella 1 - Minerali classificati come amianti ai sensi del D.Lgs. 81/08, Titolo IX, art. 247.

[1] "Art. 247. - Definizioni
1. Ai fini del presente capo il termine amianto designa i seguenti silicati fibrosi:
- a) l'actinolite d'amianto, n. CAS 77536-66-4;
- b) la grunerite d'amianto (amosite), n. CAS 12172-73-5;
- c) l'antofillite d'amianto, n. CAS 77536-67-5;
- d) il crisotilo, n. CAS 12001-29-5;
- e) la crocidolite, n. CAS 12001-28-4;
- f) la tremolite d'amianto, n. CAS 77536-68-6."

In natura circa l'85% dell'amianto estratto è distribuito lungo fasce tettoniche (lenti e vene associate a faglie-zone di taglio) o talvolta anche diffuso all'interno della matrice dell'ammasso roccioso secondo un reticolo di fratture (Ross 1981, Ross & Nolan, 2003, Schreirer H., 1989, Wruke, C.T., 1986).

Si ritrova inoltre in rocce sedimentarie clastiche (conglomerati e brecce) e cataclasiti derivate dalla rielaborazione delle litologie amiantifere.

Pericolosità per la salute

La pericolosità degli amianti consiste nella capacità di rilasciare fibre potenzialmente inalabili e nell'estrema suddivisione cui tali fibre possono giungere: gli aggregati di fibre di amianto, seppure già di dimensioni microscopiche, hanno infatti la proprietà di suddividersi longitudinalmente, a seguito di sollecitazioni anche deboli, in fibre via via più fini, fino alle unità elementari dette fibrille (vedasi Tabella 2). Questa caratteristica incide in maniera importante sulla pericolosità in quanto aggregati di dimensioni non respirabili generano facilmente oggetti più fini che risultano respirabili e quindi possono penetrare nei polmoni. Si ricorda che sono definite respirabili le fibre (o aggregati di fibre) aventi le seguenti dimensioni geometriche: diametro (D) minore di 3 micrometri, lunghezza (L) maggiore o uguale a 5 micrometri e rapporto di allungamento (L/D) maggiore di 3.

	Ø (µm)
Fibre di crisotilo	0,75 ÷ 1,50
Fibrille di crisotilo	0,02 ÷ 0,04
Fibre di anfiboli	1,50 ÷ 4
Fibrille di anfiboli	0,10 ÷ 0,20
capello umano	*40*

Tabella 2 - Tratto da "Progetto AmianTos" - Consorzio Lamma e CGT.

"Tuttavia, la questione della pericolosità delle fibre di amianto corte e sottili nella causalità del mesotelioma non è ancora stata chiarita in modo definitivo. L'OMS ha definito come segue le fibre che penetrano nel polmone: lunghezza superiore a 5 µm, diametro inferiore a 3 µm, o rapporto lunghezza/diametro superiore a 3:1" (Dott. Marcel Jost, dott.ssa Susanna Stöhr, dott.ssa Claudia Pletscher, dott. Hanspeter Ras - SUVA Divisione medicina del lavoro. Marzo 2013)

La revisione della valutazione di cancerogenesi effettuata dalla International Agency for Research on Cancer (IARC - Vol.81, 2002) è la seguente: " *omissis* ... è da sottolineare un dato ... emerso con

autorevolezza sempre maggiore in questi anni nelle ricerche sugli effetti dell'asbesto, cioè che l'amianto provoca tumori ... *omissis* ... a causa della particolare struttura fisica di cui dotato. La prevalente opinione scientifica, ripresa anche dall'EPA (Environmental Protection Agency) e altre agenzie statunitensi, concorda su una lunghezza minima di 5 μ e di un rapporto di allungamento minimo di 3:1, anche se diversi studi indicano un rapporto minimo di 5:1 come la migliore caratterizzazione delle fibre, anche dal punto di vista della ripetibilità delle misure tra laboratori."

Come limite di riferimento, un valore guida è stato valutato dall'O.M.S. in 1 fibra al litro (f/l) ripresa per gli ambienti di vita dalle *"Linee Guida generali da adottare per la corretta gestione delle attività di bonifica da amianto dei Siti di Interesse Nazionale (SIN)"* (Air Quality Guidelines for Europe -Second Edition - World Health Organization Regional Office for Europe Copenhagen - 2000 n. 91).

5.2 Pietre verdi

I materiali naturali contenenti minerali definiti amianti sono strettamente associati ai settori di affioramento delle cosiddette "pietre verdi" come riportato dal D.M. 14/05/1996 (All. 4, Tab. II.5):

Nel settore in esame, le "pietre verdi" sono normalmente associate a successioni ofiolitiche, ossia antiche porzioni di litosfera oceanica distribuite nei settori di catena alpina occidentale.

La successione stratigrafica tipo delle ofioliti (in sequenza stratigrafica dal basso verso l'alto) è rappresentata, nelle formazioni in esame da (vedi CORTESOGNO&HACCARD 1984 e in dettaglio nei paragrafi successivi):

- serpentiniti, derivanti dal metamorfismo di originarie rocce ultrabasiche (peridotiti), di cui conservano localmente intrusioni di filoni basaltici;
- oficalci, brecce tettoniche primarie ad elementi di serpentinite e cemento carbonatico;
- metabasalti con sovraimpronta metamorfica di basso grado, i cui caratteri petrografici risultano molto variabili nei diversi affioramenti. Si tratta principalmente di colate con strutture a pillow da brecciate e rimaneggiate a massicce localmente attraversate da filoni di basalto.

Si rimarca che ai fini del presente protocollo, sono prese in considerazione come "pietre verdi" anche clasti e matrice di natura ofiolitica che costituiscono i conglomerati terziari della Formazione di Molare e le cataclasiti associate alle pietre verdi stesse.

6. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE

6.1 Le unità tettono-stratigrafiche

Il tracciato della linea del Terzo Valico, nel suo tratto montano-collinare compreso tra Novi-Ligure e Genova, interessa un'area costituita da domini geologici di pertinenza alpina e/o appenninica costituita, da W verso E, da tre grandi complessi di unità tettoniche: il Gruppo di Voltri, la Zona Sestri-Voltaggio e le Unità Liguri. L'edificio strutturale attuale è caratterizzato dalla giustapposizione di unità che mostrano un aumento nell'intensità della deformazione e del grado metamorfico passando da unità più superficiali (orientali, Unità Liguri) a quelle più profonde (occidentali, Gruppo di Voltri). Questo assetto strutturale è sigillato, a N, a partire dall'Oligocene, dai depositi discordanti del Bacino Terziario Ligure-Piemontese.
La Zona Sestri Voltaggio e, più a N, il Bacino Terziario Ligure-Piemontese, rappresentano i domini geologici direttamente attraversati dalla galleria di linea e relative opere di progetto.

La porzione meridionale del Bacino Terziario Ligure-Piemontese, per il suo carattere post-orogenetico, è relativamente poco deformata, mentre la Zona Sestri-Voltaggio, classicamente interpretata come la zona di transizione tra le due catene (Alpi - Appennino), si presenta intensamente tettonizzata.
Al suo interno sono definite tre unità tettoniche rappresentate in allegati 2 e 3, da W verso E e da livelli strutturali più profondi a livelli più superficiali, dalle:

- Unità Gazzo Isoverde,
- Unità Cravasco-Voltaggio,
- Unità Timone – BricTeiolo

Zona Sestri-Voltaggio

UNITÀ MONTE GAZZO-ISOVERDE (UNITÀ LIASSICO-TRIASSICA DI CORTESOGNO&HACCARD 1984)

Unità di origine continentale, è rappresentata da un lembo di copertura di piattaforma carbonatica costituito da dolomie (dG, *Calcari dolomitici del Monte Gazzo*) associate a gessi, anidriti e carniole (gc), calcari (cG, *Calcari di Gallaneto)* e argilloscisti (Mn, *Metargilliti nere*).

I gessi e le anidriti, poco rappresentati in affioramento, sono presenti in profondità con successioni dalla potenza apparente di alcune centinaia di metri, così come indicato dai sondaggi profondi eseguiti (SR11 ÷ 80m, SR12 ÷ 280 m).

UNITÀ CRAVASCO-VOLTAGGIO (CORTESOGNO&HACCARD 1984)

Unità di origine oceanica, si caratterizza per un basamento ofiolitico (pietre verdi) costituito prevalentemente da gabbri (mG, *Metagabbri*) e subordinate serpentiniti (Se'', *Serpentiniti e Serpentinoscisti*) associate a colate basaltiche (B'', *Metabasalti*). In continuità stratigrafica è presente una copertura sedimentaria che inizia con dei diaspri seguiti da calcari (cV, *Calcari di Voltaggio*) che progressivamente passano a termini pelitico-carbonatici (f, *Metargilliti filladiche*), rappresentanti il termine più elevato della successione sedimentaria.

Le serpentiniti (Se'') sono generalmente fratturate (cataclastiche) o associate a serpentinoscisti e affiorano in corpi allungati orientati N-S. Associazioni primarie di serpentiniti con i gabbri non sono note in letteratura mentre affiorano, in forma di scaglie, lungo il contatto con l'Unità Monte Gazzo – Isoverde (Cortesogno&Haccard 1984).

I metabasalti (B'') si presentano generalmente molto deformati come evidenziato da strutture primarie, tipo pillows, appiattite sulle superfici di deformazione principali.

UNITÀ TIMONE - BRICTEIOLO (MARINI 1998) (UNITÀ MONTE FIGOGNA DI CORTESOGNO&HACCARD 1984)

La stratigrafia dell'Unità Timone - BricTeiolo è simile a quella dell'Unità Cravasco - Voltaggio attestandone una comune origine oceanica.

Alla base della sequenza si ritrovano masse di serpentiniti, attraversate da filoni basaltici, e associate oficalci (Se' *Serpentiniti, Serpentinoscisti e Oficalci*).

Segue un complesso costituito da metabasalti (B' *Metabasalti*) che caratteristicamente conservano tessiture primarie quali pillow, ialoclastiti e brecce che conferiscono un aspetto massiccio agli affioramenti, apparentemente meno deformato degli omologhi osservati nell'Unità Cravasco - Voltaggio.

La sequenza sedimentaria inizia con i diaspri (d) seguiti da calcareniti (cE, *Calcari di Erselli*) e termina con scisti filladici a intercalazioni di calcari detritici (aP, *Argilliti a Palombini del Passo della Bocchetta*).

L'intera successione dell'unità si distingue da quella dell'Unità Cravasco - Voltaggio per l'assenza di gabbri e per la presenza di oficalci.

I termini sedimentari, tenuto conto delle diversa intensità del metamorfismo e della deformazione, sono correlabili tra loro e omologhi alla sequenza Diaspri, Calcari a Calpionelle e Argille a Palombini dell'Appennino settentrionale.

Ad entrambe, l'Unità Cravasco - Voltaggio e l'Unità Timone - BricTeiolo, viene attribuita un'origine sicuramente oceanica, dimostrata dalla presenza di rocce ofiolitiche (pietre verdi) in contatto stratigrafico con una successione pelagica costituita da Diaspri, Calcari a Calpionelle e Argille a Palombini.

L'originario basamento oceanico, sebbene preservato in frammenti, può essere presente in profondità a seguito della complessa successione di fasi deformative che hanno interessato il settore in oggetto. Il migliore esempio che attesta la presenza di estese porzioni di basamento oceanico alla base delle unità Cravasco - Voltaggio e Timone - BricTeiolo è rappresentato dagli estesi affioramenti di basalti e serpentiniti esposti in prossimità del Mt. Figogna.

Bacino Terziario Ligure Piemontese

FORMAZIONE DI MOLARE

Classicamente viene considerata una formazione molassica post-orogenetica rappresentante la base di depositi indeformati depositati in discordanza, con giacitura monoclinale, sulle unità tettoniche già strutturate. Studi più recenti (Capponi e Crispini 2008, Progetto Definitivo 2006) dimostrano gli effetti della deformazione tardiva delle unità tettoniche adiacenti. Nel settore interessato dal tracciato si osserva la presenza pressoché esclusiva di conglomerati di natura ofiolitica provenienti dal Gruppo di Voltri.

In sede di Progetto Definitivo sono distinti 3 membri in funzione del grado di cementazione e delle caratteristiche sedimentologiche.

MARNE DI RIGOROSO

Come Marne di Rigoroso, aventi la loro serie tipo nella zona di Rigoroso in Valle Scrivia, sono state cartografate le marne argillose verdine, senza evidente stratificazione che si sviluppano attorno

alla Placca di Castagnola, nell'area del Bacino Terziario piemontese . Nella parte mediana si hanno blocchi arenacei e argille sabbiose stratificate.

6.2 L'evoluzione strutturale e quella metamorfica

Le unità precedentemente descritte sono compatibili con lo sviluppo di un piano di subduzione dove le unità coinvolte, a diversi livelli strutturali, sono successivamente esumate sino al raggiungimento dell'attuale configurazione geometrica.

In generale, la ricostruzione dell'odierno assetto strutturale mostra un grado metamorfico e un'intensità della deformazione che aumentano andando da E verso W, procedendo da unità strutturalmente elevate (Unità Timone-BricTeiolo con impronta metamorfica in Facies scisti verdi a pumpellyte-actinolite) verso unità più profonde (Unità Cravasco-Voltaggio e Unità Monte Gazzo-Isoverde entrambe con impronta metamorfica in Facies scisti blu).

Nello specifico del presente lavoro, la descrizione dell'assetto strutturale è finalizzata alla valutazione della distribuzione delle pietre verdi lungo i settori della linea (Vd. Allegati 2 e 3).

SETTORE GENOVA FEGINO - CRAVASCO-ISOVERDE-PIETRALAVEZZARA

In questo settore affiora estesamente l'Unità Timone-Bric Teiolo in contatto, a W rispetto al tracciato, con la sottostante Unità Cravasco Voltaggio. L'evoluzione strutturale dell'Unità Timone-Bric-Teiolo comprende una fase D1 considerata coeva con il metamorfismo in facies scisti verdi a cui segue una fase D2 coassiale. Entrambe le fasi D1 e D2 sono caratterizzate da pieghe con profilo chiuso e geometria da isoclinale a simile associate a due generazioni di scistosità, penetrative e appiattite sulla S0 che, a scala dell'affioramento, rappresentano la scistosità principale (Sp). Le pieghe D1-D2 e la scistosità principale sono ripiegate da una fase deformativa D3 che presenta le stesse caratteristiche descritte nel settore precedente.

Nell'area in esame mancano marker litostratigrafici capaci di fornire indicazioni sulla presenza di strutture plicative (D1-D3) a grande scala, quali quelle osservate in corrispondenza della anticlinale sinforme del Monte Figogna, che possono interferire con il tracciato di linea.

Un aspetto rilevante, ai fini del presente studio, è rappresentato dalla distribuzione cartografica delle masse serpentinitiche all'interno dell'Unità Timone-Bric Teiolo. Queste occorrenze si concentrano all'interno di una stretta fascia che corre parallela al contatto con la sottostante Unità

Cravasco-Voltaggio, in un tratto compreso tra Pietralavezzara ed il Passo della Bocchetta, con prosecuzione, in territorio piemontese, nell'alta Val Lemme.

Settore Cravasco-Isoverde-Pietralavezzara-Passo della Bocchetta

In questo settore sono esposte le unità Monte Gazzo-Isoverde, Cravasco-Voltaggio e Timone-BricTeiolo, disposte secondo livelli strutturali rispettivamente più superficiali.
L'evoluzione strutturale comunemente descritta in letteratura si basa sui lavori di Crispini (1996), Capponi e Crispini (2001) e sulle recenti Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia, foglio Genova (a cura di Capponi e Crispini).
Nella relazione geologica redatta in sede di Progetto Definitivo l'evoluzione strutturale riportata nei su citati studi è stata, ad oggi, approfondita.

Le unità Monte Gazzo-Isoverde e Cravasco-Voltaggio condividono un'evoluzione strutturale simile evidenziata dal contatto tettonico che separa le due unità, che risulta deformato dalle fasi D1 e D2. A queste fasi iniziali si associano condizioni metamorfiche in facies di scisti blu. Le fasi D1 e D2 si caratterizzano per la formazione di pieghe isoclinali coassiali in cui si sviluppa, per entrambe le fasi, una scistosità di piano assiale fortemente traspositiva. A causa dell'elevata intensità della deformazione la S1 e la S2 (S indica la scistosità) sono generalmente coincidenti con la S0 e sono state considerate costituire la scistosità principale (Sp) a scala dell'affioramento. La presenza di lineazioni di estensione parallele agli assi A1 e A2 indica la presenza di una intensa deformazione di taglio durante le fasi D1 e D2 a cui sono associati importanti orizzonti milonitici. Successivamente, l'impilamento delle due unità tettoniche e di tutte le strutture D1/D2 risulta deformato da pieghe associate ad una fase D3. Queste pieghe sono da aperte a chiuse, cilindriche, con assi orientati NE-SW e piani assiali immergenti verso SE. Il contatto con la sovrastante Unità Timone-BricTeiolo risulta essere anch'esso deformato dalla fase D3 e viene considerato posteriore alle fasi D1/D2. Il contatto è costituito da una zona di passaggio progressiva (fascia milonitico - cataclastica) che si imposta preferibilmente all'interno delle Argilliti a Palombini del Passo della Bocchetta, presenti in entrambe le unità.

Infine, si assiste alla riattivazione della foliazione milonitica ad opera di superfici di faglia con direzione N-S ed NW-SE.

Nel Progetto Definitivo, è stato approfondito l'assetto strutturale dell'area compresa tra Cravasco e Isoverde a S del Passo della Bocchetta con particolare attenzione al contatto tra l'Unità Monte Gazzo-Isoverde e Cravasco-Voltaggio e al contatto tra queste due unità e l'Unità Timone-BricTeiolo. In particolare viene proposto di considerare le superfici di contatto tettonico tra le unità, non come superfici discrete ma come volumi rocciosi di potenza decametrico-ettometrica contenenti scaglie tettoniche costituite da litologie provenienti dalle diverse unità coinvolte (*fascia milonitica).*

Sulla cartografia di dettaglio allegata al Progetto Definitivo viene individuata la Fascia Milonitica di Isoverde che separa l'Unità Monte Gazzo-Isoverde dall'Unità Timone-BricTeiolo. Litologicamente questa fascia comprende: Scisti micaceo –carbonatici milonitici (Myl), Scisti carbonatici milonitici (MNm) e Metabasalti milonitici (Bmyl). Essa costituisce un melange tettonico di litologie provenienti sia dall'Unità Monte Gazzo-Isoverde che dall'Unità Cravasco-Voltaggio e/o Timone-BricTeiolo, i cui corpi di dimensioni maggiori sono gli unici che sono stati distinti cartograficamente.. La "matrice" del melange tettonico è invece costituita dalle Meta-Argilliti milonitizzate (Myl) che rappresentano la litologia dominante e che si caratterizzano per la presenza di livelli o lenti centimetrico-decimetrici di serpentinoscisti o cloritoscisti. In mancanza di questi, questa litologia risulta essere comunque difficilmente distinguibile dai protoliti originari a causa di un'apparente convergenza di facies tra le Argilliti a Palombini del Passo della Bocchetta e le Metargilliti nere liassiche.

La Fascia milonitica, verso N, taglia le strutture D1/D2 che caratterizzano il contatto tra le Unità Monte Gazzo-Isoverde e Cravasco-Voltaggio ed è considerata syn-D2 mentre è antecedente alla fase D3 da cui è deformata secondo pieghe aperte.

PASSO DELLA BOCCHETTA – ALTA VAL DI LEMME

In questo settore affiora estesamente l'Unità Timone-BricTeiolo in contatto, a W rispetto al tracciato, con la sottostante Unità Cravasco Voltaggio. L'evoluzione strutturale dell'Unità Timone-Bric-Teiolo comprende una fase D1 considerata coeva con il metamorfismo in facies scisti verdi a cui segue una fase D2 coassiale. Entrambe le fasi D1 e D2 sono caratterizzate da pieghe con profilo chiuso e geometria da isoclinale a simile associate a due generazioni di scistosità, penetrative e appiattite sulla S0 che, a scala dell'affioramento, rappresentano la scistosità principale (Sp). Le

pieghe D1/D2 e la scistosità principale sono ripiegate da una fase deformativa D3 che presenta le stesse caratteristiche descritte nell'area a S del Passo della Bocchetta.

Nell'area in esame mancano marker litostratigrafici capaci di fornire indicazioni sulla presenza di strutture plicative (D1-D3) a grande scala, che possono interferire con il tracciato di linea.

In particolare si è cercato, su base cartografica, di verificare la presenza di strutture plicative analoghe a quelle osservate in corrispondenza della anticlinale sinforme del Monte Figogna, ben documentata più a S.

Gli unici indizi litostratigrafici sono rappresentati dalla presenza di affioramenti isolati di corpi di metabasalti, osservati in destra dell'alta Val di Lemme, sui due fianchi della dorsale che unisce il Monte Calvo con il Monte Cavetti. I metabasalti non sono associati a strutture plicative evidenti e neppure l'associazione sporadica con i diaspri sembra evidenziare la presenza di sequenze stratigrafiche a polarità opposta correlabili a strutture plicative chiare.

In mancanza di argomenti strutturali l'occorrenza di questi corpi è stata interpretata da Cortesogno e Haccard (1984) come espressione di anticlinali sinformi, in analogia con quanto osservato nella meglio documentata struttura del Monte Figogna.

Dall'esame della cartografia di dettaglio di progetto e di quella disponibile in letteratura (Cortesogno e Haccard 1984, Capponi e Crispini Foglio Genova) appare evidente che gli affioramenti di metabasalti sui due fianchi della dorsale Monte Calvo-Monte Cavetti ricadono, al tetto e al letto, sempre in una fascia altimetrica compresa tra i 700-650 m s.l.m. (al tetto) ed i 600 m s.l.m. (al letto).

Questa particolare disposizione cartografica, in questo settore, lascia supporre che essi proseguano da un versante all'altro in posizione anticlinale antiforme costituendo dei corpi tabulari di dimensione ettometrica e potenza decametrica.

Nel Foglio Genova, inoltre (Foglio 213-230 a scala 1:50000 progetto CARG del 2008), in cui l'unità tettonometamorfica di Figogna è interpretata come una serie ofiolitifera rovescia (fianco rovescio di una piega plurichilometrica coricata), successivamente ripiegata a formare una struttura regionale sinforme. Il limite occidentale dell'unità Figogna ricade all'interno di una potente fascia di deformazione tettonica ed è caratterizzato da piani di deformazione cataclastica di estensione regionale, caratterizzata da una zona a scaglie dove la sequenza dei litotipi è ripetuta per

sovrascorrimento in un contesto regionale deformativo di tipo transpressivo schematizzabile con una struttura "a fiore positivo" nella quale la master fault è rappresentata dalla faglia, nota come Linea Sestri - Voltaggio, che mette a contatto l'Unità Palmaro - Caffarella con le unità Gazzo - Isoverde e Cravasco - Voltaggio (Capponi et al., 2009). Inoltre, l'allineamento di corpi ofiolitici osservabile al limite tra le unità Cravasco - Voltaggio e l'unità di Figogna (vedi carta geologica della zona Sestri a scala 1:25000, Cortesogno L.& Haccard D. 1984) farebbe presupporre una estensione di questa zona a scaglie verso settori più orientali della zona di contatto tra queste due unità fino a coinvolgere porzioni più ampie delle Argilliti a Palombini. Queste occorrenze si concentrano in superficie in un tratto compreso tra Pietralavezzara e l'imbocco della Finestra di Val Lemme. Gli affioramenti più estesi si osservano a S del Passo della Bocchetta dove diversi corpi di serpentiniti possono chiaramente essere correlati tra loro su base strutturale e cartografica. A N del Passo della Bocchetta, sono presenti masse isolate di pietre verdi, es.: la Cava di Pietra, S di Case Peasso, N della finestra di Val Lemme (vedi carta degli affioramenti in allegato 2). Tutti questi affioramenti, su una distanza di alcuni chilometri (circa 8 km), ricadono sempre ad una distanza dal contatto con l'Unità Cravasco-Voltaggio compresa entro i 500 m. La continuità cartografica è interrotta unicamente in corrispondenza di un sistema di faglie con direzione NE-SW situata immediatamente a S del Passo della Bocchetta.

Queste zone presentano un pattern anastomosato, sono associate a rocce di faglia (fasce miloniti che, brecce, cataclasiti e gouge) e possono avvolgere litoni di forma sigmoidale di natura ofiolitica, intensamente fratturati e brecciati, con dimensioni da centimetrico a metrico.

Questi corpi ofiolitici associati a tali zone di deformazione tettonica rappresentano aree con possibile occorrenza di mineralizzazioni di asbesto localizzato o diffuso.

Un altro aspetto rilevante, ai fini del presente studio, è rappresentato dalla distribuzione cartografica delle masse serpentinitiche all'interno dell'Unità Timone-BricTeiolo.

7. RILIEVI GEOLOGICI DI SUPERFICIE DELLE FORMAZIONI POTENZIALMENTE AMIANTIFERE

In fase di redazione del Progetto Esecutivo (2013), sono stati condotti alcuni rilievi geologici di superficie che integrati con i dati del Progetto Definitivo (2005) e con l'esame della bibliografia esistente hanno permesso di:

- caratterizzare in superficie le litologie potenzialmente amiantifere, in particolare in prossimità delle principali strutture tettoniche (faglie, fratture, zone di taglio, contatti), ove si creano le condizioni per la rimobilizzazione e concentrazione di amianto;
- campionare le principali litologie potenzialmente amiantifere (serpentiniti, serpentinoscisti, ecc), da sottoposte ad analisi di laboratorio, ad implementazione dei dati esistenti, per la determinazione della eventuale presenza di amianto;
- campionare, in corrispondenza sia di superfici di faglia dei metabasalti sia nella matrice rocciosa ai fini dell'accertamento della presenza di amianto;
- campionare la matrice dei conglomerati della Formazione di Molare dove, come diretta conseguenza della disgregazione dei clasti e dei blocchi che costituiscono la frazione grossolana si potrebbe avere una maggiore concentrazione di amianto (vedi allegato 8, step 5).

I rilievi geologici di superficie hanno inoltre avuto la finalità di integrare ed eventualmente affinare i dati riguardanti l'assetto strutturale delle formazioni contenenti rocce potenzialmente amiantifere, per la previsione e quantificazione della distribuzione delle "pietre verdi" in profondità, lungo il previsto tracciato.

Ciò compatibilmente con l'assetto morfologico generale e la copertura vegetale che rendono le condizioni di affioramento per lo più limitate, con scarsi o pressoché inesistenti spaccati che consentono di osservare direttamente le relazioni tra le diverse unità.

Si evidenzia la situazione di sfavore rappresentata dallo sviluppo geometrico dell'asse della galleria ferroviaria in progetto in quanto orientato sub-parallelamente sia alle principali strutture regionali che all'estensione maggiore dei corpi ofiolitici.

Di seguito sono riportati, per le diverse unità interessate dal tracciato, gli elementi salienti ricavati dai rilievi locali di superficie sulle rocce potenzialmente amiantifere.

Nei paragrafi seguenti ci si riferisce a campioni raccolti durante quest'ultima campagna di rilevamento geologico e sono indicati con codice da C1 a C5, i cui risultati analitici sono riportati in tabella 1 nel paragrafo 8.

7.1 Unità Timone – Bric Teiolo (Unità del Monte Figogna di Haccard et al., 1984)

L'unità, costituita prevalentemente da scisti micaceo-carbonatici con banchi calcarei e livelli siltoso-arenacei, comprende termini ofiolitici rappresentati da corpi di metabasalti, anche potenti, con associate serpentiniti e oficalci.

- I METABASALTI sono rappresentati da facies massicce, a cuscini, brecciate, ialoclastiti, con scistosità latente solo localmente sviluppata.

Nel tratto Ligure l'affioramento più cospicuo di basalti massicci (noti in letteratura come diabasi o spiliti) si trova in corrispondenza del rilievo montuoso del M. Figogna - B.c Teiolo, con spessori massimi superiori a 600 m.

A N della dorsale del M. Figogna, i metabasalti affiorano in lenti allungate e discontinue, all'interno della formazione degli argilloscisti, come nuclei sinformi ed antiformi di pieghe ad asse N-S.

L'osservazione delle lenti presenti a S di Pietra Lavezzara, oltre che in prossimità del Passo della Bocchetta, non evidenzia, anche in corrispondenza di porzioni fratturate e/o brecciate, vene o patine incrostanti con minerali fibrosi (foto n. 1 e 2).

Foto n. 1 e 2 - Metabasalti a S del Passo della Bocchetta

L'osservazione diretta di affioramenti significativi (foto n. 3÷6), ubicati in corrispondenza di zone di faglia, ha evidenziato unicamente lo sviluppo di strutture fragili, con elevato grado di fratturazione delle diverse porzioni di ammasso e sviluppo locale di cataclasi.

Non si osservano, in corrispondenza delle fratture principali, vene o patine incrostanti con minerali fibrosi.

Il rilievo di dettaglio, con prelievo di n. 1 campione (C3), è stato effettuato nel settore del sondaggio SR15, sul fondovalle del Rio delle Rive, impostato in questo tratto su una faglia.

Più in dettaglio il campionamento ha riguardato una ristretta porzione di ammasso caratterizzata da un elevato grado di fratturazione ed alterazione, con sviluppo di cataclasi.

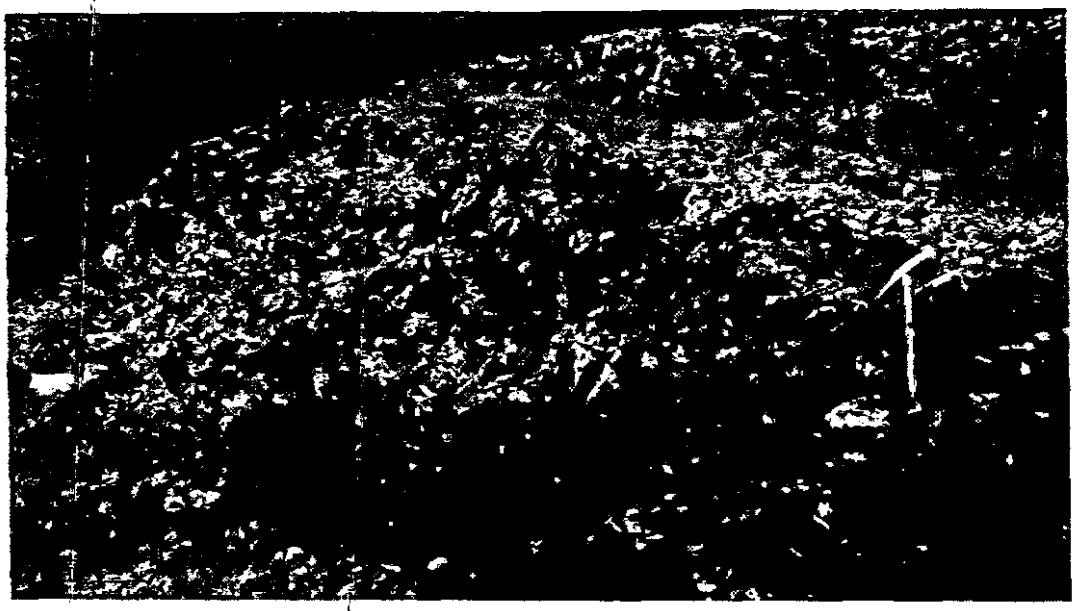


Foto n. 3 - Zona SR15 - Unità Timone - Bric Teiolo - Metabasalti brecciati

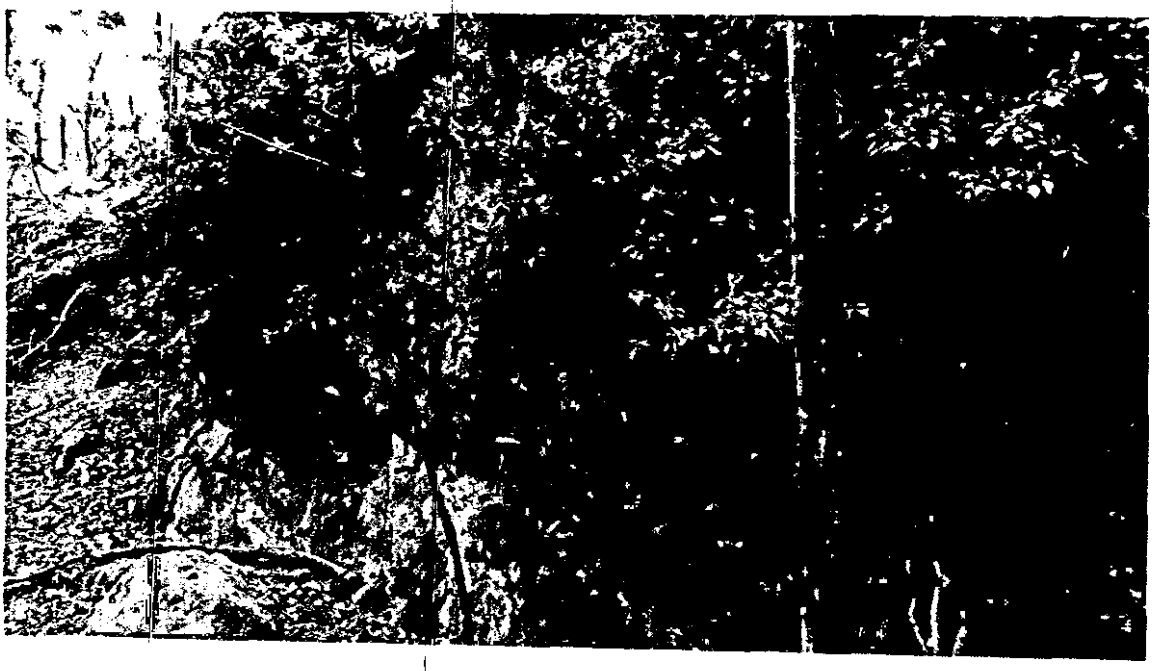


Foto n. 4 - Zona SR15 - Unità Timone - Bric Teiolo - Superficie di faglia in metabasalti brecciati

Foto n. 5 e 6 - Zona SR15 - Unità Timone - Bric Teiolo Porzione di ammasso (metabasalti) particolarmente fratturata ed alterata, con sviluppo di cataclasi. Campione C3.

- Le SERPENTINITI E LE OFICALCI rappresentano la base della sequenza ofiolitica.

Sono frequentemente caratterizzate da strutture brecciate, con elementi serpentinitici da centimetrici a plurimetrici e cemento carbonatico (oficalci), e/o da strutture cataclastiche, conseguenti le deformazioni tettoniche subite.

Sono essenzialmente serpentiniti ad antigorite, nelle quali i minerali fibrosi, inclusi gli amianti, sono compresi nella matrice rocciosa e si concentrano come riempimento delle fratture.

Il rilievo di dettaglio si è concentrato nel settore a S del Passo della Bocchetta, dove le serpentiniti affiorano in corpi lenticolari orientati N-S, con estensione complessiva ettometrica, fino a chilometrica (foto n. 7 ÷ 13).

Tali corpi sono rappresentativi dei materiali che, se intercettati, come prevedibile in corrispondenza delle fasce di contatto con la Fascia milonitica di Isoverde, potranno essere interessati dallo scavo per tratti di lunghezza apprezzabile, alla stessa scala di quella degli affioramenti di superficie (ettometrica).

Si tratta di ammassi caratterizzati da un elevato grado di fratturazione, con fratture aperte, di estensione e di taglio, in corrispondenza delle quali si osservano riempimenti di minerali fibrosi biancastri di spessore da millimetrico a centimetrico (max. 2 cm). Nella porzione più settentrionale, in linea con la cava di pietra ornamentale dismessa presso Pietra Lavezzara, è inoltre sviluppata una fascia cataclastica di ampiezza pluridecametrica, associata ad un'importante faglia subverticale orientata NNE-SSW (Imm./Incl. 145°/80-85°), subperpendicolare all'asse del tracciato.

L'estensione degli affioramenti in questo settore ha consentito di effettuare un rilievo delle fratture e vene con riempimento fibroso lungo uno stendimento lungo 20 m orientato NNE-SSW, ubicato in corrispondenza del limite S della fascia cataclastica.

Si specifica che il rilievo ha riguardato una porzione rappresentativa delle condizioni più critiche di questa litologia, in relazione alla possibilità di contenuto di amianto, in quanto, oltre che caratterizzata da un elevato grado di fratturazione dell'ammasso in generale, è ubicata in corrispondenza del limite di una fascia di intensa deformazione.

Sono stati quindi prelevati n. 2 campioni, C4 e C5, rappresentativi rispettivamente della litologia più massiva e del materiale cataclasato, incoerente, ridotto in minute scaglie.

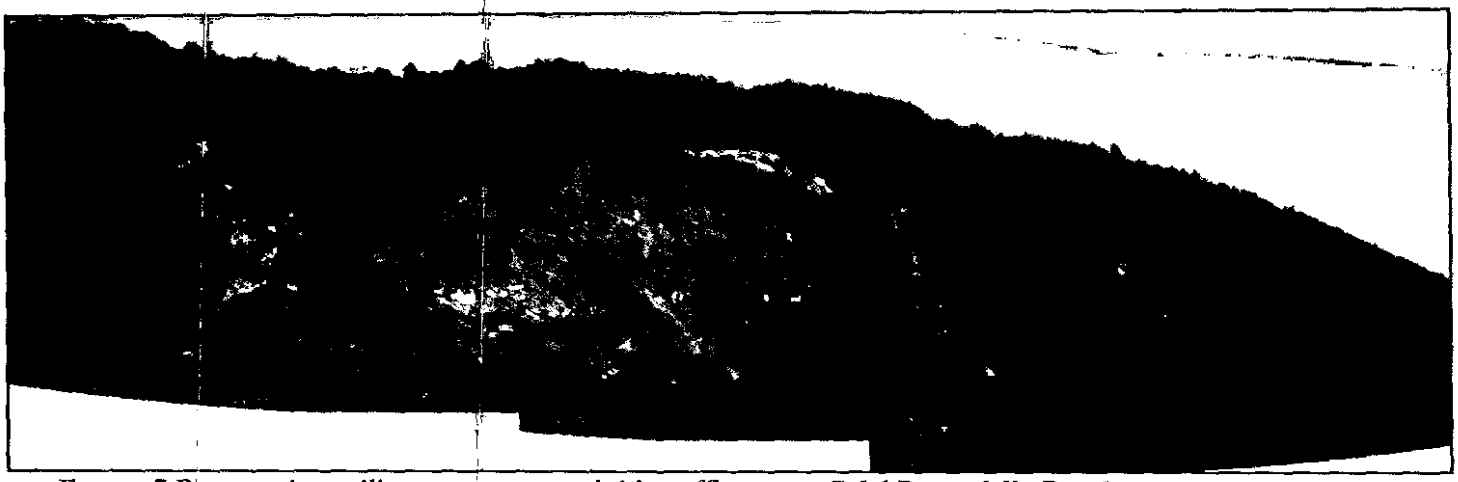


Foto n. 7 Panoramica sull'ammasso serpentinitico affiorante a S del Passo della Bocchetta, con evidenziata la fascia cataclastica.

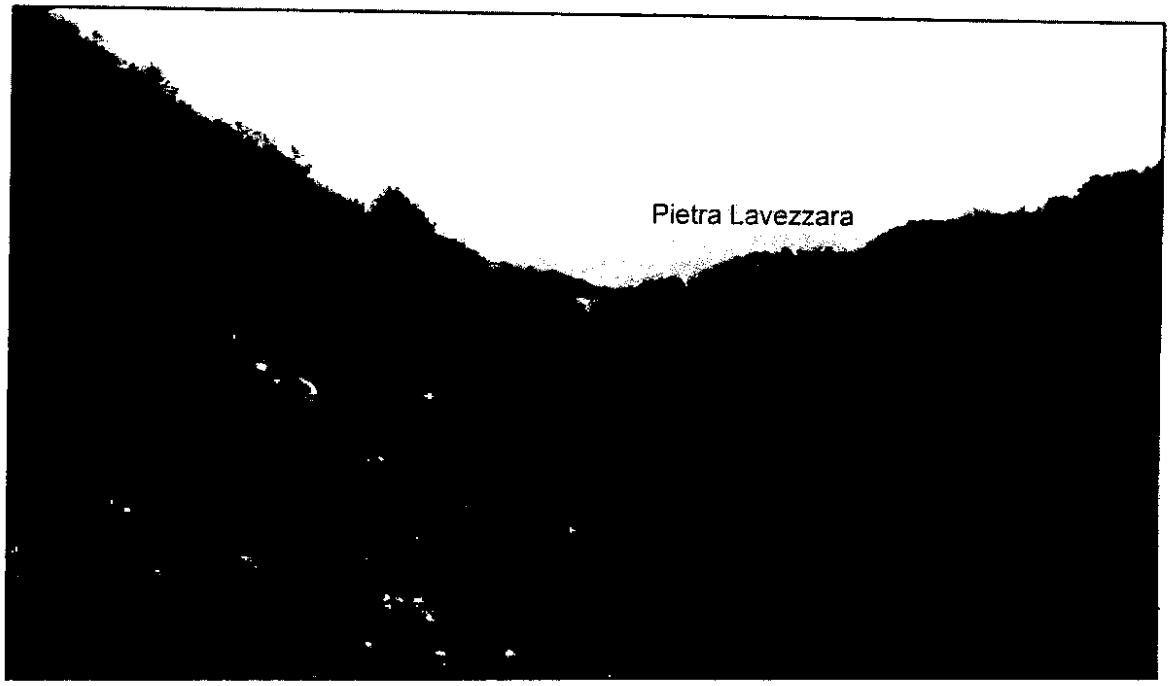


Foto n. 8- Panoramica verso S, con indicazione della prosecuzione della fascia serpentinitica.

Foto n. 9 - Porzioni di ammasso serpentinitico, caratterizzate da un elevato grado di fratturazione. Campione C5.

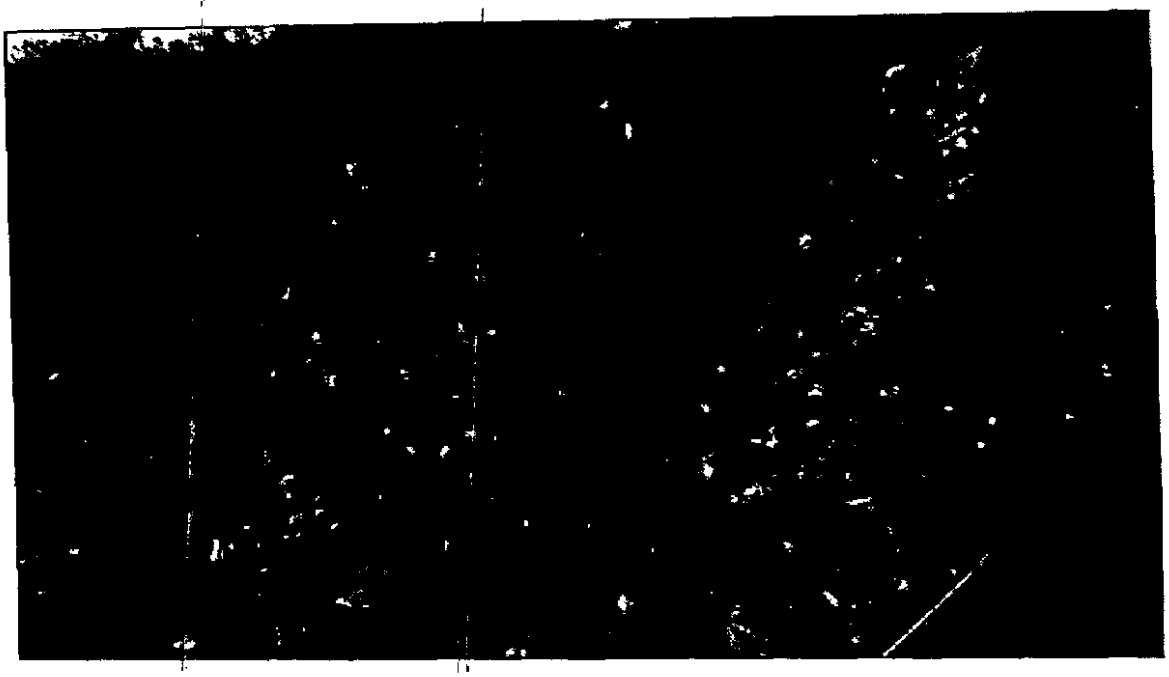


Foto n. 10 - Dettaglio sulla fascia cataclastica

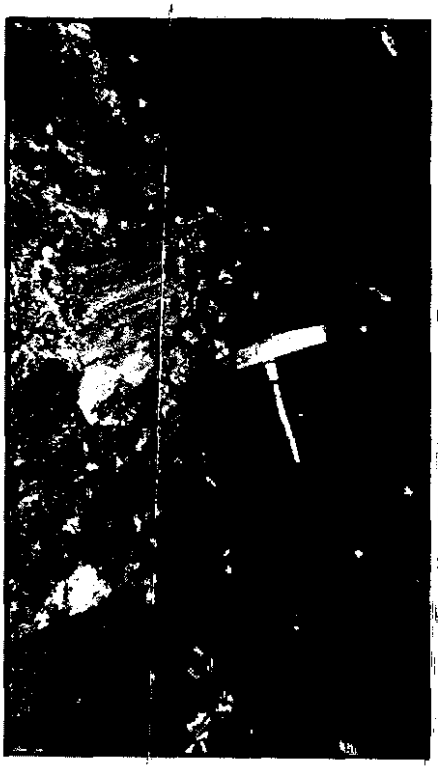


Foto n. 11 - Frattura aperta orientata N-S con patina di incrostazione compatta di spessore 2-3 mm, striata. Riempimento cataclastico oggetto di campionamento. Campione C4.
Nella ripresa è evidenziata la zona del campionamento.

Foto n. 12 - Serpentiniti cataclastiche, con sviluppo di livelli anastomizzati foliati, di ampiezza massimo decimetrica, lungo i quali tendono a concentrarsi i minerali fibrosi.

Foto n. 13 - Superficie di faglia orientata E-W (Imm./Incl. 195°/70°) con riempimento di spessore millimetrico costituito da minerali fibrosi. Slickensides lungo l'immersione.

7.2 Formazione di Molare (Complesso conglomeratico marino, cMS, di Haccard et al., 1984)

Si tratta di una potente successione costituita da conglomerati e conglomerati arenacei, con sparsi blocchi di dimensioni plurimetriche, caratterizzati da una notevole eterogeneità e variabilità spaziale, che riguardano la granulometria, il grado di cementazione e, per alcuni membri, la composizione dei clasti (foto n. 14 ÷ 17).

I clasti ed i blocchi, compresi i blocchi plurimetrici, sono costituiti prevalentemente da metaofioliti, con, in percentuali variabili, minori dolomie, calcari e arenarie.

Il rilievo di dettaglio, con prelievo di campioni di superficie, è stato effettuato nel settore di Sottovalle ed in prossimità del sondaggio SR15, sul fondovalle del Rio delle Rive, in corrispondenza del contatto con un corpo di metabasalti. Sono stati pertanto essenzialmente esaminati i membri distinti nella carta geologica del Progetto Definitivo come FMp (parzialmente cementato) ed FMa (arenaceo), dei quali l'FMp rappresenta quello che sarà prevalentemente interessato dallo scavo meccanizzato.

L'elemento di rilevanza per gli scopi del presente studio è la composizione prevalente dei clasti, data da "pietre verdi", con serpentiniti, serpentinoscisti, talcoscisti, metagabbri, metabasalti, a cui sono associate peridotiti con diverso grado di serpentinizzazione.

La composizione della matrice arenacea che li ingloba riflette quella dei clasti grossolani.

Il grado di cementazione della matrice è prevalentemente basso, maggiore in presenza di una discreta percentuale di clasti calcarei.

Per la caratterizzazione della matrice arenaceo - sabbiosa sono stati prelevati n. 2 campioni in località Sottovalle (C1 e C1b), rappresentativi delle due facies con diverso grado di cementazione, e n. 1 campione nel settore del sondaggio SR15 (C2).

Più in dettaglio il campione C1, costituito da una sabbia da sciolta a debolmente cementata, è rappresentativo della matrice del membro arenaceo (FMa), mentre i campioni C1b e C2 sono rappresentativi della matrice del membro parzialmente cementato (FMp).

Il campione C1b, costituito da sabbia sciolta, si distingue per il colore grigio verde in massa, elemento indicativo di un'elevata percentuale di granuli derivati dalla disgregazione di pietre verdi

l.s., mentre il campione C2 si distingue per la colorazione rossastra in massa e per un maggiore grado di cementazione.

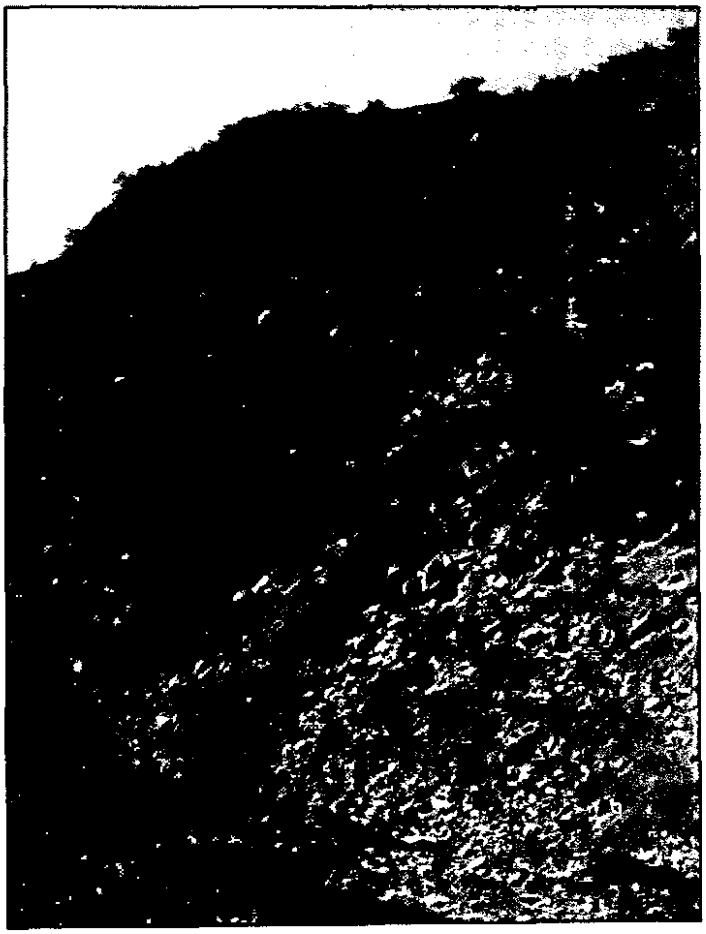


Foto n. 14 - Formazione di Molare - Membro poco cementato, FMp, esposto sulle scarpate ad E di Carrosio (destra idrografica di Bric delle Rive).

Foto n. 15 - Dettaglio scarpate ad E di Carrosio - Clasti e blocchi di prevalenti pietre verdi in abbondante matrice arenaceo - sabbiosa poco cementata

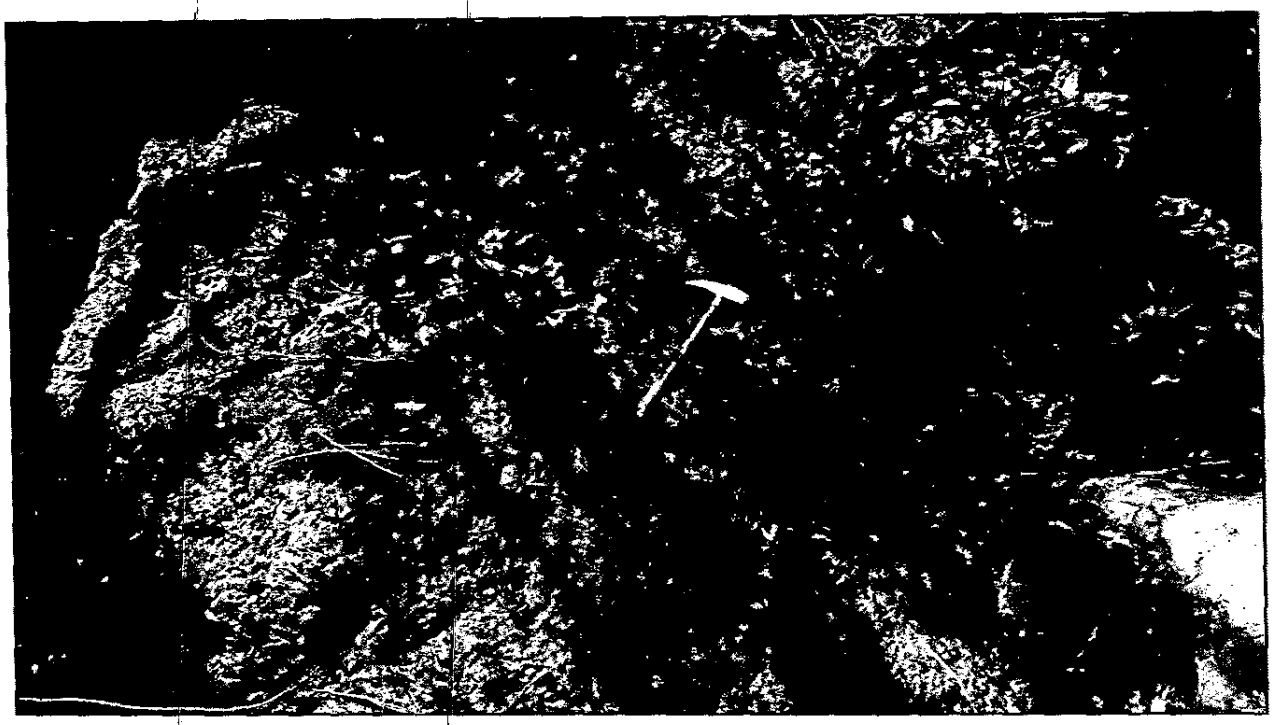


Foto n. 16 - Contatto tra i conglomerati della Formazione di Molare ed i metabasalti dell'Unità Timone - Bric Teiolo in prossimità dell'alveo del Rio delle Rive (Zona sondaggio SR15 - campione C2).

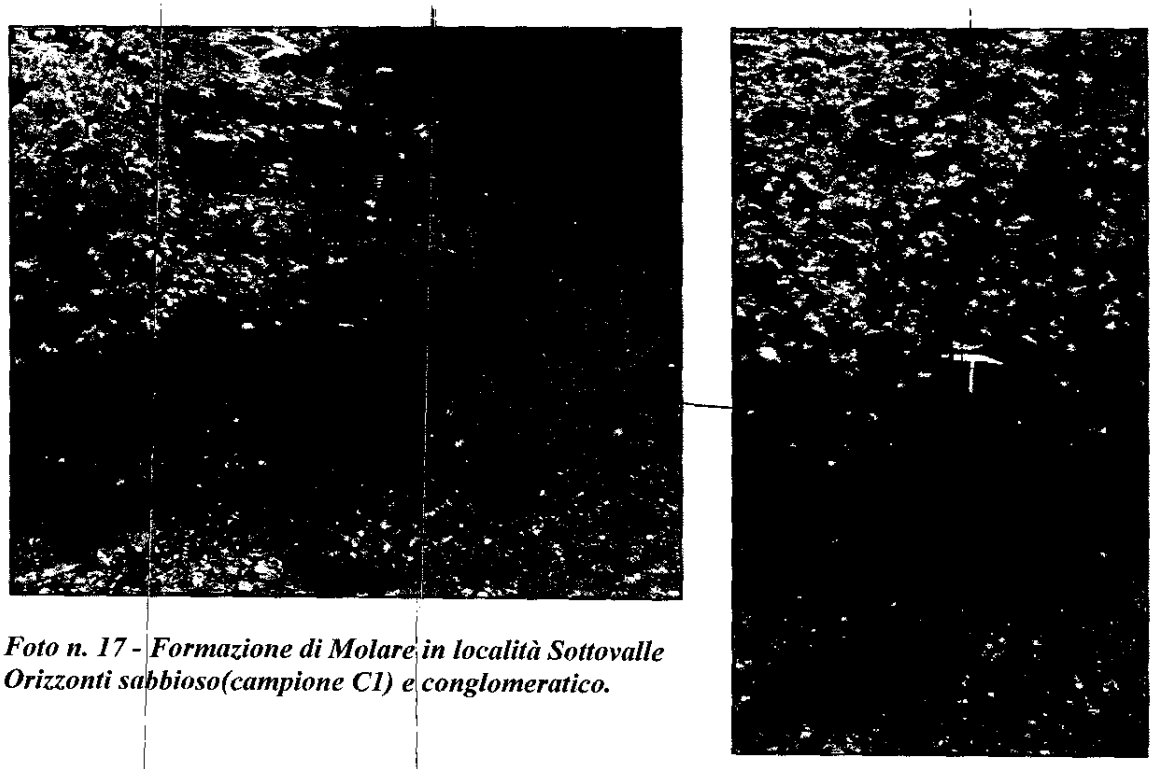


Foto n. 17 - Formazione di Molare in località Sottovalle Orizzonti sabbioso(campione C1) e conglomeratico.

8. RISULTATI DELLE ANALISI DEI CAMPIONI PRELEVATI DAGLI AFFIORAMENTI

In sede di sviluppo del Progetto Esecutivo sono state svolte nel 2013 , ulteriori analisi su campioni puntuali in superficie, prelevati nel corso di sopralluoghi mirati sulle litologie amiantifere rappresentative delle condizioni di potenziale maggiore concentrazione di amianto.

L'ubicazione dei campioni, unitamente a quelli effettuati in sede di Progetto Definitivo, è riportata nella *Tavola degli affioramenti delle pietre verdi* in Allegato 2.

In Tabella 3 sono riportati i risultati analitici dei campioni prelevati ed analizzati (MOCF/SEM) nel 2013.

Tabella 3 – Risultati analitici campioni 2013

DIPARTIMENTO DIATI - POLITECNICO TORINO, 2013			
Campione	**LITOLOGIA E CONDIZIONI AFFIORAMENTO**	**AMIANTO TOTALE (mg/kg)**	**IR***
C1	Matrice sabbiosa debolmente cementata del membro FMa Formazione di Molare, presso SR14	72	-
C1 b	Matrice sabbiosa sciolta verde scuro Formazione di Molare (scarpate dx idrografica Bric delle Rive)	267,52	-
C2	Matrice sabbiosa sciolta rossastra Formazione di Molare Zona SR15 (fondovalle Rio delle Rive)	48,5	-
C3	Metabasalto in corrispondenza faglia zona SR15 (fondovalle Rio delle Rive)	n.r.	0**
C4	Serpentiniti a Sud di Passo della Bocchetta - Materiale cataclastico in corrispondenza di una faglia (campione incoerente)	312	-
C5	Serpentiniti a Sud di Passo della Bocchetta (campione massivo in prossimità della faglia)	> 1000	0,129

IR: Indice di Rilascio = (% amianto liberato / % densità relativa)
***** l'Indice di rilascio ha valore nullo non essendo state riscontrate fibre nella polvere raccolta nell'automacinazione.***

I risultati ottenuti, uniti a quelli della precedente serie di analisi presentano un ridotto contenuto in amianto, con valori di Indice di Rilascio inferiore al valore 0,1 ad eccezione del campione C5, il quale presentava evidenze oggettive già riscontrabili in sito.

I tre campioni di matrice sabbioso-arenacea (C1, C1b e C2), sono stati inoltre sottoposti ad esame mineralogico - petrografico al microscopio ottico da mineralogia, che ha consentito di accertare la presenza significativa di granuli serpentinitici, derivati dalla disgregazione dei clasti grossolani. Si rilevano inoltre, in percentuali variabili, maggiori nel campione C1b, granuli anfibolici della serie tremolite - actinolite e granuli costituiti prevalentemente da fasci di cristalli fibrosi, non identificabili con la tecnica microscopica.

Di seguito sono riportate le composizioni principali ricavate dall'esame microscopico per i campioni C1, C1b, C2 e C5. Per i campioni prelevati in superficie su cui sono stati effettuati gli accertamenti analitici, sono di seguito dettagliate le composizioni mineralogiche principali ricavate dall'esame microscopico.

Campione C1

Matrice sabbiosa debolmente cementata del membro FMa -Formazione di Molare, zona SR14

Arenaria debolmente cementata costituita prevalentemente da granuli di **serpentiniti** (ca. 40% del campione totale) ed in minor misura da granuli carbonatici (ca. 10%), quarzo (prevalentemente in granuli detritici, ca. 10%), miche (mica bianca, clorite, ca. 5%), metabasitil.s. (ca. 4%), feldspati (plagioclasio, ca. 3,5%), oltre a sparsi granuli isolati di anfibolo (tremolite, actinolite, max 2%).
La composizione del sedimento è completata dal cemento carbonatico (ca. 20%), da sparsi granuli di opachi (ca. 1,5%) e rari granuli preservati di clinopirosseno (max. 1%).

Campione C1b

Matrice sabbiosa verde chiaro Formazione di Molare (scarpate dx idrografica Bric delle Rive)

Sabbia sciolta costituita prevalentemente da granuli di **serpentiniti e serpentinoscisti (ca. 65%)** ed in minor misura, da granuli carbonatici (ca. 12,5%), anfiboli della serie tremolite - actinolite (ca. 10%), prevalentemente con abito prismatico, in minor misura aciculare, quarzo (ca. 5%), clorite (ca. 5%), epidoti (ca. 1,5%).

Presenza di sparsi granuli costituiti da aggregati di cristalli fibrosi (probabile crisotilo, ca. 1%), non identificabili.

Campione C2

Matrice arenacea rossastra Formazione di Molare - Zona SR15 (fondovalle Rio delle Rive)

Sabbia grossolana sciolta costituita prevalentemente da granuli di **serpentiniti (> 50%)** ed in minor misura, in ordine di abbondanza, da metabasiti a relitti di pirosseno, peridotiti serpentinizzate, clorite, anfiboli della serie tremolite - actinolite con abito prevalentemente prismatico, localmente asbestiforme. Presenza di sparsi granuli costituiti da un aggregato di cristalli fibrosi (probabile crisotilo).

Le ridotte dimensioni della maggior parte dei costituenti diversi dalle serpentiniti, non consente di stimarne le rispettive percentuali.

La matrice è argilloso - carbonatica, con grado di cementazione molto basso.

Campione C5

Serpentinite massiva a S di Passo della Bocchetta

Composizione principale data da serpentino, con tipica struttura "mesh", a plaghe irregolari di forme lamellari (antigorite), con reticolo di vene submillimetriche di serpentino a fibra corta con colori di interferenza più elevati.

Presenza di vene submillimetriche discontinue con riempimento costituito da cristalli asbestiformi, orientate secondo due set principali, subperpendicolari.

Sparsi carbonati tardivi, in individui isolati subedrali sovrimposti al serpentino, localmente presenti riempimento di spessore submillimetrico di alcune microfratture, cresciuti parallelamente ai bordi delle stesse. Presenza inoltre di minerali opachi (probabile magnetite), in minuti individui disseminati nella matrice rocciosa, localmente allineati, secondo probabili originarie microfratture di olivina e pirosseno.

9. RISULTATI DELLE ANALISI DEI CAMPIONI PRELEVATI DAI SONDAGGI

In sede di Progetto Definitivo sono state eseguite una serie di analisi su campioni rappresentativi prelevati dai carotaggi finalizzate alla caratterizzazione mineralogico-petrografica, alla determinazione di eventuali minerali ascrivibili alla classe degli amianti, alla determinazione della relativa pericolosità ai sensi del D.M. 14/05/1996, attraverso la determinazione dell'Indice di Rilascio.

Le carote di sondaggi profondi di Progetto Definitivo sono state osservate selezionando dalle cassette in modo sistematico i campioni dove si riteneva plausibile la presenza di amianto. I campioni sono stati sottoposti ad analisi petrografiche e in particolare diffrattometriche.

In Tabella 4 sono riepilogati i risultati ottenuti per i diversi campioni esaminati nelle litologia a maggior probabilità di occorrenza di amianto. In grassetto sono evidenziati i minerali classificati come amianti ai sensi del D.M. 14/05/1996.

Tabella 4 - Risultati analitici campioni Progetto definitivo.

ANALISI ISTITUTO DI GEOLOGIA AMBIENTALE E GEOINGEGNERIA DI TORINO (DATI CNR DI ROMA, 2005)				
Sondaggio/campione	**PROF. (m)**	**LITOLOGIA**	**ANALISI DIFFRATTOMETRICA A RAGGI X**	**IR***
SR11/C3	310,5÷310,9	Serpentinite talcizzata	Ch, Talco, Cc, **Tr, Ac**	**0****
SR11/C84	413,8÷413,9	Serpentinite talcizzata	Ch, Talco, Riebeckite, mica, clinocloro, lizardite, smectite	**< 0,1**
SR12/R2	121,2÷121,6	Serpentinoscisto	Cc, Ch, Gy, Talco, Kf, Ab	**0****
SR14/C117	526,6÷526,75	Metabasalti brecciati	Ch, mica, Cc, Ab, An, **Tr, Ac**	**< 0,1**
SR14/C119	537,3÷537,4	Metabasalti brecciati	-	**0****
SR14/C120	545,3÷545,4	Metabasalti brecciati	-	**0****
SR14/C121	545,6÷549,65	Metabasalti brecciati	Qz, Ab, Ch, **Tr, Ac**, Ankerite, An, mica, smectite	**< 0,1**
SR15/C35	172,9÷173,0	Metabasalti brecciati	-	**< 0,1**
SR/15	106,5÷106,7	Cloritoscisto	Ch, Ab, Cc, Qz, Ti	**Nc**
SR/15	125,8÷126,0	Cloritoscisto	Ch, Ab, Cc, Qz, Ti	**Nc**
SR/15	513,6÷513,8	Cloritoscisto	Ch, Mu, Kf, Cc, Qz	**Nc**

**** IR: Indice di Rilascio = (% amianto liberato / % densità relativa)***

***** (NdR: come indicato nel rapporto di Progetto Definitivo, A301-00-D-CV-RG-GE00-01-003-B00, l'Indice di Rilascio ha valore nullo non essendo presenti fibre nella polvere raccolta per auto macinazione).***

Sigle minerali: ***Ch: clorite, Cc: calcite, Tr: tremolite, Ac: actinolite, Gy: gesso, Kf: Kfeldspato, Ab: albite, An: anortite, Qz: quarzo.***

La composizione principale dei metabasalti, così come riportata in letteratura e confermata dalle analisi petrografiche effettuate in sede di Progetto Definitivo su campioni prelevati dai sondaggi SR14, SR 15 ed SF11, è data da plagioclasio calcico, clinopirosseno ed associazioni paragenetiche di metamorfismo in facies pumpellyte - actinolite rappresentate da albite, clorite, titanite, pumpellyte (in sostituzione di originari clinopirosseno e olivina), epidoto, **rara actinolite**. E' inoltre frequente la lawsonite, in sostituzione del plagioclasio. L'ematite in alcuni basalti a cuscini sostituisce la pasta di fondo mentre la clorite costituisce vene e plaghe associate a talco e carbonati. In alcune microfratture è segnalata, sempre all'analisi microscopica, la crescita di serpentino.

La **tremolite** è pressoché assente, solo localmente segnalata in minuti cristalli.

La descrizione di tutti i campioni analizzati è consultabile nello specifico rapporto di Progetto Definitivo "Linea III Valico - Geotecnica Generale - Prove di Laboratorio Geomeccanico - Linea Vol. 1/2" rev. B (nome files presenti nella sottocartella "Volume1_2" della cartella "GE00": 01) A301-00-D-CV-RG-GE00-0-1-003_B.00.doc; 04) A_02_Schede_Petrografiche.pdf).

10. SINTESI DEI DATI SALIENTI E CONSIDERAZIONI GENERALI SUL RISCHIO AMIANTO

L'analisi dei dati esistenti (dati bibliografici e documentazione progettuale, comprensiva dei dati stratigrafici), unitamente ai dati ricavati dai recenti rilievi di superficie (rif. Allegato 2 – Carta geologico-strutturale), ha comportato, compatibilmente con la complessità geologico-strutturale del settore, un'integrazione della sezione geologica elaborata in sede di progettazione definitiva, sulla base della quale sono distinti i settori di ammasso roccioso potenzialmente interessati dalla presenza di amianto, di cui all'allegato 3.

Dalle analisi effettuate sui sei campioni, la litologia con maggiore contenuto di amianto è rappresentata dalle serpentiniti, in quanto i metabasalti, rilevati attentamente nelle diverse condizioni strutturali, in particolare in corrispondenza delle zone di faglia, non risultano in superficie contenere vene o zone di frattura con concentrazioni di minerali fibrosi.

Occorre, inoltre, precisare che, in riferimento alla sezione geologica in allegato 3, i valori in percentuale riferiti alle tratte in cui è stata suddivisa la zona studiata (ad esempio 5%, 20% o 50%) non si riferiscono ai tenori di amianto nei campioni puntuali di cui alla tabelle 1 e 2, ma si riferiscono alla percentuale massima di distribuzione di "pietre verdi" lungo il tracciato. Non viene considerata la tratta delle Marne di Rigoroso in quanto il modello geologico esclude la presenza di pietre verdi.

Si distinguono sei tratti di cui due in Regione Piemonte, a partire dalla progressiva 12+000 circa fino alla progressiva 23+500, e quattro per la Regione Liguria, dalla progressiva 0+000 alla 12+000, sulla base del potenziale contenuto complessivo di pietre verdi.

Regione Liguria:

Per una valutazione della presenza di pietre verdi per le tratte in galleria di viabilità ligure si rimanda alle allegate relazioni della dott.ssa Elisabetta Drigo e della prof.ssa Laura Gaggero.

1. Tratto compreso tra le progressive 0+000 - 8+400 km

I rilievi geologici ed i sondaggi effettuati in sede di Progetto Definitivo non evidenziano la presenza di rocce potenzialmente amiantifere.

Il tracciato interseca le coperture metasedimentarie dell'Unità tettonometamorfica del Monte Figogna. Si tratta di prevalenti argilloscisti, con intercalati calcari cristallini, metapeliti scistose più o meno siltose e matacalcilutiti siltose più o meno marnose.

Il complesso assetto geologico – strutturale, precedentemente descritto, è tuttavia tale da non escludere la possibilità che alcuni corpi di metaofioliti, di ridotte dimensioni e costituiti prevalentemente da metabasalti, possano essere incontrati in avanzamento.

2. Tratto compreso tra le progressive 8+400 - 8+900 km

Le ricostruzioni geologiche ed i rilievi di superficie indicano la presenza della fascia di contatto tra l'Unita Timone - BricTeiolo e la Fascia milonitica di Isoverde. In affioramento e nelle sezioni geologiche le pietre verdi sono assenti. Non si può tuttavia escludere, in prossimità del contatto, una fascia di serpentiniti di potenza (spessori) massima stimata pari a 150m. Tale valore si ricava dall'esame dello stesso contatto tettonico presente a N del Passo della Bocchetta, dove nei primi 500m si ha l'occorrenza di corpi serpentinitici.

Per effetto dell'assetto geologico-strutturale i corpi serpentinitici presentano direzione subparallela all'asse della galleria.

3. Tratto compreso tra le progressive 8+900 - 11+500 km

Attraversamento della Fascia milonitica di Isoverde (zona di melange tettonico).

Le stratigrafie dei sondaggi SR11 e SR12 evidenziano la presenza di livelli di spessore prevalentemente da decimetrico a metrico di serpentinoscisti e metabasalti.

In associazione alle masse di anidriti, che si riscontrano nei due sondaggi in prossimità del tracciato, si rilevano i corpi serpentinitici di maggiore potenza, fino a 30 m (come da stratigrafie analizzate).

L'assetto geologico - strutturale è tale da orientare le strutture principali, compresi i corpi serpentinitici, con direzione N-S, subparallela al tracciato delle gallerie. Ne consegue che, nel caso in cui il tracciato dovesse intercettare questi corpi, li potrebbe seguire per uno sviluppo maggiore alle rispettive potenze.

Si tratta di corpi tettonizzati, cataclasati che, in corrispondenza di fasce di maggiore deformazione, potrebbero essere caratterizzati da presenza amianto.

4. Tratto compreso tra le progressive 11+500 - 12+000 km

Le ricostruzioni geologiche ed i rilievi di superficie indicano la presenza della fascia di contatto tra la Fascia milonitica di Isoverde e l'Unita Timone - BricTeiolo.

E' quindi ipotizzabile una fascia di serpentiniti di potenza massima stimata pari a 150m. Tale valore si ricava dall'esame del contatto tettonico presente a N del Passo della Bocchetta, in località Cave di Pietra, dove si ha l'occorrenza di corpi serpentinitici (il sondaggio SR13 mette in evidenza la presenza di corpi serpentinitici a quote superiori all'asse della progettata infrastruttura ferroviaria (vd. All. 3).

Analogamente a quanto evidenziato per la stessa fascia di contatto più a S, nel tratto compreso tra le progressive 8+400 - 8+900, per effetto dell'assetto geologico-strutturale i corpi serpentinitici, se intercettati, potrebbero essere caratterizzati da sviluppo ettometrico.

Regione Piemonte:

5. Tratto compreso tra le progressive 12+000 - 20+100 km

Tratto costituito prevalentemente da metargilliti, con incluse lenti e scaglie irregolarmente distribuite di metabasalti prevalenti, oficalciti, serpentiniti dei quali non è possibile definire, allo stato attuale delle conoscenze, l'ubicazione.

La distribuzione degli affioramenti superficiali, oltre che la particolare morfologia del settore, indicherebbe una presenza apprezzabile di metabasalti alle profondità interessate del progetto, come si vede nella sezione geologica in corrispondenza dei SR14 e SR15.

Non si esclude la possibilità di intercettare corpi di serpentiniti durante lo scavo.

I nuovi 4 sondaggi da eseguirsi nel tratto compreso tra SR13 (pk 12+000) ed SR15 (pK 19+700), previsti per fare fronte alle richieste di approfondimento del CIPE (Del. n. 80/2006 - All.1), consentiranno di acquisire ulteriori informazioni circa la distribuzione in profondità di tali corpi, cui possono essere associate le litologie amiantifere (serpentiniti). Tali sondaggi saranno ubicati in asse con la Galleria Di Valico e saranno realizzati a distruzione di nucleo fatta eccezione per un tratto di circa 50 mt realizzato a carotaggio continuo a cavallo dell'asse della Galleria, per consentire il prelievo delle carote da sottoporre ad analisi finalizzate alle determinazioni

necessarie alla definizione dell'eventuale contenuto in amianto. Importanti informazioni saranno comunque raccolte anche dalla tratta di sondaggio realizzato a distruzione.

6. Tratto compreso tra le progressive 20+100 - 23+500 km

Attraversamento della Formazione di Molare, costituita da conglomerati a matrice sabbiosa con diverso grado di cementazione.

I ciottoli ed i blocchi, compresi i blocchi plurimetrici, sono costituiti prevalentemente da metaofioliti e la composizione della matrice arenacea che li ingloba riflette quella dei clasti grossolani.

L'osservazione di superficie dei clasti nei diversi spaccati geologici non ha evidenziato, tranne in un caso, la presenza di vene con contenuto di materiale fibroso, e ciò è conseguenza dei meccanismi di elaborazione stessa dei clasti dalle zone sorgenti fino alle aree di deposito.

Le analisi effettuate su n. 3 campioni di matrice arenacea (C1, C1b, C2), che rappresenta la frazione potenzialmente contenente amianto derivante dalla disgregazione – elaborazione dei clasti più grossolani, hanno fornito valori di amianto totale comunque inferiori al limite di legge (1000mg/kg) che individua il materiale come rifiuto pericoloso.

Conclusioni

Sulla tratta Piemontese, sulla base dei dati ricavati dagli studi, si rileva quanto di seguito esposto.

La definizione della localizzazione dei corpi di natura ofiolitica (ammassi a "pietre verdi") all'interno della Formazione delle Argilliti a Palombini risulta complessa, sia che vengano interpretati come corpi olistolitici sia come porzioni di scaglie tettoniche (grado di affidabilità del modello geologico-strutturale medio-basso). Infatti, a differenza della Formazione di Molare (in cui il modello geologico strutturale presenta affidabilità medio-alta e permette di estrapolare in profondità l'andamento geometrico dei limiti dei litotipi interessati dal tracciato), la localizzazione, la distribuzione spaziale, le geometrie e le dimensioni degli inclusi ofiolitici all'interno delle argilliti interessati dal tracciato rappresentano variabili di difficile previsione puntuale nella maggior parte delle aree interessate dagli scavi. A tal fine sono state elaborate procedure specifiche di campionamento a fronte di scavo che verranno eseguite ogniqualvolta si intercetteranno pietre verdi (vedasi. § 11).

Per la parte ligure, il ritrovamento in affioramento e in alcuni sondaggi geognostici profondi, di scaglie o inclusi di serpentiniti, metabasalti, metaoficalciti e metagabbri all'interno delle sequenze sedimentarie argillitiche delle Unità tettoniche Figogna e Cravasco-Voltaggio non consente di escludere che lo scavo della galleria di valico incontri rocce contenenti amianto. La particolare strutturazione delle formazioni geologiche, inoltre, non consente di prevedere l'esatta localizzazione delle masse ofiolitiche alle profondità dello scavo della galleria e i risultati delle indagini geologiche possono essere espressi esclusivamente in termini di probabilità.

La prima tratta ligure della galleria (progressive da 0 a 8+400 km) e la finestra Polcevera sono caratterizzate da una bassa probabilità di ritrovamento di amianto.

La seconda tratta (progressive 8+400 al confine regionale) e la finestra Cravasco presentano una maggiore probabilità di intercettare in profondità inclusi ofiolitici contenenti amianto in concentrazioni ad oggi non prevedibili.

Le gallerie di viabilità, infine, interessano unità tettoniche comprendenti formazioni geologiche serpentinitiche e basaltiche con probabilità di presenza di amianto da nulla (Galleria Erzelli – Borzoli e Galleria Borzoli – Val Chiaravagna) a molto alta (Galleria Chiaravagna loc. Panigaro).

Riferimenti Bibliografici

- Cortesogno L.&Haccard D. (1984) Note illustrative alla carta geologica della zona Sestri - Voltaggio. Mem. Soc. Geol. It. 28(1984);
- Marini M. (1984) Il quadro deformativo del settore ligure della zona Sestri - Voltaggio con particolare riguardo alle strutture a grande scala. Mem. Soc. Geol. It. 28(1984);
- Capponi G. & Crispini L. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia a scala 1: 50000, Foglio 213-230 Genova. www.ispra.it;
- ARPA Piemonte - Considerazioni geologiche ed ambientali sulla Val Lemme emerse nel corso dell'anno 2002 dallo studio dei siti del Monte Bruzeta e del Rio Acquestriate;
- Consorzio LAMMA, CGT - Realizzazione della Carta della criticità – Amianto;
- COCIV - Progetto Definitivo Terzo Valico dei Giovi – 2006;
- Ross 1981. The geologic occurrences and health hazards of amphibole and serpentine asbestos. Reviews in mineralogy and geochemistry 9a, 1, pp. 279-323;
- Ross, M., & Nolan, R. P. (2003). History of asbestos discovery and use and asbestos-related disease in context with the occurrence of asbestos within ophiolite complexes. Geological Society of America Special Paper No. 373 , 447-470;
- Schreirer H., 1989. Asbestos in the natural environment. Studies in Environmental Science 37, Elsevier, Amsterdam;
- Wruke, C.T. (1986) – Serpentine and carbonate hosted asbestos deposits. In "Mineral Deposit Models" Cox D.P. & Singer D.A. Ed.s, U.S Geol. Survey Bull., 1693, pp. 39-46.

11. PROTOCOLLI DI CARATTERIZZAZIONE DEL MATERIALE DI SCAVO

In questo paragrafo si espongono le procedure per la campionatura delle fronti di scavo in galleria ove siano presenti pietre verdi[2] al fine di valutare sia la presenza di amianto, sia di quantificarne il tenore medio in termini di amianto totale.

L'ordine di lettura del presente paragrafo sarà declinato in funzione della tecnica di abbattimento della roccia al fronte di scavo.

In sintesi, le tecnologie di scavo e perforazione prese in considerazione per definire la procedura di campionamento possibile ai fini della determinazione amianto su rocce potenzialmente amiantifere sono:

1- Scavo meccanizzato con fresa (tunnelling bore machine) TBM o EPB (Earth Pressure Balance),
2- Scavo in tradizionale distinto in:
    a. Scavo con esplosivo (drill and blasting, D&B) senza pre-consolidamento del fronte,
    b. Scavo con esplosivo (drill and blasting, D&B) con pre-consolidamento del fronte,
    c. Scavo con demolitore idraulico.

11.1 Tratte interessate dalle operazioni di campionamento e tecniche adottate

Come riferito nel par. 10 relativamente ai risultati della campagna di rilievo degli affioramenti, i tratti della galleria ove possono essere incontrate pietre verdi sono la Formazione dell'Isoverde, il tratto di Argille a Palombini e quello dei conglomerati della Formazione di Molare.

Si prevede che le prime due formazioni vengano scavate con il metodo tradizionale (D&B). In alcuni tratti all'interno di queste formazioni si potrà usare anche il demolitore idraulico, laddove la roccia non presentasse le caratteristiche per poter essere scavata con esplosivo.

Si prevede di affrontare la formazione di Molare in scavo meccanizzato (TBM). Lo smarino sarà in uno stato non polverulento.

In fase di affinamento delle metodiche di scavo in funzione delle tecnologie a disposizione, non può escludersi, ad oggi, che lo scavo meccanizzato possa avvenire anche in altre formazioni.

[2] Si veda la definizione di "pietre verdi" riportata al paragrafo 5.2..

Nel tratto scavato con TBM si seguirà, nello specifico, la procedura statistica illustrata dal Prof. Ing. Carlo Clerici , con prelievo automatizzato dei campioni, a mezzo di "cassetto basculante" (vedasi pag. 12 allegato 1), direttamente dal nastro di trasporto dello smarino.

Nei tratti scavati con metodo tradizionale il campionamento avverrà direttamente sui fronti di avanzamento o recuperando integralmente il detrito prodotto dalla perforazione dei fori da mina, o di fori di pre-consolidamento, oppure direttamente al fronte con martello demolitore.

11.2 Quadro di riferimento normativo

La normativa (Decreto n. 161 del 10 agosto 2012 – allegato 8) indica che:

"[...] la caratterizzazione sul fronte di avanzamento va eseguita indicativamente ogni 500 m di avanzamento del fronte della galleria ed .... ogni qualvolta si verifichino variazioni [...]. della litologia dei materiali scavati e nei casi in cui si riscontrino evidenze di potenziale contaminazione. Il campione sarà ottenuto [...] dal materiale appena scavato dal fronte di avanzamento. In quest'ultimo caso si preleveranno almeno 8 campioni elementari distribuiti uniformemente sulla superficie dello scavo al fine di ottenere un campione composito che, per quartatura, darà il campione finale da sottoporre ad analisi chimica."

11.3 Campionamento con scavo meccanizzato (TBM).

Con questo metodo di scavo il fronte di avanzamento non è accessibile per un esame visivo diretto, pertanto la verifica tempestiva della presenza di pietre verdi sarà attuata da un geologo esperto sul detrito campionato a tergo della testa della fresa dall'automatismo previsto dal "metodo Clerici".[3]

Il/i geologo/i, in base ai modelli geologici, potrà/anno prevedere, per alcune formazioni, un'indicazione di massima sulla progressiva in cui inizierà la presenza di pietre verdi e quindi questa variazione non arriverà in modo casuale o del tutto imprevisto.

[3] I prelievi sul nastro saranno effettuati con un "campionatore automatico a cassetto (o a cucchiaia) traslante, che si muove di moto trasversale al flusso"; l'attrezzo verrà posizionato già durante la costruzione della TBM nel punto di scarico del nastro della macchina (cioè nel punto in cui la macchina scarica lo smarino sul nastro che lo trasporta all'esterno). Il campionatore dovrà essere motorizzato e temporizzato. La campionatura avverrà in modo sistematico ad intervalli di tempo variabili in funzione della velocità di avanzamento dello scavo al fine di ottenere un campione rappresentativo del tratto di galleria d'interesse (non più di 500 m litologicamente omogenei).
A fine corsa il cassetto, che dovrà essere dotato di un sistema di scarico mediante fondo apribile, svuoterà automaticamente il materiale raccolto in apposita tramoggia destinata alla raccolta del campione. Nel caso in cui venga scelto un sistema a cucchiaia, il trasferimento del campione nell'apposita tramoggia avviene in continuo, durante il prelievo.

Nel caso in cui si accerterà di essere in assenza di pietre verdi si adotteranno i criteri di campionamento e analisi previsti dalla normativa in materia di terre e rocce da scavo come descritto nel seguente punto a); invece, nel caso di presenza di pietre verdi, la campionatura avverrà in continuo come descritto nel seguente punto b).

a) In assenza di pietre verdi

In occasione del primo scavo verrà effettuato il campionamento prelevando un campione rappresentativo dei primi 1000m^3. Da questi se ne prelevano circa 1,2 t utilizzando il campionatore a cassetto temporizzato (si veda All. 1 alla presente relazione del prof. Ing. Carlo Clerici).

Il campionamento così effettuato, qualora non si riscontrassero cambi di litologia, verrà ritenuto significativo per i successivi 500 m.l. di avanzamento del fronte (come al par. 11.2).

Comunque il campionamento verrà ripetuto ogniqualvolta si riscontri un cambio di litologia.

b) In presenza di pietre verdi

In presenza di pietre verdi la campionatura diventa continua, ossia è rappresentativa del 100% dell'avanzamento. Verrà prelevato dal sistema automatizzato un campione rappresentativo su cui si opererà tempestivamente, a mezzo di laboratorio mobile di cui si doterà il cantiere, per le analisi volte a determinare il contenuto totale di amianto.

Nel caso di accertamento di presenza di amianto si opererà secondo quanto previsto al paragrafo 13 per l'attuazione delle procedure di rischio amianto.

Per le modalità di ricostruzione del campione rappresentativo si rimanda all'allegato 1 al presente documento, in particolare all'Appendice 1: *Considerazioni teoriche sulla campionatura dei minerali in frammenti* e all'Appendice 2: *Calcolo della massa di campione rappresentativo. Dettagli sulle procedure di campionamento.*

In riferimento alla frequenza di campionamento e di analisi, si preleverà un campione rappresentativo di 64 m.l. di avanzamento corrispondente ad una volumetria di circa 5000 m^3. A livello operativo, quindi, si attiverà il campionatore automatico (all. 1, metodo "Clerici") che, sulla scorta della velocità di avanzamento e della ciclicità del cassetto traslante, consentirà di rendere disponibile la volumetria rappresentativa dei 64 m.l. . Mentre si procederà alle analisi mirate alla misura del tenore di amianto sia il materiale scavato per 64 m.l. che quello generato nel periodo di tempo necessario alla conclusione delle analisi verrà tenuto in condizioni umide in apposite aree di cantiere in modo separato in attesa di definirne classificazione e conseguente destino.

Il materiale campionato e quello prodotto mentre si analizzano i campioni, verrà tenuto ben distinto ed umidificato all'interno dell' area di cantiere fino al termine delle determinazioni analitiche.

11.4 Campionamento dei fronti scavati con metodo tradizionale.

Con questo metodo di avanzamento il fronte di scavo è accessibile e pertanto la presenza di pietre verdi affioranti può essere accertata visivamente dal geologo. Questi riporterà le osservazioni effettuate sui materiali tramite apposite schede condivise con il Gruppo di Lavoro Amianto.

Le operazioni di rilevamento litologico verranno associate a quelle già previste in fase di progettazione di rilievo geomeccanico dell'ammasso roccioso.

L'impresa esecutrice dei lavori classificherà, durante l'avanzamento dello scavo, con rilevi quantitativi delle discontinuità sulla parete di scavo l'ammasso roccioso e sulla base dei risultati relativi agli indici di qualità della roccia ottenuti deciderà di volta in volta la tipologia dei sostegni e dei rinforzi provvisori da mettere in opera.

11.4.1 Drill & Blasting senza pre-consolidamento

a) In assenza di pietre verdi

Si seguirà la procedura di campionamento nel rispetto dei criteri contenuti nel Decreto n. 161 del 10 agosto 2012 come riportato al par. 11.2. Pertanto il campionamento verrà effettuato come al precedente punto a) del par. 11.3 e con la tecnica descritta al successivo punto b).

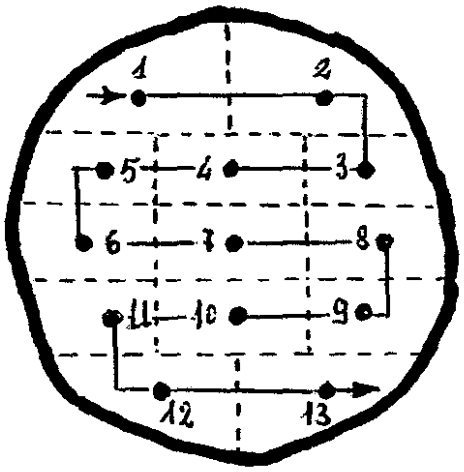
b) In presenza di pietre verdi

In presenza di pietre verdi il campionamento sarà "continuo", prevedendo 1 campionamento ogni n. 3 sfondi[4], mantenendo in deposito intermedio (in aree opportunamente attrezzate e dotate di presidi di bagnatura) i volumi di abbattuto in attesa del risultato analitico: questo assumendo, sulla base della verifica continua del fronte da parte di un geologo esperto, che il campione prelevato in corrispondenza della prima volata sia rappresentativo anche delle successive.

[4] Uno sfondo corrisponde ad un avanzamento dello scavo di una misura compresa tra 0.80 e 1.20 metri.

La procedura di campionamento consisterà nel prelevare integralmente il materiale di risulta (detrito più acqua di spurgo/raffreddamento utensile) dei fori da mina scelti in base al metodo "Clerici". La griglia di campionamento suddivisa in 13 comparti proposta nel suddetto metodo "Clerici" deve essere adattata al reale piano di tiro progettato per le sezioni di scavo con scelta minima di 8 fori (vedasi Fig. 2 e descrizione di dettaglio in Allegato 1).

Figura 1 – Esempio di fronte di avanzamento in galleria di 6 m di diametro con griglia di campionatura di 2 x 1 m circa.



Il campione "primario", cioè il campione così come viene prelevato durante la perforazione, deve essere trattato[5] in quanto, essendo in torbida con ampi volumi di acqua, va filtrato per agevolarne il trasporto al laboratorio.

11.4.2 Drill & Blasting con pre-consolidamento

Questa fattispecie si differenzia dal caso precedente per i diametri di perforazione dei fori, che è maggiore rispetto al D&B, e per il diverso piano di tiro. Quando si avanza prevedendo il consolidamento del fronte prima dello scavo, si ha l'opportunità di sfruttare alcune delle perforazioni per campionare.

L'informazione fornita dal laboratorio, in tal caso, può essere estesa al tratto in avanzamento successivo con l'evidenza analitica che caratterizza l'ammasso scavato.

La campionatura del fronte ha significato quando le perforazioni interessano tutta la sezione della galleria, non è applicabile, invece, quando si opera solo su un settore della corona, per esempio la calotta della galleria.

Vengono scelti come fori di campionatura solo alcuni di quelli previsti (in base al metodo "Clerici", circa nr. 8 fori), distribuiti in modo sistematico sulla fronte. Il campione che si ottiene è rappresentativo di tutto il materiale solido oggetto di campionatura, e cioè del prisma irregolare

---

5 I problemi pratici importanti, che possono comportare errori operativi nella campionatura, sono:

- necessità di prelevare tutto il detrito che esce da ogni singolo foro, che, come è noto, esce con l'acqua di spurgo; si ipotizza che per ogni foro si abbiano 20÷30 litri di acqua di spurgo; il materiale di ogni foro deve essere raccolto con un tegolo (ben piazzato lungo la parete in modo da evitare perdite) e convogliato in un recipiente di raccolta a base parete.
- è indispensabile evitare lo sfioro dell'acqua dal recipiente di raccolta, per evitare di alterare il campione con perdite di materiale che possono essere differenziate (si perdono di più i costituenti che presentano maggior tempo di decantazione, come ad es. i ciuffi di amianto sfioccati, oppure le frazioni granulometriche più fini)

Alla fine dell'operazione (dopo la perforazione di tutti i 15 fori) si dovrebbe avere in totale un campione di 80÷90 kg di detrito di perforazione in granulometria abbastanza fine (si è ipotizzato inferiore a 4÷5 mm) assieme a 300÷500 litri di acqua. 8

Per una gestione pratica del campione primario è necessario il trasporto senza perdite al laboratorio esterno (in recipiente, o in più recipienti, chiuso e sigillato). In alternativa si può anche mettere in funzione in galleria un dispositivo filtrante a pannelli con pompetta a vuoto, in modo da trasferire all'esterno solo la frazione solida.

che ha come base la sezione della galleria e lunghezza pari a quella dei fori. I fori hanno diametro di circa 100-120mm e lunghezza variabile da 18 m a 24m circa.

I fori situati in corona (perimetrali) sono divergenti rispetto all'asse della galleria, in modo da consolidare una sezione più ampia rispetto a quella effettivamente scavata e non sono quindi da ricomprendere tra quelli da campionare in quanto non rappresentativi del materiale effettivamente scavato.

I fori devono essere distribuiti in modo uniforme sulla fronte di avanzamento, rispettando il modello della linea di campionatura. È possibile prelevare da circa 8 fori [6].

Concluso l'intervento di consolidamento, lo scavo procede con sfondi inferiori, sottomultipli della lunghezza dell'ombrello di consolidamento.

Posta quindi, a titolo di esempio, la lunghezza delle perforazioni pari a 18 m e la ripresa dei consolidamenti dopo 9m lungo l'asse della galleria, si ha una sovrapposizione di perforazione e consolidamento ogni 9 m di lunghezza della galleria.

Nella figura 3 seguente viene rappresentata l'operazione di perforazione e scavo esemplificativa di nr. 4 avanzamenti successivi di 9 m ciascuno, indicati con:

1 (dalla sezione A alla sezione B)

2 (da B a C)

3 (da C a D)

4 (da D a E)

---

[6] Per completezza rispetto ad un argomento non affrontato nella relazione in allegato 1 alla presente, segue il:
Calcolo del detrito proveniente da ogni foro secondo il Prof. Inf. Carlo Clerici:
Fori con diametro 100mm e lunghezza 18m:
$\pi \times 5^2 \times 1800 = 141\,370\ cm^3 \rightarrow 382000g = 382kg$

Calcolo della massa di campione primario e della massa di campione rappresentativo:
Utilizzando 8 fori di campionatura la massa globale di campione è 3056kg.
Trattasi del **campione primario.**
Essendo un detrito da perforazione di fori, la granulometria è piuttosto fine e pertanto la massa può essere ridotta notevolmente senza determinare il cosiddetto "errore di eterogeneità".
Per la spiegazione del metodo di calcolo della massa di campione rappresentativo nei riguardi dell'errore di eterogeneità si rimanda all' allegato alla relazione: procedure di campionamento della fronte nello scavo di gallerie con l'eventuale presenza di rocce potenzialmente contenenti amianto.
– 1° parte: calcolo della massa di campione rappresentativo (in relazione ad una precisione prefissata) secondo la teoria di Pierre Gy, del prof. Clerici.
Nell'allegato suddetto il calcolo per il detrito dei fori da mina fornisce come risultato una massa di campione rappresentativo di 190g.
In questo caso però, trattandosi di perforazione a maggior diametro, si può ipotizzare che la dimensione massima (in realtà la dimensione al 5% di trattenuto nella curva granulometrica cumulativa) del detrito sia un po' maggiore (4mm invece di 2,5mm); pertanto **la massa finale minima di campione rappresentativo** risulta, facendo i calcoli, di circa 800g.

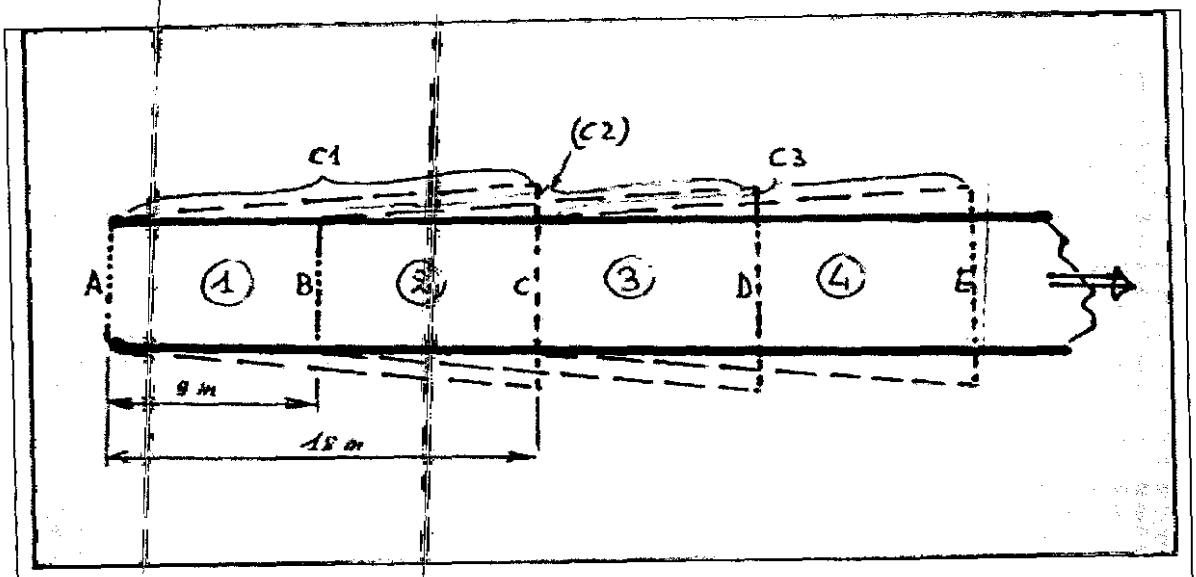


Figura 3 – Schema esemplificativo del profilo della galleria con indicazione di 4 step di avanzamento di 9 m ognuno e dei corrispondenti fori di consolidamento di 18 m (indicati in figura solo quelli esterni al profilo della galleria) – ESEMPIO.
A, B, C, D: sezioni successive da cui partono i fori di consolidamento
1, 2, 3, 4: avanzamenti successivi di 9 m ognuno
C1, C2 (ipotetico), C3: campioni prelevati nella perforazione dei fori per il consolidamento del fronte

Si osserva che la campionatura effettuata con i fori realizzati a partire dalla sezione A (campione C1) è rappresentativa degli avanzamenti 1 e 2, quella relativa ai fori che partono dalla sezione B (campione C2) degli avanzamenti 2 e 3, il campione C3 (corrispondente ai fori che partono dalla sezione C) rappresenta gli avanzamenti 3 e 4, e così via.

Risulta evidente dalla figura che il campione C2 è superfluo, in quanto sovrapposto per i primi 9 m con il campione C1 e per i secondi 9 m con il campione C3.

In definitiva ogni campione ottenuto con la campionatura qui descritta caratterizza il materiale corrispondente a 2 scavi successivi.

I cumuli singoli di smarino vengono depositati in aree opportune e mantenuti umidi, in attesa del riscontro del laboratorio.

In tale schema di campionamento è essenziale che il geologo monitori il fronte, infatti la rappresentatività dell'indagine può essere derivata solo con uno stringato e attento controllo della natura litologica della fronte in ogni momento dell'avanzamento, unitamente a tutti gli altri controlli di routine.

a) <u>In assenza di pietre verdi</u>

Come indicato per lo scavo con TBM, si seguirà una procedura di campionamento nel rispetto dei criteri contenuti nel Decreto n. 161 del 10 agosto 2012, prima citato. Pertanto, in assenza di

"pietre verdi", si effettuerà un campionamento "sistematico" con le frequenze indicate al punto a) del par. 11.3 e con la tecnica descritta al successivo punto b).

b) <u>In presenza di pietre verdi</u>

La perforazione in tale caso può avvenire a secco con estrazione dal fronte di materiale sabbioso-limoso, oppure può avvenire umidificando il detrito scavato in corrispondenza del fronte. In entrambi i casi non si generano polveri in galleria ed è possibile recuperare interamente il detrito di perforazione.[7]

Dal momento che il fronte risulta visibile ad ogni sfondo, il geologo potrà rilevare eventuali affioramenti delle rocce/formazioni potenzialmente amiantifere durante ogni singolo scavo a riprova dell'estendibilità dei risultati all'analisi dell'intero volume scavato.

Si prevede quindi di effettuare una analisi ogni 18 m di avanzamento (lunghezza foro di pre-consolidamento).

La riduzione del **campione primario** derivante dalla perforazione, che ha massa nell'ordine del migliaio di chili, ad un **campione rappresentativo** da inviare al laboratorio, con massa dell'ordine del chilo, presenta aspetti pratici da definire nel dettaglio operativo, legati alla scelta delle tecnologie e alle modalità di riduzione della massa mantenendone la rappresentatività di tutte le fasi costituenti il campione (solido con acqua).

* * *

In riferimento al trattamento del campione primario da perforazione con scavo a secco con cuffia e filtro separatore, si indica la seguente procedura: il campione primario di ogni foro (massa paria circa 350-400 kg negli esempi precedenti), una volta recuperato dal depolveratore della macchina di perforazione, viene versato - <u>adottando quanto necessario ad evitare la formazione di polvere</u> - su di una superficie piana appositamente predisposta a valle della macchina di perforazione e, dopo accurata bagnatura con acqua nebulizzata (se non già umido all'uscita del depolveratore), viene campionato con un <u>sistema manuale di paleggio frazionato</u>; cioè il materiale viene spostato mediante paleggio formando un nuovo cumulo a fianco del cumulo di origine; in questa operazione si mette da parte, come campione, una palata ogni n, per esempio una ogni 10 palate.

---

[7] Nel caso di perforazione a secco, si pone una cuffia a tenuta a copertura della intera sezione del foro, dalla quale è possibile aspirare il detrito e convogliarlo verso un sistema di raccolta anch'esso a tenuta in area distante dal fronte di scavo. Nel caso di perforazione a secco con umidificazione del detrito con ugelli nebulizzanti confinati in una corona attorno all'asta di perforazione, si rientra in un caso simile al D&B in cui si raccoglie una miscela di detrito ed acqua, convogliata in un sistema di raccolta di adeguate dimensioni.
In tal caso per agevolare la separazione solido-liquido e permettere la caratterizzazione dell'intero volume campionato (solido da detrito più acqua di nebulizzazione) si può usare un sistema analogo a quanto descritto nel par. 11.5.2 per il trattamento del campione primario.

In questo modo da ogni foro si ricava un **campione secondario** di 35-40 kg (1/10 del materiale di partenza).

Una volta ultimata la perforazione, tutti i campioni secondari dei singoli fori di campionatura vanno riuniti, rimescolati ed il paleggio frazionato viene ripetuto giungendo così ad un campione terziario di 50 kg al massimo, che può essere diviso con i metodi di inquartatura tradizionali (torta divisa in 4 parti, ripetendo l'operazione 2 volte).

In questo modo il campione finale che viene inviato al laboratorio è inferiore a 10 kg, comodamente manipolabile.

Onde evitare l'emissione di polveri occorre curare l'umidificazione continua durante l'operazione, con acqua nebulizzata.

Per separare la fase acquosa dal residuo solido di perforazione, esistono numerose tecnologie, ma sostanzialmente per garantire la sicurezza degli operatori al fronte, l'efficienza di separazione fino a ricavare classi granulometriche finissime, tenere conto della necessità di operare in spazi ridotti, e della necessità di poter indagare l'intero volume della torbida prelevata, compatibilmente con le granulometrie del detrito in gioco, si possono individuare le seguenti opzioni:

- il sistema di vagliatura e separazione delle fasi di detrito con vagli e ciclone;
- l'utilizzo di sistemi di filtrazione adeguati dotati di sistema di pompaggio sotto vuoto per la raccolta del flusso di detrito.

La scelta verte su queste due opzioni in quanto si rende necessario non perdere l'integrità del campione ed operare la separazione solido/liquido in tempi in linea con la produttività del cantiere.

Sono allo studio gli approfondimenti inerenti requisiti di sicurezza, opzioni di lavaggio delle strumentazioni e recupero integrale del campione (assemblaggio di idonei sistemi di pompaggio, tubazioni, filtrazioni) che non pongano problemi di accumulo di residui nei circuiti di macchina e nelle parti a contatto con il campione che potrebbero dare origine a 'falsi positivi' ossia rilevamenti di fibre ove in ammasso non ve ne fossero.

Gli approfondimenti tecnici e le prove di conduzione della metodica in campo serviranno a definire le procedure atte a consegnare al laboratorio di analisi il campione rappresentativo del campione prelevato. Si prevede la formazione di aliquote umide di campione del materiale di scavo con conservazione dell'acqua separata per le specifiche analisi atte a individuare e quantificare la presenza di fibre nella frazione solida sospesa in fase acquosa (vedi metodiche in allegati 6 e 7) da addizionare al contenuto in fase solida.

* * *

Una volta che il campione è stato prelevato, si formano le aliquote necessarie per la conduzione delle analisi.

Nell'attesa dei risultati, la perforazione per i consolidamenti può proseguire come anche l'abbattimento del fronte con conseguente accumulo del materiale nel deposito di cantiere o nelle aree di stoccaggio comunque previste.

L'acqua di nebulizzazione verrà analizzata e trattata dopo il campionamento per la definizione del trattamento idoneo prima dell'immissione nel corpo recettore e la composizione del bilancio di massa rispetto a quanto presente al fronte. Si tratta di una frazione sottile infatti che deve essere indagata per la presenza o meno di pietre verdi.

11.5 Scavo e campionamento con il demolitore idraulico

Nei tratti in cui si avanza con il demolitore idraulico è possibile ed agevole utilizzare tale utensile per prelevare i campioni dal fronte di avanzamento.

a) In assenza di pietre verdi

Si seguirà una procedura di campionamento nel rispetto dei criteri contenuti nel Decreto n. 161 del 10 agosto 2012, prima citato. Pertanto, in assenza di "pietre verdi", si effettuerà un campionamento "sistematico" ossia con le frequenze indicate al punto a) del par. 11.3 e con la tecnica descritta al successivo punto b). Il geologo comunque necessariamente presente dovrà osservare il fronte ad ogni sfondo.

b) In presenza di pietre verdi

Nel caso di presenza di "pietre verdi", si effettua una campionatura direttamente dal fronte di scavo ogni n. 3 passate di scavo con il martellone corrispondenti a circa 2.50 – 3.00 metri complessivi, e conseguente analisi.

Tale metodologia è stata studiata prendendo spunto, dalle indicazioni contenute nel documento di ARPAL 'Valutazione del contenuto di amianto nelle rocce ofiolitiche liguri'.

In particolare, si effettuerà una campionatura del fronte di scavo, ovvero una campionatura sistematica per punti (nella realtà i "punti" sono delle porzioni del fronte con "diametro" pari a 15÷50 cm e "profondità" indicativamente centimetrica).

Praticamente, procedendo con alcuni colpi di utensile al fronte, seguendo una griglia regolare di campionamento in analogia a quella proposta nel metodo "Clerici" trattato al paragrafo 11.4.1 b), si preleverà una certa quantità di materiale da un minimo di 8 punti che, secondo i calcoli di campionatura effettuati [8], dovrà essere pari a circa 400 kg totali per essere un "campione rappresentativo", sotto opportune ipotesi.

Per quantificare il tenore di amianto "totale" medio del fronte di scavo, i singoli abbattuti vengono mescolati al fine di costituire un unico campione medio rappresentativo dell'intero fronte.

Essendo il fronte esposto durante tutte le fasi di avanzamento tramite presidio del personale specializzato (geologo) sarà possibile verificare il cambiamento di litologia.

Una volta che il campione è stato prelevato si sottopone a prefratturazione manuale, a vagliatura inferiore ai 2 cm, a omogeneizzazione, inquartatura e creazione delle aliquote necessarie per la conduzione delle analisi (vd. Fig. 2).

Nell'attesa dei risultati analitici l'abbattimento del fronte può proseguire con accumulo del materiale in apposita area di cantiere, predisposta in modo da stoccare in sicurezza lo stesso, ossia evitare l'eventuale dispersione di fibre di amianto in aria e nel suolo/acque.

---

8 La formula di Gy che consente di calcolare la massa di campione rappresentativo in relazione ad una precisione voluta è la seguente:

$$M = C * d^3 / (\sigma_r)^2$$

La formula indica che la massa (**M**) del campione è:

- proporzionale al cubo della dimensione massima del lotto (in realtà GY utilizza la dimensione **d** corrispondente al 5 % di trattenuto della curva granulometrica cumulativa del lotto, che è un po' minore della dimensione massima assoluta, intendendosi come dimensione massima assoluta la dimensione media del frammento più grosso presente nel materiale da campionare),
- è inversamente proporzionale al quadrato di un parametro legato alla precisione desiderata (σ_r = deviazione standard dell'errore, in valore relativo; σ_r va espresso in valore decimale, non in valore %),
- è direttamente proporzionale ad un parametro (**C**) legato alle caratteristiche composizionali del lotto.

1) d

d è la dimensione del lotto corrispondente al 5 % di trattenuto nella curva granulometrica cumulativa . Trattasi quindi di una dimensione di poco inferiore alla dimensione massima del materiale. Nel caso di campionatura per punti della fronte con martellone la dimensione massima può essere anche grande, in funzione delle caratteristiche meccaniche della roccia.

Risulta indispensabile effettuare un'ulteriore riduzione granulometrica ai fini di realizzare una corretta campionatura. Tale riduzione può anche essere effettuata mediante il medesimo martellone sul materiale abbattuto durante la campionatura e situato in cumulo al suolo

Si può pertanto ipotizzare che il campione, dopo questa ulteriore riduzione, possa avere una dimensione massima assoluta pari a 120-150 mm.

Si può quindi assumere come valore per **d** 100 mm.

2) C

C è un parametro che dipende dalle caratteristiche del minerale da campionare; è esprimibile con il seguente prodotto:

$$C = f * g * l * c$$

f : è un coefficiente di forma adimensionale.

g : coefficiente adimensionale, funzione della distribuzione granulometrica del lotto.

l : coefficiente adimensionale, funzione del grado di liberazione

c : parametro funzione della composizione mineralogica

3) σ_r

σ_r è la deviazione standard relativa dell'errore fondamentale di campionatura. Poiché

da cui $M = 4{,}05 * (10)^3 / (0{,}1)^2 = 405.000$ g = **405 kg.**

11.6 Campionamento sul cumulo dello smarino

Ove nessuna delle soluzioni sopra illustrate fosse applicabile, si procederà con il campionamento da cumulo abbattuto, sebbene tale fattispecie presenti alcune criticità dal punto di vista statistico.

Nel caso di necessità di campionare il cumulo dell'abbattuto, occorre tenere in conto l'eterogeneità granulometrica del materiale e le dimensioni massime dei frammenti, che possono risultare anche piuttosto elevate. In tal caso si applicherà il metodo dello "spigolamento" (in francese: "grapillage") che è stato in passato usato in campo minerario fino all'affermarsi di metodiche più complesse ma più rappresentative.

Il metodo consiste nel percorrere il cumulo prelevando con pala, in punti prefissati, secondo una griglia di campionamento, alcuni campioni quasi puntuali. La principale criticità consiste nella mancanza di rappresentatività granulometrica, in quanto la metodica comunque esplora solo la superficie di un cumulo che è sicuramente "segregato", in quanto i fini tendono a migrare sul fondo del cumulo ed i materiali grossolani alla base dei bordi; inoltre il materiale grossolano difficilmente entra a far parte del campione.

La mancanza di rappresentatività granulometrica si riflette sui tenori, in quanto la differenza di composizione tra frazioni fini e grosse può anche essere notevole, soprattutto in presenza di minerali friabili come l'amianto.

La campionatura dell'abbattuto è più corretta dal punto di vista statistico se il materiale viene trattato preliminarmente mediante frantumazione e reso omogeneo; a quel punto si compongono le aliquote di campionamento.

* * *

La messa a punto dei protocolli analitici sopra citati, sarà fatta durante lo scavo della finestra Val Lemme per la taratura definitiva delle metodologie e delle frequenze di campionamento per lo scavo in tradizionale.

Per quanto attiene la TBM, si utilizzeranno i primi 500 metri di avanzamento nella Galleria di Valico per tarare l'operatività di campionamento proposta con le pratiche di cantiere.

Eventuali modifiche, implementazioni e migliorie utili per la messa a punto delle tecniche previste, saranno condivise in ambito di Osservatorio Ambientale.

11.7 Analisi di laboratorio sui campioni solidi

I laboratori dovranno possedere, per le metodiche per le quali emettono certificati analitici sull'amianto, i requisiti minimi riportati nell'Allegato 5 del Decreto Ministeriale 14 maggio 1996 ed essere inseriti nelle liste del 'Programma 2013 di qualificazione dei laboratori che effettuano analisi sull'amianto' del Ministero della Salute.

Riguardo alla metodica analitica da adottare, la normativa (Decreto n. 161 del 10 agosto 2012 – allegato 4) indica che:

"[...]Le analisi chimico-fisiche saranno condotte adottando metodologie ufficialmente riconosciute, tali da garantire l'ottenimento di valori 10 volte inferiori rispetto ai valori di concentrazione limite.

Nell'impossibilita' di raggiungere tali limiti di quantificazione dovranno essere utilizzate le migliori metodologie analitiche ufficialmente riconosciute che presentino un limite di quantificazione il più prossimo ai valori di cui sopra."

Si ritiene che le strumentazioni analitiche in grado di raggiungere un adeguato limite di quantificazione per le analisi quantitative sul contenuto di amianto in terreni, terre e rocce da scavo e rifiuti in matrice sciolta, siano la microscopia SEM/EDS e la microscopia MOCF/MOLP. Si ritiene, invece, non adeguato l'uso esclusivo delle strumentazioni DRX o FTIR in quanto, in prima battuta, il loro limite di rilevabilità coincide, se non addirittura supera, il limite di legge di 1000 mg/Kg. Nel caso si utilizzino tali strumentazioni è consigliato associarle ad una tecnica microscopica oppure applicarle su un'aliquota di campione arricchito (concentrato).

Non esistendo comunque al momento, a livello nazionale o internazionale, una metodica unica e normata specifica per la quantificazione dell'amianto nei materiali di terre e rocce da scavo, i laboratori dovranno fornire agli organi di controllo (ARPA Piemonte ed ARPA Liguria) il protocollo ufficiale dell'intera prova di laboratorio e la documentazione relativa alla procedura di validazione della metodica stessa ai sensi nella norma ISO 17025, con l'evidenza del limite di quantificazione/rilevabilità che dovrà risultare conforme a quanto richiesto dal DM 161/12.

Tali schemi tuttavia potranno essere adattati in accordo con il Gruppo di Lavoro Amianto nel caso in cui si riscontrassero problematiche di interconfronto con i laboratori delle ARPA regionali.

* * *

Il Politecnico di Torino propone, in questo protocollo, un'analisi di laboratorio organizzata secondo gli schemi interni del Prof. Clerici esposti nella sua relazione del 20 maggio 2013. In particolare, tali procedure di analisi per la determinazione di amianto prevedono l'impiego di metodi analitici con microscopia ottica (in luce polarizzata - MOLP e in contrasto di fase – MOCF). Un accenno di tale metodica con microscopia ottica è riportato nella pubblicazione di Cazzola, Clerici, Francese, Patrucco, Zanetti e Gallarà avente titolo: "Qualitative determination of asbestos in rocks and soils by opticalmicroscopyanalyticalmethods and examples of application" presentata al Covegno Internazionale su "Asbestos Monitoring and Analytical Methods", tenutosi a Venezia nel 2005. (Allegato n. 5 al presente documento).

Anche in questo caso, per il laboratorio che adottasse tale metodica resta valido quanto riportato sopra, ossia la necessità di fornire il protocollo ufficiale dell'intera prova di laboratorio e la documentazione relativa alla procedura di validazione della metodica stessa ai sensi nella norma ISO 17025, con l'evidenza del limite di rilevabilità che dovrà risultare conforme a quanto richiesto dal DM 161/12.

11.8 Laboratorio a servizio del cantiere

Considerata la necessità che i risultati siano disponibili entro le 48 ore, i cantieri possono avvalersi di un'unità mobile a servizio del laboratorio.

Tale struttura dovrà essere di appartenenza ad un laboratorio riconosciuto dal Ministero della Salute (par. 11.7), dotato delle necessarie attrezzature di preparazione dei campioni e di un microscopio con corredo petrografico ed a contrasto di fase[9] nel quale operi personale esperto nelle analisi dell'amianto sia su campioni solidi sia su aerodispersi per i controlli di routine del cantiere nei riguardi della sicurezza.

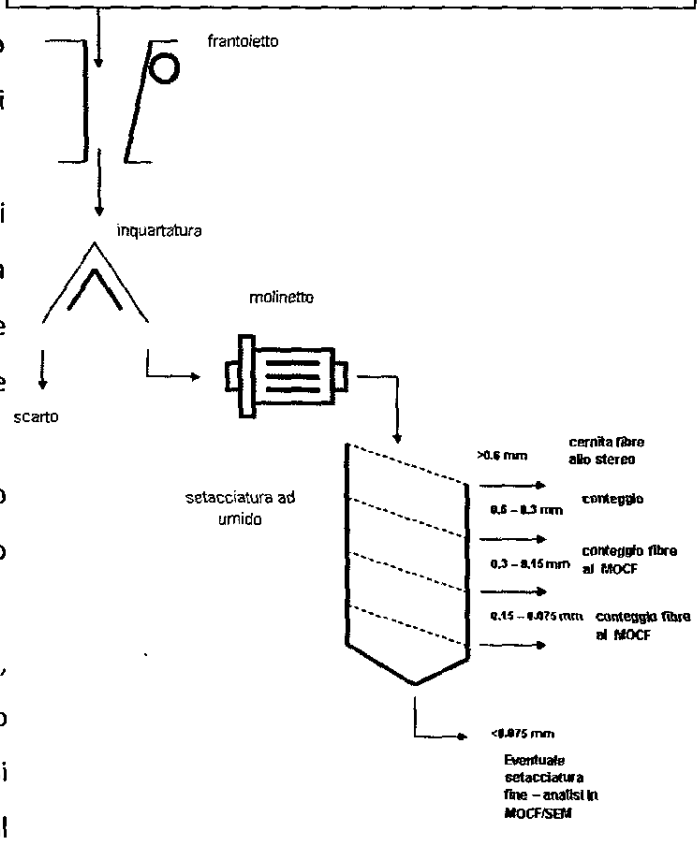
Per l'analisi dei campioni di materiale aerodisperso di cui sopra verrà impiegata, in accordo con quanto indicato nel D.M. 06/09/94 e nel D.Lgs. 81/2008 e s.m.i., la microscopia ottica in contrasto di fase; per i solidi si potrà avvalere della tecnica della dispersione cromatica realizzando pertanto con un solo strumento entrambe le tipologie di determinazioni di cui sopra.

Il laboratorio sarà dotato di attrezzature di comminuzione (piccolo frantoio, molino) in modo da ridurre i campioni di smarino alle dimensioni richieste per le procedure analitiche.

Le analisi con microscopia ottica potranno seguire la procedura descritta nell' Allegato 5 al presente documento.

Le analisi in SEM, quando necessarie, andranno demandate ad un laboratorio esterno idoneo all'effettuazione di analisi sull'amianto in base a quanto previsto dal Ministero della Salute.

Figura 2 - Ciclo di trattamento e di analisi su campioni di roccia potenzialmente asbestifera.



Resta sempre valido quanto riportato nel par 11.7 in merito alle metodiche utilizzate.

---

9 I microscopi moderni consentono di osservare un campo microscopico con tutti i corredi ottici presenti nello strumento, con semplicissime manipolazioni del condensatore, fornito di più corredi ottici, senza necessità di togliere accessori (p.es. il condensatore per petrografia) per inserirne altri .

12. PROTOCOLLI DI MONITORAGGIO DELL'ARIA

Per definire la corretta ubicazione sul territorio dei punti sui quali monitorare l'eventuale presenza di fibre di amianto aereodisperse, sono stati effettuati sopralluoghi congiunti con i tecnici dell'ARPA Piemonte (Polo Amianto, Geologia e Dissesto), Regione Piemonte, Provincia di Alessandria, COCIV e Comunità Locali.
Analoghi sopralluoghi sono stati effettuati in Liguria con rappresentanti della Regione Liguria, della Provincia di Genova, ARPA Liguria, rappresentanti comunali e COCIV.

I punti individuati in sede di primo sopralluogo e definiti in sede di successivo Tavolo Tecnico presso la Regione Piemonte in data 6 maggio 2013, quali significativi dal punto di vista ambientale per i cantieri (in prossimità dell'uscita della galleria), per i campi base (in cui alloggiano le maestranze) e per le aree impattate dal transito dei mezzi di cantiere e i centri abitati, saranno attrezzati a punti di monitoraggio mediante centraline dotate di campionatori sequenziali.

Anche in Regione Liguria i punti individuati in sede di tavolo tecnico saranno attrezzati con analoghe centraline dotate di campionatori sequenziali.
Ulteriori punti di monitoraggio saranno introdotti in successivi aggiornamenti del Protocollo in base all'evolvere del Piano di utilizzo.

13. RETE DI MONITORAGGIO DELL'ARIA

Al fine di monitorare possibili dispersioni di fibre di amianto in atmosfera negli ambienti di vita interessati dall'opera sono stati individuati i punti rappresentati nelle tavole in allegato 9.

La codifica riporta l'indicazione AO,CO o entrambe a seconda che il punto sia da attivare solo in ante operam, corso d'opera o in entrambe le fasi.

I punti sono collocati in prossimità della sorgente di emissione per fasce o cinture di distanza dal cantiere di scavo/deposito terre da scavo: punti interni al cantiere (ove possibile ubicarli), punti prossimi ma esterni al cantiere (nei pressi delle recinzioni e degli accessi, ove possibile ubicarli) e punti in ambienti di vita in funzione della presenza di ricettori sensibili (scuole, edifici luoghi di aggregazione, ecc.) che potrebbero essere impattati da eventuali fibre aerodisperse provenienti cantieri dalle attività connesse alla realizzazione del Terzo Valico dei Giovi.

La Tabella 5 riporta, per le diverse finestre e la galleria di valico, la codifica dei punti di campionamento, la descrizione degli stessi, l'individuazione della cintura in cui i punti sono collocati e le fasi AO/CO in cui i punti devono essere attivati.

Nello specifico in corrispondenza della colonna CODICE STAZIONE risultano indicati per ogni punto sia la codifica così come modificata da COCIV sia quella originaria attribuita nel corso dei lavori del Tavolo.

Tabella 5 – Rete di monitoraggio ambientale

REGIONE PIEMONTE

	CODICE STAZIONE		DESCRIZIONE	PROSSIMITA' SORGENTE	PRIMA CINTURA DI MONITORAGGIO	SECONDA CINTURA DI MONITORAGGIO	FASE	
	CODIFICA ARPAP	CODIFICA SIGMAP					AO	CO
FINESTRA VALLEMME	01_AM_CO	AMI_VO-004	Futuro cantiere di smaltimento dello smarino derivante dalla Finestra Val Lemme vicino ex Cava Cementir.	X				X
	02_AM_CO	AMI_VO-005	Futuro cantiere di scavo della Finestra Val Lemme all'uscita dell'impianto di aerazione.	X				X
	05_AM_AO/CO	AMI_VO-002	Cancello di ingresso del cantiere di smaltimento dello smarino derivante dalla Finestra Val Lemme.		X		X	X
	06_AM_AO/CO	AMI_VO-001	Piazzola di sosta lungo la SP 160 fronte cantiere di scavo della finestra Val Lemme.		X		X	X
	08_AM_AO/CO	AMI_FR-001	Comune di Voltaggio, frazione Molini di Fraconalto.			X	X	X
	10_AM_AO/CO	AMI_VO-003	Comune di Voltaggio.			X	X	X
	11_AM_AO/CO	AMI_CA-001	Comune di Carrosio.			X	X	X
	09_AM_AO/CO	AMI_FR-002	Comune di Fraconalto.			X	X	

FINESTRA CASTAGNOLA	03_AM_AO/CO	AMI_FR-003	Futuro cantiere di scavo della Finestra Castagnola all'uscita dell'impianto di aereazione.	X			X	X
	04_AM-CO	AMI_FR-005	Futuro cantiere di scavo della Finestra Castagnola in prossimità dell'impianto di frantumazione.	X				X
	07_AM_AO/CO	AMI_FR-004	Prato vicino alla casupola presso SP 163, fronte cantiere di scavo della Finestra Castagnola.		X		X	X
	16_AM_AO/CO		Località Castagnola presso chiesa San Bernardo			X	X	X

GALLERIA NORD DI VALICO	12_AM_AO/CO	AMI_AR-001	Futuro cantiere di scavo della Galleria nord di Valico.	X			X	X
	13_AM_AO/CO	AMI_AR-002	Comune di Arquata Scrivia – Località Campora.			X	X	X
	14_AM_AO/CO	AMI_AR-003	Comune di Arquata Scrivia- vicinanze Centro Commerciale"Le Vaie" lungo la SS35.			X	X	X
	15_AM_CO	AMI_AR-004	Futuro cantiere di scavo del Pozzo Radimero.	X				X

REGIONE LIGURIA						
	CODICE STAZIONE	SORGENTE	PRIMA CINTURA DI MONITORAGGIO	SECONDACINTURA DI MONITORAGGIO	FASE	
					AO	CO
COL 2	AMI-GE-005		X		X	X
	AMI-GE-004			X	X	X
	AMI-GE-006			X	X	X
	AMI-GE-012	X				X
COL3	AMI-GE-007		X		X	X
	AMI-GE-008			X	X	X
	AMI-GE-009			X	X	X
	AMI-GE-014	X				X
CSL2	AMI-CM-001		X		X	X
	AMI-CM-002			X	X	X
	AMI-CM-003			X	X	X
	AMI-CM-004	X				X
COV4	AMI-GE-011		X		X	X
	AMI-GE-010			X	X	X
	AMI-GE-016			X	X	X
	AMI-GE-015	X				X
COV2	AMI-GE-001		X		X	X
	AMI-GE-002			X	X	X
	AMI-GE-003			X	X	X
	AMI-GE-016			X	X	X
	AMI-GE-013	X				X

Il punto AMI_FR-002 (09_AM_AO/CO) era stato originariamente individuato per la Finestra Castagnola e poi erroneamente collocato da COCIV sul versante opposto per problemi logistici.

Il punto AMI_FR-002 (09_AM_AO/CO) nel quale è stato effettuato il monitoraggio AO, alla luce di quanto sopra indicato non è da considerare per quanto riguarda il monitoraggio in corso d'opera.

Tale punto costituente la seconda cintura di monitoraggio è stato sostituito dal punto 16_AM_AO/CO, localizzato nei pressi della chiesa San Bernardo sita in Località Castagnola (Comune di Fraconalto).

Per i punti collocati sul territorio della Regione Piemonte denominati 12 AM_AO/CO, 13_ AM_AO/CO, 14 AM_AO/CO, 15_AM_ CO, relativi all'imbocco di Arquata Scrivia, in corso di sopralluogo finalizzato alla definizione dei punti di monitoraggio, non essendo ancora presente nessuna cantierizzazione, è stato possibile unicamente definire una collocazione di massima dei punti inerenti il monitoraggio ante operam, ad oggi da ritenersi provvisori.

La tabella 5 sarà oggetto di futuro aggiornamento in modo tale da recepire le variazioni dei punti precedentemente stabiliti dovute a piccoli spostamenti per problematiche logistiche riguardanti in particolare la collocazione definitiva dei punti relativi a pozzo Radimero e della galleria di valico, in coerenza con le tabelle 6, 7, 8, 9, 10, 11 riportate in seguito.

Nel sopralluogo del 15 marzo 2014, COCIV ha richiesto che la stazione AMI-CM-002 possa essere collocata presso la chiesa di Cravasco. Tale collocazione alternativa appare comunque rappresentativa a livello di seconda cintura di monitoraggio.

Tuttavia, non essendo stato possibile valutare l'alternativa in sede di Tavolo Tecnico, si è preferito mantenere per il momento la soluzione inizialmente condivisa che prevede la stazione AMI-CM-002 in prossimità delle prime case a SW del centro del nucleo abitato.

13.1 Campionamento delle fibre aerodisperse

I prelievi dei campioni d'aria, nelle posizioni oggetto di indagine, verranno effettuati seguendo le metodologie di seguito descritte.

In **Ante Operam**, verrà eseguito un monitoraggio di 15 giorni per ciascun punto che si prefigge lo scopo di definire un bianco di riferimento.

In **Corso d'Opera**, durante le fasi di scavo, saranno effettuati campionamenti secondo le frequenze e i livelli indicati nel seguito. Si ritiene utile mantenere tali protocolli per almeno un anno dall'inizio del Corso D'Opera per poi tarare nuovamente, in funzione delle effettive risultanze, le metodiche e le frequenze di campionamento.

In Ante Operam la campagna di monitoraggio prevederà un prelievo di aria ambiente della durata complessiva di 15 giorni per 3 turni, sulle 24 ore, di 8 ore consecutive ad un flusso di 10 l/min mantenuto costante per il periodo di campionamento su membrana di esteri misti di cellulosa (MCE) avente porosità pari a 0.8 μm e diametro di 47mm specifici per amianto (o eventualmente

membrana in policarbonato). Il volume campionato deve essere almeno pari a 3000 l; il volume d'aria campionato verrà misurato con contatore specifico per gas e vapori. I 3 prelievi giornalieri saranno preceduti da prelievi preliminari al fine di adeguare le condizioni di prelievo in funzione della polverosità ambientale presente.

Contemporaneamente al campionamento saranno rilevati, inoltre, i seguenti dati meteorologici mediante utilizzo di sensori installati alla sommità di un palo telescopico ad una altezza di 2 o 10 m:

- velocità del vento;
- direzione del vento;
- pressione atmosferica;
- temperatura dell'aria;
- umidità relativa;
- radiazione solare;
- precipitazioni.

Inoltre l'unità disporrà di:

- un sistema di acquisizione e validazione dei dati;
- un sistema di gestione e stampa/trasmissione dei dati raccolti.

13.2 Criteri di attivazione del monitoraggio delle fibre aerodisperse.

Versante piemontese.

Sul territorio della Regione Piemonte, il monitoraggio delle fibre aerodisperse verrà effettuato secondo quanto indicato nel seguito, come espressamente richiesto da ARPA Piemonte nella relazione del luglio 2013 consegnata dall'Agenzia alla Regione Piemonte e ritenuta dalla stessa vincolante per la condivisione del presente Protocollo.

L'ipotesi di lavoro relativamente a tempistiche e frequenze del monitoraggio ambientale (AO e CO) prevede quale tecnica analitica l'utilizzo della Microscopia Elettronica a Scansione (SEM) relativamente a tutti i punti costituenti la rete di monitoraggio ambientale.

Secondo l'ipotesi suddetta i campionamenti relativi al monitoraggio ante operam (AO) per valutare il fondo ambientale dovranno essere effettuati nei punti individuati come AO, per una durata di 15 giorni possibilmente consecutivi, utilizzando i parametri elencati in precedenza, escludendo le giornate in cui si verifichino eventi piovosi di qualsiasi entità; in caso di pioggia è

necessario attendere almeno un giorno dal termine della stessa per dare modo al terreno di asciugare prima di riprendere il campionamento.

Il sistema comporterebbe di norma la ripetizione stagionale della campagna, per un totale quindi di nr. 4 campagne.

Per quanto riguarda il monitoraggio in corso d'opera (CO), durante le fasi di scavo, sia delle finestre sia della galleria principale, dovranno essere effettuati i campionamenti nei 14 punti indicati in Tabella 5 (15 in caso di allestimento dell'impianto di frantumazione) con le modalità indicate nelle tabelle seguenti (Tabelle 6, 7, 8, 9, 10, 11) per esterno cantiere ed interno cantiere – esterno galleria.

I risultati delle analisi in SEM dovranno essere resi disponibili tassativamente entro 48 ore dal campionamento, con un con sistema informatico/database da definirsi.

L'applicazione del livello di pericolo (LP) trae origine dal modello geologico integrato con l'osservazione al fronte, dai risultati delle analisi sulle terre e rocce da scavo e dai risultati delle misure di monitoraggio.

In particolare:

LP-0. NESSUN PERICOLO. Il modello geologico esclude la presenza di pietre verdi (vedi all. 3), non sono presenti pietre verdi al fronte.

LP-1. PERICOLO BASSO. Il modello geologico prevede la possibilità di incontrare pietre verdi (vedi all. 3), possibilità di incontrare pietre verdi al fronte.

LP-2. PERICOLO ALTO. Il modello geologico prevede lo scavo in pietre verdi con possibile presenza di amianto (vedi all. 3), presenza di pietre verdi al fronte, possibilità di incontrare amianto.

LP-3. AMIANTO PRESENTE. Presenza di fibre di amianto accertata analiticamente.

Per quanto concerne l'INTERNO CANTIERE, la struttura del monitoraggio ambientale prende avvio, in linea con le problematiche affrontate, dal livello di pericolo (LP) di volta in volta individuato che costituisce il criterio iniziale di attivazione del monitoraggio. Tuttavia, poiché potrebbero verificarsi, per cause differenti, anomalie di concentrazione in contrasto con i livelli di pericolo individuati su base geologica, ai fini di garantire la massima efficienza del sistema, il criterio di attivazione legato ai LP è stato integrato con requisiti di concentrazione di amianto (come evidenziato nelle tabelle). Si specifica che in caso venga a mancare la condizione di attivazione legata alle concentrazioni, ossia le concentrazioni rilevate non rappresentino anomalie, si dovrà nuovamente riferirsi al LP.

Esempio interno cantiere. Se la litologia attraversata corrisponde ad LP1 ma da campionamento viene rilevata una concentrazione di amianto 1≤ C (ff/l) < 2 le frequenze di campionamento saranno quelle corrispondenti allo stato di Attenzione. Quando la concentrazione di fibre di amianto misurata tornerà ad essere 0 < C(ff/L) < 1 si passerà nuovamente allo stato di Sorveglianza salvo nel frattempo vi siano stati cambi nella litologia attraversata.

Per quanto concerne l'ESTERNO CANTIERE la struttura del monitoraggio ambientale prende avvio dallo stato in cui si trova l'interno cantiere e dalle concentrazioni di amianto misurate nei punti delle cinture esterne al cantiere (come evidenziato nelle tabelle).

Come specificato in tabella, su alcuni punti di monitoraggio di aerodispersi è previsto il solo campionamento, ma in caso di necessità (riscontro analitico della presenza di amianto all'interno del cantiere), tali membrane dovranno essere celermente analizzate.

Laddove è indicato il monitoraggio per un solo turno di 8 ore, il campionamento dovrà essere effettuato nel turno, o comunque in una fascia oraria di 8 ore, comprensiva della produzione. In caso di impiego di esplosivo è opportuno attivare il campionamento immediatamente prima della volata.

Come evidenziato nella relazione l'individuazione dei punti di cui alle Tabelle 10 e 11 è stata effettuata in modo diverso rispetto alle situazioni presenti per le finestre Val Lemme e Castagnola, in quanto in assenza di cantierizzazione è stato possibile definire unicamente una collocazione di massima dei punti per l'effettuazione del monitoraggio ante operam che si valuterà poi se mantenere, modificare o integrare per il monitoraggio in corso d'opera.

Si sottolinea che in caso di riscontro di amianto dovranno essere previste, in funzione delle concentrazioni misurate e dei limiti vigenti rispettivamente all'interno/esterno cantiere, adeguate azioni e procedure atte ad individuare la possibile fonte di inquinamento ed a contenere l'aerodispersione di fibre di amianto in linea anche con quanto prescritto dagli Enti competenti; di azioni e procedure dovrà essere data evidenza nel Sistema di Gestione Ambientale (SGA).

Tabella 6 – Campionamenti **interno cantiere (esterno galleria)** - finestra Val Lemme

STATO	CRITERIO DI ATTIVAZIONE	PUNTI DI MONITORAGGIO	FREQUENZA
Presorveglianza	LP0	02_AM_CO	campionamento + analisi 1 a settimana per il turno di 8 h
Sorveglianza	LP1 o 0 < C(ff/L) < 1 ff/L	02_AM_CO	campionamento + analisi a giorni alterni per il turno di 8 h (in caso di scavo con esplosivo la frequenza diventa giornaliera)
Attenzione	LP2 o 1 ≤ C(ff/L) < 2ff/L	02_AM_CO	campionamento + analisi tutti i giorni per il turno di 8 h
Intervento	LP3 o C(ff/L) ≥ 2 ff/L	01_AM_CO 02_AM_CO	campionamento + analisi tutti i giorni sui 3 turni di 8 h (24 h su 24)

Laddove è indicato il monitoraggio per un solo turno di 8 ore, il campionamento dovrà essere effettuato nel turno, o comunque in una fascia oraria di 8 ore, comprensiva della produzione.

Tabella 7 – Campionamenti **esterno cantiere (ambienti di vita)** - finestra Val Lemme

STATO	CRITERIO DI ATTIVAZIONE	PUNTI DI MONITORAGGIO	FREQUENZA
Presorveglianza	Presorveglianza all'interno del cantiere	06_AM_AO/CO	campionamento 1 a settimana per il turno di 8 h; analisi se nel punto 02_AM_CO o se nell'analisi precedente del punto 06_AM_AO/CO sia rinvenuto amianto
Sorveglianza	Sorveglianza all'interno del cantiere o 0 < C(ff/L) < 0,5 ff/L	06_AM_AO/CO	campionamento a giorni alterni per il turno di 8 h (in caso di scavo con esplosivo la frequenza diventa giornaliera); analisi nel caso in cui nel punto 02_AM_CO o nell'analisi precedente del punto 06_AM_AO/CO sia rinvenuto amianto
Attenzione	Attenzione all'interno del cantiere o 0,5 ≤ C(ff/L) < 1 ff/L	06_AM_AO/CO 08_AM_AO/CO 10_AM_AO/CO	campionamento + analisi tutti i giorni per il turno di 8 h nel punto 06_AM_AO/CO. campionamento tutti i giorni per il turno di 8 h nei punti 08_AM_AO/CO e 10_AM_AO/CO; analisi nel caso in cui nei punti 02_AM_CO o 06_AM_AO/CO o nell'analisi precedente dei punti 08_AM_AO/CO e 10_AM_AO/CO sia rinvenuto amianto
Intervento	Intervento all'interno del cantiere o C(ff/L) ≥ 1 ff/L	05_AM_AO/CO 06_AM_AO/CO 08_AM_AO/CO 10_AM_AO/CO 11_AM_AO/CO	campionamento + analisi tutti i giorni sui 3 turni di 8 h (24 h su 24)

Tabella 8 - Campionamenti **interno cantiere (esterno galleria)** - finestra Castagnola

STATO	CRITERIO DI ATTIVAZIONE	PUNTI DI MONITORAGGIO	FREQUENZA
Presorveglianza	LP0	03_AM_CO	campionamento + analisi 1 a settimana per il turno di 8 h
Sorveglianza	LP1 o 0 < C(ff/L) < 1 ff/L	03_AM_CO	campionamento + analisi a giorni alterni per il turno di 8 h (in caso di scavo con esplosivo la frequenza diventa giornaliera)
Attenzione	LP2 o 1 ≤ C(ff/L) < 2ff/L	03_AM_CO	campionamento + analisi tutti i giorni per il turno di 8 h
Intervento	LP3 o C(ff/L) ≥ 2 ff/L	03_AM_CO	campionamento + analisi tutti i giorni sui 3 turni di 8 h (24 h su 24)

Laddove è indicato il monitoraggio per un solo turno di 8 ore, il campionamento dovrà essere effettuato nel turno, o comunque in una fascia oraria di 8 ore, comprensiva della produzione.

Tabella 9 – Campionamenti **esterno cantiere (ambienti di vita)** - finestra Castagnola

STATO	CRITERIO DI ATTIVAZIONE	PUNTI DI MONITORAGGIO	FREQUENZA
Presorveglianza	Presorveglianza all'interno del cantiere	07_AM_AO/CO	campionamento 1 a settimana per il turno di 8 h; analisi se nel punto 03_AM_CO o se nell'analisi precedente del punto 07_AM_AO/CO sia rinvenuto amianto;
Sorveglianza	Sorveglianza all'interno del cantiere o 0 < C(ff/L) < 0,5 ff/L	07_AM_AO/CO	campionamento a giorni alterni per il turno di 8 h (in caso di scavo con esplosivo la frequenza diventa giornaliera); analisi nel caso in cui nel punto 03_AM_CO o nell'analisi precedente del punto 07_AM_AO/CO sia rinvenuto amianto
Attenzione	Attenzione all'interno del cantiere o 0,5 ≤ C(ff/L) < 1 ff/L	07_AM_AO/CO 16_AM_AO/CO	campionamento + analisi tutti i giorni per il turno di 8 h nel punto 07_AM_AO/CO. campionamento tutti i giorni per il turno di 8 h nel punto 16_AM_AO/CO; analisi nel caso in cui nei punti 03_AM_CO o 07_AM_AO/CO o nell'analisi precedente del punto 16_AM_AO/CO sia rinvenuto amianto
Intervento	Intervento all'interno del cantiere o C(ff/L) ≥ 1 ff/L	07_AM_AO/CO 16_AM_AO/CO	campionamento + analisi tutti i giorni sui 3 turni di 8 h (24 h su 24)

Tabella 10 - Campionamenti **interno cantiere (esterno galleria)** - Galleria di Valico e Pozzo Radimero

STATO	CRITERIO DI ATTIVAZIONE	PUNTI DI MONITORAGGIO	FREQUENZA
Presorveglianza	LP0	12_AM_AO/CO 15_AM_CO	campionamento + analisi 1 a settimana per il turno di 8 h
Sorveglianza	LP1 o 0 < C(ff/L) < 1 ff/L	12_AM_AO/CO 15_AM_CO	campionamento + analisi a giorni alterni per il turno di 8 h (in caso di scavo con esplosivo la frequenza diventa giornaliera)
Attenzione	LP2 o 1 ≤ C(ff/L) < 2ff/L	12_AM_AO/CO 15_AM_CO	campionamento + analisi tutti i giorni per il turno di 8 h
Intervento	LP3 o C(ff/L) ≥ 2 ff/L	12_AM_AO/CO 15_AM_CO	campionamento + analisi tutti i giorni sui 3 turni di 8 h (24 h su 24)

Laddove è indicato il monitoraggio per un solo turno di 8 ore, il campionamento dovrà essere effettuato nel turno, o comunque in una fascia oraria di 8 ore, comprensiva della produzione.

Tabella 11 – Campionamenti **esterno cantiere (ambienti di vita)** - Galleria di Valico e Pozzo Radimero

STATO	CRITERIO DI ATTIVAZIONE	PUNTI DI MONITORAGGIO	FREQUENZA
Presorveglianza	Presorveglianza all'interno del cantiere	Punti ancora da identificare	campionamento 1 a settimana per il turno di 8 h; analisi se nei punti 12_AM_AO/CO o 15_AM_CO o se nell'analisi precedente dei punti ancora da identificare sia rinvenuto amianto;
Sorveglianza	Sorveglianza all'interno del cantiere o 0 < C(ff/L) < 0,5 ff/L	Punti ancora da identificare	campionamento a giorni alterni per il turno di 8 h (in caso di scavo con esplosivo la frequenza diventa giornaliera); analisi solo in caso in cui nei punti 12_AM_AO/CO o 15_AM_CO o nell'analisi precedente dei punti ancora da identificare sia rinvenuto amianto
Attenzione	Attenzione all'interno del cantiere o 0,5 ≤ C(ff/L) < 1 ff/L	Punti ancora da identificare 13_AM_AO/CO 14_AM_AO/CO	campionamento + analisi tutti i giorni per il turno di 8 h nei punti ancora da identificare. campionamento tutti i giorni per il turno di 8 h nei punti 13_AM_AO/CO e 14_AM_AO/CO; analisi nel caso in cui nei punti 12_AM_AO/CO o 15_AM_CO o nei punti ancora da identificare o nell'analisi precedente dei punti 13_AM_AO/CO o 14_AM_AO/CO sia rinvenuto amianto
Intervento	Intervento all'interno del cantiere o C(ff/L) ≥ 1 ff/L	Punti ancora da identificare 13_AM_AO/CO 14_AM_AO/CO	campionamento + analisi tutti i giorni sui 3 turni di 8 h (24 h su 24)

Versante ligure

Nel territorio della Regione Liguria il monitoraggio delle fibre aerodisperse verrà effettuato analogamente a quanto indicato dal Protocollo per Regione Piemonte, secondo un livello di pericolo (LP) che tiene conto del differente contesto geologico e del fatto che gli scavi saranno realizzati esclusivamente con tecniche tradizionali che garantiranno sempre la possibilità di visionare la natura delle rocce al fronte ed effettuare eventuali indagini geognostiche in avanzamento.

Per quanto sopra, in Regione Liguria si distinguono i seguenti livelli di pericolo:

LP-0. NESSUN PERICOLO. Il modello geologico prevede una bassa possibilità di incontrare pietre verdi (probabilità pari o inferiore al 5%) e i risultati dei rilievi e delle indagini geologiche alla fronte non indicano presenza di pietre verdi;

LP-1. PERICOLO BASSO. Il modello geologico prevede la presenza di Pietre verdi (vedi all. 3) (probabilità superiore al 5%) e non sono presenti Pietre verdi al fronte.

LP-2. PERICOLO ALTO. Presenza di Pietre verdi al fronte

Sulla base di tali livelli di pericolo si individuano specifiche strutture di monitoraggio per l'interno cantiere all'imbocco delle gallerie (tabella 12) e per ambienti di vita esterni al cantiere (tabb. 13-17).

Laddove è indicato il monitoraggio per un solo turno di 8 ore, il campionamento dovrà essere effettuato nel turno, o comunque in una fascia oraria di 8 ore, comprensiva della produzione.

I risultati delle analisi in SEM dovranno essere resi disponibili tassativamente entro 48 ore dal campionamento attraverso un sistema informativo da meglio definirsi ed integrato con il SIGMAP (sistema informativo di gestione del monitoraggio utilizzato per la condivisione dei dati ambientali del Terzo Valico dei Giovi) .

Si precisa che le strutture di monitoraggio individuate non tengono ancora conto delle operazioni di scavo delle connessioni del Valico con Voltri. Il protocollo verrà integrato non appena COCIV renderà disponibili gli accertamenti e gli approfondimenti geologici utili a definire la pericolosità di tali gallerie .

STATO	CRITERIO DI ATTIVAZIONE	PUNTI DI MONITORAGGIO	FREQUENZA
Presorveglianza	LP0	AMI-GE-012 AMI-GE-013 AMI-GE-014 AMI-GE-015 AMI-CM-004	campionamento + analisi 1 a settimana per il turno di 8 h
Sorveglianza	LP1	AMI-GE-012 AMI-GE-013 AMI-GE-014 AMI-GE-015 AMI-CM-004	campionamento + analisi a giorni alterni per il turno di 8 h
Attenzione	LP2	AMI-GE-012 AMI-GE-013 AMI-GE-014 AMI-GE-015 AMI-CM-004	campionamento + analisi tutti i giorni 24 h
Intervento	C(ff/L) ≥ 2 ff/L Interno cantiere	AMI-GE-012 AMI-GE-013 AMI-GE-014 AMI-GE-015 AMI-CM-004	campionamento + analisi tutti i giorni 24 h

Tabella 12 - Campionamenti **interni cantieri (esterno imbocchi gallerie)** - Gallerie Liguri. Viabilità Borzoli-Erzelli, Panigaro, Ferroviaria Valico e interconnessioni, Finestre Polcevera e Cravasco

STATO	CRITERIO DI ATTIVAZIONE	PUNTI DI MONITORAGGIO	FREQUENZA
Presorveglianza	Presorveglianza all'interno del cantiere	AMI-GE-005	campionamento settimanale per il turno di 8 h; analisi se nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria C(ff/l)>L.R.;
Sorveglianza	Sorveglianza all'interno del cantiere	AMI-GE-005	campionamento a giorni alterni per il turno di 8 h; analisi se nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria C(ff/l)>L.R.;
Attenzione	Attenzione all'interno del cantiere	AMI-GE-005 AMI-GE-006 AMI-GE-004	campionamento 24 h analisi di tutti i campioni se C(ff/L) > 1 ff/L nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria; analisi sui campioni AMI-GE-005 come in Sorveglianza se L.R. < C(ff/l) < 1 ff/L nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria
Intervento	Intervento all'interno del cantiere o C(ff/L) ≥ A.O. in una delle stazioni AMI-GE-005 AMI-GE-006 AMI-GE-007	AMI-GE-005 AMI-GE-006 AMI-GE-004	campionamento + analisi tutti i giorni 24 h

Tabella 13 – Campionamenti **esterno cantiere (ambienti di vita)** – COL2 Valico

STATO	CRITERIO DI ATTIVAZIONE	PUNTI DI MONITORAGGIO	FREQUENZA
Presorveglianza	Presorveglianza all'interno del cantiere	AMI-GE-007	campionamento settimanale per il turno di 8 h; analisi se nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria C(ff/l)>L.R.;
Sorveglianza	Sorveglianza all'interno del cantiere	AMI-GE-007	campionamento a giorni alterni per il turno di 8 h; analisi se nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria C(ff/l)>L.R.;
Attenzione	Attenzione all'interno del cantiere	AMI-GE-007 AMI-GE-008 AMI-GE-009	campionamento 24 h analisi di tutti i campioni se C(ff/L) > 1 ff/L nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria; analisi sui campioni AMI-GE-007 come in Sorveglianza se L.R. < C(ff/l) < 1 ff/L nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria
Intervento	Intervento all'interno del cantiere o C(ff/L) ≥ A.O. in una delle stazioni AMI-GE-007 AMI-GE-008 AMI-GE-009	AMI-GE-007 AMI-GE-008 AMI-GE-009	campionamento + analisi tutti i giorni 24 h

Tabella 14 – Campionamenti **esterno cantiere (ambienti di vita)** – COL3 Polcevera

STATO	CRITERIO DI ATTIVAZIONE	PUNTI DI MONITORAGGIO	FREQUENZA
Presorveglianza	Presorveglianza all'interno del cantiere	AMI-CM-001	campionamento settimanale per il turno di 8 h; analisi se nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria C(ff/l)>L.R.;
Sorveglianza	Sorveglianza all'interno del cantiere	AMI-CM-001	campionamento a giorni alterni per il turno di 8 h; analisi se nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria C(ff/l)>L.R.;
Attenzione	Attenzione all'interno del cantiere	AMI-CM-001 AMI-CM-002 AMI-CM-003	campionamento 24 h analisi di tutti i campioni se C(ff/L) > 1 ff/L nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria; analisi sui campioni AMI-CM-001 come in Sorveglianza se L.R. < C(ff/l) < 1 ff/L nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria
Intervento	Intervento all'interno del cantiere o C(ff/L) ≥ A.O. in una delle stazioni AMI-CM-001 AMI-CM-002 AMI-CM-003	AMI-CM-001 AMI-CM-002 AMI-CM-003	campionamento + analisi tutti i giorni 24 h

Tabella 15 – Campionamenti **esterno cantiere (ambienti di vita)** – CSL2 Cravasco

STATO	CRITERIO DI ATTIVAZIONE	PUNTI DI MONITORAGGIO	FREQUENZA
Presorveglianza	Presorveglianza all'interno del cantiere	AMI-GE-011	campionamento settimanale per il turno di 8 h; analisi se nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria C(ff/l)>L.R.;
Sorveglianza	Sorveglianza all'interno del cantiere	AMI-GE-011	campionamento a giorni alterni per il turno di 8 h; analisi se nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria C(ff/l)>L.R.;
Attenzione	Attenzione all'interno del cantiere	AMI-GE-010 AMI-GE-011 AMI-GE-016	campionamento 24 h analisi di tutti i campioni se C(ff/L) > 1 ff/L nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria; analisi sui campioni AMI-GE-011 come in Sorveglianza se L.R. < C(ff/l) < 1 ff/L nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria
Intervento	Intervento all'interno del cantiere o C(ff/L) ≥ A.O. in una delle stazioni AMI-GE-010 AMI-GE-011 AMI-GE-016	AMI-GE-010 AMI-GE-011 AMI-GE-016	campionamento + analisi tutti i giorni 24 h

Tabella 16 – Campionamenti **esterno cantiere (ambienti di vita)** – COV4 Panigaro

STATO	CRITERIO DI ATTIVAZIONE	PUNTI DI MONITORAGGIO	FREQUENZA
Presorveglianza	Presorveglianza all'interno del cantiere	AMI-GE-001	campionamento settimanale per il turno di 8 h; analisi se nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria C(ff/l)>L.R.;
Sorveglianza	Sorveglianza all'interno del cantiere	AMI-GE-001	campionamento a giorni alterni per il turno di 8 h; analisi se nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria C(ff/l)>L.R.;
Attenzione	Attenzione all'interno del cantiere	AMI-GE-001 AMI-GE-002 AMI-GE-003 AMI-GE-016	campionamento 24 h analisi di tutti i campioni se C(ff/L) > 1 ff/L nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria; analisi sui campioni AMI-GE-001 come in Sorveglianza se L.R. < C(ff/l) < 1 ff/L nel punto interno al cantiere posto all'imbocco della galleria
Intervento	Intervento all'interno del cantiere o C(ff/L) ≥ A.O. in una delle stazioni AMI-GE-001 AMI-GE-002 AMI-GE-003 AMI-GE-016	AMI-GE-001 AMI-GE-002 AMI-GE-003 AMI-GE-016	campionamento + analisi tutti i giorni 24 h

Tabella 17 – Campionamenti **esterno cantiere (ambienti di vita)** – COV2 Borzoli Erzelli

14. ANALISI DI LABORATORIO SULL'AERODISPERSO

Le membrane campionate saranno trattate, in ANTE OPERAM e in CORSO D'OPERA, come segue.

Analisi SEM su campioni di materiale aerodisperso

Per l'esecuzione delle analisi verrà seguito quanto indicato dall'Allegato 2 del D.M. del 06/09/94. Le fibre aventi geometria conforme a quanto indicato dal D.M. 06/09/94 saranno caratterizzate mediante microanalisi al fine di determinare se trattasi di amianto e individuarne la tipologia.

Nel rapporto di prova verranno quindi forniti, in linea con quanto richiesto da Arpa Piemonte nella relazione Arpa del luglio 2013 (prot. 69193 del 24/07/2013), i valori di concentrazione di fibre totali, fibre di amianto, fibre inorganiche, fibre organiche e indicato la tipologia (crisotilo, crocidolite, grunerite di amianto, tremolite di amianto, actinolite di amianto, antofillite di amianto) per ciascuna fibra di amianto.

Le concentrazioni di fibre aerodisperse (ff/l) saranno calcolate tenendo conto dei seguenti parametri:

- numero di fibre conteggiate;
- tipologia delle fibre riscontrate;
- diametro effettivo del filtro di prelievo;
- numero di campi ispezionati;
- area di un campo a 2000X;
- volume di aria aspirata normalizzato a 20°C e 1013mbar.

ALLEGATO 1

PROCEDURE DI CAMPIONAMENTO DELLA FRONTE NELLO SCAVO DI GALLERIE CON L'EVENTUALE PRESENZA DI ROCCE POTENZIALMENTE CONTENENTI AMIANTO

(relazione redatta dal prof. Carlo Clerici)

ALLEGATO 2

CARTA DEGLI AFFIORAMENTI

ALLEGATO 3

SEZIONI GEOLOGICHE

ALLEGATO 4

PUBBLICAZIONE AJES 2009

ALLEGATO 5

PUBBLICAZIONE AMAM 2005

ALLEGATO 6

METODICA ARPA PIEMONTE

ALLEGATO 7

METODICA EMILIA ROMAGNA

ALLEGATO 8

AMIANTO IN VAL LEMME

(VENEZIA 2005)

ALLEGATO 9

PUNTI DI MONITORAGGIO DELL'AMIANTO

ALLEGATO 10

OPERE IN SOTTERRANEO CONNESSE A NUOVA VIABILITA' NEL GENOVESANO

RILIEVI GEOLOGICI DI SUPERFICIE

ALLEGATO 1

PROCEDURE DI CAMPIONAMENTO DELLA FRONTE NELLO SCAVO DI GALLERIE CON L'EVENTUALE PRESENZA DI ROCCE POTENZIALMENTE CONTENENTI AMIANTO

(relazione redatta dal prof. Carlo Clerici)

PROCEDURE DI CAMPIONAMENTO DELLA FRONTE NELLO SCAVO DI GALLERIE CON L'EVENTUALE PRESENZA DI ROCCE POTENZIALMENTE CONTENENTI AMIANTO

(relazione redatta dal prof. Carlo Clerici)

1. PREMESSA

In questo documento si espongono alcune procedure per la campionatura di una fronte di scavo in galleria in cui siano presenti rocce indiziate di contenere amianto, al fine di valutarne quantitativamente il tenore.
La campionatura ha uno scopo di prevenzione; quando la fronte di scavo manifesta la presenza di matrici rocciose per così dire "sospette", è necessario procedere alla campionatura al fine di confermare (od escludere) la presenza di amianto, quantificarne il livello di tenore in modo da poter gestire in modo corretto il problema nei riguardi sia delle operazioni di scavo sia della sistemazione dei materiali di risulta.
Il documento è incentrato sulle operazioni di campionatura in quanto si ritiene che il solo "esame visivo" della fronte, peraltro indispensabile, non sia sufficiente a dirimere la questione. A parte le difficoltà di un simile esame quando venga effettuato in un ambiente sotterraneo, su fronti che possono presentarsi in condizioni inadatte ad un accurato esame visivo (presenza di polveri, scarsa luminosità, ecc.), le particolarità della distribuzione dell'amianto nelle rocce rendono indispensabili le indagini strumentali di laboratorio, da effettuarsi su campioni "rappresentativi" e con procedure corrette in quanto non tutti i metodi analitici utilizzabili in generale per l'amianto sono adatti allo scopo specifico, cioè la quantificazione del contenuto di amianto in matrici rocciose.

2. ESAME DELLA FRONTE DI ABBATTIMENTO

Preliminare ad ogni operazione di campionatura mirata all'amianto è il riconoscimento delle rocce in cui viene effettuato l'avanzamento; questa operazione è necessariamente riservata al geologo.
Per questo scopo si può fare in prima approssimazione riferimento all'elenco riportato nel D.M. 14/05/96 – All. 4, che qui si riscrive per comodità di lettura:
"serpentiniti" s.l.; prasiniti; eclogiti; anfiboliti; scisti actinolitici; scisti cloritici, talcosi e serpentinosi; oficalciti.
Queste rocce vengono indicate genericamente con il nome di "Pietre verdi".
Nell'elenco del D.M. non sono esplicitamente citate le zone "milonitizzate" presenti nelle rocce citate, cioè zone dove si sono verificate nel tempo geologico intense azioni meccaniche con eventuale aggiunta di ulteriore metamorfismo. Ciò ha prodotto la frantumazione dei cristalli originari della roccia producendo una struttura a finissimi cristalli inglobanti relitti della roccia originaria. Le miloniti sono meccanicamente abbastanza compatte, in quanto sottoposte durante al formazione a pressioni anche molto elevate, ma diventano incoerenti quando affiorano dal massiccio originario e giungono in superficie. Nelle miloniti a volte si trovano le maggiori concentrazioni di amianto, pertanto queste zone vanno considerate con particolare attenzione. Anche se non è in galleria, si riporta a titolo di esempio in Fig. 1 la fotografia di una scarpata con presenza di serpentina milonitizzata.

Fig. 1 - scarpata di serpentina milonitizzata, con materiale disgregato (in cui è presente tremolite d'amianto) e frammenti compatti di serpentinite.

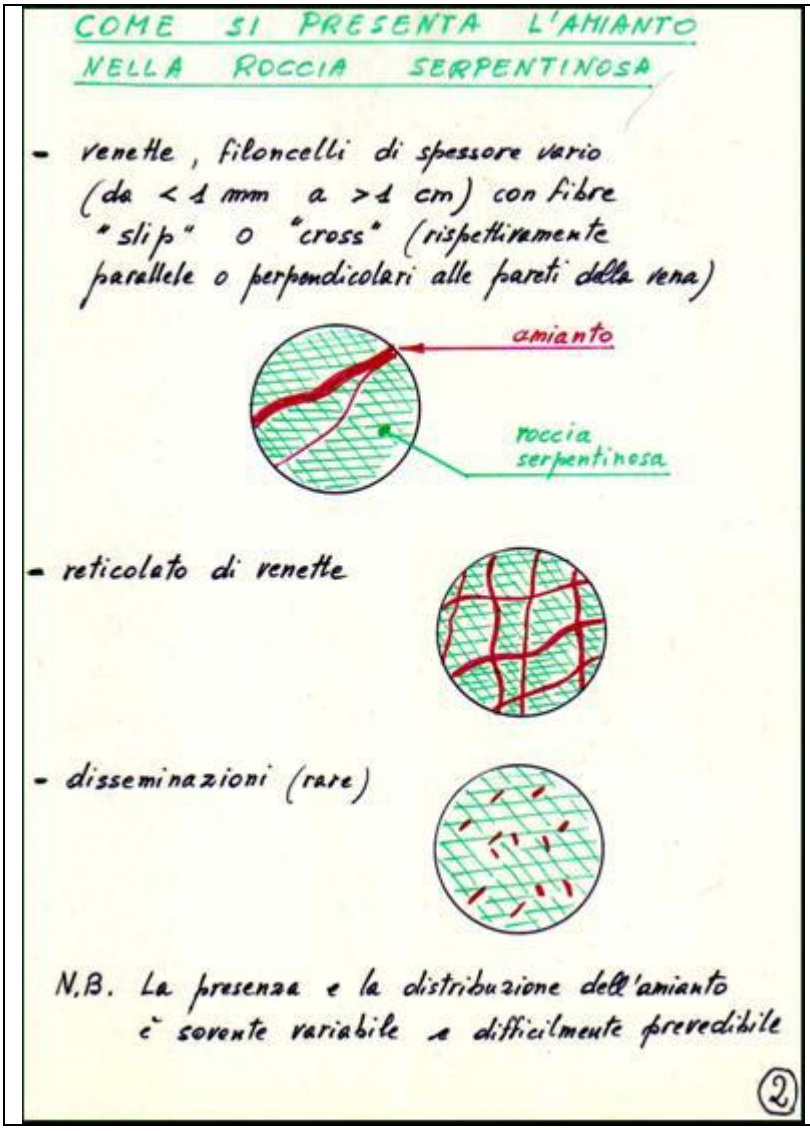


Fig. 2 – disegni schematici per illustrare la distribuzione del minerale amianto nella matrice rocciosa

3. COME SI PRESENTA L'AMIANTO NELLA ROCCIA

Riguardo alla distribuzione dell'amianto nella matrice rocciosa, si ha normalmente una distribuzione molto eterogenea. Il minerale si trova di solito come riempimento di fratture macro- o micro-; in dettaglio si può avere (Fig. 2 – 3 - 4):

- ✓ vene di svariato spessore, in cui le fibre sono disposte parallelamente alle salbande della vena ("slip") oppure ortogonalmente ("cross");
- ✓ reticolati di vene ("stockwork"), cioè numerose piccole vene di minerale distribuite irregolarmente nella matrice rocciosa;
- ✓ disseminazioni uniformi di fibre isolate nella matrice (situazione molto rara).

Quando si opera una comminuzione della roccia (operazione indispensabile per effettuare la campionatura) si ha però una marcata modificazione della distribuzione del minerale, in quanto le vene di amianto rappresentano le superfici di minor resistenza. La roccia si rompe in corrispondenza delle vene liberando così l'amianto dalla matrice. In questo caso l'amianto va nelle classi granulometriche fini, mentre la parte rocciosa rimane in frammenti più grossi. Si possono pertanto ottenere frammenti di roccia che si presentano "sterili" (privi di amianto). Va però ricordato che i frammenti di roccia, anche di grosse dimensioni, possono presentare spalmature superficiali di fibre, cioè non essere perfettamente "puliti" (Fig. 5).

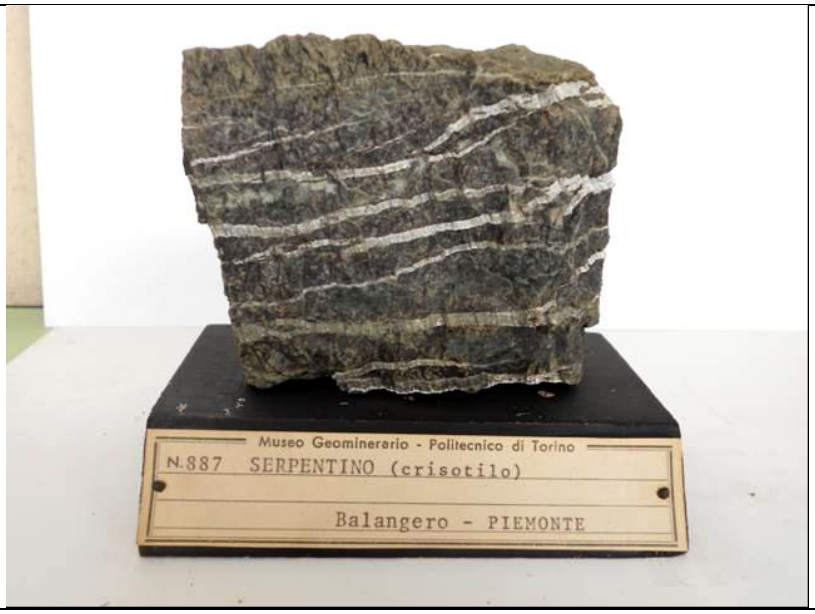
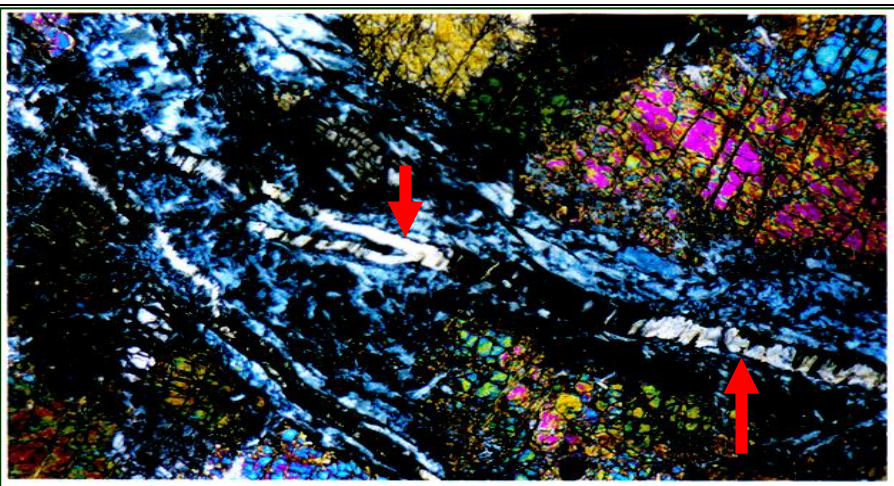
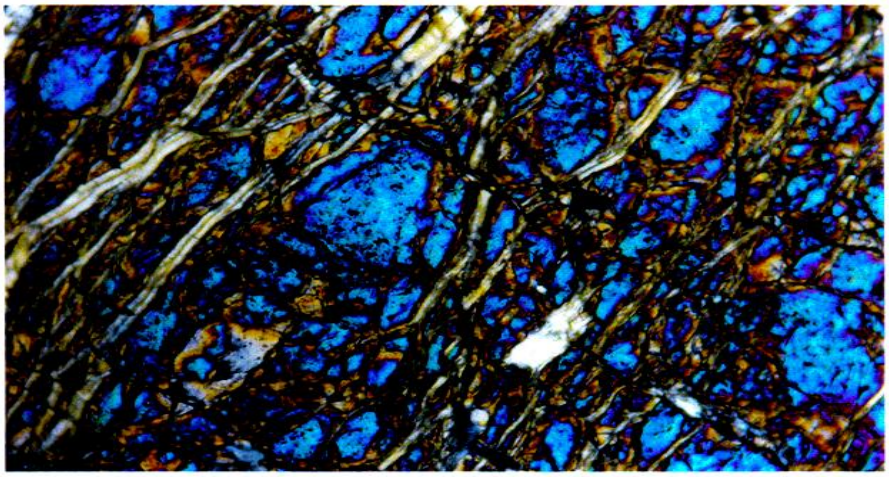


Fig. 3 – reticolato di vene di amianto nella matrice serpentinitica; le vene, di colore grigio chiaro, in questo caso sono sub-parallele



Peridotite parzialmente serpentinizzata, con clasti di olivina primaria (colori vivi) avvolti da un feltro di antigorite (con colore grigio-bluastro). E' presente crisotilo sia lungo microfratture nell'olivina, sia lungo vene nella matrice antigoritica.
Analizzatore inserito; base della foto: 5 mm.



Dettaglio di una peridotite parzialmente serpentinizzata. Clasto di olivina (colori vivi) tagliato da fratture finissime lungo le quali si è sviluppato crisotilo (bianco-giallastro).
Analizzatore inserito; base della foto: 1.3 mm.

Fig. 4 – microvene di crisotilo viste in sezione sottile.
Nella foto superiore la vena indicata da frecce rosse ha una larghezza massima di 0,15 mm.
Nella foto inferiore le vene di crisotilo hanno larghezza 0,02-0,04 mm

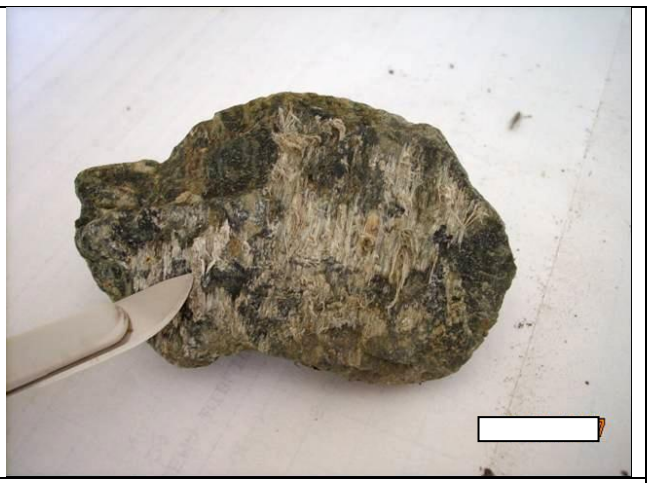


Fig. 5 – due frammenti di rottura di serpentinite con evidenti vistose spalmature superficiali di amianto

Nel caso di distribuzioni tipo “stockwork” va osservato che ad un esame macroscopico la distribuzione dell’amianto può apparire uniforme (cioè la roccia appare omogenea dal punto di vista del tenore in minerale, in quanto ogni volume elementare ideale di roccia ne contiene la medesima quantità). Ciò non vale più quando i volumi diventano piccoli (cioè, in pratica, quando si effettuano riduzioni granulometriche del materiale p.es. con una triturazione), perché anche in questo caso si ha la comminuzione lungo le vene, che sono sempre le superfici di minor resistenza meccanica.
Un esempio di granulato di triturazione fino a dimensioni sub-centimetriche si ha in Fig. 6.

Fig. 6 – granulato derivante dalla macinazione di un campione di serpentinite asbestifera. Le frecce indicano alcuni ciuffi di crisotilo perfettamente “liberi” presenti nel granulato.
Si può anche notare la marcata eterogeneità di distribuzione spaziale dell’amianto (“segregazione”) , che non è distribuito in modo uniforme nelle varie zone del piccolo cumulo.

Da quanto esposto si conclude che la distribuzione delle fibre di amianto in una roccia è molto varia. Anche il tenore presenta le medesime caratteristiche di variabilità; ad es. se si campiona una vena mineralizzata (od una frattura milonitizzata) il tenore può essere molto alto, ma scende drasticamente se il campione deriva da un volume più ampio di roccia in cui si abbia una rara presenza di vene (le quali, prese singolarmente, darebbero valori diversi e molto maggiori).
Su di una fronte di scavo è necessario definire con precisione le rocce indiziate per amianto da quelle che invece non lo sono, in modo da limitare le indagini (campionature + analisi) solo alle

prime. Ciò per evitare attività inutili e, anche, l'effetto di diluizione del tenore che si avrebbe mescolando materiali asbestiferi con materiali "sterili".
Ne deriva come conclusione di questa illustrazione preliminare che l'esame visivo della fronte di scavo (si ripete: va effettuato da un geologo) è assolutamente indispensabile per definire le matrici rocciose indiziate, ma nel contempo del tutto insufficiente per determinare il tenore (anche solo a livello semi-quantitativo, ad es. > oppure < di una soglia prefissata). Per quest'ultimo obiettivo è indispensabile la campionatura seguita da esami di laboratorio sui campioni prelevati.

4. LA CAMPIONATURA DELLA FRONTE

Come già detto, la campionatura va limitata alle zone con rocce indiziate per il possibile contenuto di amianto.
I metodi possibili sono:

a) campionatura della fronte prima dell'avanzamento:
   - campionatura manuale della fronte
   - sondaggi con estrazione di carota
   - perforazioni
b) campionatura della fronte dopo l'avanzamento: si campiona il marino dopo l'abbattimento della roccia.

Riguardo alla situazione della fronte, si hanno due casi differenti:

c) tutta la fronte è in rocce indiziate per amianto
d) solo una parte della fronte presenta rocce indiziate per amianto

4.1. Campionatura della fronte prima dell'avanzamento

4.1.1. Esame di un modello teorico

I metodi di campionatura della fronte prima di effettuare l'avanzamento sono assimilabili ad una campionatura per punti (in realtà per piccoli volumi di materiale) di un lotto di materiale in posto che presenta una forma prismatica (o cilindrica nel caso di galleria circolare), con base corrispondente alla sezione della galleria (o parte di essa, nel caso indicato sopra al punto d) e altezza corrispondente alla profondità cui si vuole arrivare con la campionatura.
Nel caso in cui sia presente amianto, la fronte può presentare una marcata **eterogeneità** sia **di costituzione** (si hanno 2 costituenti: fibre d'amianto + roccia priva di fibre) sia **di distribuzione spaziale** (l'amianto è in vene ricche di fibre circondate da zone di roccia "sterile"). Questa eterogeneità non è facilmente valutabile con l'esame visivo della fronte, salvo il caso in cui vi sia presenza di macroscopiche vene di fibre o di evidenti fratture milonitizzate. Inoltre non è ipotizzabile l'andamento delle fibre all'interno del massiccio, oltre la superficie piana rappresentata dalla fronte (che è la base del prisma di materiale oggetto del campionamento), a causa della nota "capricciosità" della distribuzione dell'amianto.
Per questo motivo è indispensabile che i punti di prelievo siano abbastanza fitti e siano scelti secondo una griglia in modo sistematico e indipendente dall'osservazione della fronte (la scelta del punto di campionatura non deve essere influenzata dalla presenza o assenza di vene di amianto visibili).

Questo tipo di campionatura comporta in linea di principio alcuni errori ([1]) teorici.
Per una semplice spiegazione si veda l'esempio seguente.
Si ipotizzi di campionare la fronte di avanzamento di una galleria di diametro 6 m con 13 campioni presi al centro di maglie di dimensioni 2 x 1 m circa (Fig. 7).
Supponiamo anche che questi 13 campioni stiano lungo un "itinerario di campionatura" sulla fronte indicato in Fig. 7 con una linea continua che va dal punto 1 al punto 13. Questo "itinerario di campionatura", nell'ipotesi che la fronte venga campionata lungo questa linea in modo continuo, punto dopo punto, con un numero molto grande di prelievi, è maggiormente rappresentativo del tenore "vero" della fronte, proprio grazie al numero di campioni molto maggiore dei 13 della nostra ipotesi.
Tralasciando lo scostamento tra il tenore "vero" della fronte e il tenore derivante dalle campionature effettuate in modo continuo lungo l' "itinerario" prima descritto, si vuole analizzare lo scostamento tra il valore del tenore dell' "itinerario" e il tenore derivante dai 13 punti di campionatura previsti.
In Fig. 8 viene indicata un ipotetico andamento della funzione "tenore" (nel nostro caso: tenore in amianto) lungo l' "itinerario" (qui rappresentato come rettilineo sull'asse delle ascisse). Questa funzione ha un andamento sconosciuto (se lo si conoscesse non servirebbe la campionatura!!); l'obiettivo della campionatura mediante i 13 punti è proprio la conoscenza del valor medio della funzione.
In sintesi, la grandezza che interessa determinare è conosciuta attraverso l'analisi di un campione medio che viene costituito mediante campioni singoli prelevati in più punti. Ciò equivale dal punto di vista della matematica, ad un'operazione di integrazione per punti. per questo motivo questo errore teorico viene indicato ***errore di integrazione.***
In conclusione l'errore di campionatura equivale a quello che si fa integrando una funzione per punti (*integrale di una funzione = calcolo del valor medio della funzione*); qui l'operazione di calcolo della media consiste nella mescolanza fisica (nel recipiente dove vengono raccolti i 13 campioni) dei materiali derivanti dai singoli prelievi puntuali. L'errore è la differenza tra il valor medio "vero" della funzione (variazione del tenore lungo la linea "itinerario"; la funzione "tenore" peraltro è sconosciuta) ed il valor medio dei campioni singoli (in figura questi valori sono rappresentati dai punti di intersezione della funzione con le ascisse che partono da 1 fino a 13, ma in realtà non sono conosciuti in quanto i campioni singoli vengono tutti mescolati e si conosce solo il valor medio).
Dal punto di vista teorico, l'errore del modello di campionatura descritto non influisce in modo **sistematico** sul risultato, esattamente come avviene in matematica nell'integrazione per punti.
È un **errore teorico** puramente **aleatorio**, il che significa che, ripetendo l'operazione più volte con posizione ogni volta diversa dei punti di campionatura, si hanno valori sia superiori che inferiori al valore "vero" (peraltro non conosciuto). Facendo la media di più operazioni ci si avvicina al valore "vero", riducendo l'aleatorietà.
Tuttavia, su di un materiale dotato di elevata eterogeneità, è necessario avere punti di campionatura abbastanza fitti per ridurre l'aleatorietà. Infatti nella pratica si effettua l'operazione di campionatura una volta sola, pertanto l'aleatorietà si manifesta nella differenza tra il valore medio dei punti di campionatura e il valore "vero" che si vuole conoscere.

([1]) La dicitura "errori di campionatura richiede una precisazione di carattere linguistico (vedi i volumi di Pierre GY "L'échantillonage des minerais en vrac" Tome 1 e Tome 2, Revue de l'Industrie Minérale, numeri speciali del 15/01/67 e 15/09/71 - paragrafo 2.1.5. "Ecarts et erreurs").
"L'abitudine degli operatori nel campo della campionatura ha consacrato l'uso del vocabolo errore, anche se è sottinteso che è possibile che non ci sia errore, mentre la statistica in campi analoghi preferisce l'uso del vocabolo scarto, che non implica in sé alcuna responsabilità..... Noi ci conformeremo all'uso corrente utilizzando la parola errore, ma depurandola da qualunque implicazione di colpevolezza".

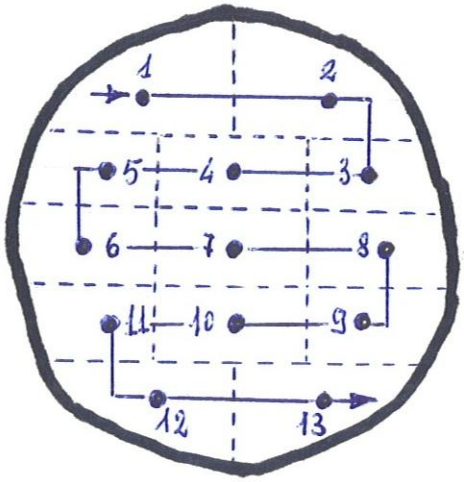


Fig. 7 – fronte di avanzamento in galleria di 6 m di diametro con griglia di campionatura di 2 x 1 m circa.
I punti di campionatura, situati al centro della griglia, sono numerati da 1 a 13.

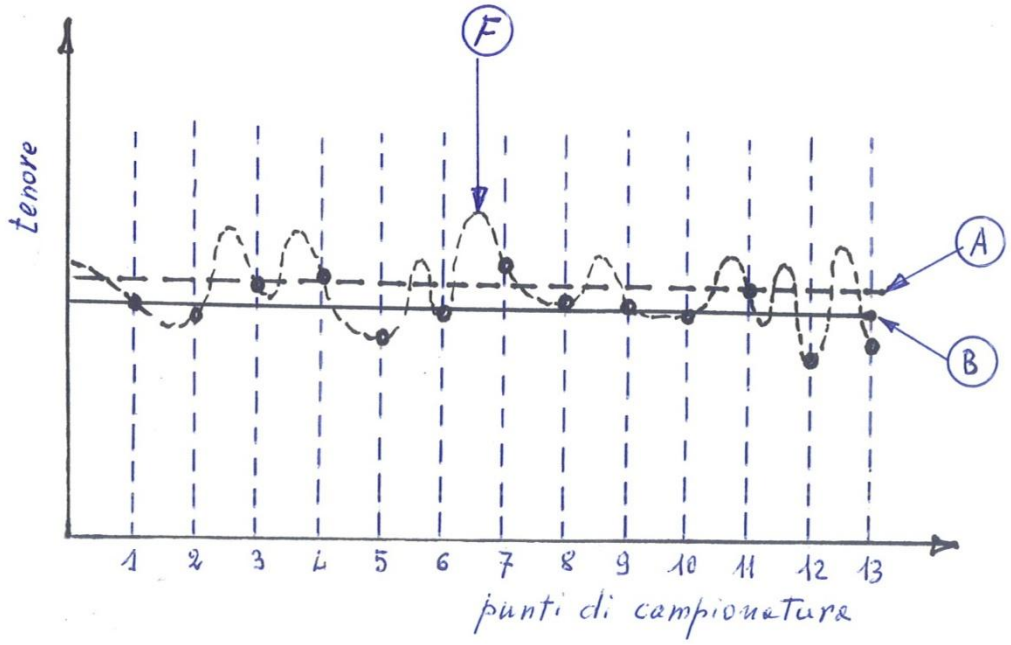


Fig. 8 – schematizzazione matematica dell'operazione di campionatura della fronte, effettuata con 13 punti di campionamento. Il grafico riporta una ipotetica variazione del tenore (F) lungo un "itinerario" di campionatura che passa per i 13 punti effettivi. La funzione F (sconosciuta) viene campionata per punti (ogni punto è il campione singolo prelevato) ma in realtà il valore del campione singolo non è conosciuto in quanto viene mescolato a tutti gli altri campioni; si conosce quindi solo il valor medio dei 13 punti.
A : valor medio della funzione F - B : valor medio dei 13 punti di campionatura
L'errore è indicato dallo scostamento tra A e B

4.1.2. Esecuzione pratica dell'operazione ([2])

Il modello teorico prima descritto definisce le condizioni per il prelievo di un campione "ideale", ed è soggetto all' "**errore teorico**" indicato.
Quando si effettua il prelievo di un campione "reale" si hanno scostamenti dal modello teorico; questi scostamenti vengono chiamati "**errori operativi**". Da questo tipo di errori derivano appunto i più importanti **errori sistematici** derivanti dalle operazioni di campionatura.
Le condizioni principali da rispettare per ridurre gli errori operativi sono:

- ✓ tutti i punti dello spazio occupati dal materiale da campionare devono avere uguali probabilità di essere toccati dall'organo che effettua il prelievo;
- ✓ l'organo che effettua il prelievo deve assicurare uguali probabilità a tutte le frazioni presenti nel materiale nel punto prescelto di campionatura (grani grossi e fini, pesanti e leggeri, zone compatte e friabili, ecc.) di essere prelevati nel campione;
- ✓ è necessario preservare l'integrità del campione, che non deve perdere né acquisire materia dopo il campionamento.

Le possibili procedure di campionatura vengono descritte nel seguito con particolare riguardo a queste indicazioni.

Campionatura manuale della fronte
L'operazione consiste nel prelevare a mano i campioni nei punti prefissati, secondo il criterio della griglia prima detto nella descrizione del modello teorico; i campioni singoli vengono poi mescolati nel recipiente destinato a contenere il campione, che verrà poi inviato all'analisi.
Questa operazione comporta i seguenti errori:

- ✓ non viene esplorato tutto il materiale di cui si vuole avere l'indicazione analitica (lo chiameremo "lotto") ma solo la superficie esposta della fronte; non si può ipotizzare la costanza della composizione anche all'interno del massiccio, oltre la fronte della galleria;
- ✓ il prelievo manuale porta inevitabilmente a prelevare il materiale più tenero con maggior abbondanza di quello più duro; si ricorda che le parti del lotto che hanno proprietà meccanica diverse sono sicuramente diverse anche per la composizione

Questi due motivi sono sufficienti per sconsigliare questa metodica.

Campionatura mediante sondaggi con estrazione di carota
Definiti i punti di campionatura, il metodo consiste nell'eseguire i sondaggi per la profondità che si vuole esplorare, estraendo e conservando le carote, che andranno poi inviate all'analisi.
Dal punto di vista della conoscenza geologica e analitica è un metodo ottimo, in quanto permette anche di valutare l'eventuale variazione di litotipi nell'avanzamento, in quanto le carote permettono esami visivi, esami petrografici, esami analitici.
È necessario avere alcune avvertenze:

- ✓ bisogna preservare l'integrità delle carote. L'amianto è un minerale friabile, tende a staccarsi e quindi ad andare perduto. Una carota con amianto sulla superficie esterna potrebbe essere estratta dal foro addirittura priva di amianto! Si veda ad esempio in Fig. 9 una carota con perdita parziale di amianto.
- ✓ le carote vanno accuratamente sigillate per il trasporto all'esterno

([2]) in tutte le operazioni indicate è sottinteso che trattandosi di amianto è necessario rispettare tutte le prescrizioni nei riguardi della sicurezza degli operatori e della salvaguardia dell'ambiente di cantiere

Fig. 9 – carota di sondaggio con in superficie una lente di amianto, parzialmente persa in fase di carotaggio

Campionatura mediante normali perforazioni

Il metodo consiste nell'effettuare nei punti prestabiliti le normali perforazioni da mina. I detriti che escono dal foro (trascinati dall'acqua di spurgo), costituiscono il campione da analizzare.

Le difficoltà di questo metodo consistono nel recupero **integrale** del detrito di perforazione. È necessario convogliare la torbida che esce dal foro in un apposito recipiente di raccolta, ad es. mediante un tegolo sistemato in modo opportuno sulla fronte. Inoltre è indispensabile recuperare totalmente la torbida che esce dal foro e che essa non sfiori dal recipiente di raccolta, altrimenti si ha una perdita differenziata di materiale; in particolare le eventuali fibre di amianto, se sfioccate e aperte dalla punta di perforazione, tendono a galleggiare e quindi ad andarsene con l'acqua che sfiora.

Il recipiente di raccolta deve avere pertanto una adeguata capacità ed essere sistemato nel modo opportuno.

Lo svantaggio di questo metodo sta nel non poter più riconoscere e studiare i litotipi oggetto della perforazione, in quanto il materiale esce disgregato dal foro.

Il vantaggio invece sta proprio nella disgregazione, in quanto il campione è già triturato/macinato in fase di prelievo e ciò semplifica le operazioni analitiche successive.

4.2. Campionatura della fronte dopo l'avanzamento: abbattimento della roccia e successiva campionatura del marino

4.2.1 Abbattimento con esplosivo

In questo caso il problema si presenta di molto difficile soluzione.

Il materiale abbattuto può presentarsi con blocchi di notevoli dimensioni, anche di parecchi decimetri. Pur senza effettuare calcoli specifici della massa di campione rappresentativo, si intuisce che in queste situazioni tale massa è molto grande (anche superiore a 1000 kg) e quindi l'operazione diventa estremamente onerosa.

4.2.2 Abbattimento con fresa

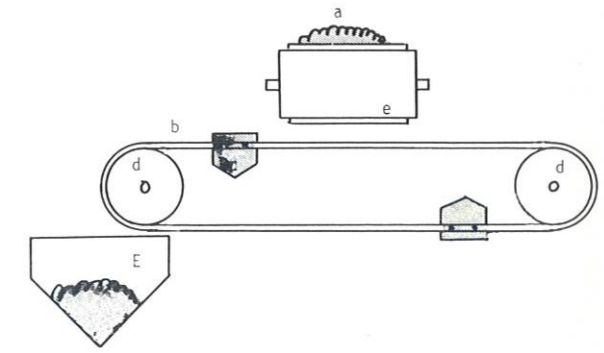
Il problema sopra detto è di minore importanza in quanto l'abbattuto con fresa ha dimensione massima molto minore; si può ragionevolmente ipotizzare circa 10 cm (dipende però dalla distanza tra i denti che effettuano il taglio e dalle condizioni meccaniche della roccia).
Il marino viene messo in movimento dalla macchina stessa per essere trasferito mediante una catena di nastri all'esterno.
Trattandosi di un lotto in fase di trasporto continuo la procedura classica di campionatura è il prelievo di campioni ad intervalli temporali sistematici (oppure scelti sulla base di leggi di numeri casuali), con strumento di prelievo che attraversa il flusso di materiale in un punto di caduta (punto di passaggio da un nastro al successivo).
Per fare praticamente questa operazione esistono numerosi tipi di campionatori automatici, tra cui i più utilizzati sono quelli a moto trasversale (ortogonale al flusso):

- ✓ cassetti traslanti con rovesciamento a fine corsa, oppure con fondo apribile sempre a fine corsa (Fig. 10); il campione viene trasferito dal cassetto in apposita tramoggia;
- ✓ cucchiaia traslante che, avendo il fondo aperto, trasferisce immediatamente il campione nella sua apposita tramoggia già nel corso del prelevamento (Fig. 11).

Il modello teorico corrispondente a questa operazione è molto simile a quello indicato in Fig. 8; è sufficiente trasformare le ascisse in asse dei tempi (per un osservatore fisso che osserva il passaggio del materiale nel punto di campionamento), mentre i punti da 1 a 13 (e oltre) sono gli istanti in cui l'attrezzo di prelievo attraversa il flusso. Ad esempio, per un campionamento relativo ad uno smarino della durata di 8 ore con un prelievo di campione ogni ½ ora, sulle ascisse si avrebbero 16 punti.
Le numerose regole pratiche cui deve sottostare l'attrezzo di prelievo, per non incorrere in errori operativi, sono sinteticamente:

- ✓ larghezza dell'apertura di prelievo pari a 3 volte la dimensione massima del materiale da campionare, per non alterare le probabilità di prelievo dei grani di maggiori dimensioni, che devono poter entrare agevolmente nel campionatore;
- ✓ velocità di traslazione dell'attrezzo non superiore a 200-400 mm/s, per evitare di disturbare il flusso di materiale in caduta quando l'attrezzo di prelievo attraversa il flusso;
- ✓ non sbordare durante l'attraversamento del flusso (quindi capacità adeguata);
- ✓ attraversare totalmente il flusso sia nella corsa di andata sia di ritorno

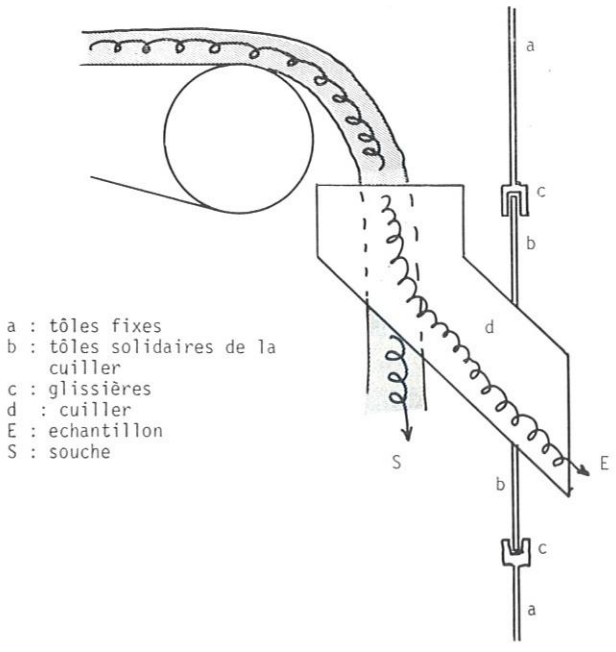
Queste regole sono riportate in dettaglio nei volumi di P. Gy già citati. Nel caso di rocce con amianto va posta particolare attenzione all'abbattimento delle polveri (eventuale umidificazione, se il materiale non è già umido di per sé) prima del punto di caduta in cui si opera la campionatura, per evitare di perdere dal flusso le eventuali fibre libere, che sfuggirebbero così alla campionatura. D'altronde abbattere le polveri è indispensabile per la sicurezza.



a : courant de minerai
b : double chaîne sans fin
c : godets de prélèvement
d : pignons
e : tambour du transporteur
E : échantillon

Figure 22.26. — Echantillonneur à godets basculants

Fig. 10 – campionatore a cassetto basculante.
Il cassetto trasla con moto trasversale al flusso.
Il sistema di campionatura è posizionato nel punto di scarico di un nastro.
Nel suo percorso il cassetto si svuota automaticamente nella tramoggia di raccolta del campione (da Gy)



a : tôles fixes
b : tôles solidaires de la cuiller
c : glissières
d : cuiller
E : echantillon
S : souche

Figure 22.13. — Echantillonneurs traversiers à cuiller. Dispositif de séparation de l'échantillon et des souches

Fig. 11 – campionatore a cucchiaia.
La cucchiaia si muove di moto trasversale e attraversa il flusso nel punto di scarico di un nastro.
Durante il movimento la cucchiaia trasferisce con continuità il materiale prelevato nella tramoggia di raccolta del campione (da Gy)

4.3. Campionatura quando solo una parte della fronte presenta rocce indiziate per amianto

In questo caso particolare le operazioni di campionatura prima descritte devono essere limitate alla porzione della fronte indiziata per amianto.
Il problema da risolvere si trasferisce alle operazioni di abbattimento, in quanto può risultare molto complesso abbattere in modo selettivo le diverse porzioni della fronte.

L'abbattimento integrale su tutta la sezione della galleria provoca una "diluizione" del tenore di amianto, che va valutata caso per caso.

5. OPERAZIONI SUCCESSIVE ALLA PRESA DEL CAMPIONE

5.1. Operazioni di laboratorio

La presa di campione è solo il primo passo verso l'obiettivo, cioè la determinazione del tenore in amianto del lotto in esame (la porzione di galleria che sarà interessata dall'avanzamento).
Il laboratorio cui vanno affidate le analisi deve essere dotato di adeguate attrezzature per la preparazione dei campioni e di adeguati strumenti analitici.
Trattandosi di amianto in matrici rocciose in cui sono presenti le fasi non fibrose dei minerali dell'amianto, è necessario basare l'analisi sui metodi microscopici:

- ✓ microscopia ottica in luce polarizzata (MOLP) e in contrasto di fase (MOCF-DC);
- ✓ microscopia elettronica analitica (SEM).

Poiché l'obiettivo è l'analisi quantitativa, è necessario misurare le fibre in modo da poter risalire al loro volume e quindi alla massa. Per far ciò è necessario che le fibre siano "libere" dalla matrice rocciosa e siano "pulite" per essere ben visibili.
Per questo scopo è necessario che il laboratorio sia attrezzato con apparecchiature di frantumazione, macinazione e setacciatura. Le macchine di comminuzione sono indispensabili per "liberare" l'amianto, mentre al suddivisione in classi granulometriche mediante setacciatura (possibilmente ad umido) facilita molto le osservazioni microscopiche.
Un tipico ciclo di trattamento di laboratorio dei campioni è indicato in Fig. 13, dove sono anche indicati i metodi microscopici più adatti ad ogni classe granulometrica.
In linea di principio la microscopia ottica MOLP e MOCF-DC è indicata per le classi più grossolane (> 0,15 mm, oppure anche > 0,075 mm), in quanto caratteristiche peculiari della metodica sono la rapidità di indagine e la rappresentatività del campione che può essere analizzato.
La microscopia elettronica SEM s'impone, invece, per la facilità e nitidezza di visione e per la sicurezza del dato analitico per le classi più fini.
Più in dettaglio, per le classi intorno al millimetro si può ipotizzare una cernita allo stereomicroscopio, seguita da controllo microscopico e pesata delle fibre cernite.
Per le classi intermedie, da ½ mm fino a 0,1 mm circa, è utile il conteggio delle fibre al MOCF, con associata la misura dimensionale per risalire al volume.
La medesima operazione viene fatta al SEM, per le classi < 0,1 mm circa.
Ambedue le metodiche necessitano di un operatore esperto nell'analisi microscopica dell'amianto.

5.2. Laboratorio mobile

Potrebbe essere ipotizzata la presenza presso i cantieri di un laboratorio mobile, attrezzato con le semplici attrezzature di preparazione dei campioni sopra descritte e di un microscopio dotato di corredo petrografico ed a contrasto di fase ([3]) e soprattutto di un operatore esperto nell'analisi dell'amianto sia nelle poveri aerodisperse (per i controlli di routine del cantiere nei riguardi della sicurezza) sia nei campioni solidi. Per gli aerodispersi è indispensabile la MOCF, per i solidi ci si avvale della combinazione di MOCF-DC e MOLP. Si realizza pertanto con un solo strumento un'analisi con metodi combinati. La presenza di un SEM in cantiere è invece difficilmente ipotizzabile, per l'impegno e la delicatezza dell'attrezzatura. Le analisi SEM, quando necessarie, andrebbero demandate ad un laboratorio esterno.

([3]) I microscopi moderni consentono di osservare un campo microscopico con tutti i corredi ottici presenti nello strumento, con semplicissime manipolazioni del condensatore, fornito di più corredi ottici, senza necessità di togliere accessori (p.es. il condensatore per petrografia) per inserirne altri .

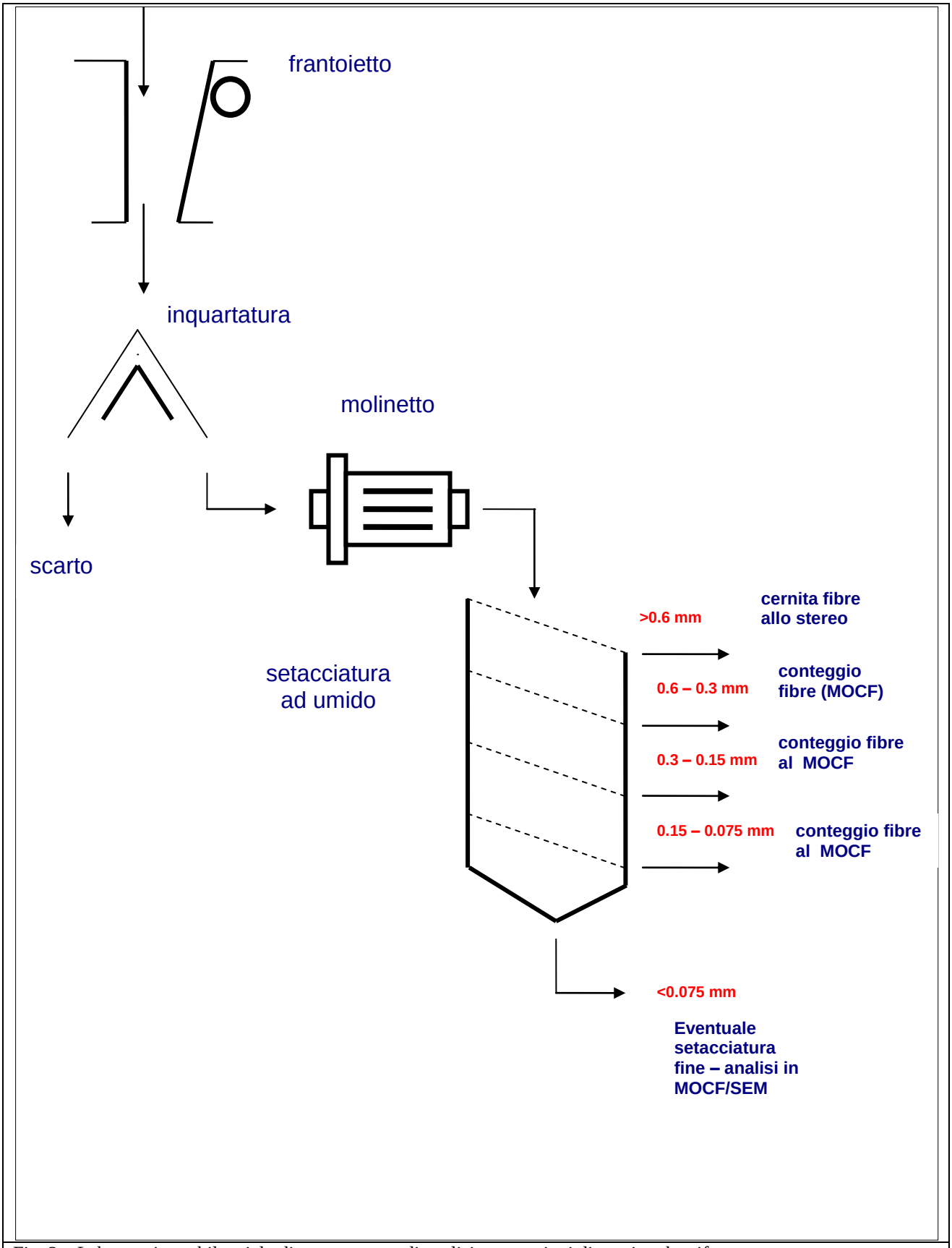


Fig. 2 – Laboratorio mobile: ciclo di trattamento e di analisi su campioni di roccia asbestifera

Appendice 1: Considerazioni teoriche sulla campionatura dei minerali in frammenti
Appendice 2: Calcolo della massa di campione rappresentativo. Dettagli sulle procedure di campionamento

Appendice 1 alla relazione (allegato 1 – Prof . CLERICI): procedure di campionamento della fronte nello scavo di gallerie con l'eventuale presenza di rocce potenzialmente contenenti amianto

Considerazioni teoriche sulla campionatura dei minerali in frammenti

Le considerazioni di carattere teorico qui esposte derivano dalle pubblicazioni di Pierre GY, in particolare dai volumi Pierre GY "L'échantillonage des minerais en vrac" Tome 1 e Tome 2, Revue de l'Industrie Minérale, numeri speciali del 15/01/67 e 15/09/71.
Pur senza approfondire in questa sede gli aspetti teorici delle teorie di campionatura di GY, si presenta una sequenza logica delle considerazioni esposte nelle teorie citate con il conseguente elenco dei possibili errori in un'operazione di campionatura e delle procedure più corrette per giungere ad una campionatura rappresentativa.

a. Considerazioni di carattere generale - definizione dei vocaboli utilizzati

La campionatura è l'operazione che consente di estrarre da un lotto un campione rappresentativo nei riguardi di una caratteristica desiderata (ad es. un tenore) o anche di molte caratteristiche in contemporanea (ad es. granulometria, tenori in diversi elementi ecc.).
Il lotto di partenza è un insieme eterogeneo di "individui" (nel campo dei minerali frammentati gli "individui" saranno frammenti rocciosi chiamati "grani", "particelle") diversi fra di loro nei riguardi di una determinata proprietà; anche il campione è un insieme di "individui", molto più piccolo del lotto di partenza; affinché il campione sia **rappresentativo** è necessario che il valore della proprietà che si vuole determinare sia uguale nel campione e nel lotto di partenza.
L'errore di campionatura è la differenza tra il valore della grandezza in esame nel campione e il valore vero nel lotto di partenza.
E' necessaria una precisazione di carattere linguistico (vedi i volumi di GY citati, Tomo 1, paragrafo 2.1.5. "Ecarts et erreurs").
"L'abitudine degli operatori nel campo della campionatura ha consacrato l'uso del vocabolo errore, anche se è sottinteso che è possibile che non ci sia errore, mentre la statistica in campi analoghi preferisce l'uso del vocabolo scarto, che non implica in sé alcuna responsabilità..... Noi ci conformeremo all'uso corrente utilizzando la parola errore, ma depurandola da qualunque implicazione di colpevolezza".
Sempre GY definisce nel paragrafo successivo (2.1.6. "Justesse et fidélité; précision et représentativité") cosa si intende per rappresentatività di una campionatura.
La campionatura è giusta quando l'errore *(o lo scarto, se si preferisce)* è una variabile aleatoria di valor medio nullo. La campionatura è fedele quando i valori ottenuti in operazioni di campionatura ripetute sono strettamente raccolti intorno al valore medio. La campionatura è "precisa" o "rappresentativa" quando è allo stesso tempo giusta e fedele. In pratica:

- quando una campionatura è giusta, la ripetizione delle operazioni e il successivo calcolo del valor medio dei valori consente di giungere alla conoscenza del valore vero. Sulla base di questo concetto si comprende il motivo per cui, nella compravendita di lotti di minerali, vengano presi 3 campioni: uno per il venditore, uno per il compratore e uno per l'arbitro (da utilizzare in caso di contestazioni).

- quando una campionatura è fedele, la ripetizione delle operazioni fornisce valori molto prossimi fra di loro (potrebbero essere però essere tutti anche molto lontani dal vero, se la campionatura non è nel contempo giusta).

In realtà, non si potrebbe sapere se una campionatura è stata giusta e fedele, cioè rappresentativa, in quanto il valore vero della grandezza in esame non è conosciuto (é l'obiettivo della campionatura!).
Quindi studiare la campionatura è inutile? Non è affatto così!
Il concetto ispiratore di GY è che gli studi sulla campionatura portano all'elaborazione di una teoria il cui scopo essenziale è comprendere i meccanismi che originano gli errori (o gli scarti). La conoscenza di questi meccanismi permette di elaborare regole pratiche che consentono di eliminare l'influenza degli errori, cioè di rendere l'operazione di campionatura giusta e fedele, quindi rappresentativa.
L'applicazione di queste regole permette di stabilire a priori se una campionatura è rappresentativa.

b. Generalità sul concetto di eterogeneità

Tutte le considerazioni che seguono hanno significato per un lotto eterogeneo nei riguardi di una determinata proprietà; eterogeneo significa che il valore della proprietà è diverso tra i vari "individui" del lotto.
Ad es. in una popolazione di sferette bianche e nere tutte di ugual natura (vetro) e di uguali dimensioni, ma di diverso colore (bianche oppure nere) si ha eterogeneità nei riguardi del colore, mentre il lotto è omogeneo nei riguardi della dimensione (tutte sferette di ugual diametro) e della composizione (tutte sferette di vetro).
Se la proprietà che interessa è, il tenore in sferette nere è necessario estrarre un campione dal lotto e analizzarlo, mentre una qualunque sferetta del lotto costituisce un campione rappresentativo della dimensione e della composizione.
In generale si ha che nel caso dei lotti di minerale si ha eterogeneità quando i vari grani costituenti il lotto presentano valori diversi della proprietà in esame; se un lotto invece è omogeneo qualunque grano costituisce un campione rappresentativo è quindi non ha più alcun interesse lo studio delle procedure di campionatura (le difficoltà stanno ovviamente nel sapere a priori che un lotto è omogeneo nei riguardi di una o più proprietà).

c. La campionatura equiprobabile

Il metodo più corretto per ottenere un campione da una popolazione è l'estrazione a sorte degli individui che devono costituire il campione. Questa operazione è chiamata ***campionatura equiprobabile*** in quanto dà a tutti gli individui della popolazione uguali probabilità di entrare nel campione. Quando la popolazione è eterogenea anche *l'estrazione a sorte non è una procedura esatta per definizione*; le probabilità che il valore della grandezza in esame del campione coincida con il valore vero del lotto di partenza sono ben studiate dalla statistica.
L'errore di una campionatura equiprobabile è una variabile aleatoria che può essere espressa con una gaussiana; il valore più probabile dell'errore è zero (coincidenza tra il valore vero della grandezza in esame nel lotto e il corrispondente valore nel campione) ma anche valori dell'errore molto diversi da zero (ciò succede quando si ha differenza tra il valore vero e quello nel campione) sono possibili ma meno probabili. La gaussiana esprime questo

concetto con l'associazione tra la deviazione standard σ e l'intervallo di fiducia. Le probabilità che il valore vero sia compreso nell'intervallo:

valore nel campione* ± *σ

sono del 67 %.

Nel caso della campionatura si preferisce considerare un intervallo di fiducia che dia più sicurezza, quindi

valore nel campione* ± *2 σ,

che corrisponde ad un intervallo di fiducia del 95 %;

cioè, in pratica, il valore determinato nel campione ha il 95 % di probabilità di coincidere con il valore vero del lotto di partenza.

Da questo ragionamento appare evidente l'importanza della conoscenza della deviazione standard σ che è associata ad un'operazione di campionatura.

Per inciso si ricorda che il valore vero del lotto di partenza non è mai conosciuto; il conoscerlo è lo scopo della campionatura.

Una parte ampia della teoria di GY è dedicata alla valutazione della **σ** di una campionatura equiprobabile nel caso della campionatura di lotti di minerali che, come si intuisce facilmente, sono molto diversi da altri tipi di popolazioni più famigliari agli statistici.

GY è giunto a definire una formula che mette in correlazione la massa del campione, le proprietà granulometriche e di composizione mineralogica del materiale che costituisce il lotto, la precisione desiderata nell'operazione di campionatura (quest'ultima esprimibile con la σ prima definita che, come si è visto, è correlata ai livelli di probabilità).

La formula indica che la massa (**M**) del campione è proporzionale al cubo della dimensione massima del lotto (in realtà GY utilizza la dimensione **d** corrispondente al 5 % della curva granulometrica cumulativa, che è un po' minore della dimensione massima assoluta), è inversamente proporzionale al quadrato della precisione desiderata (**σ**), è direttamente proporzionale ad un parametro (**C**) legato alle caratteristiche composizionali del lotto ([1]).

Non ha invece alcuna importanza la massa del lotto di partenza, che non influisce sulla massa del campione rappresentativo. La massa del campione rappresentativo è legata unicamente alle proprietà granulometriche e composizionali del minerale in esame.

La formula ricavata da GY è:

$$\mathbf{M = C\ d^3 / \sigma^2}$$

L'errore derivante dalla campionatura equiprobabile, che è in linea di principio il metodo più corretto per effettuare una campionatura, deriva dall'eterogeneità del materiale campionato; si tratta quindi di un errore che dovrebbe essere denominato errore di eterogeneità.

Poiché tale errore non è annullabile ma può solo essere ridotto (p. es. aumentando la massa di campione), esso è sempre presente. Per questo motivo GY preferisce chiamarlo "errore fondamentale" (EF).

Si ricorda quanto precisato al paragrafo ***a.*** Nella campionatura è invalsa l'abitudine di parlare di **errori** ma in realtà si tratta di **scarti statistici**, cioè di differenze tra il valore vero della grandezza ricercata nel lotto ed il corrispondente valore nel campione.

d. Complicazioni successive del modello teorico iniziale della campionatura equiprobabile

([1]) Per la definizione completa di C e per il calcolo della massa M nel caso in esame si veda l'All. 2.

La campionatura equiprobabile non è facilmente realizzabile nel campo dei minerali: bisognerebbe numerare tutti i grani di un lotto e procedere all'estrazione a sorte! (per inciso si ricorda che invece l'estrazione a sorte è utilizzata in tantissimi casi, anche riguardanti il controllo di qualità nelle produzioni industriali).
Nei lotti di minerale si effettua invece un campionamento per volumi predefiniti di materia; viene cioè realizzato il prelievo di tutti i frammenti contigui contenuti in un prefissato volume, molto piccolo rispetto a tutto il lotto. Nella pratica singoli "campioncini" vengono estratti dal lotto mediante un attrezzo di prelievo (benna, pala, tubo campionatore, ecc.); essi vengono poi mescolati per costituire il campione rappresentativo del lotto. Si opera cioè campionando per gruppi di frammenti contigui (operazione definita da GY "raggruppamento") e non mediante frammenti singoli tirati a sorte.
Inoltre i lotti di minerale sono sempre "segregati"; ciò significa che, in un lotto, grani con proprietà diverse tendono a smistarsi in punti differenti del lotto; è tipica ad esempio la segregazione granulometrica nei cumuli a piazzale: i grani grossi tendono a rotolare sui bordi dei cumuli, quelli fini a rimanere nel centro e a smistarsi sul fondo, passando negli interstizi tra i grani grossi. La segregazione non influisce sull'errore se i grani sono estratti a sorte (campionatura equiprobabile) ma va considerata nella campionatura per gruppi di frammenti contigui. Per questo motivo gli errori di segregazione e raggruppamento vanno sempre insieme.
Infine, la grandezza che interessa determinare è conosciuta attraverso l'analisi di un campione medio che viene costituito mediante campioni singoli prelevati in più punti. Per chiarire il concetto si vedano questi due casi tipici:

a) si ha un lotto fermo (un cumulo in piazzale) che viene campionato ad es. mediante un attrezzo di prelievo che estrae un campione singolo in diversi punti indicati da una griglia di campionatura prefissata
b) si ha un lotto in fase di trasporto continuo (ad es. un lotto in movimento si di un nastro trasportatore) dal quale viene estratto un campione con appositi attrezzi ed a intervalli di tempo prefissati in un punto fisso di osservazione e campionatura (p. es. in un punto di scarico).

Ciò equivale dal punto di vista della matematica, ad un'operazione di integrazione per punti. Infatti si campiona una funzione matematica rappresentata dalla variazione numerica della proprietà considerata (ad es. il tenore di un dato minerale). Tale variazione avviene nello spazio (caso a, in cui il tenore varia da punto a punto del cumulo) oppure nel tempo (caso b, in cui il tenore del materiale che passa davanti al punto fisso di osservazione e campionatura).
L'integrazione per punti è, come è noto dalla matematica, un'operazione che porta con sé un errore.
L'esecuzione dell'operazione di campionatura nel campo dei minerali ci impone pertanto 3 differenze importanti rispetto al modello ideale della campionatura equiprobabile:

- *Il raggruppamento: campionatura per gruppi di frammenti contigui, prelevati dall'attrezzo di campionatura;*
- *La segregazione: l'operazione avviene su lotti sempre segregati;*
- *L'integrazione: si realizza un'operazione assimilabile all'integrazione per punti.*

Queste differenze teoriche tra la campionatura equiprobabile e il modello ideale più complesso che è necessario applicare sui lotti di minerale fa' si che vengano introdotti ulteriori errori, sempre teorici in quanto si riferiscono allo schema teorico dell'operazione, che sono chiamati:

EG = errore di raggruppamento (“groupement” in francese)
ES = errore di segregazione
EI = errore di integrazione

e. Errori operativi

Il modello teorico che viene ipotizzato può essere realizzato in modo non corretto, introducendo così ulteriori errori detti operativi.
Si hanno errori operativi ogni volta che vengono alterate le probabilità di prelievo delle diverse classi granulometriche e/o densimetriche.
A titolo di esempio:
un campionamento su di un cumulo mediante tubo campionatore può introdurre errori operativi se il diametro del tubo è di dimensioni inferiori a quelle dei grani più grossi presenti nel lotto, che pertanto non possono essere prelevati dall’attrezzo di campionatura; in questo caso l’operazione pratica altera le probabilità di prelievo delle classi granulometriche grosse; ciò può comportare errori (in questo caso operativi) in quanto i grani grossi potrebbero avere un valore della proprietà esaminata diverso dai grani fini (ad es., nel caso di serpentiniti triturate, un minor tenore di amianto che, essendo un minerale friabile, tende a concentrarsi nelle classi granulometriche fini).
L’errore è strettamente operativo in quanto il modello di campionatura potrebbe essere ben definito dal punto di vista teorico (campionatura per prelievi singoli ben distribuiti nello spazio su di un lotto segregato, con massa finale del campione adeguata) ma mal realizzato.

f. Sintesi degli errori di campionatura (teorici ed operativi)

Gli errori di carattere teorico in un’operazione di campionatura sono:

- l’errore fondamentale EF, insito in qualunque campionatura anche se effettuata con il metodo più giusto ipotizzabile cioè l’estrazione a sorte del campione;
- gli errori aggiuntivi EG, ES ed EI, derivanti dal modello teorico che è necessario ipotizzare, diverso da quello di un’estrazione a sorte.

Gli errori operativi possono essere molteplici; si indicano con la sigla EO.
In conclusione, l’errore totale ET può essere indicato nella seguente formula simbolica:

$$ET = EF + ES \times EG + EI + EO$$

La teoria della campionatura equiprobabile permette il calcolo dell’errore fondamentale EF: è sufficiente conoscere le caratteristiche mineralogiche e composizionali del materiale, la sua granulometria e prestabilire la precisione desiderata per ricavare con la formula esposta nel paragrafo *b* la massa del campione rappresentativo.
Gli altri errori sono di calcolo molto più complesso; tuttavia l’esame critico a priori delle procedure può consentire di indicare se essi influiscono in modo marcato sull’operazione di campionatura e, al limite, di annullarne o ridurne molto l’influenza.

Appendice 2 alla relazione (Allegato 1 – Prof. Clerici): procedure di campionamento della fronte nello scavo di gallerie con l'eventuale presenza di rocce potenzialmente contenenti amianto

CALCOLO DELLA MASSA DI CAMPIONE RAPPRESENTATIVO DETTAGLI SULLE PROCEDURE DI CAMPIONAMENTO

1° parte : calcolo della massa di campione rappresentativo (in relazione ad una precisione prefissata) secondo la teoria di Pierre GY ([1])

A) Calcolo basato sull'errore di eterogeneità

Si ricorda che questo calcolo riguarda unicamente l'errore derivante dall'eterogeneità di costituzione del lotto, che GY chiama "errore fondamentale".

Come risulta da quanto esposto in Allegato 1, la formula che consente di calcolare la massa di campione rappresentativo in relazione ad una precisione voluta è la seguente:

$$\mathbf{M = C * d^3 / (\sigma_r)^2}$$

La formula indica che la massa (**M**) del campione è:

- proporzionale al cubo della dimensione massima del lotto (in realtà GY utilizza la dimensione **d** corrispondente al 5 % di trattenuto della curva granulometrica cumulativa del lotto, che è un po' minore della dimensione massima assoluta),
- è inversamente proporzionale al quadrato di un parametro legato alla precisione desiderata (σ_r = deviazione standard dell'errore, in valore relativo; σ_r va espresso in valore decimale, non in valore %),
- è direttamente proporzionale ad un parametro (**C**) legato alle caratteristiche composizionali del lotto.

Per effettuare il calcolo è necessario precisare i singoli termini della formula. Trattandosi di materiale derivante da scavi attualmente non ancora in atto, molti dati indicati derivano da ipotesi su presumibili caratteristiche granulometriche, morfologiche e mineralogiche. Ci si riserva un'eventuale revisione ad operazioni in atto.

1) d

d è la dimensione del lotto corrispondente al 5 % di trattenuto nella curva granulometrica cumulativa . Trattasi quindi di una dimensione di poco inferiore alla dimensione massima del materiale.
Si hanno 2 casi:

- ✓ campionatura dello smarino della TBM: la dimensione massima del materiale è 100-150 mm; si assume per il calcolo d = 100 mm
- ✓ campione costituito dai detriti dei fori da mina: la dimensione massima è presumibilmente piuttosto fine, si ipotizza 4÷5 mm; si assume per il calcolo d = 2÷3 mm (2,5 mm).

Il valore di **d** va espresso in cm.

([1]) Vedi le pubblicazioni :
P. GY "L'échantillonage des minerais en vrac" Tome 1 e Tome 2, Revue de l'Industrie Minérale, numeri speciali del 15/01/67 e 15/09/71.

2) C

C è un parametro che dipende dalle caratteristiche del minerale da campionare; è esprimibile con il seguente prodotto:

$$C = f * g * l * c$$

I singoli termini hanno il significato seguente:

f : è un coefficiente di forma adimensionale.

Per i materiali con forme dei grani per così dire "normali" (cioè non troppo diverse da forme isodiametriche) vale intorno a 0,5, mentre per i lamellari vale 0,2.
In questo caso il materiale si suppone tendenzialmente isodiametrico nel caso di abbattimento con TBM (valore assunto 0,4÷0,5 ; si assume il valore 0,45) e tendenzialmente lamellare per ciò che riguarda il detrito dei fori da mina (valore assunto 0,3).

g : coefficiente adimensionale, funzione della distribuzione granulometrica del lotto.

Per lotti con distribuzione granulometrica estesa (cioè non in classi granulometriche ristrette) vale 0,25, mentre vale ca. 0,4 quando si considera una classe granulometrica ristretta, con rapporto ca. 2 tra le due dimensioni estreme.
In questo caso (classe estesa in ambedue i casi considerati) si assume il valore 0,25.

l : coefficiente adimensionale, funzione del grado di liberazione

Nel caso in cui il minerale di cui si vuole determinare il tenore è in gran parte "libero", cioè in grani o particelle costituiti dal solo minerale in esame (amianto), privi o quasi di matrice, il coefficiente vale 0,4÷0,8. Quando invece la dimensione massima del materiale è molto maggiore della dimensione a cui si ha la "liberazione" del minerale di cui si vuole determinare il tenore il coefficiente assume valori da 0,05 a 0,02 (cioè si presume che l'amianto si liberi macinando il materiale a dimensioni intorno a 1 mm o minori).
Per lo smarino della TBM si assume per il calcolo il valore 0,04, mentre per il detrito dei fori da mina il valore 0,6.

c : parametro funzione della composizione mineralogica

Si precisa che questo parametro, come dice il nome, è basato sulla composizione mineralogica e non su tenori in metalli, in elementi chimici, o altro.
Il parametro c è definito dall'equazione (per un grezzo a due costituenti):

$$c = [(1 - a) / a] * [(1 - a) * \delta_1 + a * \delta_2]$$

in cui **a** è il presunto tenore nel minerale considerato (espresso in decimali e non in %), $\boldsymbol{\delta_1}$ e $\boldsymbol{\delta_2}$ sono rispettivamente le masse volumiche del minerale considerato e del secondo costituente.
Nel caso in esame si assume $\delta_1 = \delta_2 = 2{,}7$ g/cm^3 (le masse volumiche di amianto e matrice rocciosa sono simili, salvo l'eventuale presenza di minerali ferriferi tipo la magnetite nella matrice, come a volte succede nelle serpentiniti).
Per il valore di **a** si assume 1000 mg/kg (valore limite che ha importanza per la classificazione dello smarino) da cui a = 0,001 (in valore numerico, che corrisponde a 0,1 %)

Con queste ipotesi il valore di **c** è 2697 g/cm^3 per ambedue i casi in esame (smarino della TBM e detrito dei fori da mina).

3) σ_r

σ_r è la deviazione standard relativa dell'errore fondamentale di campionatura. Poiché normalmente si considera come più che accettabile un intervallo di fiducia al livello di probabilità del 95 % (che normalmente viene considerato un livello di sicurezza), la precisione che si desidera raggiungere nelle determinazioni analitiche è $\pm 2\ \sigma_r$.
Per i calcoli della presente relazione si assume come valore di σ_r il 10% ($2\ \sigma_r = 20\%$). Ciò significa ad es. che un risultato di 500 mg/kg viene ottenuto con il 95% di probabilità nell'intervallo 400 ÷ 600 mg/kg.
Per i calcoli si ha $\sigma_r = 0{,}1$

calcolo della massa di campione rappresentativo

1° caso: smarino della TBM

si ha C = f * g * l * c = 12,14 g/cm^3 , da cui **$M = 12{,}14 * (10)^3 / (0{,}1)^2 = 1.214.000$ g = 1,214 t**

2° caso : detriti dei fori da mina

si ha C = f * g * l * c = 121,36 g/cm^3 , da cui **$M = 121{,}36 * (0{,}25)^3 / (0{,}1)^2 = 190$ g**

Come già scritto in allegato 1, si osserva che i valori ottenuti rappresentano le masse di campione adatte a fornire il risultato richiesto in funzione dell'eterogeneità, delle caratteristiche granulometriche e mineralogiche del materiale, della precisione desiderata (inserita nei calcoli).
Non ha invece alcuna importanza la massa del lotto di partenza, che non influisce sulla massa del campione rappresentativo. La massa del campione rappresentativo è legata unicamente alle proprietà granulometriche e composizionali del materiale in esame.

2° parte : descrizione delle procedure di campionamento

1. Campionamento nel caso dello scavo effettuato con TBM

Come scritto in relazione, il campionamento dello smarino va effettuato nel punto di scarico del nastro della TBM, mediante un campionatore trasversale, cioè un attrezzo di campionatura che attraversa il flusso di materiale in caduta.
I tipi di attrezzo disponibili nella produzione di ditte specializzate sono:

- ✓ cassetto: recipiente che raccoglie il campione durante il passaggio e si svuota nell'apposita tramoggia di raccolta del campione al termine di ogni corsa oppure dopo le corse di va e vieni, mediante dispositivi automatici (rovesciamento, fondo apribile)
- ✓ cucchiaia: recipiente aperto che raccoglie il campione mentre attraversa il flusso e lo trasferisce mediante un scivolo nell'apposita tramoggia di raccolta.

Uno schema operativo di un campionatore del tipo a cucchiaia si ha in Fig. 1
La cucchiaia mobile scorre su rotaie e viene mossa da un motore con trasmissione a catena, Il movimento è temporizzato (un passaggio ogni xx minuti, da definire). Le posizioni di fermata

dell'attrezzo di prelievo devono essere al di fuori del flusso di materiale da campionare. Nella figura la cucchiaia mobile trasferisce il campione nell'apposita tramoggia già nel corso del prelievo.

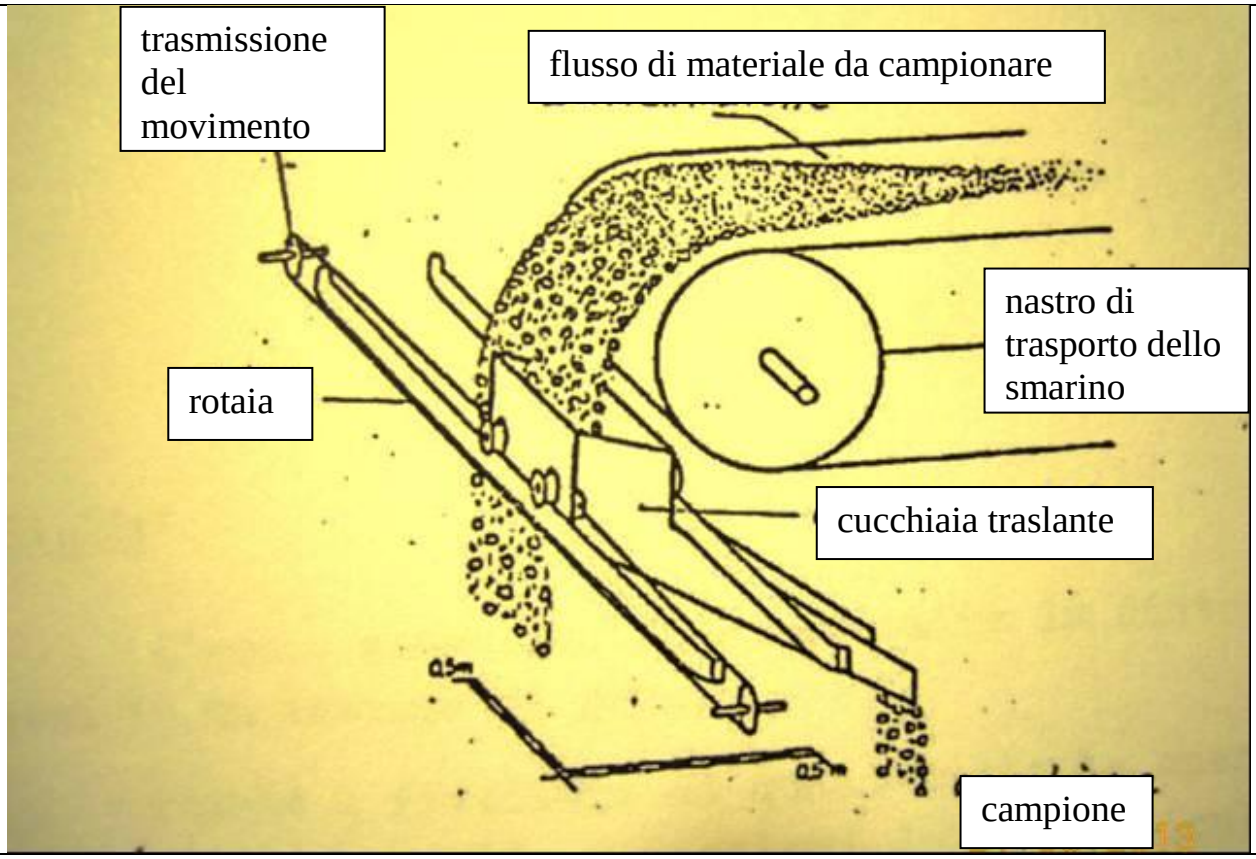


Fig. 1 – schematizzazione operativa di un campionatore a cucchiaia traslante mentre attraversa il flusso di materiale da campionare

Per evitare errori operativi l'attrezzo di prelievo (cassetto o cucchiaia) deve rispettare le regole, indicate in dettaglio da GY ai paragrafi 22.3.5 e 22.3.7 dei volumi citati, di cui qui si riportano le principali:

- ✓ larghezza dell'apertura di prelievo 3 d + 10 mm (in generale), oppure 1,5 d + 100mm (specifica per i campionatori trasversali)
- ✓ velocità di traslazione di 400 mm/s
- ✓ posizioni di riposo dell'organo di prelievo al di fuori del flusso di materiale
- ✓ nel punto di prelievo non si devono avere fini in sospensione e materiale che non si stacca dal nastro nel punto di caduta

Il campionatore effettua più passaggi in successione, a intervalli prestabiliti, nel periodo di tempo stabilito per la campionatura (il turno di lavoro, le 24 ore, o altro a scelta). Tutti questi campioncini singoli vanno a finire nella tramoggia dedicata al campione che, al termine del periodo prestabilito, viene svuotata ed il campione accantonato (va inviato al laboratorio per ulteriori operazioni).
Si ha quindi un'operazione che, dal punto di vista matematico, è un'integrazione per punti. Per ridurre l'influenza di questo possibile errore è necessario che gli intervalli di prelievo (tempo che intercorre tra un passaggio ed il successivo del campionatore trasversale) non siano troppo grandi e che la regola con cui viene stabilita la legge dei tempi sia adeguata (intervalli sistematici costanti, passaggi stabiliti con numeri casuali, ecc.)

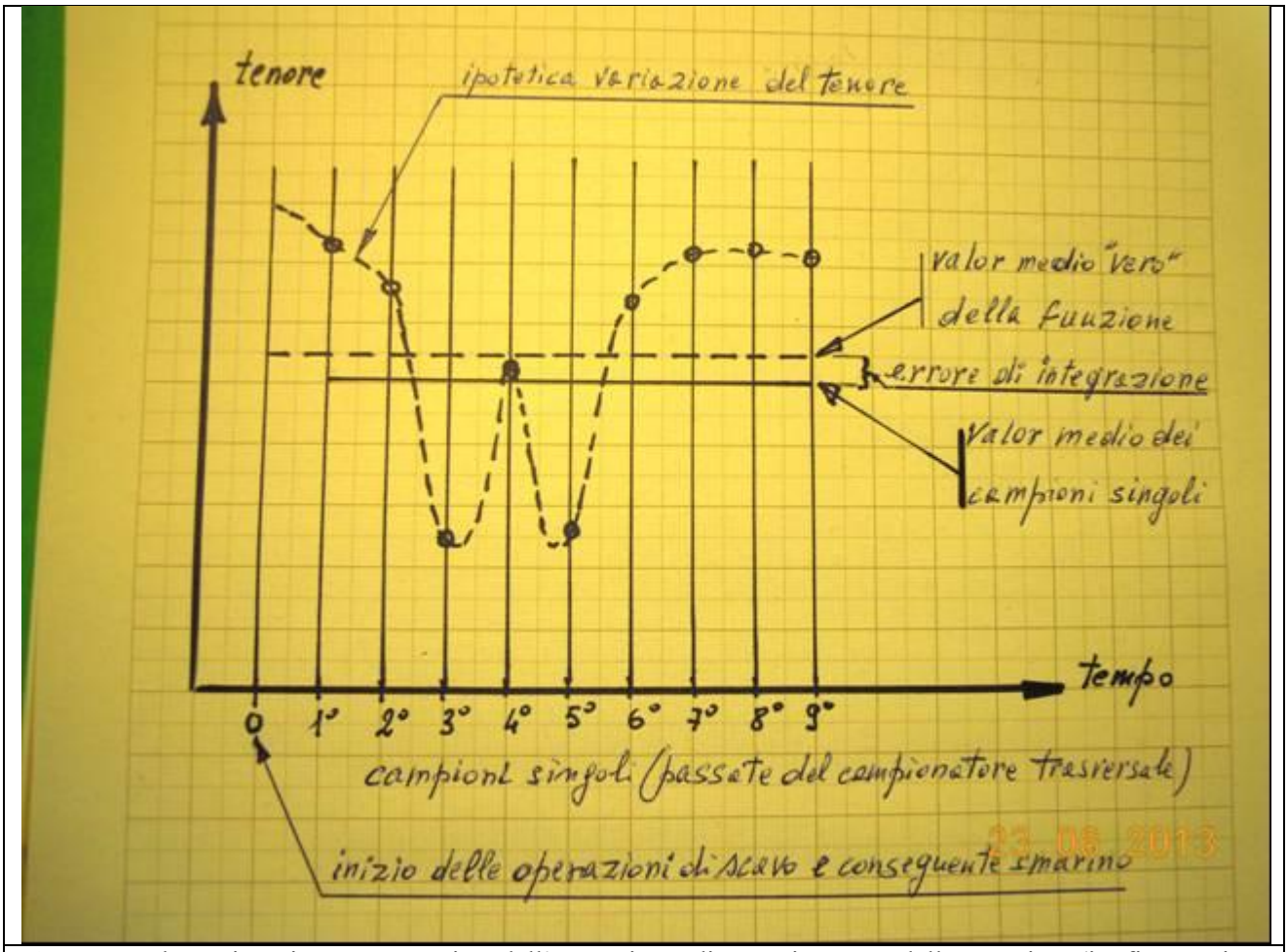


Fig. 2 – schematizzazione matematica dell'operazione di campionatura dello smarino (in figura viene effettuata con 9 campioncini singoli, prelevati da un campionatore trasversale posizionato allo scarico del nastro). Il tenore in amianto del materiale varia nel tempo ma è una funzione non conosciuta. La funzione viene campionata per punti (ogni punto è il campione preso dal campionatore trasversale) ma in realtà il valore del campione singolo non è conosciuto in quanto viene mescolato a tutti gli altri campioni; si viene a conoscere quindi solo il valor medio dei valori dei singoli punti.
La distanza sulle ascisse tra 2 punti successivi (1° - 2°, 2° - 3° ecc.) è l'intervallo di tempo tra due passaggi successivi del campionatore.
La questione è simile a quella del calcolo di un integrale per punti: quale è la differenza tra il valore calcolato per punti ed il valore vero, cioè la vera media della funzione (peraltro impossibile da calcolare in quanto la funzione è sconosciuta) ?

Il campionamento con campionatori trasversali richiede alcuni calcoli specifici, per i quali è necessario conoscere alcuni dati sull'operazione.

Dati TBM (forniti dal Cociv):
- *diametro nominale TBM* *9,80 m*
- *velocità massima di avanzamento TBM* *100 mm/minuto*
- *area di scavo* *~ 80 m²*
- *portata massima oraria* *1250 t/h*

- *pezzatura prevista* *0-150 mm*
  (ai fini della definizione del campionatore, fare attenzione che, saltuariamente, possono provenire della testa blocchi di dimensione nettamente superiori).

Sulla base dei dati sopra esposti si ipotizza un campionatore trasversale di larghezza

1,5 * 150 + 100 mm = 325 mm,
con velocità di traslazione di 400 mm/s.

Si ipotizza inoltre che la TBM lavori mediamente al 50% della velocità massima di avanzamento, cioè con un avanzamento di 3 m/ora ed una produzione di smarino di 80 m^2 * 3 m/ora * 2,7 t/m^3 = 650 t/ora circa.(che corrisponde a 180 kg/s)
Ad ogni passaggio il campionatore preleva la seguente massa di campione:
massa del campione prelevato ad ogni passaggio = 180 * (325 / 400) =146 kg **([2])**

Per il dimensionamento preciso dell'operazione di campionatura è necessario ipotizzare quale massa di smarino si vuole caratterizzare in modo distinto, cioè se si vuole conoscere il tenore in amianto del materiale scavato ogni 3 m di scavo, oppure ogni 6 m, o altro.
Facciamo l'ipotesi di voler conoscere il tenore in modo separato per lotti di smarino piuttosto piccoli, ogni 6 m di scavo.
Il volume scavato è quindi 80 m^2 * 6 m = 480 m^3 → * 2,7 t/m^3 = 1300 t circa. Questa quantità di roccia viene scavata in 2 ore di lavoro effettivo della TBM (cioè esclusi i tempi morti).
La campionatura deve anche rispettare il vincolo di prelevare un campione di massa non inferiore a 1,214 t, come risulta dai calcoli esposti nella prima parte dell'allegato.
Di conseguenza, il numero di passaggi del campionatore trasversale durante l'effettiva operazione di smarino (cioè solo nel periodo in cui il nastro della TBM trasporta il materiale scavato) è:

1214 kg (massa richiesta per il campione) **:** 146 kg (massa di campione prelevato ad ogni passaggio dal campionatore trasversale) = 8.3 → circa 9 passaggi

Poiché la durata globale dell'operazione di smarino, relativa a 6 m effettivi di avanzamento, è di 2 ore, si ricava che il campionatore trasversale deve essere temporizzato con un passaggio ogni 13 minuti.
Ovviamente un cambiamento delle condizioni di funzionamento della TBM (p.es. avanzamento alla velocità massima) influisce su questi calcoli, che vanno considerati come un esempio metodologico. Inoltre va posta attenzione alla possibilità di avere nello smarino grani di dimensioni massime maggiori del valore 150 mm assunto come base di calcolo.

2. Campionamento nel caso dello scavo effettuato con esplosivo

Il vantaggio di scavo realizzato con questo metodo sta nella possibilità di ispezionare direttamente il fronte per individuare la presenza di pietre verdi.
Come detto, in questo caso vengono campionati i detriti di alcuni "fori da mina scelti per la campionatura".
Per effettuare i calcoli di campionatura è necessaria un'indicazione di massima del numero di fori destinati a ciò.
In fig. 3 viene fatta l'ipotesi di suddividere il fronte con una griglia di dimensioni 3 * 2 m^2 , con un foro di campionatura situato al centro di ogni maglia ed evitando di assumere come fori di campionatura i fori di parete (cioè quelli sul perimetro dello scavo), rappresentativi solo di una parte del materiale da scavare.

([2]) Si osservi che 325 / 400 è il tempo di passaggio di una apertura larga 325 mm che si muove alla velocità di traslazione di 400 mm/s sotto ogni filetto del flusso di materiale in caduta dalla puleggia di scarico del nastro.

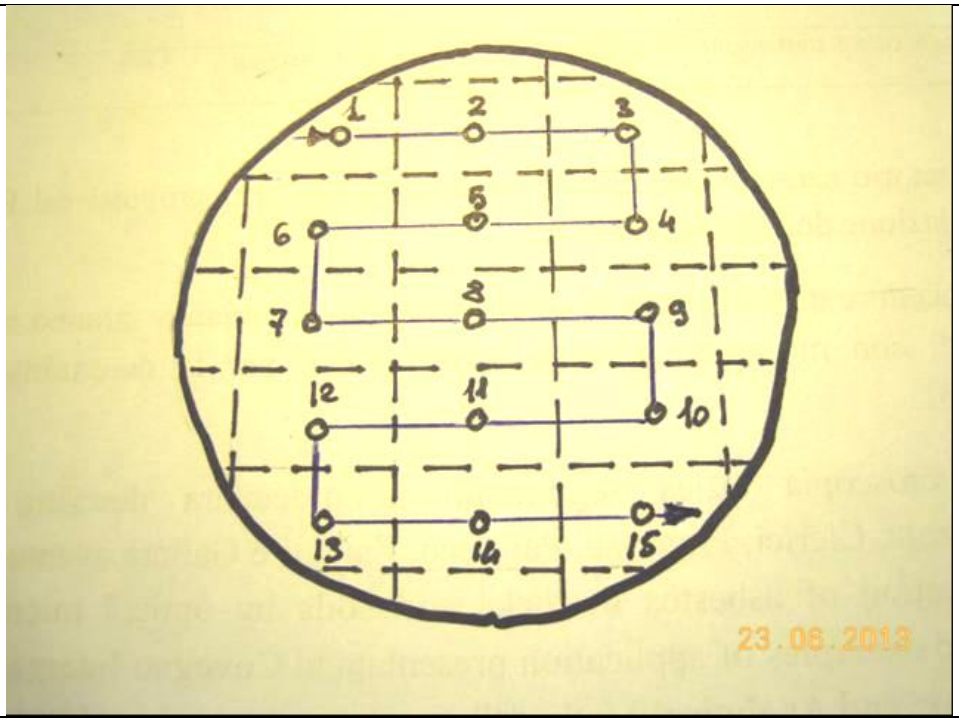


Fig. 3 – schema del fronte di una galleria di 10 m di diametro con indicazione dei fori scelti per la campionatura

Come già scritto nella relazione, in cui viene descritto un esempio ipotetico con 13 fori di campionatura in una galleria di 6 m di diametro, anche in questo caso si può immaginare che il tenore in amianto del fronte vari in modo non conosciuto lungo un ipotetico itinerario che unisce i 15 fori di campionatura, e che si cerchi di conoscere il valor medio di questa funzione facendo la media dei 15 punti (i 15 fori) utilizzati per conoscere la funzione. Si ricade pertanto nuovamente nel modello matematico dell'integrazione per punti. Per non ripetere, si rimanda a quanto scritto nel paragrafo 4.1.1 della relazione.

Dettagli dell'operazione di campionatura

Dai calcoli effettuati nella 1° parte dell'allegato si ha che la massa di campione non deve essere inferiore a 190 g.
Il volume di detriti derivanti dai fori (ipotizzati di lunghezza 100 cm con un diametro di 5,1 cm) è:

$(\pi / 4) * (5.1)^2 * 100 * 2.7 * 15 = 82734 \text{ g} = 82 \text{ kg}$

Si tratta quindi di una massa di campione più che sufficiente per rispettare le condizioni riguardanti l' "errore fondamentale".
I problemi pratici importanti, che possono comportare errori operativi nella campionatura, sono:

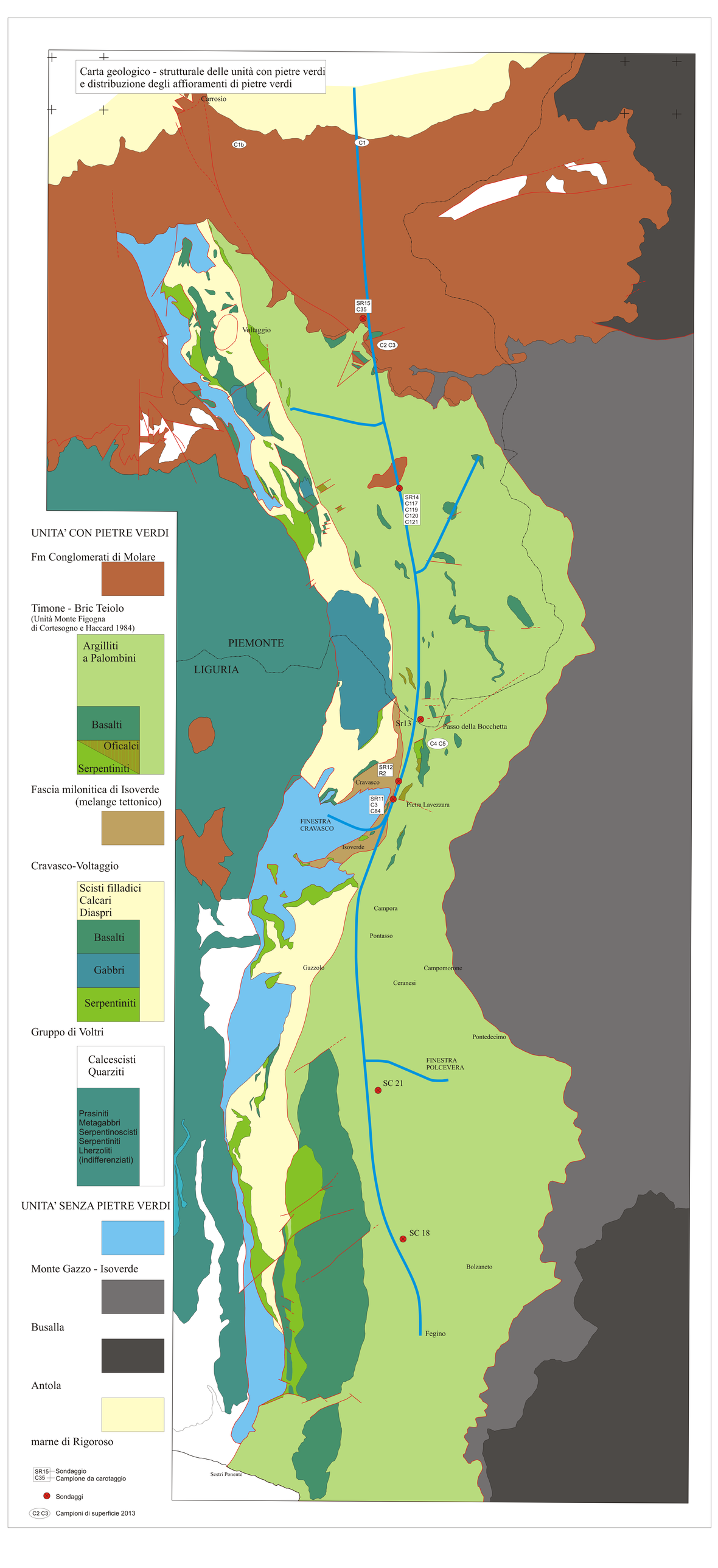
- ✓ necessità di prelevare tutto il detrito che esce da ogni singolo foro, che, come è noto, esce con l'acqua di spurgo; si ipotizza che per ogni foro si abbiano 20÷30 litri di acqua di spurgo; il materiale di ogni foro deve essere raccolto con un tegolo (ben piazzato lungo la parete in modo da evitare perdite) e convogliato in un recipiente di raccolta a base parete.
- ✓ è indispensabile evitare lo sfioro dell'acqua dal recipiente di raccolta, per evitare di alterare il campione con perdite di materiale che possono essere differenziate (si perdono di più i costituenti che presentano maggior tempo di decantazione, come ad es. i ciuffi di amianto sfioccati, oppure le frazioni granulometriche più fini)

Alla fine dell'operazione (dopo la perforazione di tutti i 15 fori) si dovrebbe avere in totale un campione di 80÷90 kg di detrito di perforazione in granulometria abbastanza fine (si è ipotizzato inferiore a 4÷5 mm) assieme a 300÷500 litri di acqua.

Per una gestione pratica del campione primario è necessario il trasporto senza perdite al laboratorio esterno (in recipiente, o in più recipienti, chiuso e sigillato). In alternativa si può anche mettere in funzione in galleria un dispositivo filtrante a pannelli con pompetta a vuoto, in modo da trasferire all’esterno solo la frazione solida.

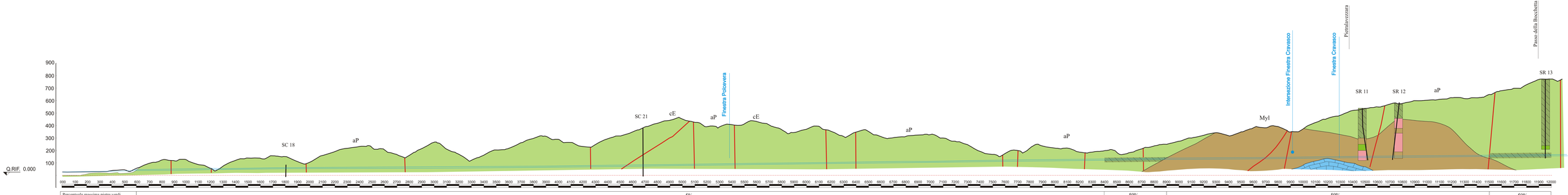
ALLEGATO 2

CARTA DEGLI AFFIORAMENTI


Carta geologico - strutturale delle unità con pietre verdi
e distribuzione degli affioramenti di pietre verdi
Carrosio
C1b
C1
SR15
C35
Voltaggio
C2 C3
SR14
C117
C119
C120
C121
PIEMONTE
LIGURIA
Sr13
Passo della Bocchetta
C4 C5
SR12
R2
Cravasco
SR11
C3
C84
Pietra Lavezzara
FINESTRA
CRAVASCO
Isoverde
Campora
Pontasso
Gazzolo
Campomorone
Ceranesi
Pontedecimo
FINESTRA
POLCEVERA
SC 21
SC 18
Bolzaneto
Fegino
Sestri Ponente
UNITA' CON PIETRE VERDI
Fm Conglomerati di Molare
Timone - Bric Teiolo
(Unità Monte Figogna
di Cortesogno e Haccard 1984)
Argilliti
a Palombini
Basalti
Oficalci
Serpentiniti
Fascia milonitica di Isoverde
(melange tettonico)
Cravasco-Voltaggio
Scisti filladici
Calcari
Diaspri
Basalti
Gabbri
Serpentiniti
Gruppo di Voltri
Calcescisti
Quarziti
Prasiniti
Metagabbri
Serpentinoscisti
Serpentiniti
Lherzoliti
(indifferenziati)
UNITA' SENZA PIETRE VERDI
Monte Gazzo - Isoverde
Busalla
Antola
marne di Rigoroso
SR15
C35
Sondaggio
Campione da carotaggio
Sondaggi
C2 C3
Campioni di superficie 2013

ALLEGATO 3

SEZIONI GEOLOGICHE



aP cE — Unità Timone - Bric Teiolo (Unità Monte Figogna di Cortesogno e Haccard 1984)
Argille a palombini (aP) e Calcari di Erselli (cE) indifferenziati

Zona di contatto tra l'Unità Timone - Bric Teiolo e la Fascia milonitica di Isoverde

Basalti

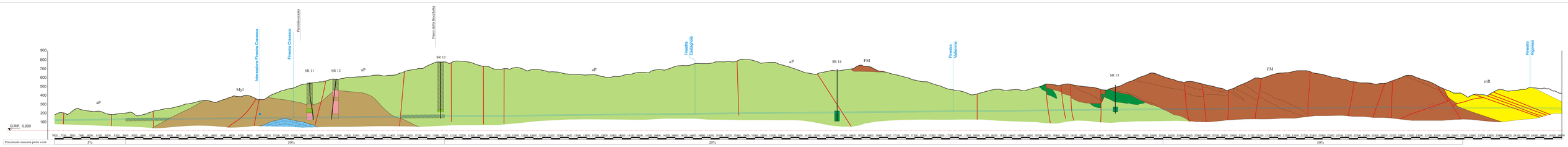
Serpentiniti

Myl — Fascia milonitica di Isoverde - melange tettonico

Anidriti

Serpentiniti

UG-I — Unità Monte Gazzo - Isoverde



aP — Unità Timone - Bric Teiolo (Unità Monte Figogna di Cortesogno e Haccard 1984)

Zona di contatto tra l'Unità Timone - Bric Teiolo e la Fascia milonitica

Basalti

Serpentiniti

MyI — Fascia milonitica - melange tettonico

Anidriti

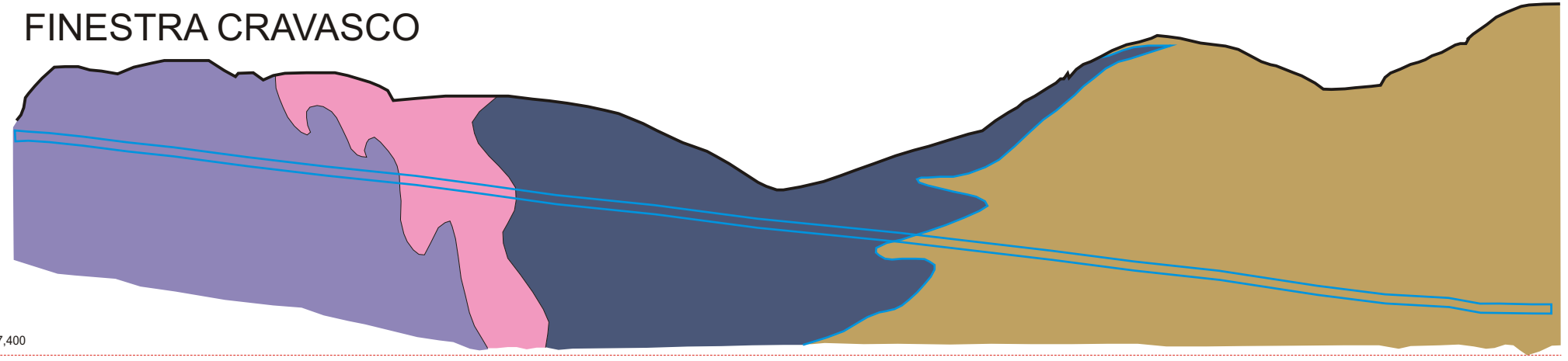
Serpentiniti

UG-I — Unità Monte Gazzo - Isoverde

FM — Formazione di Molare

mR — marne di Rigoroso

FINESTRA CRAVASCO



Percentuale massima pietre verdi	0 %	30 %

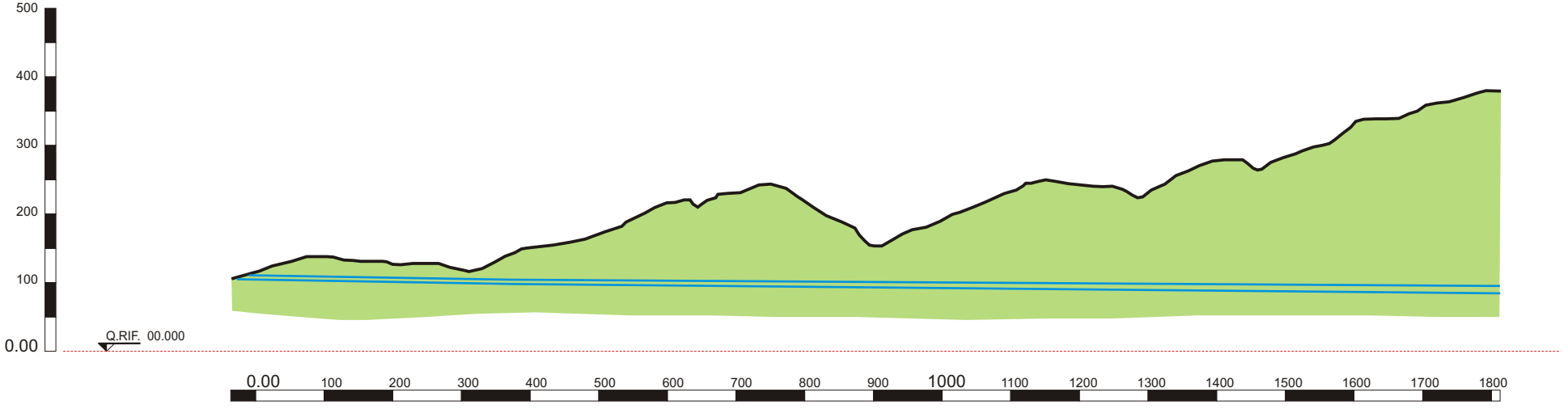
Unità Monte Gazzo-Isoverde

- Argilloscisti neri
- Calcari di Gallaneto
- Dolomie del Monte Gazzo

Fascia milonitica di Isoverde - melange tettonico

- Contatto tettonico

FINESTRA POLCEVERA



Percentuale massima pietre verdi	5 %

Unità Timone - Bric Teiolo

Argilliti a palombini

ALLEGATO 4

PUBBLICAZIONE AJES 2009

American Journal of Environmental Sciences 5 (4): 500-506, 2009
ISSN 1553-345X
© 2009 Science Publications

Rocks with Asbestos: Risk Evaluation by Means of an Abrasion Test

Bellopede Rossana, Clerici Carlo, Marini Paola and Zanetti Giovanna
Department of Land, Environment and Geo-Engineering, Politecnico Di Torino,
Corso Duca Degli Abruzzi 24, 10129 Torino, Italy

Abstract: Naturally occurring asbestos and asbestiform minerals can be found in metamorphic rocks and in the soil of the alluvial plains. **Problem statement:** The definition of the "free-asbestos rock" and the limit to consider a rock or a soil safe is still a controversial issue. American and European laws did not present any method to define the hazard of the green stones, instead Italian law, in Ministerial Decree1996, established a limit value obtaoined by the determination of the Release Index. In order to detect an asbestos concentration in the rocks, a reliable analytic methodology has been necessary. **Approach:** An abrasion trial, using the mechanism action of a rotary cylinder, and a Phase Contrast Optical Microscopy (PCOM) method to analyze the powder obtained from the mill, had been used. To simplify PCOM analysis, the sample, recovered from the mill, was selected in particle size classes: large, medium and small. Each class was separated by means of sedimentation in fibrous and granular fractions. **Results:** The separation of asbestos in large and medium classes was quite good and the fibers had been weighed. For the small class the transformation of visible data into numerical data was complex, but the results had been reliable. **Conclusion/Recommendations:** The suggested method, although semi-quantitative, could be useful to solve the difficult problem of the analysis of the asbestos content in the rocks or soils. The division into granular classes allowed a more representative sample to be analyzed and better quality slides to be prepared. From the results obtained, the analysis of the small classes by means of PCOM was a critical point: The use of the SEM method can improve it.

Key words: Asbestiform minerals, hazard, release index, PCOM

INTRODUCTION

In mineralogy, the term "asbestiform" is used to describe the specific crystal habit in polyfilamentous fibers organized in bundles, while the term "Asbestos" indicates a group of six minerals (Chrysotile, Tremolite, Actinolite, Antophyllite, Crocidolite and Amosite Table 1) which have the same fibrous crystalline habit and the similar properties like flexibility, high tensile strength, long shape, high mechanical thermal stability, low thermal and electrical conductivity, high absorbency and resistance to acid and bases. Due to these characteristics the asbestos minerals, already used since Romans for their resistance to fire, became from the 19th century very important as industrial minerals[1].

The asbestos bearing lithogies are metamorphosed mafic and ultra mafic rocks and more rarely metamorphosed carbonate rocks, in Fe-cherts and ironstones[2,3]. The asbestos of amphibole is less common than chrysotile, they can be present in the same rocks as serpentine asbestos and all these fibrous minerals may occur in slip-fiber and cross-fiber veins and as mass fiber deposits.

Table1: The six industrial asbestos minerals

Regulatory name	Non fibrous mineral variety	Mineral group	Formula
Chrysotile	Antigorite and lizardite	Serpentine	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$
Crocidolite	Riebekite	Amphibole	$Na_2(Fe^{2+}{}_3,Fe^{3+}{}_2)Si_8O_{22}(OH)_2$
Tremolite	Tremolite	Amphibole	$Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$
Actinolite	Actinolite	Amphibole	$Ca_2(Mg,Fe^{2+})_5Si_8O_{22}(OH,F)_2$
Antophyllite	Antophyllite	Amphibole	$(Mg,Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$
Amosite	Cummingtonite-Grunerite	Amphibole	$Mg_2\ Fe^{2+}{}_5Si_8O_{22}(OH)_2$

Many other minerals, such as attapulgite, balangeroite, carlosturanite, erionite, brucite, fluoroedenite, palygorskite, sepiolite, wollanstonite and others can show the asbestiform habit in specifc crystallization conditions, but we can find information on their risk hazard only when, as in the case of Fluoroedenite of Biancavilla (Fig. 1 and 2), an effective link between the presence of the mineral and the increase of mortality has been found[4].

Naturally occurring asbestos and asbestiform minerals can be found also in the soil of the alluvial plain that can be moved and transported far from the place of origin.

Corresponding Author: Paola Marini, Department of Land, Environment and Geo-Engineering, Politecnico di Torino, Corso Duca Degli Abruzzi 24, 10129 Torino, Italy Tel: 011-0907625 Fax: 011-0907699

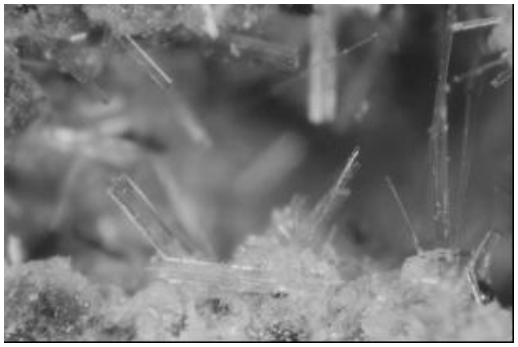


Fig. 1: Fluoroedenite in a rock micro-cavity[5]. Short side of photograph is 1.1 mm

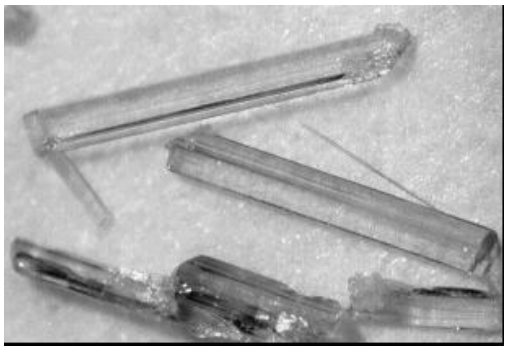


Fig. 2: Fluoroedenite fibers[5]. Short side of photograph is 1.1 mm

There are divergences among the researchers in the definition of fibers: Should only be considered fibers or the acyclic or the squat prism from cleavage? What do the words "free-asbestos rocks" mean? The answer could be: "free-asbestos rock" is a natural material where asbestos is not detectable by means of a definite analytic methodology. Which is the limit to consider a rock or a soil safe: <1% or <1 mg ton^{-1}?

In order to detect an asbestos concentration in the rocks, a reliable analytic methodology is necessary, above all for very low concentrations. In this kind of analysis, sampling plays a fundamental role, both *in situ*, because of the distribution of asbestos in the rocks, which is often very heterogeneous and changeable and in laboratory, because of the very different spatial distribution of fibers in the sample, even reduced in small size after milling.

Finally, it should be taken into account another specificity of the naturally occurring asbestos: The rocks or soils with asbestos can be subject to different processes such as construction of roads, foundations, earth moving and so on, but actually laws or regulations are still deficient[5,6].

International and European laws and regulations on naturally occurring asbestos: Regulations on asbestos in the USA initially resulted from concern over the health and safety of workers subject to occupational exposure to asbestos. The NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), encompassed minerals according to the crystalline structure and elemental composition of the asbestos varieties (crocidolite, crysotile, amosite, anthophyllite asbestos, tremolite asbestos and actinolite asbestos). It also includes the non asbestiform varieties of the asbestos minerals (antigorite and lizardite serpentine minerals and the amphibole minerals of the cummingtonite-grunerite mineral series, the tremolite-ferroactinolite mineral series and the glaucophane-riebeckite mineral series).

In California, regulations have been implemented to protect the public from exposure to naturally occurring asbestos. The California Air Resources Board (CARB) has identified the following minerals as asbestos (in the asbestiform habit): Chrysotile, crocidolite, amosite, fibrous tremolite, fibrous actinolite and fibrous anthophyllite as a toxic air contaminant[7]. In doing so, CARB identified all asbestos fibers, irrespective of their length, with an aspect ratio greater than or equal to 3:1, equally hazardous to public health. Since 1990, CARB adopted an asbestos Airborne Toxic Control Measure (ATCM). Actually ATCM restricted the use of serpentine and ultramafic rock aggregates for surfacing applications, to materials containing less than 0,25% asbestos determined according to CARB Method 435. In July 2001, the CARB adopted an additional asbestos ATCM for construction, grading, quarrying and surface mining operations[7].

In the International environment, with reference to airborne free asbestos fibers, the following limit values have been required:

100 fibers/l (by means of Phase Contrast Optical Microscopy): Threshold Limit Value (TLV) for exposition to asbestos in the work environment established by ACGIH[8].

1 fiber/l (by means of SEM) for non professional exposition to asbestos: Indicated by WHO[9]. These ranges were proposed with a view to providing adequate health protection, but their validity is difficult to judge.

In European environment, there are no accurate directives on naturally occurring asbestos, while the regulation on the prohibition of employment and production of articles with asbestos are even more restricted. The most recent regulation is Commission Directive 1999/77/EC of 26 July 1999 relating to

restrictions on the marketing and use of dangerous substances and preparations (asbestos).

The Commission Directive 2003/18/EC sets the limit of 100 fibers/l as the indication of ACGIH and confirms the six fibrous asbestos of the NIOSH. The European Directives don't consider the risk connected to activities such as quarrying, manipulation or construction with rocks containing asbestos; in other words it is possible to use the rock with asbestos in Europe, within safety conditions[10].

In Italy, Law 257/92 deals with the cessation of asbestos employment. It concerns materials with asbestos and in art. 12 classifies waste with asbestos as being special, toxic and noxious according to properties that reveal their hazard risk such as friability and density; these two parameters are used to defined the release index for the waste. In M.D. 14/05/96 the hazard risk of "green stones" is evaluated through the Release Index (ratio of concentration of liberated asbestos after abrasion tests and relative density).

In Italy the first law, that governs the protection of workers L. 277/91, lists the asbestos minerals (crysotile, crocidolite, amosite, tremolite actinolite, anthophyllite). This classification has not been modified by the subsequent laws.

As far as the problem to the naturally occurring asbestos, in Italy the mapping of asbestos occurring areas, foreseen by M.D. 18/03/2003 n. 101 is in progress[11].

From the Sanitary point of view the riskiness of asbestos is linked to the fiber shape: breathable fibers have diameters <3 µm, length > 5 µm and l/d >3.

The abrasion test on rocks with asbestos: The abrasion test methodology is performed according the Italian Ministerial Decree 14.05.96. This test is, broadly speaking, an autogenous-milling.

In particular, the Italian decree suggests for stone fragments a size of 5-50 mm and weight of 0,5 kg; the apparatus is a steel rotary cylinder with a diameter of 300 mm, an axial length of 400 mm and a rotation speed of 50 rpm; the self-milling duration is of 4 h.

An important factor in the self-milling test is the "critical speed", that is, the lowest rotary speed where a grain inside the cylinder sticks to internal wall (this is verified when the centrifugal force is equal to its weight).

The rotary speed in the abrasion tests is lower than the "critical speed". From the point of view of mechanical action strength, there are two kinds of movements: cascading rotation for rotary speeds lower than 40% critical speed (Fig. 3a); cataracting rotation for rotary speeds of between 50% and 90% critical speed (Fig. 3b).

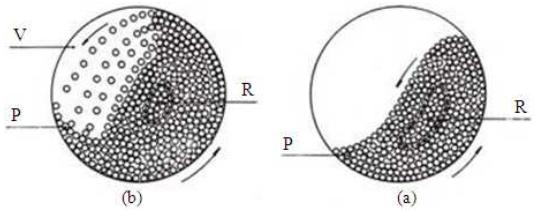


Fig. 3: Cascading (a) and cataracting (b) movement in a rotary cylinder partially filled with grains

As far as the cascading movement is concerned, the rock fragments roll one on top of another, without falling; the mechanical action is essentially an abrasion of the surface of the rock fragments.

As far as the cataracting movement is concerned, the rock fragments rise higher inside the cylinder and fall away from the interior walls in a parabolic way; therefore there is an impact of the falling together with abrasion of the surfaces (due to the rotation); the mechanical action become stronger and stronger and the pulverizing is very effective; the comminution is most effective for rotary speed of between 75 and 85% of critical speed.

Considering that the rotary speed of 50 rpm, required by Italian M.D., is equal to 59-64% of the critical rotary speed, that is a cataracting rotation but does not correspond to the maximum of the mechanical strength.

The asbestos Release Index (RI) is a ratio between the percentage of liberated asbestos from the mill and its relative density % and, according to Italian M.D. 14/05/96 it should be minor less 0.1 to define a material as "not hazardous".

Analytical methods to determine the amount of asbestos: The analytical methods used to study massive samples are: X-ray diffraction, infra-red adsorption spectroscopy, PCOM and SEM (TEM is less frequently used in Italy).

These methods offer different performances. The most important differences concern the influence of the matrix on the analytical answer, the mass of the analytical sample, the detection limit (that is, the lowest concentration measurable) and the precision of the quantitative analysis.

X-ray diffraction and infra-red adsorption spectroscopy can't distinguish between fibrous and non-fibrous forms of the same sample (for example between antigorite and chrysotile). In the analysis of handmade materials this mistake has little influence on the result, since the used asbestos is purified from the granular rocky fraction. Instead in rock analysis, where

non-fibrous forms are surely present, the mistake can be of great importance.

X-ray diffraction studies samples of around 500-1000 mg, while infra-red adsorption spectroscopy examines samples of around 2-3 mg. In the microscopic methods the mass of the sample on the slide or stub is about a fraction of mg or at most a few mg. However the method based on PCOM used in the laboratory of Politecnico di Torino (DITAG) involves the division of the starting sample (with mass of around 50-100 g) into particle size classes by wet sieving, then each class is observed under the microscope. In this way, the amount of analyzed sample, divided into granular fractions, is more representative.

The detection limit for X-ray diffraction and infra-red adsorption spectroscopy is about 0.5%. This means that the signal is not discernible for small amounts from that of the matrix without asbestos. Microscopic methods, instead, can sense even a very few contents. For example, the finding of some fibers of 1 μm of diameter and with a whole mass of some pico-grams on a slide of 0.5 mg (normal value for optical microscope slide) means an amount of asbestos of about 0.01%.

Microscopic methods are sure and reliable for the qualitative analysis (recognizing the nature of a singular particle: asbestos or non asbestos), but they have objective difficulties in transforming visible data into numerical data. Therefore, microscopic methods should be considered semi-quantitative analyze. X-ray diffraction and infra-red adsorption spectroscopy does not suffer from this problem because they are based on the comparison of sample signals with the standard reference.

The influence of the matrix is the most important reason for mistakes in asbestos rock analysis. Therefore, microscopic methods are more suitable. In order to compare the performances of optical and electrical microscopy, DITAG is at present carrying out an experimentation with two ARPA laboratories (Milano and Reggio Emilia). The results of the experimentation in optical microscopy conducted at the DITAG laboratory are shown hereafter.

MATERIALS AND METHODS

The experiments were carried out using: cellulose nitrate membrane 0.8 μm pore size, 47 mm diameter, filter for quantitative analysis and Acetone-triacetin.

The main instruments used were a microscope with positive phase contrast , 5X, 10X, 40X objective, a diaphanizator and a mill characterized by dimensions defined according to Italian M.D. 14/05/96.

The procedure begins with the milling of the breccia material in tests conducted according to aforementioned Italian M.D. 14/05/96.

The material has to be extracted from the mill and accurately washed using water at room temperature. The mill is also washed accurately to recover the remaining material that has to be measured. The breccia material is then dried and put away.

The powder material is divided by sieves of different dimensions in order to select the powder according to different particle size classes: Large (0.6 or 0.3 mm), medium (0.075 or 0.050 mm) and small (less than 0.075 or 0.050 mm). This selection was conceived to facilitate the optical microscope examination and it is carried out by washing the powder on each sieve with water. The dimension of the sieve is selected according to the particle size of the powder recovered from the mill.

Each class is separated in two fractions: Granular and fibrous fraction with a sedimentation method, in order to simplify the analysis.

The specimen, recovered from the sieve, is put in a Becker with 200 mL of water and it is shaken using a mechanical shaker (Fig. 4).

This opens the chrysotile fibers, if present and they start floating (Fig. 5).

Fig. 4: Mechanical shaker

Fig. 5: Becker with floating asbestos

Consequently, the fibers can be recovered through filtering which is carried out using a vacuum pump equipped with a nitrate of cellulose membrane. The choice of this kind of membrane is advantageous and even mandatory, due to the fact that it does not deliver organic fibers and it may be diaphanized. The fiber suspension procedure has to be repeated until no more fibers can be seen by the analyst.

The two fractions obtained for each class are analyzed with the PCOM in order to evaluate the success of the separation. The slides are prepared with liquid of different refractive indexes in order to recognize the asbestos fibers: 1.550 for chrysotile, 1.565 for antigorite, 1.610 for tremolite.

The powder recovered from the sieve is filtered using a quantitative analysis filter and is then dried. The powder is recovered and disaggregated using a porcelain mortar. A quote of 0.1 mg is suspended in 10 mL water and put in a ultrasonic bath for 15 min. Then, the solution is filtered using a 47 mm cellulose nitrate filter in order to obtain a regular dispersion. The filter is subsequently diaphanized and tested in PCOM.

The asbestos quantity of the large class may be calculated from the direct weight of the fibrous fraction, while that of the intermediate class is obtained by weighing the fibrous fraction and correcting the value after the optical evaluation of the pollution of pebbles.

The asbestos quantity of the small class is calculated observing the cellulose-nitrate membrane with a PCOM. Each fiber observed is measured in order to calculate the volume. The density of the asbestos allows us to know the weight of the fiber on the membrane, this value being related to the entire powdered area of the membrane and therefore to the amount (0.1 mg) of powder deposited on it.

The per cent content of asbestos is obtained as the weighed mean of the different particle size classes. The results have to be considered semi-quantitative, since it is difficult to transform the number of fibers into a weight value.

RESULTS

The large class is generally well selected: The granular fraction (Fig. 6) does not show any fibers, while the fibrous fraction (Fig. 7) can present some powder and, in some case, also some pebbles.

The intermediate class shows a well selected granular fraction (Fig. 8), while the fibrous fraction (Fig. 9) is polluted by some pebbles. The pollution has been evaluated using an optical microscope.

Fig. 6: Separation of the granular fraction of the large class (stereomacroscope 0.63x). Short side of photograph is 15 mm

Fig. 7: Separation of the fibrous fraction of the large class (stereomacroscope 0.63x). Short side of the photograph is 15 mm

Fig. 8: Medium class, granular fraction, LP optical microscope, 10X (short side of the photograph is 940 µm)

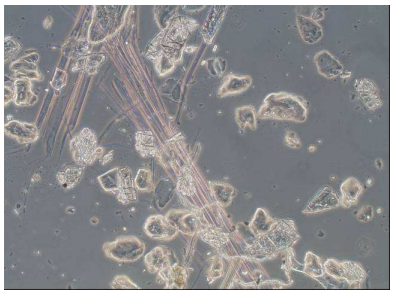


Fig. 9: Medium class, fibrous fraction, PCOM, 10X (short side of the photograph is 940 µm)

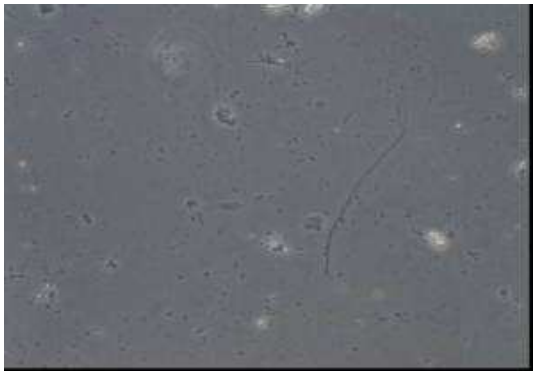


Fig. 10: Small class, PCOM, 40X, general vision of the membrane (short side of the photograph is 235 µm)

The small class has not been separated, therefore the membrane (Fig. 10) shows some fibers and some pebbles.

DISCUSSION

The above-described method is a suggestion to solve the difficult problem of the analysis of the powder obtained from the mill.

This method consists of many steps and is therefore not simple. However, the division into granular classes allows a more representative sample (larger amount of analyzed sample) to be analyzed and better quality slides to be prepared. The asbestos is easily-recognized thanks to chromatic dispersion. Large and medium classes are divided into granular and fibrous fractions, therefore the amount of asbestos is obtained by weighing the materials and, considering the mistakes in the selection, by correcting the value with PCOM.

The critical point is the analysis of the small fraction both for the detection limit of PCOM and for the transformation of visible data into numerical data. In our opinion the obtained results are reliable, even though they could be improved using SEM to analyze the small class.

CONCLUSION

The asbestos problem, which has recently raised a big interest, presents two different aspects: The man-made materials (asbestos products) and the natural occurring asbestos.

For the first case the "zero hazard" can be reached with the removal of the handmade materials, using the right methodologies and the correct disposal of waste materials. It has to be remembered that the hazard is in relation with the density and the friability of the products; the fibers dispersion of a vinyl floor is very different from that of sprayed asbestos.

The rocks containing asbestos can be found in many areas, but the amount of asbestos is normally not so relevant, with the exception of some mines. The approach to study the problem can be the same of the handmade materials.

The soil, that presents on the surface some friable asbestos, can become safety covering with a polyethylene cloth and with other earth and grass. But what is it possible to do for asbestos rock, that contain few amount of fibers? It is not possible to say: "Don't move or touch these materials".

For these reasons it is necessary a specific law. The Index Release of Italian law is a first step in this direction and it has to be evaluated and improved.

REFERENCES

1. Ross, M., A.M. Langer, G.L. Nord, R.P. Nolan and J.R. Lee *et al*., 2008. The mineral nature of asbestos. Regualt. Toxicol. Pharmacol., 52: S26-S30. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18423957
2. California Geological Survey, 2002. Guidelines for geologic investigations of naturally occurring asbestos in California. Special Publication 124. http://www.conservation.ca.gov/cgs/minerals/hazardous_minerals/asbestos/Documents/Asbestos_Guidelines_SP124.pdf
3. Compagnoni, R. and C. Groppo, 2006. The asbestos in the rocks of the Susa Valley (Torino Province, Piemonte, Italy). Rendiconti Soc. Geol. Italiana, 3: 21-28. http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=18417753
4. Belpoggi, F. and M. Soffritti, 2007. La Fluoro-edenite induce mesoteliomi peritoneali e pleurici nei ratti: Prima dimostrazione sperimentale. Convegno Nazionale Anfiboli Fibrosi: Nuove Problematiche Relative al Rischio Ambientale e Sanitario, Apr. 27-28, Rome, Italy, pp: 1-52. http://tetide.geo.uniroma1.it/dst/grafica_nuova/bacheca/Minerali_fibrosi/Presentazioni%20Convegno%20Roma/Pdf%20I%20sessione/Belpoggi.pdf
5. Bologna, L., C. Clerici and M. Wojtowicz, 2008. Rischi da materiali alternativi all'amianto e da fibre asbestiformi da fonti naturali in Italia. G. Ig. Ind., 33: 160-175. http://www.aidii.it/allegati/indice%20tlv%2008.pdf

6. Clerici, C. and M. Wojtowicz, 2006. Importanza attuale della prova di abrasione sulle “Pietre verdi” ai fini della valutazione del rischio derivante dall’amianto in natura. G. Ig. Ind. Suppl., 31: 189-209. http://www.aidii.it/allegati/TLV%20indice%202006.pdf
7. CARB Method 435, 1991. Determination of asbestos content of serpentinite aggregate. State of Air Resources Board, California. http://www.arb.ca.gov/testmeth/vol3/M_435.pdf
8. ACGIH, 2001. Documentation of the threshold limit values and biological exposure indices. http://www.acgih.org/store/ProductDetail.cfm?id=652
9. WHO., 2000. Air quality guidelines for Europe. WHO Regional Office Europe, Ginevra, ISBN: 9289013583, pp: 273.
10. Bonomo, F., 2008. Le cave di serpentino nell’intrico normativo. Quarry Construct. Bologna, 544: 45-51. http://www.edizionipei.it/pdf/SOMM-QC-apr-2008.pdf
11. Coraglia, B., F. Forlati, E. Fusetti, L. Giacomelli and M. Morelli *et al*., 2006. Naturally occurring asbestos. Mapping project: The experience of regione piemonte. Proceeding of the European Conference on Asbestos Risk and Management, Dec. 4-6, Rome, pp: 1-56. http://venus.unive.it/fall/menu/Giacomelli.pdf

ALLEGATO 5

PUBBLICAZIONE AMAM 2005

Inf MED Pubbl
184

CA' FOSCARI UNIVERSITY OF VENICE

In the frame of
project LIFE- FALL ENV/IT/000323

International Conference on

ASBESTOS MONITORING AND ANALYTICAL METHODS

- AMAM 2005 -

Venice, 5-7 December 2005

BOOK OF ABSTRACTS

In association with
ISPESL, Barricalla SpA, Idere Srl, BiElle Microwave Engineering Srl

And the patronage of

CENTRO INTERDIPARTIMENTALE G. SCANSETTI

PROVINCIA DI VENEZIA

REGIONE VENETO

QUANTITATIVE DETERMINATION OF ASBESTOS IN ROCKS AND SOILS BY OPTICAL MICROSCOPY: ANALYTICAL METHODS AND EXAMPLES OF APPLICATION

C. Cazzola[1], C. Clerici[1], S. Francese[1], M. Patrucco[1], G. Zanetti[1], F. Gallarà[2]

[1] Politecnico di Torino – Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie
[2] LTF s.a.s – TORINO

Another paper presented at this congress explains the operational principles and the analytical methods for the quantitative determination of the asbestos content in rocks. This paper represent a further contribution to this topic, as it illustrates a method based on optical microscopy with which semiquantitative results can be obtained.
The quantitative analysis of the asbestos content in rocks and soils is more and more required, even when this content is extremely low. For instance according to an Italian law concerning polluted soils (L. 471/99) it must be established if the asbestos content (free fibres) is higher or lower than 0,1%. In these cases optical microscopy can be useful, even if it has been criticized for being a subjective and impossible to standardize method.
On the other hand, optical microscopy has the following benefits:

- it is not influenced by interference between fibrous and non fibrous asbestos minerals;
- it is possible to distinguish between free fibres and fibres included in a matrix;
- even very low asbestos contents can be detected with a sensitivity which is not attained by other analytical methods.

The difficulties encountered in transforming into content by mass the results obtained by counting the particles, which are inherent in all microscopic methods (including electron microscopy) can be – at least partly – overcome using the analytical method here described .
The following operational principles are assumed as a basis.

1) For a microscopical analysis one must see the particle. Therefore if the asbestos fibres are included in a matrix the sample must be ground to a size at which the liberation of the asbestos fibres from the matrix is attained. That means that the comminution product must be formed either by asbestos particles or matrix particles, without middlings. If the aim of the analysis is to determine "free" fibres, no grinding is performed, otherwise the degree of liberation of the components and therefore also of the asbestos will increase.
2) The comminution product is then classified into close size ranges by means of wet screening. This will make easier the analysis, as each class is formed by particles having similar sizes. Wet sieving is used for the following aims:
    - to obtain a well classified product;
    - to prevent dispersion of fibres in the air.

The number of classes and the limiting sizes of the classes are chosen taking into account the nature of the material and the aim of the analysis.
Each class is examined under the optical microscope, using different methods as a function of the size:

a) for the coarse classes the fibres are sorted using a stereomicroscope and the sorted product is examined using phase contrast microscopy with chromatic dispersion (PCOM) in order to verify if all the sorted fibres are asbestos fibres; the asbestos content by mass of each class can be obtained by weighing the sorted products;
b) for the intermediate classes the fibres are counted using an optical microscope both in polarized light and in phase contrast (the number of asbestos tufts is given as a percentage of the total number of particles). To obtain the asbestos content by mass the volume of the asbestos tufts can be evaluated by comparison with nearby non-asbestos particles. By the use of polarized light optical microscopy (PLOM) it's also possible to determine the particle thickness by inserting the analyzer and observing the birefringence phenomenon, which gives a rough estimate of the particle thickness. In conclusion it is possible to say that an asbestos tuft has the same mass as two non fibrous particles or a particle, or half a particle;
c) for the finest class (e.g. < 400 mesh) the procedure is more difficult because there is no lower limit to the particle size. Also in this case the asbestos fibres are identified in PCOM and counted. The volume of each fibre is determined by using an eyepiece micrometer. To obtain the asbestos content by mass the microscope specimens are previously weighted on an analytical balance.

An as example the analytical results obtained on a sample of a slurry produced by washing aggregates in a crushing plant of serpentine rocks are given in table 1.
The sample has been sieved with 28,48,100,200 and 400 mesh sieves; due to the high content of fine particles also a sieving with a 20 micrometers mesh sieve has been performed.
Figures from 1 to 5 show examples of microscopic fields: figures from 1 to 4 are in PLOM (analyzer inserted) while figure 5 is in PCOM.
The average asbestos content in the sample is given by the weighted mean of the contents in the size classes. The table also shows the asbestos distribution in the different classes. It is therefore possible to find out in which classes most of the asbestos minerals as present. Deeper analysis, if needed, will be carried out only on these classes.

size classes	mass (%)	asbestos content (mg/kg)	asbestos distribution (%)	type of asbestos
> 28 mesh	17.54	0	0	-
28 – 48	1.55	0	0	-
48 – 100	1.82	100	0,4	Chrysotile
100 – 200	2.22	353	1,9	Chrysotile
200 – 400	6.81	1775	29,5	Chrysotile
400 – 20 µm	26.02	508	32,2	chrysotile , tremolite
<20 µm	44.04	334	36,0	Chrysotile

Table 1- Analytical results on a slurry sample.

The figures show how it is easy to detect at a glance fibrous tufts or isolated fibres in PLOM by inserting the analyser; if the same field is afterwards observed in PCOM the nature of the fibres can be determined through the chromatic dispersion phenomenon. Also the shape can be easily detected and this is useful for the evaluation of the particles mass.

Photo 1. 48 - 100 mesh class. A frayed chrysotile tuft (at the centre) and an organic fibre (below). Short side of the photogram 0,94 mm.

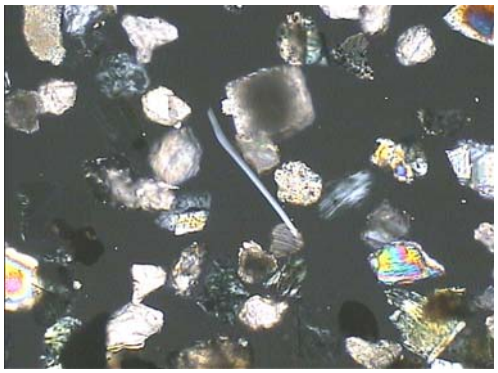


Photo 2. 100 - 200 mesh class. A thin chrysotile tuft at the centre. Short side of the photogram 0,94 mm.

Photo 3. 200 – 400 mesh class. Chrysotile tufts and an organic fibre (at the centre and below). Short side of the photogram 0,94 mm.

Photo 4. 400 mesh – 20 micrometers class. A partly frayed chrysotile tuft. Short side of the photogram 0,47 mm.

Photo 5. < 20 micrometers class. At the centre a chrysotile tuft (blue with an orange halo). Short side of the photogram 0,235 mm.

ALLEGATO 6

METODICA ARPA PIEMONTE

Procedura Tecnica

Metodo di prova

Realizzazione del prodotto

Conteggio fibre d'amianto in microscopia elettronica su campioni liquidi

U.RP.M842

Revisione	Data	Oggetto Revisione
1	12/12/2006	Prima emissione
2	14/07/2008	Modifiche ai paragrafi 4,8

INDICE

1. Scopo ed Obiettivi
2. Campo di applicazione
3. Definizioni, abbreviazioni e sigle
4. Riferimenti a documenti esterni
5. Tecnica di prova/taratura
6. Reagenti e vetrerie
7. Apparecchiature
8. Modalità operative
9. Espressione dei risultati
10. Parole chiave

Approvato da:
Direttore Tecnico
Enrico GARROU
Data: 14/07/2008

Riferimento al documento di ordine superiore — Manuale servizi erogati categoria D

Formato layout codice: U.GQ.S007 rev. 04 - allegato a U.GQ.P001

1. SCOPO ED OBIETTIVI

Il presente metodo di prova consente di valutare la concentrazione di fibre d'amianto disperse in un determinato volume di acqua. Si basa sull'osservazione, l'analisi elementare e il conteggio delle fibre al microscopio elettronico, in seguito a filtrazione su membrana dell'acqua prelevata.

2. CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è utilizzato ogni volta vi sia la necessità di valutare la presenza di fibre d'amianto nell'acqua, in seguito ad una possibile contaminazione derivante, ad esempio, dalla cessione di materiale dalle tubazioni in fibrocemento degli acquedotti, dal trasferimento in acque superficiali di materiale proveniente da affioramenti naturali di pietre verdi, o in quanto acqua di scarico da cantieri di bonifica, ecc...

3. DEFINIZIONI, ABBREVIAZIONI E SIGLE

Campo di lettura: area di osservazione consentita dal monitor utilizzato, misurata a 4000 ingrandimenti.
Area di lettura: porzione del filtro ispezionata costituita dall'unione di tutti campi di lettura
SEM: Microscopio elettronico a scansione
EDXS: Spettrometro a raggi X a dispersione d'energia
I probe: Quantità di corrente che giunge sul campione (pA)
STUB: Supporto in alluminio per campioni
R.C.: Registro campioni

4. RIFERIMENTO A DOCUMENTI ESTERNI

- EPA Method 100.1(1983) e Method 100.2 (1994) (Environmental Protection Agency);
- AWWA Standard Method 2570 (American Water Works Association);
- G. Fornaciai, M. Cherubini, F. Mantelli, "Contaminazione da fibre di amianto nelle acque potabili in Toscana" (1997);
- Guidelines for Drinking-water Quality, 2nd ed. Vol. 2 "Health criteria and other supporting information. Geneva, 1996, "Asbestos in Drinking-water";
- ISO 14966:2002/Cor 1:2007: Ambient air – Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles – Scanning electron microscopy method.

5. TECNICA DI PROVA/TARATURA

Microanalisi a raggi X su campione di Cobalto.

6. REAGENTI E VETRERIE

- Beuta da vuoto
- Normale attrezzatura da laboratorio

7. APPARECCHIATURE

- Microscopio elettronico a scansione (SEM) dotato di rivelatore per raggi X a dispersione d'energia (EDXS)
- Metallizzatore (Sputter coater)

8. MODALITA' OPERATIVE

PREPARAZIONE DEL CAMPIONE

Il campione di acqua da analizzare deve essere conservato in frigorifero, onde evitare la crescita di microrganismi, muffe ecc.. che, in fase di filtrazione, depositandosi sulla membrana, costituirebbero disturbo all'immagine, interferendo con la ricerca delle fibre.

Il campione, suddiviso in aliquote, viene filtrato su membrane, in esteri misti di cellulosa o in policarbonato, da 45 mm di diametro, con porosità variabile minore o uguale 0,80 μm.

Nel caso di acqua potabile, si dovrebbe poter filtrare su un'unica membrana fino a cinque litri d'acqua, senza incorrere in problemi di ricoprimento dovuti al materiale estraneo presente. E' opportuno, comunque, prevedere la filtrazione di almeno due aliquote di volume diverso, non conoscendo la natura e la quantità del materiale che può interferire.

Negli altri casi si procede alla filtrazione di più aliquote. I volumi di prova saranno stabiliti in base alla provenienza del campione (acque superficiali, acque di scarico…).

Nel caso di campioni di acqua provenienti dal bacino idrografico compreso nell'area dell'ex miniera di amianto di Balangero, è necessario prevedere per ogni campione la filtrazione di alcune aliquote, per esempio da 50, 100 e 200 ml.

La scelta della membrana da sottoporre ad analisi deve essere compiuta, in seguito all'osservazione in S.E.M., valutando il miglior rapporto volume filtrato / materiale interferente depositato. Dal volume d'acqua filtrato dipende, infatti, la sensibilità del metodo, ovvero quanto influisce sulla concentrazione il conteggio o meno di una fibra. Pertanto, maggiore è il volume al quale ci si riferisce, minore è l'incertezza sul dato finale.

Per ridurre l'incertezza sul dato è opportuno fare riferimento a volumi filtrati non inferiori a 100 ml. Nel caso in cui il materiale interferente depositato sulla membrana impedisca l'analisi corrispondente a tale aliquota, si provvederà a filtrare 100 ml dello stesso campione su due membrane differenti, considerando la somma dei relativi parametri nel calcolo della concentrazione, come previsto dal DM 06/09/94 per campioni di materiale aerodisperso prelevati in ambienti polverosi.

Per essere certi del valore corrispondente al volume che si intende filtrare, è necessario porre il contenitore su una bilancia (es. mod. Sartorius BP 6100 con campo di misura da 0,5-2000 g) e segnare il valore corretto in litri, considerando pari a 1 la densità dell'acqua.

Dovendo utilizzare lo stesso contenitore per aliquote diverse e per essere certi del totale trasferimento della quantità d'acqua pesata sul filtro, è opportuno effettuare un lavaggio del recipiente con acqua deionizzata. Versare quindi l'acqua di lavaggio sul filtro, senza incrementare il volume pesato per quella aliquota.

Una volta effettuate le filtrazioni, le membrane vengono poste in stufa a 105°C per tre ore, per l'eliminazione dell'acqua d'imbibizione.

Successivamente è consigliabile osservare le membrane allo stereomicroscopio, per verificare l'assenza di evidenti disomogeneità nella distribuzione del materiale filtrato o di altre situazioni che rendano inutilizzabile il filtro ai fini dell'analisi. Si sottopone quindi a metallizzazione un quarto di ciascuna membrana, utilizzando supporti in alluminio da 25 mm di diametro.

METALLIZZAZIONE

Inserire il campione nel metallizzatore impostando 50 secondi di ricoprimento, in modo da ottenere uno strato d'oro superficiale adeguato sia per la microanalisi sia per l'osservazione delle fibre. Raggiunto un valore di pressione di 0.05 mbar (corrispondente ad un'intensità di corrente di 40 mA), avviare la metallizzazione. Terminata la procedura, spegnere il metalizzatore e inserire il campione nella camera del microscopio elettronico.

Ripristinare le condizioni di vuoto per l'accensione del filamento. Identificare e segnare sul foglio di lavoro la posizione dello stub sul tavolino portacampioni, su cui sono state in precedenza segnate le diverse posizioni, per poter poi risalire all'immagine corrispondente.

CONDIZIONI STRUMENTALI

Per una corretta realizzazione dell'immagine al microscopio elettronico, in seguito al riscaldamento della sorgente, si procede alla centratura del fascio e alla regolazione di luminosità, contrasto, messa a fuoco e astigmatismo, avendo fissato i seguenti parametri:

Corrente del filamento = saturazione della sorgente

Corrente del fascio = 80 μA

EHT (alta tensione) = 20 KV

Corrente sul campione (I probe) = 80 pA

Distanza di lavoro (WD) = 15 mm

Altezza tavolino porta campioni (Z) =15 mm

I parametri strumentali riportati possono essere modificati a seconda delle esigenze, in relazione al sistema strumento-campione che si prende in considerazione. In particolare, nel corso dell'analisi si renderà necessario ridurre I probe e WD, evitando l'accumulo di carica sul campione, per riuscire ad ottenere microfotografie definite e prive di eccessivi contrasti.

AREA DI LETTURA

Si effettua un'ispezione preliminare dei campioni inseriti al microscopio, per osservare la distribuzione e la quantità del materiale depositato.

Per l'analisi, viene scelto il campione che corrisponde al volume filtrato maggiore, caratterizzato nel contempo da una quantità di matrice che permetta un'agevole ricerca delle fibre d'amianto, come sopra discusso.

L'analisi viene effettuata a 4000 ingrandimenti in quanto l'azione disgregante dell'acqua favorisce la dispersione dei fasci fibrosi e la loro suddivisione in fibre molto sottili, non visibili ad ingrandimenti inferiori. La lettura (o esame) si compie su una porzione del campione scelto (area di lettura) pari ad almeno 1 mm^2, calcolando il numero di campi necessari a coprire tale superficie.

CRITERI DI CONTEGGIO

Si individua un'area centrale della porzione di filtro visibile al minimo degli ingrandimenti. L'area individuata viene suddivisa in un certo numero di campi da osservare per il conteggio delle fibre. È opportuno impostare un valore di sovrapposizione dei campi pari a –50% in modo da essere sicuri di non osservare due volte la stessa porzione di filtro (fields overlap), quando il software lo consente.

- Vengono conteggiate tutte le fibre d'amianto osservate; non si applicano i criteri dimensionali delle fibre respirabili.
- Tutte le fibre che giacciono completamente entro l'area di un campo vengono contate come "una fibra".
- Le fibre di cui si osserva una sola estremità entro l'area di un campo vengono contate come "mezza fibra".
- Le fibre di cui entrambe l'estremità giacciono all'esterno del campo d'osservazione non vengono conteggiate.
- Se più di 1/8 dell'area di conteggio è coperta da particolato, si respinge il campo e si passa al successivo.

- Un fascio di fibre unite fra loro (o groviglio) viene contato come “una fibra”.

IDENTIFICAZIONE DELLE FIBRE

L’analisi elementare si ottiene tramite lo spettrometro a raggi X a dispersione di energia (EDXS). Individuata una fibra, per catalogarne la natura è necessario scegliere ad alti ingrandimenti (intorno a 15000X) una zona della stessa sufficientemente in evidenza.

Nel caso in cui una fibra rappresenti un “caso dubbio” può essere talvolta utile analizzare il materiale che in parte la ricopre, o che la circonda, per ottenere informazioni sulla provenienza.

Nel caso in cui non si ottenga uno spettro sufficientemente chiaro, a causa delle dimensioni della fibra o della posizione sul filtro o per la presenza di oggetti “schermanti” nelle vicinanze, è consigliabile aumentare la quantità di corrente sul campione (I probe), oltre ad aumentare ulteriormente gli ingrandimenti per accertarsi della posizione del fascio. L’immagine subirà un peggioramento temporaneo, ma si otterrà un segnale migliore a proposito della composizione elementare.

Nel caso di campioni provenienti da corsi d’acqua superficiali, è opportuno tener presente che si possono trovare alghe filamentose e mucillagini, che possono generare oggetti fibrosi anche molto sottili (con diametri inferiori a 0,2 μm, come le microfibre di crisotilo).

Per l’identificazione della fibra occorre considerare:

- la morfologia (andamento, estremità, luminosità d’immagine)
- la composizione elementare ottenuta con lo spettro a raggi X (per fibre con diametro di circa 0,1 μm, lo spettro potrebbe non essere sufficientemente chiaro)
- la matrice inglobante la fibra o presente nelle vicinanze

9. ESPRESSIONE DEI RISULTATI

- **Numero di fibre conteggiate:**

Grunerite d’amianto

Crisotilo

Crocidolite

Tremolite d’amianto

Actinolite d’amianto

Antofillite d’amianto

- **Numero medio di fibre d’amianto per mm²:** $\frac{ff}{A_L}$

ff = n° fibre d'amianto conteggiate

A_L= area del filtro analizzata

- Incertezza associata al parametro ff/A_L: viene applicata l'incertezza come descritto nel protocollo di validazione (U.RP.K143).

- **Concentrazione fibre d'amianto in fibre/litro:**

$$\frac{ff}{A_L} \times \frac{A_T}{V} \qquad (2)$$

dove:

ff = n° fibre conteggiate

A_L= area del filtro analizzata

A_T= area del filtro interessata dalla filtrazione

V= volume filtrato in litri

- Incertezza associata alla concentrazione come descritto nel protocollo di validazione (U.RP.K143).

Il risultato da riportare sul rapporto di prova, in termini di ff/l, è da approssimare, trascurando le cifre decimali.

- **Calcolo del limite di rivelabilità:**

Si considera significativo anche un conteggio pari a zero fibre, nell'area esaminata. Tale valore può essere espresso tramite l'intervallo di confidenza al 95%, legato alla distribuzione di Poisson, per cui il valore zero è associato all'intervallo: 0 - 3.7 fibre.

10. PAROLE CHIAVE

Fibre
Acqua
Amianto
Grunerite d'amianto
Crisotilo
Crocidolite
Tremolite d'amianto
Actinolite d'amianto
Antofillite d'amianto
Microscopia elettronica

ALLEGATO 7

METODICA EMILIA ROMAGNA

DETERMINAZIONE QUALITATIVA E QUANTITATIVA DELLE CONCENTRAZIONI DI FIBRE DI AMIANTO IN ACQUE DESTINATE AL COSUMO UMANO,MEDIANTE LA TECNICA DELLA MICROSCOPIA ELETTRONICA A SCANSIONE (SEM)

Indice

1. SCOPO
2. CAMPO DI APPLICAZIONE
3. AVVERTENZE E PRECAUZIONI
4. PRINCIPIO DEL METODO
5. PRODOTTI PER LE PROVE
6. APPARECCHIATURE E ATTREZZATURE
7. CONDIZIONI AMBIENTALI
8. PERSONALE
9. PROCEDIMENTO
10. ESPRESSIONE DEI RISULTATI
    - 10.1 CALCOLO, TRASFERIMENTO DEI DATI E ARCHIVIAZIONE
    - 10.2 VALIDAZIONE DEL METODO
    - 10.3 INCERTEZZA DI MISURA
11. CONTROLLO DI QUALITA' ANALITICO (CQA)
12. RIFERIMENTI
13. ALLEGATI
    N.1 Modulo di lettura
14. TABELLA RIASSUNTIVA DELLE REVISIONI

Rev.	Natura modifica		
1	Precisazioni cap 5 e 9.5		
Redazione		Verifica	Approvazione
RRAR G. Pecchini		RDQ di Sezione C. Guidetti	RLI S. Sbaraglia
			In vigore dal 02/05/2011

1. SCOPO

Il presente metodo di prova consente di valutare la concentrazione di fibre di amianto sospese in acque destinate al consumo umano provenienti da rete acquedottistica urbana in condotte di cemento amianto .

2. CAMPO DI APPLICAZIONE

Il metodo è applicato a campioni di acque destinate al consumo umano provenienti da rete acquedottistica urbana in condotte di cemento amianto per verificare la presenza di amianto derivante dalla cessione della rete stessa.

3. AVVERTENZE E PRECAUZIONI

Il seguente metodo richiede l'impiego di sostanze pericolose e pertanto si devono adottare le precauzioni previste dalle schede di sicurezza depositate nella stanza L.07.
Con il seguente metodo si può venire a contatto con materiale pericoloso e\o cancerogeno e pertanto è necessario operare sotto cappa nell'apertura e preparazione del campione e degli standard ed adoperare i seguenti DPI:

- Respiratore per polveri nocive, tossiche, fumi e nebbie (codice FFP3S EN 149)
- Guanti in lattice per esplorazione deproteinizzati e ipoallergenici.

Nella manipolazione degli standard di amianto operare in momenti separati dalla preparazione e lettura delle membrane.
Nella preparazione dei campioni evitare capovolgimenti o movimenti bruschi tali da turbare la deposizione del materiale sul filtro.
Accertarsi della presenza di azoto liquido nel serbatoio del detector di raggi x del microscopio elettronico all'inizio di ogni giornata.

4. PRINCIPIO DEL METODO

Il metodo si basa sul riconoscimento mediante spettroscopia X a dispersione di energia delle fibre di amianto presenti su di un filtro a membrana di policarbonato di porosità di 0.8 um e relativo conteggio.

5. PRODOTTI PER LE PROVE

- Bacchette di grafite per carbonizzatore.
- Standard di amianto Crisotilo, Crocidolite, Amosite
- Filtri di policarbonato porosita **0.4** µm diametro 47 mm
- Filtri di esteri misti porosità 5/8 µm diametro 47 mm

6. APPARECCHIATURE ED ATTREZZATURE

- Microscopio elettronico a scansione (SEM)
- Spettrometro a raggi X a dispersione di energia
- Carbonizzatore (Carbon coater)
- Portacampioni o stub in alluminio con relativi supporti biadesivi
- Sistema di filtrazione sotto vuoto per acque con area di deposizione utile di diametro 36mm
- Normale attrezzatura da laboratorio

7. CONDIZIONI AMBIENTALI

Non sono richieste specifiche condizioni ambientali per questo tipo di prova.
Periodicamente si verifica la presenza di fibre di amianto aerodisperse nei locali del laboratorio dedicati a tali prove, per verificare eventuali contaminazioni ambientali che possano influenzare il risultato analitico.

8. PERSONALE

Il personale addetto alle prove deve possedere comprovata esperienza all'utilizzo del microscopio elettronico.

9. PROCEDIMENTO

9.1 Preparazione del campione

Il campione conferito viene omogeneizzato con agitazione manuale. Si misura un volume di 2 l di acqua potabile con pallone tarato da 2 l precedentemente campionata dalla rete acquedottistica.
Si consiglia di procedere alla filtrazione del campione entro pochi giorni (previa conservazione in frigorifero fino al momento dell'analisi) in quanto i campioni, pur conservati in frigorifero, tendono a sviluppare una microflora che impedisce una lettura chiara degli oggetti filtrati.
Si prepara l'apparecchio per la filtrazione sotto vuoto, disponendo prima una membrana di esteri misti di cellulosa che funge da supporto alla membrana di policarbonato. Il materiale sospeso deve essere depositato sul lato lucido della membrana di policarbonato.
Per campioni contenenti molto materiale sospeso è bene preparare anche membrane con filtrazioni di volumi minori (1l o 500 ml).
Le membrane derivanti dalla filtrazioni sono poi lasciate asciugare in piastra petri semiaperta a temperatura ambiente per almeno 6 ore, in luogo protetto e non inquinato da polveri ambientali.
La membrana di policarbonato asciutta si applica ad un supporto biadesivo di grafite posto sul portacampione di Alluminio. Si stende poi una porzione del filtro di prelievo,

ritagliata con attenzione, o il filtro intero, evitando la caduta della polvere ivi depositata. Durante la deposizione della porzione di filtro sul supporto adesivo occorre evitare quanto più possibile la formazione di bolle d'aria. Successivamente a questa fase il campione è ricoperto con uno strato di grafite, in un "carbon coater".
Il filtro così grafitato è posto sul portacampione numerato del SEM e la posizione dello stesso viene registrata sul modulo di sequenza dello strumento.

9.2 Condizioni strumentali per la lettura

I parametri che influenzano la visibilità o la microanalisi per l'identificazione delle fibre sono:
Voltaggio di accelerazione (VA): 25 kV (risulta soddisfacente un VA compreso tra 20 e 30 kV).
Distanza di lavoro: adeguato all'angolo di take-off del detector EDX
Diametro del raggio elettronico: un diametro più elevato determina un conteggio di raggi X maggiore e una buona intensità del segnale, una risoluzione dell'immagine scarsa, pertanto occorre scegliere le condizioni di compromesso più soddisfacenti
L'allineamento del raggio, l'astigmatismo, l'apertura, il contrasto e la luminosità dello schermo, devono essere impostate sperimentalmente per assicurare una adeguata visibilità.

9.3 Campi microscopici da esaminare

Secondo la modalità di lettura (collegamento con stampanti, ovvero DISPLAY FILE, PRINTER, VIDEO PRINTER), le dimensioni del campo di osservazione possono essere diverse, pertanto tali dimensioni devono essere riportate nel foglio di lavoro.
Si indaga 1 mm^2 di superficie del filtro ad un ingrandimento pari a 5000x.
Un campo microscopico corrisponde all'area dello schermo del SEM.

9.4 Criteri di conteggio

Vengono contate tutte le fibre di amianto di qualsiasi diametro e lunghezza con rapporto lunghezza/diametro > 3:1.
Tutte le fibre che giacciono completamente entro l'area di conteggio (area del campo a 5000 x) vengono contate come una fibra.
Le fibre che si trovano a ridosso dei bordi dello schermo ed hanno un estremo visibile vengono contate come 1/2 fibra.
I campi di lettura devono essere scelti casualmente in modo da esplorare tutta la superficie del campione, evitando la sovrapposizione dei campi (é consigliabile stabilire un percorso sistematico a forma di "greca" operando sulle manopole degli assi x e y).
Un fascetto (fibra splittata) viene considerato come una fibra.
Le fibre in un agglomerato vengono contate singolarmente qualora possano essere distinte sufficientemente (anche ad alto ingrandimento) purché soddisfino le dimensioni indicate nelle definizioni (in ogni caso si deve indicare il numero di agglomerati trovato).

9.5 Identificazione delle fibre e microanalisi

Gli oggetti di dimensioni previste al punto 9.4 vengono identificati tramite lo spettrometro a raggi X a dispersione di energia (EDXS).Al fine di ottenere una microanalisi ben definita ove necessario si ingrandisce l'oggetto oltre i 5000X ingrandimenti iniziali

Le condizioni strumentali del SEM (distanza di lavoro, angolo di tilt, diametro del raggio elettronico, voltaggio di accelerazione, apertura dei condensatori, ampiezza del canale generalmente compresa tra 10 e 20 eV/canale, tempo di integrazione compreso tra 50-80 secondi) sono aggiustate posizionandosi su una fibra di crisotilo standard di 0.2 μm di diametro, in modo tale da fornire uno spettro sufficientemente chiaro.

10. ESPRESSIONE DEI RISULTATI

10.1 Calcolo, trasferimento dei dati e archiviazione

I risultati sono espressi in fibre /mm^2. Secondo quanto esposto al punto (9.4) le fibre totali che vengono conteggiate e riportate sul foglio di conteggio si riferiscono sempre ad 1 mm^2.

Il risultato in fibre /mm^2 è quindi la somma delle fibre conteggiate.

I risultati ottenuti possono essere utilizzati per esprimere la concentrazione in fibre/litro in base alla richiesta del cliente e dei dati di campionamento forniti.

La concentrazione viene calcolata secondo la seguente formula:

$$C = (n \cdot \pi \cdot d^2) / (4 \cdot N \cdot A \cdot V)$$

dove:

C = fibre/litro;

n = n di fibre conteggiate sul filtro

N =n di campi esaminati su ogni filtro;

d = diametro utile del filtro di prelievo (area di esposizione del filtro) in mm;

A = area di un campo a 5000 x in mm^2;

V = volume di acqua filtrata in litri.

Gli operatori che hanno eseguito la prova riportano i dati sul foglio Conteggio fibre (Allegato N. 1) con allegati, se significativi, spettri e fotografie.

I risultati finali vengono riportati dagli stessi operatori sul foglio di lavoro e quindi consegnati al RRAR che li verifica e li consegna allo Sportello tecnico.

Gli allegati assieme al rapporto di prova vengono archiviati a cura dello Sportello tecnico che assicura la rintracciabilità del dato.

10.2 Validazione del metodo

La validazione del metodo viene effettuata seguendo le indicazioni riportate nella I50454/LM "Validazione,calcolo dell'incertezza e controllo dei metodi analitici per la determinazione quali-quantitativa della fibre di amianto".
I risultati sono riportati sul modulo di validazione previsto Mod 1 I50454/LM

10.3 Incertezza di misura

Variabilità del metodo: se si assume una distribuzione casuale di tipo Poissoniano delle fibre sulla membrana di prelievo, ad es. per un volume campionato di ca. 2 litri e per una superficie del filtro esaminata pari a ca. 1 mm^2, il ritrovamento di 1 fibra corrisponde a ca. 509 F/litro.
Assumendo valida una distribuzione Poissoniana, con il 95% di probabilità, il numero medio di fibre per mm^2 sul filtro sarà compreso tra 0.025 F/mm^2 (limite fiduciario inferiore o LFI) e 5.6 F/mm^2 (limite fiduciario superiore o LFS) e cioè tra 13 e 2848 F/litro (vedi tabelle della distribuzione di Poisson). Per 0 fibre trovate in ca.1 mm^2, le tabelle indicano che il valore superiore della distribuzione Poissoniana è pari a ca.4 fibre/mm^2.(L'esempio prodotto è stato calcolato secondo quanto riportato dal DM 06/09/1994 : allegato 2)

11. CONTROLLO DI QUALITÀ ANALITICO (CQA)

Il controllo di qualità analitico si effettua utilizzando un filtro a numero di fibre noto e letto in modo anonimo dagli operatori. Il risultato è considerato positivo quando le letture effettuate rientrano negli intervalli fiduciari calcolati con la tabella di Poisson per il valore medio della membrana.
Il laboratorio ha partecipato al controllo interlaboratoriale istituito dall'ISS nel 1996 ed è inserito nell'elenco dei laboratori abilitati alle prove sull'amianto del Ministero della Salute.

12. RIFERIMENTI

- DM 06/09/1994 : allegato 2 : "Determinazione quantitativa delle concentrazioni di fibre di amianto aerodisperse in ambienti indoor".
- Circolare Ministero della Sanità n. 7 del 12/04/1995
- DM 7/7/97 "Approvazione della scheda di partecipazione al programma di controllo qualità per l'idoneità dei laboratori di analisi che operano nel settore amianto"
- **Sandra Buzzi,Giorgio Pesando,Gian Maria Zuppi.** (2000) " Hydrogeological Study on the presence of asbestos fibres in water of northern Italy. Wat.Res. Vol 34,No 6,pp 1817-1822 (2000).

13. ALLEGATI

N.1 Modulo conteggio fibre A1-m/C/AM/001/RE

14. TABELLA RIASSUNTIVA DELLE REVISIONI

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Verifica	Approvazione
0	01/04/2011	1° emissione			

Allegato N.1 Modulo di lettura

Arpa EMILIA ROMAGNA			*MODULO CONTEGGIO FIBRE*				**A1-m/C/AM/001/RE**		
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

CAMPIONE_____ **N° Reg.**_____ Data_____ Mag. _____ Area campo _____ ff/campi _____

NOTE_____ Φutile mm: _____ Superf. tot mm _____ VOL: acqua L_____ L._____

_____

_____**OPERATORE**_____

ff-tot. N°_____ **ff/litro** _____

ALLEGATO 8

AMIANTO IN VAL LEMME

(VENEZIA 2005)

Provincia di Alessandria
Dipartimento Ambiente Territorio e Infrastrutture

Evaluation of the asbestos risk in the Alta Val Lemme area.

(Piemonte – provincia di Alessandria)

Lidia Amato, Elisabetta Carraro, Marta Ferrarotti, Carlo Piccini.

Lidia Amato
Resp. Servizio Tecnico in Staff
Provincia di Alessandria
Dipartimento Ambiente-Territorio e Infrastrutture
lidia.amato@provincia.alessandria.it
Tel. 0131-304597 Fax 0131-304708

Venice, 5-7 December 2005

Work group

Dott. Piergiacomo Betta *(A.S.L. Alessandria).*

Prof. Elisabetta Carraro *(Università Amedeo Avogadro del Piemonte Orientale).*

Dott. Roberto Oberti, Dott. Carlo Piccini (*A.R.P.A. S.C. 16 Prevenzione del Rischio Geologico della Provincia di Alessandria).*

D.ssa Lidia Amato, D.ssa Marta Ferrarotti *(Provincia di Alessandria).*

Aims of work

- **To carry out an analytical evaluation about asbestos presence in rock outcrops, from the point of view of:**

  - sanitary prevention

  - analysis of environmental impact in Val Lemme area.

- **To inform resident population: it's necessary to have deep knowledge about this problem to contrast subjective perception.**

- **Draw up guidelines containing prevention and security measures to apply in presence of construction sites.**

Project Phases

Step 1: bibliographic data collection (related to geological, structural, tessitural, lithological and meteorological characteristics of the surveying area).

Step 2: geological survey.

Step 3: meteoclimatic study (related with possibility of fiber dispersion).

Step 4: samples collection (soil, water, air), chosen on the outcomes of meteoclimatic study and geological survey.

Step 5: samples analysis and evaluation of analitycal data.

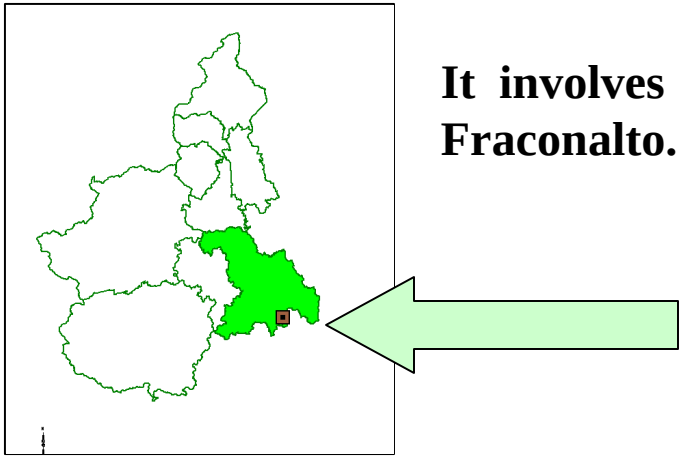
Step 6: estimation of geological risk.

Step 7: risk assessment (epidemiological study).

Step 1: bibliographic data collection

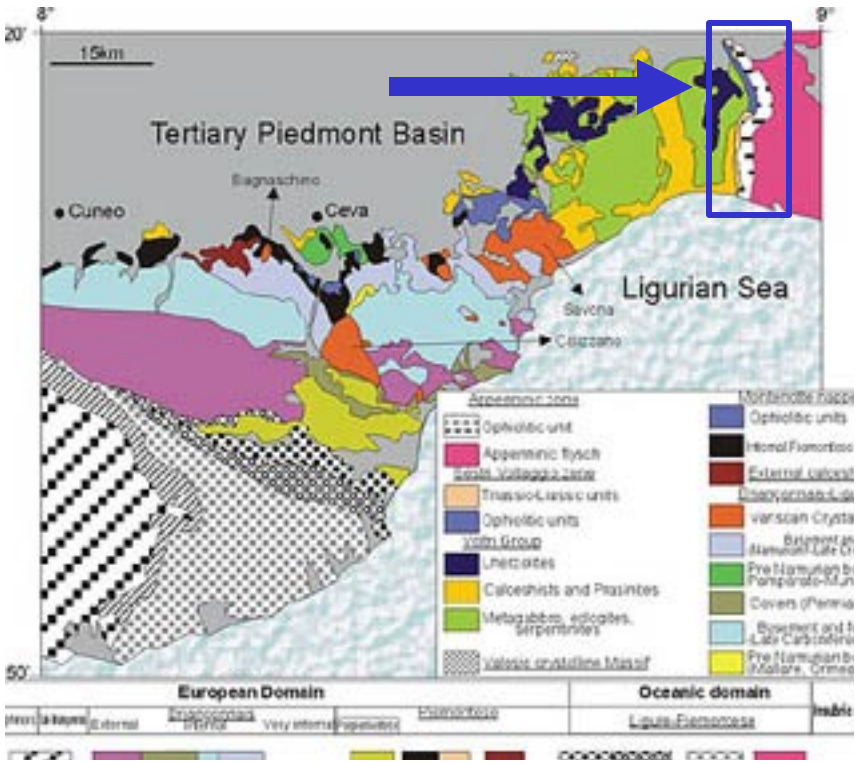
The Alta Val Lemme Area is located in the South of Piemonte region, in Province of Alessandria, along the boundary with Liguria region.

Included in heights between 250 m and 1100 m, it's a low urbanized area with mostly agricultural and tourist vocation.



It involves the inhabited centres of Voltaggio, Carrosio and Fraconalto.

Step 1: bibliographic data collection



The surveying area is placed along the tectonic limit between the Voltri Group and the Sestri-Voltaggio Zone, known as Sestri-Voltaggio Line.

The Sestri-Voltaggio Zone is composed by three tectonic units which differ for paleogeographic pertinence and/or metamorphic features:

- **the Trias-Lias Unit prevailing carbonate succession of drawing continental margin,**
- **the Cravasco-Voltaggio Unit an ophiolitic succession, and the Monte Figogna Unit.**
- **the Conglomeratic complex and Mudstones of Tertiary Sedimentary Piedmont Basin, going from Voltaggio to Carrosio.**

Interesting outcrops for this study are represented by serpentinites, frequently found in ophiolitic bodies and the terziary covers deriving from their delay, in which occurs asbestos minerals.

Step 2: geological survey

Based on the geological data, the survey was useful to define outcrops with presence of rocks containing asbestos fibers.

<u>They are found mainly in the following cases:</u>

1. Cataclastic and tectonic serpentinites rocks,

2. Oligocenic conglomerates containing cataclastic serpentinites or in correspondence of neotectonic fragile structures,

3. Breccias with ophiolitic elements,

4. Ophicalces outcrops.

Geological Map

(semplified by "Carta Geologica della Zona Sestri-Voltaggio"-Cortesogno e Haccard, 1985)

Cataclastic serpentinites (along Sestri-Voltaggio main fault)

Oligocenic conglomerate containing cataclastic serpentinites

Step 3: meteoclimatic study

Definition of worst case related to risk of fiber dispersion….wich is:

1) identification of the driest periods of the year,

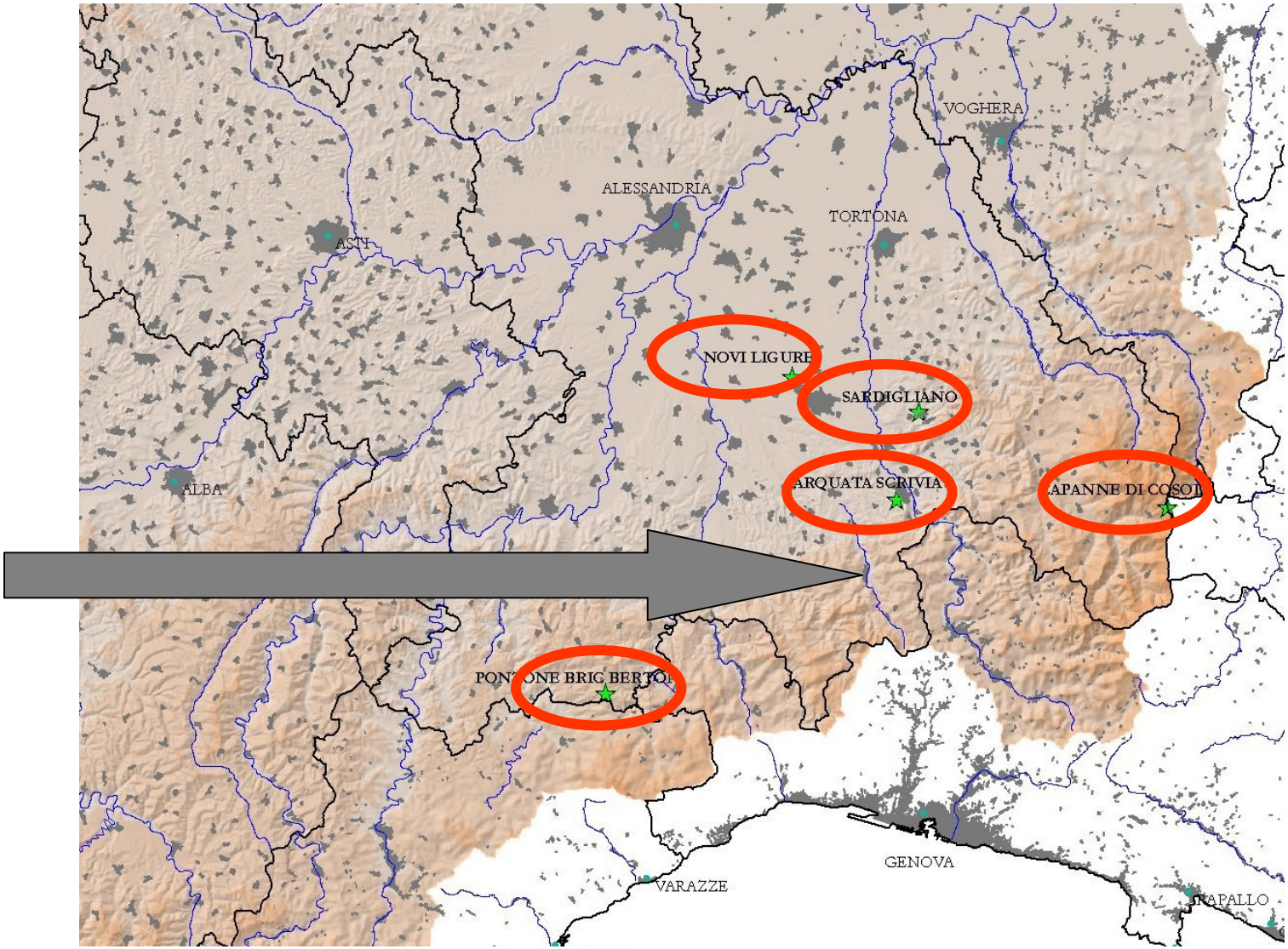
2) identification of main directions of winds.

The anemologic characterization has been performed analyzing measures data from five stations belong to the monitoring net of ARPA Piemonte.
The stations have been selected so that:

-were placed near the interesting area

-were representative of the territory

Processing data: 1998-2003



Provincia di Alessandria

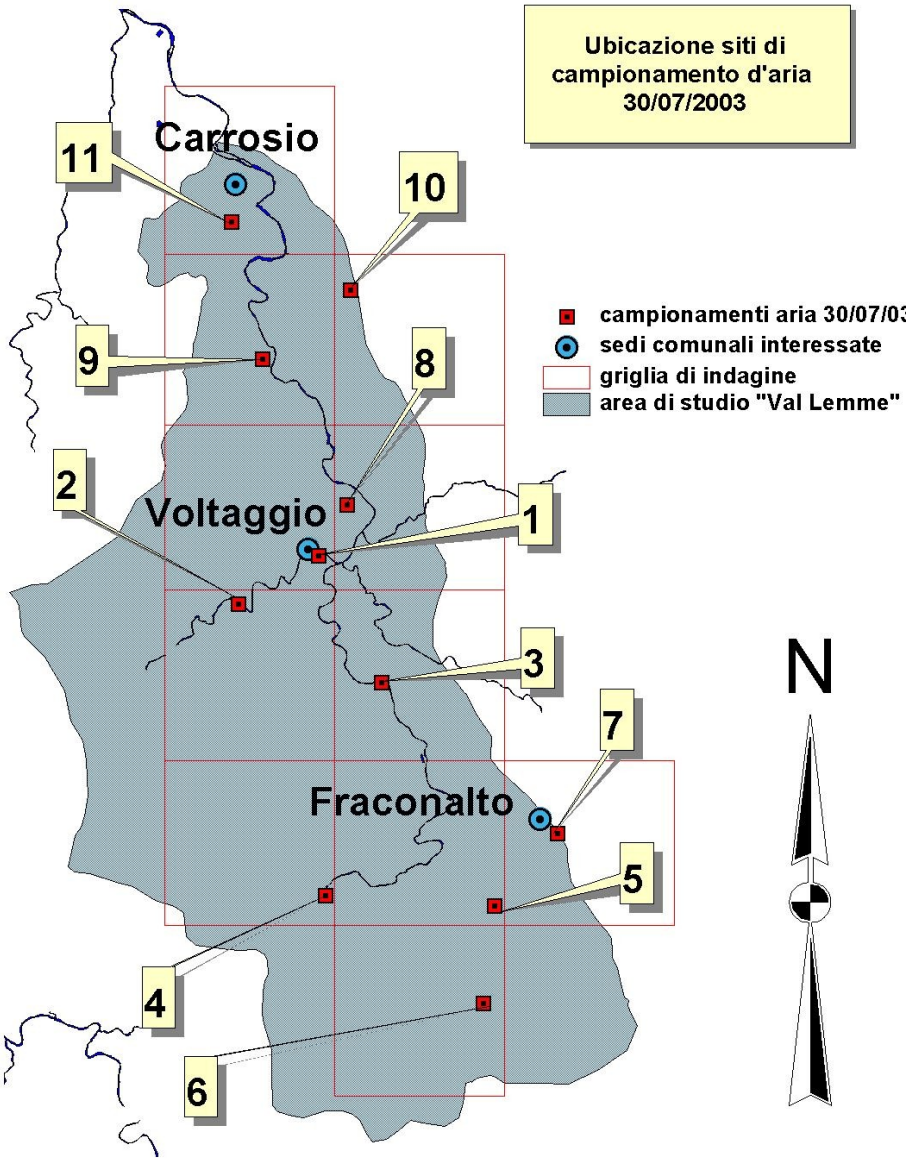
Dipartimento Ambiente Territorio e Infrastrutture

Step 4: samples collection AIR

On the outcomes of this study we have:

- detected site near prospective receptors,
- detected site near source and along N-S direction (prevailing winds),
- chosed PM time to avoid calm of wind,
- chosen summer time (high temperature and low rate of humidity).

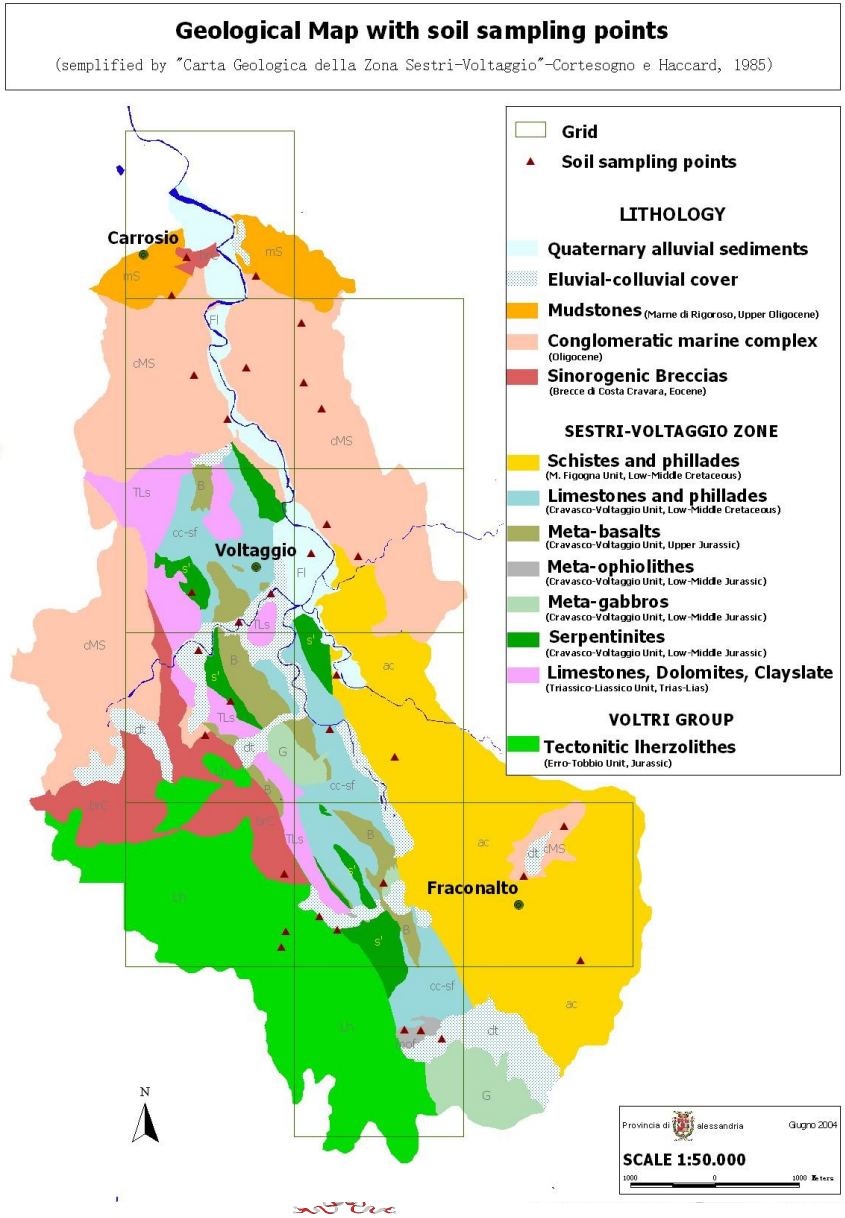
<u>Therefore air sampling has drawed in date 30th July 2003, between the hours 12,00 and hours 18,00, in n.11 emplacement.</u>



Step 4: samples collection - SOIL

To achieve statistically manageable data, we have shared out the interested area in 11 quadrants surfacing each mt. 250x250.

From each quadrant were collected 3 soil samples for a total of 33 collected.



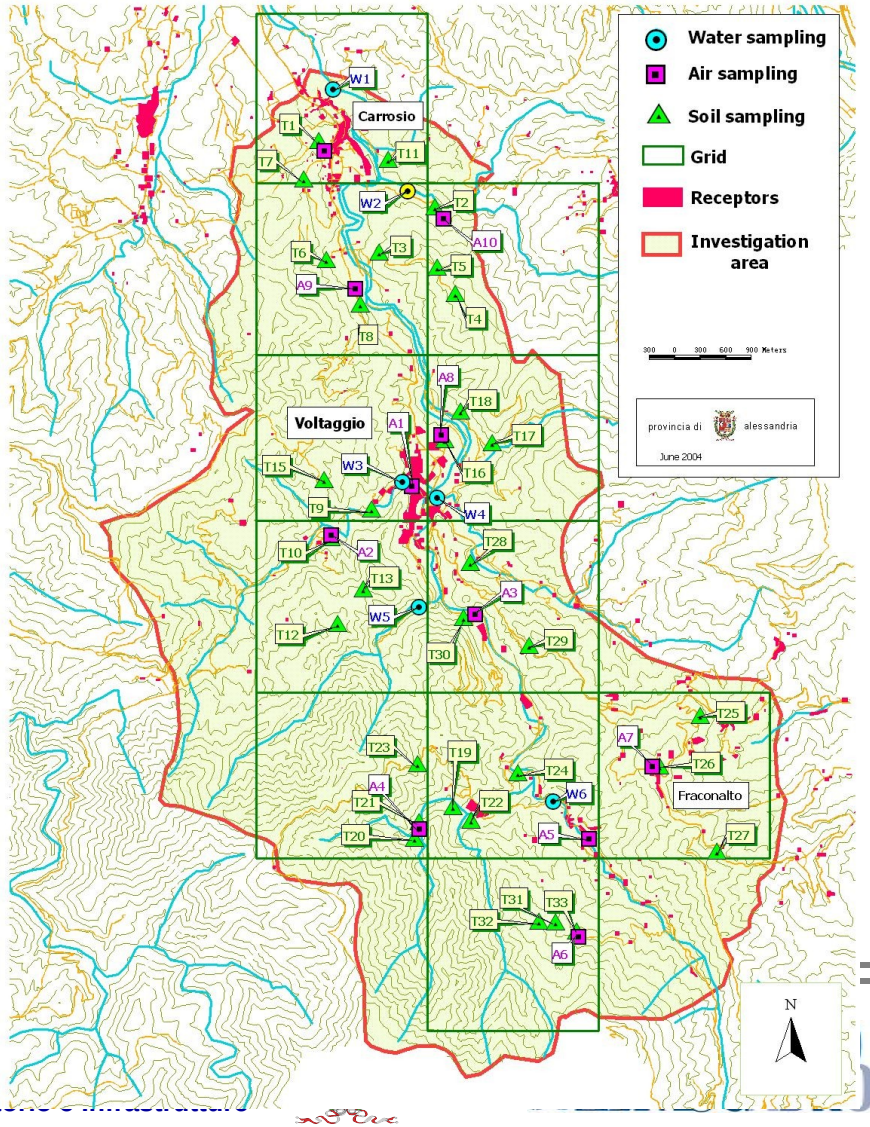
Step 4: samples collection - WATER

6 surface water sample in correspondence of main confluences of streams, were collected by A.R.P.A. U.O. di Novi Ligure.

The water samples have been collected at cognitive level.

At present, does not exist official analytic method, neither maximum amount of fibre concentration in water allowed by law.

Map of field investigation (soil, air, surface-water sampling points)



Step 5: samples analysis and evaluation of analitycal data

AIR SAMPLES	EMPLACEMENT	NUMBER OF FIBER	CONCENTRATION VALUE(f/l)
A 1	Piazza di Voltaggio	nr	< 0,17
A 2	Cascine Teglie	nr	< 0,16
A 3	Cantiere ITALFER	nr	< 0,16
A 4	Rio Acque Striate	nr	< 0,16
A 5	Piazza Molini	nr	< 0,13
A 6	Sopra Cascina Peasso	2	< 0,30
A 7	Municipio Fraconalto	2	< 0,28
A 8	Voltaggio - Cascina Isolazza	nr	< 0,14
A 9	Cascina Cerrosini	nr	< 0,16
A 10	Bric Rive	nr	< 0,14
A 11	Incrocio strada Carrosio - Bosio	nr	< 0,14

Step 5: samples analysis and evaluation of analitycal data

SOIL SAMPLES	POINT	ASBESTO AMOUNT IN SAMPLE (mg/kg)	TYPE
T 1	Strada Carrosio - Bosio	tracce (< 1)	crisotilo
T 2	Strada per Sottovalle	tracce (< 1)	crisotilo e tremolite
T 3	a Est C.na Nespoleto	tracce (< 1)	tremolite
T 4	presso C.na Portovecchio	tracce (< 1)	tremolite
T 5	**strada per Portovecchio**	**~ 69**	**tremolite**
T 6	**pressi C.na S. Rocco**	**~ 594**	**crisotilo e tremolite**
T 7	pressi "La Baita"	nr	//
T 8	a Sud C.na Certosini	tracce (< 1)	crisotilo
T 9	alveo Rio Morsone	tracce (< 1)	crisotilo
T 10	pressi C.na Teglia	nr	//
T 11	pressi C.na Rocchetta	nr	//
T 12	**strada per il M.te Tobbio**	**~ 364**	**tremolite e actinolite**
T 13	pressi Bric Brughè	nr	//
T 14	**pressi Bagno Voltaggio**	**~ 72**	**crisotilo**
T 15	**pressi C.na il Rosario**	**~ 124**	**crisotilo**
T 16	presso C.na Isolazza	nr	//
T 17	**strada Valle Barca**	**~ 229**	**crisotilo**
T 18	presso C.na il Cascinotto	tracce (< 1)	crisotilo

Step 5: samples analysis and evaluation of analitycal data

SOIL SAMPLES	POINT	TOTAL ASBESTOS AMOUNT IN SAMPLE (mg/kg)	TYPE
T 19	**presso Rio Acque Striate**	**~ 900**	**crisotilo**
T 20	pressi alveo Rio Acque Striate	nr	//
T 21	alveo Rio Acque Striate	nr	//
T 22	**pressi C.na Merlana**	**~ 392**	**crisotilo**
T 23	pressi Bric della Croce	tracce (< 1)	crisotilo
T 24	presso Ponte S. Giorgio	tracce (< 1)	crisotilo
T 25	strada della Castagnola	nr	//
T 26	**pressi Municipio Fraconalto**	**~ 13**	**crisotilo**
T 27	presso C.na streccie	nr	//
T 28	pressi C.na Carbonasca	nr	//
T 29	pressi C.na Ferriera Nuova	nr	//
T 30	pressi Cantiere Serbatoio Ferriera	nr	//
T 31	dopo C.na Crovi	tracce (< 1,2)	crisotilo e tremolite
T 32	**pressi M.te Priatecia**	**~ 155**	**tremolite**
T 33	presso C.na Crovi	tracce (< 1)	tremolite

Step 5: samples analysis and evaluation of analitycal data

WATER SAMPLES	POINT	CONCENTRATION VALUE (f/l)
W 1	Torrente Lemme	nr.
W 2	Rio Sottovalle	//
W 3	Rio Morsone	Crisotilo 2.0 - Tremolite 2.0
W 4	Rio Carbonasca	Crisotilo 11.0
W 5	Rio Lavezze	Tremolite 71.0
W 6	Torrente Lemme	Crisotilo 2.0 - Tremolite 27.5

Step 5: samples analysis and evaluation of analitycal data

The analysis on soil samples have confirmed the presence of a moderate level of asbestos (around 1/3 of the examined samples) both in the ophiolitic Units (4 samples above 10) and in the covers (6 samples above 10), witnessing an ordinary situation which is largely distributed on all the Alps chain.

From the analytic outcomes of air samples, it hasn't been revealed a correlation between the existence of asbestos fibres in the soil and their dispersion in the atmosphere.

There were only two cases which found the presence of fibres, probably from anthropic origin.

The analysis on water samples (carried out only at a knowledge-scope level) have obtained values very far (max 71 f/l) from the minimum limit of 100.000 f/l (Kanarek 1989).

Step 6: estimation of geological risk.

Risk analysis procedure is in principal designed following the "source-pathways-receptors" paradigm.

SITE CONCEPTUAL MODEL			
SOURCES	PATHWAY	EXPOSURE	RECEPTORS
1) Cataclastic and tectonic serpentinites rocks	1) Air	1) Drinking water ingestion	1) Resident population
2) Oligocenic conglomerates containing cataclastic serpentinites	2) Water	2) Soil ingestion	2) Workers
3) Ophicalces outcrops		3) Inhalation	3) Tourists

Step 6: estimation of geological risk.

PARAMETER	VERY UNFAVORABLE	UNFAVORABLE	FAVORABLE
A) local Lithology (most unfavorable element)	Cataclastic serpentinites; generical cataclastic rocks.	Massive ophiolithes; conglomerates and brecce with ophiolitic elements; Quaternary covers with ophiolitic elements.	Carbonatic rocks; mudstones; phillades; acid massive rocks; Quaternary covers without ophiolitic elements; agricultural soil.
RATING	25	15	5
B) soil sampling: asbestos fibers in total soil sample (mg/ kg)	> 1.000 (*)	1-1.000	< 1
RATING	25	10	0
C) Air sampling: asbestos fibers in air sample (fiber/ l)	> 2 (**)	1-2	< 1
RATING	35	20	5
D) Water sampling: asbestos fibers in water sample (fiber/ l)	> 7.000.000 (***)	100.000-7.000.000	< 100.000 (****)
RATING	15	5	0
E) Vulnerability, Receptors	Lived cores; presence of professional exposure	Isolated buildings; sites with occasional touristic frequentation	Uninhabited areas and not habitually attended areas.
RATING	1	0,5	0,1

TABLE OF RISK ASSESSMENT PARAMETERS

(*) Maximum amount allowed by law (D.M. 471/99).

(**) Max value of fiber concentration in the air ex art. 31 D.Lgs. N. 277/91 e s.m.i..

(***) Guide value expressed by ISS.

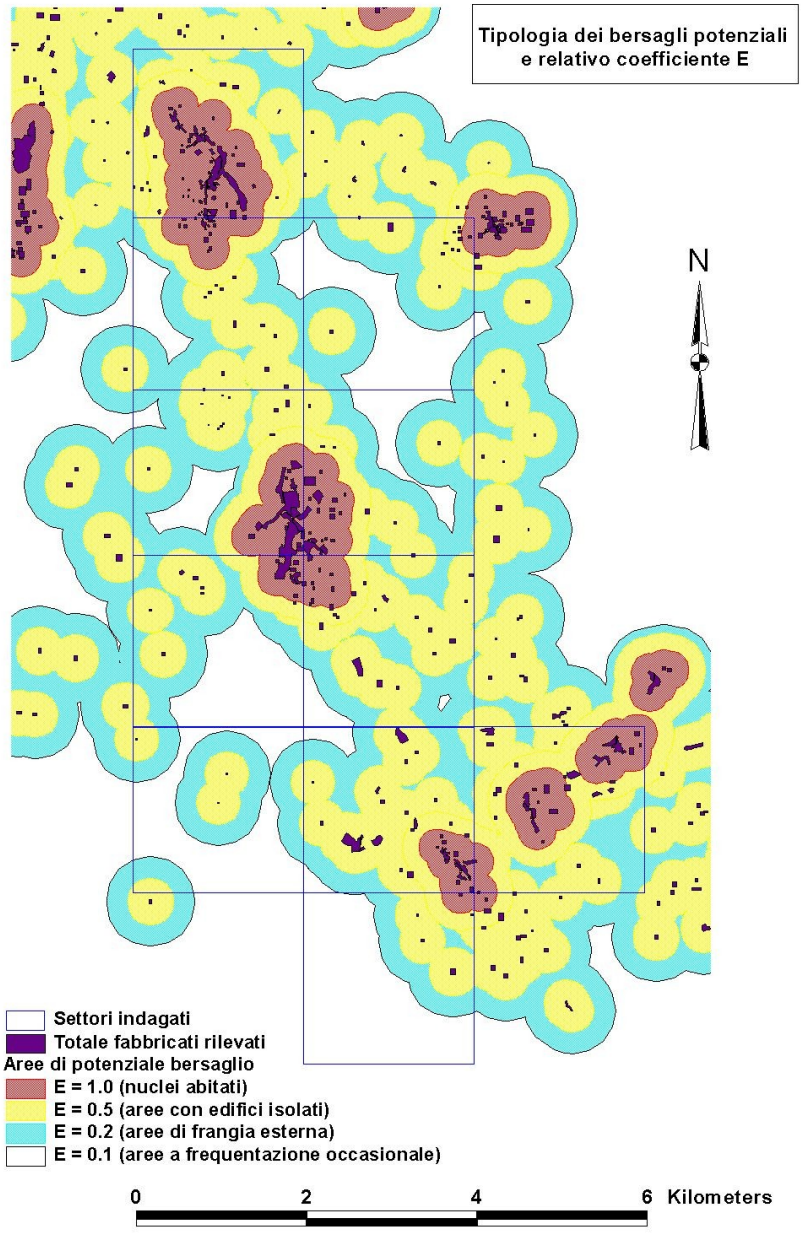
(****) Guide value expressed by Kanarek (Kanarek-1989).

The minimun value “5” in water and soils is conservative.

Step 6: estimation of geological risk.

Integrating the analytical data with the information provided by the site conceptual model, we obtained the definition of the hazard and successively of the risk.

H = A+ B+ C+ D	Hazard Index
76 - 100	Maximum
51 - 75	High
26 - 50	Middle
< 26	Minimum
R = H x E	Risk Index

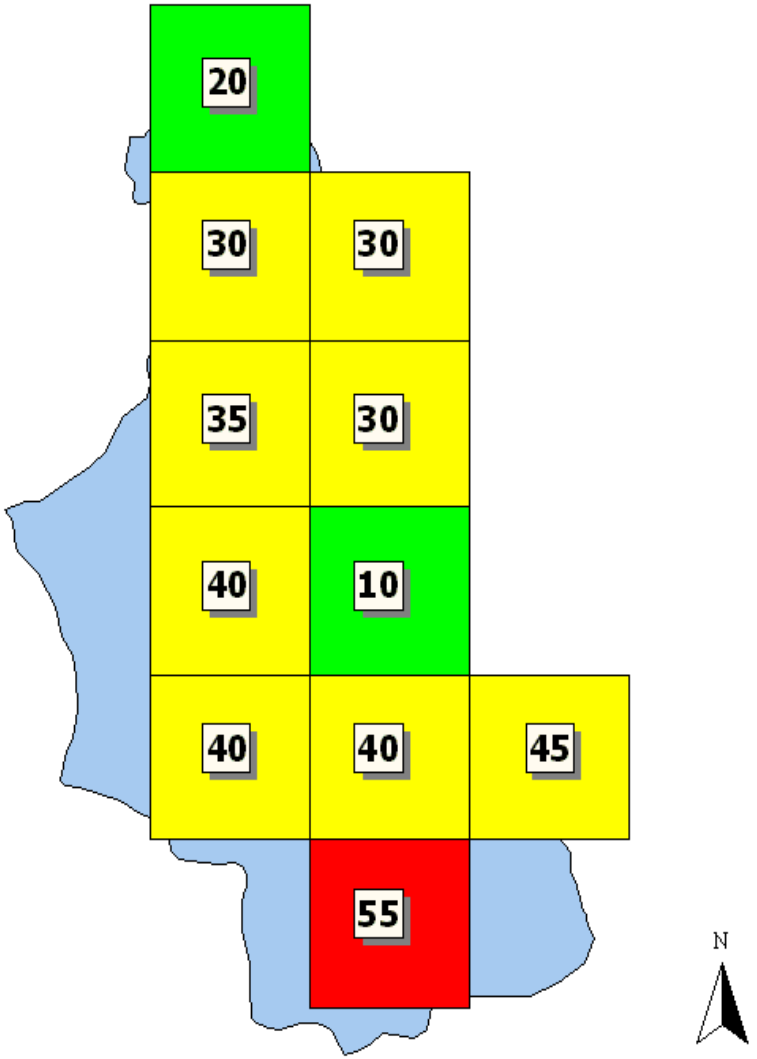


Map of receptors and evaluation of the E parameter.

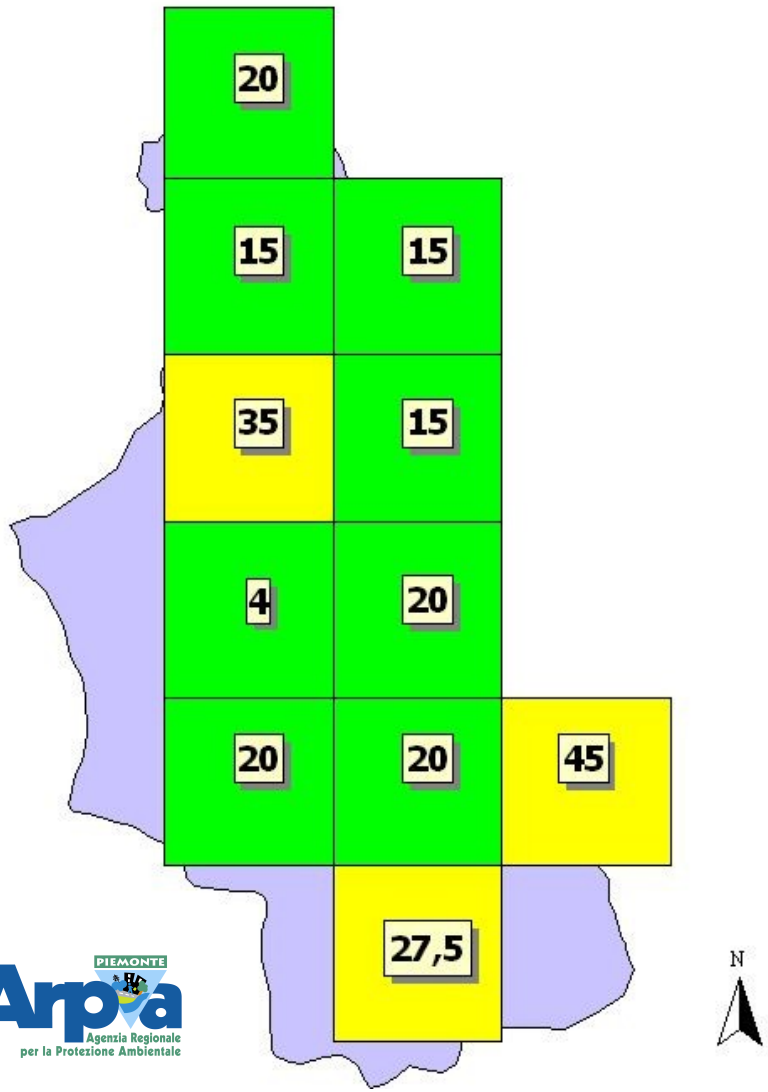
This type of approach registered a very easy utilisation, but permitted at the same time to obtain an immediate risk estimation starting from geological hazard data.

Step 6: estimation of geological risk.

Asbestos hazard estimation



Asbestos risk assesment



PIEMONTE Arpa Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale

Step 6: epidemiological study

To achieve information on Alta Val Lemme population health conditions related to the natural environmental asbestos exposure risk, it has been conducted an epidemiological research.

It has been realized a descriptive epidemiological study with geographical analysis to identify possible pathologies or mortality cluster reliable to the environmental asbestos exposition.

This study has been conducted comparing the values of some demographic and sanitary contest of the Alta Val Lemme population with those of Alta Val Borbera population, in which area environmental asbestos is absent.
Successively, the values obtained from the two populations have been compared with those of the Piemonte region population.

At last, for what concern the starting hypothesis of the research, it doesn't appear any health problem related to an asbestos exposition naturally present in the environment.

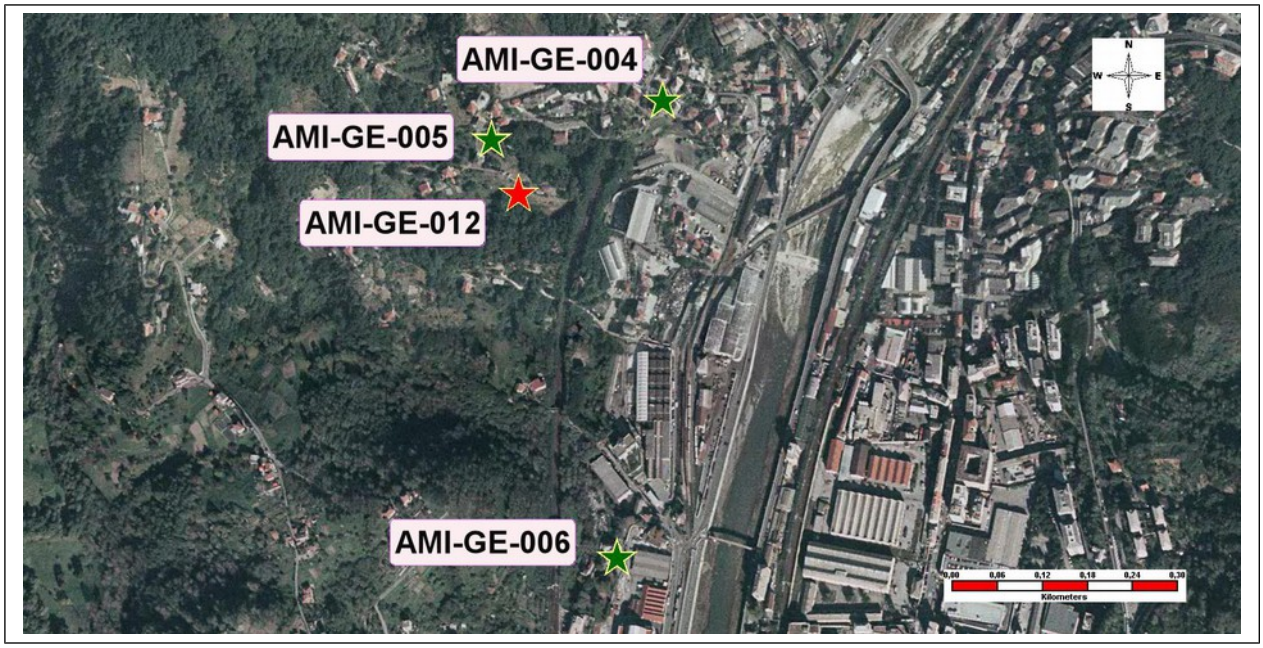
Conclusions

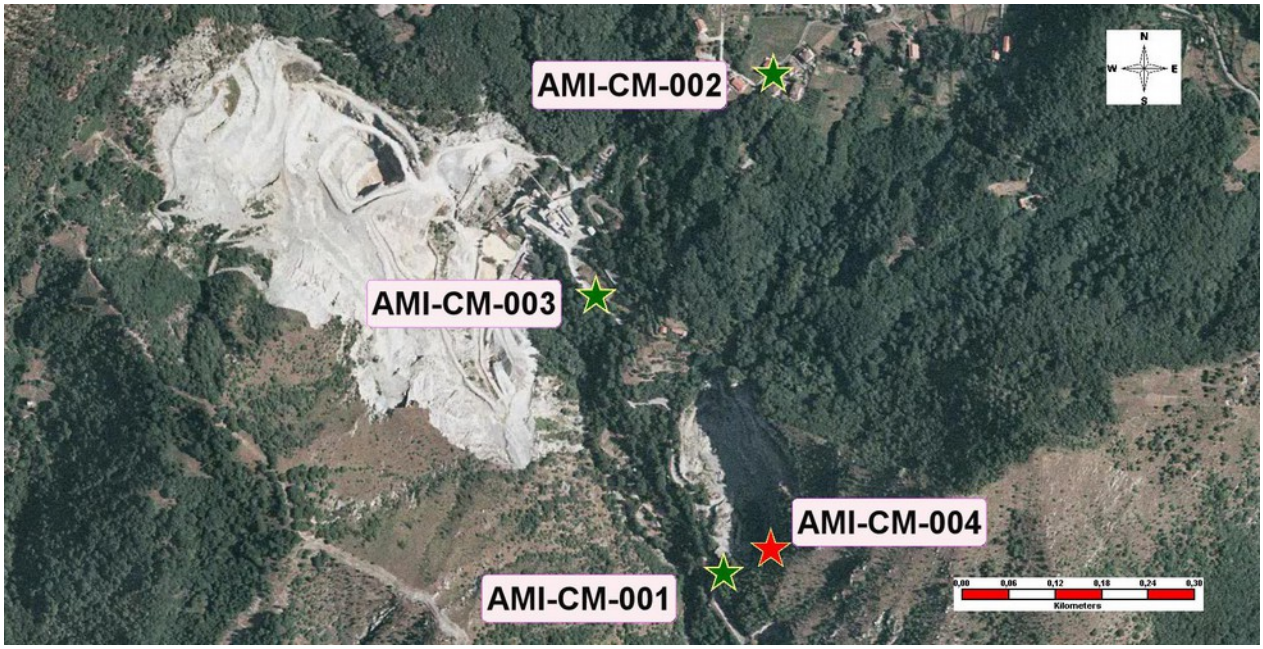
- **The asbestos fibre concentrations found in the environmental matrices, are always under the amount allowed by law and guidelines of ISS.**
- **Geological - environmental risk analysis: the risk for resident population and for occasional visitors deriving from the asbestos presence in natural shape, can be thought acceptable.**
- **Outcomes obtained from the epidemiological study and from the geological environmental analysis are comparable.**
- **It may be now interesting verify the validity of this last type of analysis applying it to some other sites; it could easily be a tool for 1 level risk analysis in sites where the existence of natural asbestos represents an environmental problem.**
- **In order to popularization of the results, it's necessary to complete the technical-scientific approach with a careful view towards public relations, considering psycologic and sociologic factors in communication.**

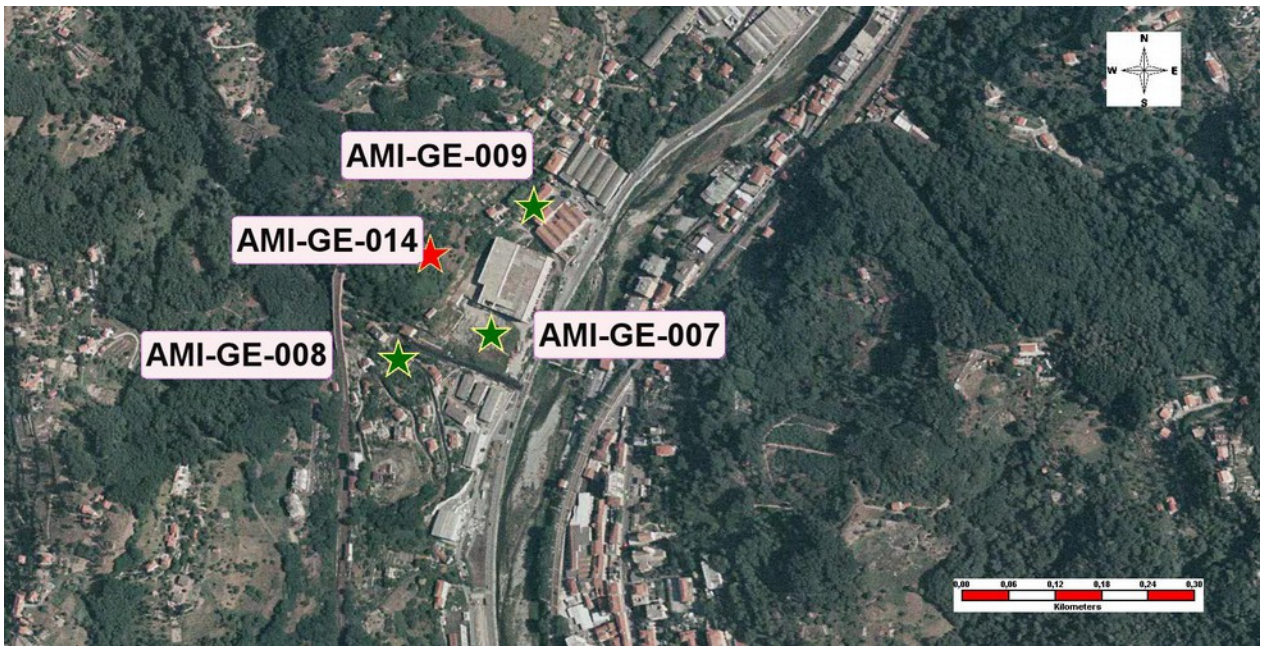
ALLEGATO 9

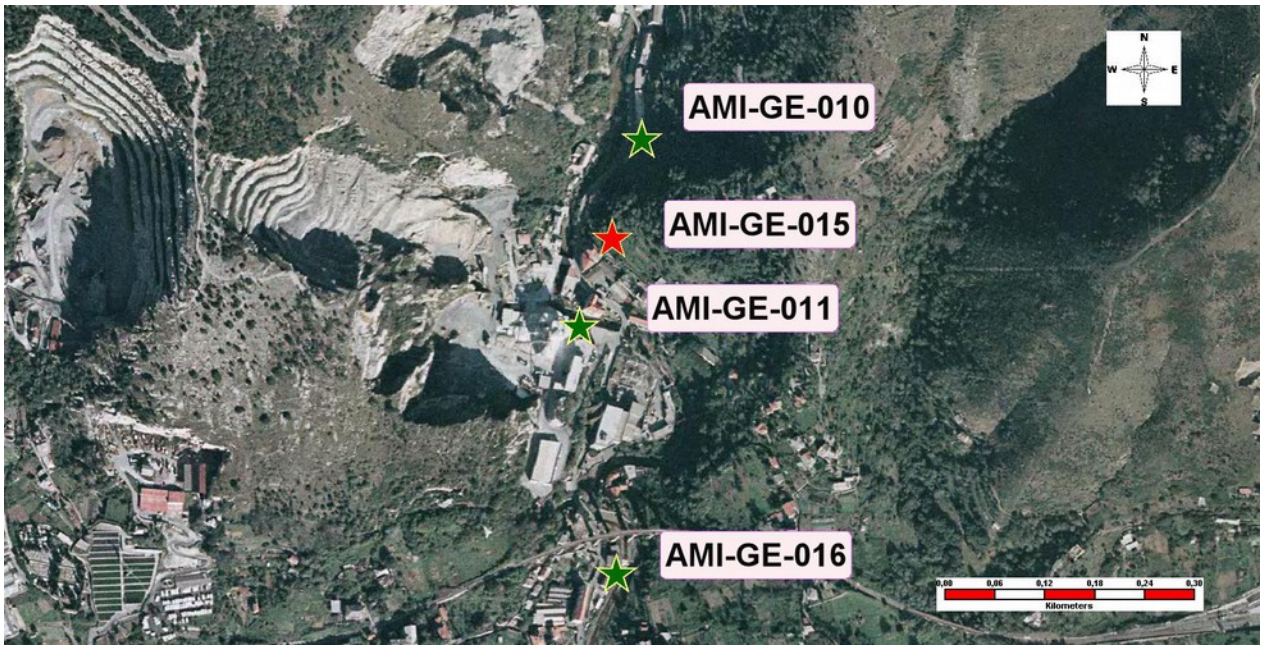
PUNTI DI MONITORAGGIO DELL'AMIANTO

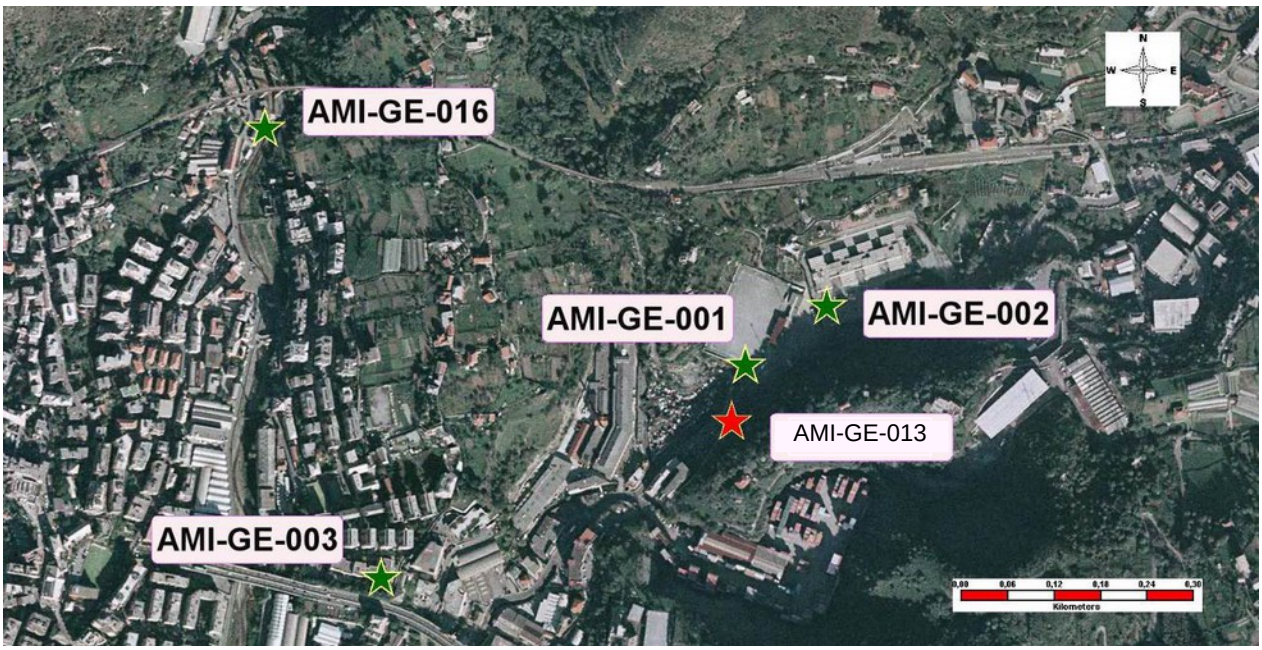
Localizzazione siti per misure di aerodisperso



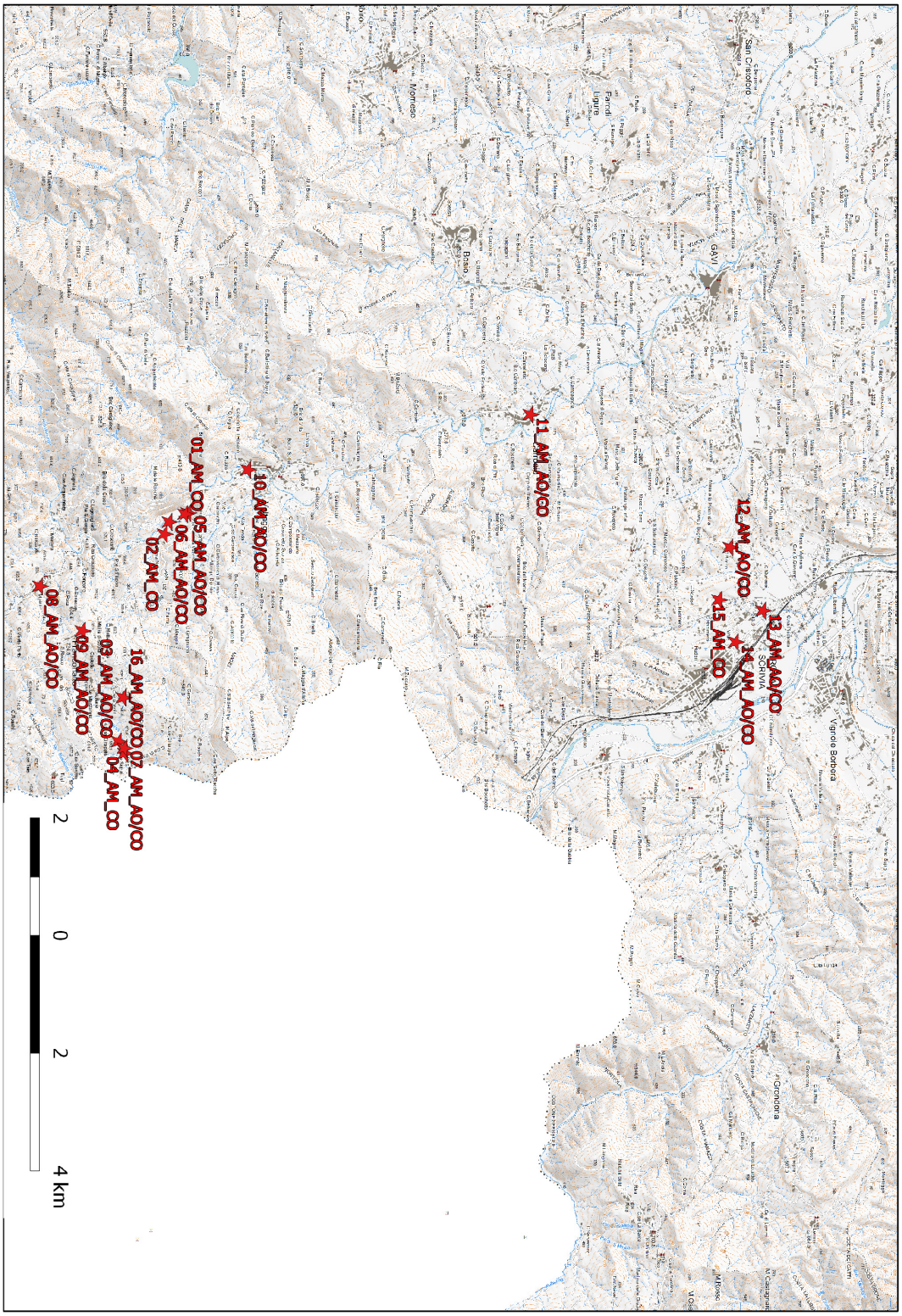



AMI-GE-009
AMI-GE-014
AMI-GE-008
AMI-GE-007
N
W
E
S
Kilometers


AMI-GE-010
AMI-GE-015
AMI-GE-011
AMI-GE-016
N
W
E
S
Kilometers


AMI-GE-016
AMI-GE-001
AMI-GE-002
AMI-GE-013
AMI-GE-003
N
W
E
S
Kilometers

Quadro di insieme della localizzazione dei siti di misura di aerodisperso
(sigle: AM monitoraggio aerodisperso; AO ante-operam CO corso d'opera)



Dettaglio della localizzazione dei siti di misura di aerodisperso (foto aerea del 2010, scala 1:3000)
(sigle: AM monitoraggio aerodisperso; AO ante-operam CO corso d'opera)

PIEMONTE

Arpa

Agenzia Regionale
per la Protezione Ambientale

PIEMONTE

Arpa

Agenzia Regionale
per la Protezione Ambientale

19_AM_AO/CO

13_AM_AO/CO
16_AM_AO/CO
13_AM_CO

ALLEGATO 10

OPERE IN SOTTERRANEO CONNESSE A NUOVA VIABILITA' NEL GENOVESANO

RILIEVI GEOLOGICI DI SUPERFICIE

LABORATORIO DI "*ANALISI DELLE PROPRIETÀ MICROSTRUTTURALI, CHIMICO-FISICHE DI MATERIALI INORGANICI; DETERMINAZIONI QUANTITATIVE DELLA COMPOSIZIONE MINERALOGICA DI MATERIALI NATURALI E DELLE PROPRIETÀ TECNICHE DEI MATERIALI LITICI*"
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, DELL'AMBIENTE E DELLA VITA,
UNIVERSITÀ DI GENOVA, ACCREDITATO ALBO LABORATORI MINISTERO DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA (MIUR).

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA
DISTAV
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, DELL'AMBIENTE E DELLA VITA

Corso Europa, 26
16132 GENOVA

Tel. 010 353 8311
Fax 010 352169

Cod.Fisc. 00754150100

Amministrazione
Tel. 010 353 8077 - 8083
8084 - 8284
8293 - 8298
Fax. 010 353 8147

Segreteria Didattica
Tel. 010 353 8405 - 8288

PROT. N. 64 del 17 gennaio 2014
Posiz. / / /

Genova, 17 gennaio 2014

Spett. COCIV
Via Renata Bianchi 40
16152 Genova

Oggetto: Relazione di sintesi su campionamenti e analisi per la verifica del rischio amianto e inquadramento minero-petrografico dei Metabasalti di Erzelli.

Alleghiamo alla presente la relazione di caratterizzazione dei Metabasalti di Erzelli di cui all'oggetto.

Con i migliori saluti,

Prof. Laura Gaggero

Laura Gaggero

LABORATORIO DI "*ANALISI DELLE PROPRIETÀ MICROSTRUTTURALI, CHIMICO-FISICHE DI MATERIALI INORGANICI; DETERMINAZIONI QUANTITATIVE DELLA COMPOSIZIONE MINERALOGICA DI MATERIALI NATURALI E DELLE PROPRIETÀ TECNICHE DEI MATERIALI LITICI*"
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, DELL'AMBIENTE E DELLA VITA,
UNIVERSITÀ DI GENOVA, ACCREDITATO ALBO LABORATORI MINISTERO DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA (MIUR).

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA
DISTAV
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, DELL'AMBIENTE E DELLA VITA

Corso Europa, 26
16132 GENOVA

Tel. 010 353 8311
Fax 010 352169

Cod.Fisc. 00754150100

Amministrazione
Tel. 010 353 8077 - 8083
8084 - 8284
8293 - 8298
Fax. 010 353 8147

Segreteria Didattica
Tel. 010 353 8405 - 8288

PROT. N. 64 del 17 gennaio 2014
Posiz. / / /

Genova, 17 gennaio 2014

SINTESI DEI RISULTATI ANALITICI DI COMPORTAMENTO RELATIVE AL RISCHIO DI ESPOSIZIONE A FIBRE DI AMIANTO NELLE FASI SCAVO: ELEMENTI TECNICI PER L'INTERVENTO

Su incarico di COCIV l'attività analitica per la valutazione della presenza di amianto è stata svolta da DISTAV-UNIGE, Responsabile Scientifico Prof. Laura Gaggero dal 16 ottobre 2013 al presente.
L'incarico consiste principalmente nell'analisi di campioni consegnati dal Committente, da svolgersi presso le strutture del Laboratorio di "*Analisi delle proprietà microstrutturali, chimico-fisiche di materiali inorganici; determinazioni quantitative della composizione mineralogica di materiali naturali e delle proprietà tecniche dei* materiali litici" del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Ambiente e della Vita, Università di Genova, accreditato all'Albo Laboratori Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica (MIUR) e qualificato per le metodiche MOCF massa, SEM e XRD dal Ministero della Salute CCM – Ispesl.
In particolare le prove di laboratorio da eseguirsi sono:
• SEM (microscopio elettronico a scansione) per la determinazione di asbesto su filtro / membrana mediante SEM (D.L. N. 277 del 15/08/91; D.M. 6/09/94);
• MOCF massa (microscopio elettronico a contrasto di fase);

• XRD (diffrazione di raggi x), Diffrattometria qualitativa e semiquantitativa

COCIV, in ottemperanza al Protocollo di gestione del rischio amianto ha costituito una filiera analitica al fine di:

i) Caratterizzare sul fronte di avanzamento petrografia, l'assetto giaciturale, composizione, potenziale /reale contenuto di amianto nella roccia ogni 3 sfondi di avanzamento (pari a un intervallo inizialmente di m 3.60, e successivamente m 4.20). La caratterizzazione geo-litologica del fronte è associata a campionamento in roccia rappresentativo del volume dell'ammasso, secondo protocollo concordato.

ii) Ottenere entro 4 ore l'informazione di presenza / assenza di amianto ai fini della gestione del cantiere e del destino delle terre e rocce da scavo

LABORATORIO DI "*ANALISI DELLE PROPRIETÀ MICROSTRUTTURALI, CHIMICO-FISICHE DI MATERIALI INORGANICI; DETERMINAZIONI QUANTITATIVE DELLA COMPOSIZIONE MINERALOGICA DI MATERIALI NATURALI E DELLE PROPRIETÀ TECNICHE DEI MATERIALI LITICI*"
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, DELL'AMBIENTE E DELLA VITA,
UNIVERSITÀ DI GENOVA, ACCREDITATO ALBO LABORATORI MINISTERO DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA (MIUR).

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA
DISTAV
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, DELL'AMBIENTE E DELLA VITA

Corso Europa, 26
16132 GENOVA

Tel. 010 353 8311
Fax 010 352169

Cod.Fisc. 00754150100

Amministrazione
Tel. 010 353 8077 - 8083
8084 - 8284
8293 - 8298
Fax. 010 353 8147

Segreteria Didattica
Tel. 010 353 8405 - 8288

PROT. N. 64 del 17 gennaio 2014
Posiz. / / /

Genova, 17 gennaio 2014

Ricadute dei risultati

La caratterizzazione geolitologica, effettuata in 2D su un volume rappresentativo di materiale e associata a campionamento di un volume rappresentativo di roccia definito in una quantità pari a circa 450 kg consente una previsionalità sul volume di roccia a seguire, in analogia ed estensione della tecnica di analisi modale effettuata mediante microscopio petrografico in luce trasmessa su volumi di roccia molto minori.

In caso di alert si procede alla quantificazione e alla gestione delle terre e rocce secondo normativa. In caso di assenza si assume una costanza litologica per i successivi 3 sfondi, quando l'incaricato esperto esterno è chiamato a ripetere l'accertamento.

In conseguenza di un alert mineralogico sono attivate le misure di tutela dei lavoratori in materia di amianto, come pure di silice cristallina, sullo scavo e sulle terre e rocce da scavo.

Cantiere di Borzoli

Il fronte di scavo, oggetto di continuo monitoraggio per la verifica di rischio amianto, era inizialmente costituito da basalti (formazione dei basalti di M. Figogna), in cui non sono stati rilevati minerali fibrosi riconducibili ad amianto. Da pk 36,5 a 45,5 sono comparsi livelli di basalti a tessitura microcristallina ossidati associati a livelli di scisti silicei (ftaniti, diaspri) e da pk 49,70 basalti associati a livelli di scisti calcarei.

I metabasalti di M. Figogna sono l'analogo petrografico e stratigrafico di quelli delle unità Liguridi Interne affioranti nella Liguria di levante, ovvero sono basalti affetti da metamorfismo di basso grado in facies pumpellyite attinolite. La percentuale modale di basalti è quindi variabilmente diluita dalla presenza di scisti silicei o calcarei.

Presso il cantiere di Borzoli tra il 16 ottobre 2013 e il 15 gennaio 2014 sono stati eseguiti 18 rilievi petrografici del fronte di scavo (associati alle 43 osservazioni geologiche svolte da Rocksoil), a cui corrispondono 69 campioni di roccia e 1 di torbida acquosa, selezionati con il criterio della rappresentatività e di massima precauzione. Il referto analitico è quindi rappresentativo di circa 4700 m^3 di ammasso roccioso.

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA
DISTAV
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, DELL'AMBIENTE E DELLA VITA

Corso Europa, 26
16132 GENOVA

Tel. 010 353 8311
Fax 010 352169

Cod.Fisc. 00754150100

Amministrazione
Tel. 010 353 8077 - 8083
8084 - 8284
8293 - 8298
Fax. 010 353 8147

Segreteria Didattica
Tel. 010 353 8405 - 8288

PROT. N. 64 del 17 gennaio 2014
Posiz. / / /

Genova, 17 gennaio 2014

Mese	Giorno	n. campioni	PK	Tipo campione
Ottobre	16	4	36,5	1 torbida, 3 frammenti rocce
	17	8	36,5	8 frammenti rocce
	24	4	39,5	4 frammenti rocce
Novembre	4	4	42,5	4 frammenti rocce
	11	4	45,5	4 frammenti rocce
	18	4	49,7	4 frammenti rocce
	21	4	52,1	4 frammenti rocce
	23	4	54,5	4 frammenti rocce
	28	4	59,3	4 frammenti rocce
Dicembre	3	4	63,3	4 frammenti rocce
	9	4	67,5	4 frammenti rocce
	12	4	71,7	4 frammenti rocce
	17	2	73,10-79,10	1 torbida acquosa, 1 torbida densa
Gennaio	9	4	80,1	4 frammenti rocce
	9	4	85,7	4 frammenti rocce
	10	4	92,7	4 frammenti rocce
	15	4	99,7	4 frammenti rocce
Totale		**70**	**63,2**	

I Metabasalti di M. Figogna

I Metabasalti di M. Figogna (Cortesogno & Haccard, 1986, Foglio CARG Genova 2008 e referenze incluse) hanno protolite di basalto a pillow, raramente massicci, con livelli di metabrecce e ialoclastiti e sovraimpronta metamorfica orogenica in facies pumpellyite – attinolite. Presentano alterazione idrotermale di fondo oceanico con alterazione ossidativa a patine di ematite. Paragenesi a pumpellyite ± epidoto ± clorite ± quarzo si sviluppano nelle facies ialoclastiche o come riempimento dei clivaggi di frattura sin-orogenici.

LABORATORIO DI "*ANALISI DELLE PROPRIETÀ MICROSTRUTTURALI, CHIMICO-FISICHE DI MATERIALI INORGANICI; DETERMINAZIONI QUANTITATIVE DELLA COMPOSIZIONE MINERALOGICA DI MATERIALI NATURALI E DELLE PROPRIETÀ TECNICHE DEI MATERIALI LITICI*"
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, DELL'AMBIENTE E DELLA VITA,
UNIVERSITÀ DI GENOVA, ACCREDITATO ALBO LABORATORI MINISTERO DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA SCIENTIFICA E TECNOLOGICA (MIUR).

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI GENOVA
DISTAV
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA, DELL'AMBIENTE E DELLA VITA

Corso Europa, 26
16132 GENOVA

Tel. 010 353 8311
Fax 010 352169

Cod.Fisc. 00754150100

Amministrazione
Tel. 010 353 8077 - 8083
8084 - 8284
8293 - 8298
Fax. 010 353 8147

Segreteria Didattica
Tel. 010 353 8405 - 8288

PROT. N. 64 del 17 gennaio 2014
Posiz. / / /

Genova, 17 gennaio 2014

Sull'intero spettro di campionamento, nei metabasalti, non sono state rinvenute fasi minerali riconducibili ad amianto. Analogamente, non sono emerse fibre nelle frazioni pelitica e siltosa, contenenti minerali granulari equidimensionali, prismatici o lamellari a 150-200x.

La formazione dei Metabasalti e i metasedimenti associati si possono quindi ritenere così finemente caratterizzati da suggerire una previsione di risultati analitici analoghi a quelli ottenuti, in caso di perdurante associazione degli stessi litotipi.

Prof. Laura Gaggero

TRENO ALTA VELOCITA'

TRATTA A.V./A.C. MILANO-GENOVA
TERZO VALICO DEI GIOVI

VIABILITA' - ADEGUAMENTO DI VIA CHIARAVAGNA

AMMASSO ROCCIOSO INTERESSATO DALLO SCAVO DELLA GALLERIA

VALUTAZIONE DEL CONTENUTO DI AMIANTO

Elisabetta Drigo – Rue La Tour 8, Saint-Pierre (AO)

Tel. 0165.903866, cell. 347.4182239 ; e-mail elisabetta.drigo@libero.it ; pec: drigoelisabetta@epap.sicurezzapostale.it

P.IVA: 01061190078 – C.F.:DRGLBT62A52G224P

I N D I C E

1. PREMESSA 2

2. ELEMENTI RICAVATI DALLE INDAGINI CONDOTTE IN SEDE DI PROGETTO DEFINITIVO 2

3. RILIEVO GEOLOGICO DI SUPERFICIE 3

1. PREMESSA

Nell'ambito delle attività condotte per la valutazione del rischio amianto nello scavo delle gallerie della tratta A.V./A.C. Milano-Genova, Terzo Valico dei Giovi, è stato effettuato uno studio in località Panigaro, nel Comune di Genova, ove per l'adeguamento della viabilità è previsto lo scavo di una galleria di lunghezza complessiva pari a 146,00 m (comprensiva degli imbocchi in artificiale), di cui 111,00 in artificiale.

Lo studio, preceduto dall'esame della documentazione tecnica disponibile, è consistito nel rilievo di dettaglio delle caratteristiche degli ammassi rocciosi in affioramento, con particolare attenzione all'individuazione di eventuali vene, zone di faglia e/o frattura, o zone di taglio, con concentrazioni di minerali amiantiferi.

2. ELEMENTI RICAVATI DALLE INDAGINI CONDOTTE IN SEDE DI PROGETTO DEFINITIVO

Per la caratterizzazione dell'ammasso roccioso è stata condotta, in sede di progetto definitivo, una campagna di indagini geognostiche e geomeccaniche consistente in:

- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo (SL4), verticale, lungo 40 m, ubicato all'altezza della prevista progressiva 685, discostato rispetto all'asse del tracciato di 6,40 m verso NE;
- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo (SL5), orizzontale, lungo 40 m, ubicato a partire dalla progressiva 785 circa;
- n. 2 tomografie sismiche ed elettriche a copertura pressoché integrale del settore di ammaso interessato dallo scavo della galleria;
- caratterizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso (RMR e Q-system);
- prove geomeccaniche di laboratorio su campioni prelevati dai carotaggi.

Una prima sezione geologica del 2004, ricavata a seguito delle indagini condotte (A301-00-D-CV-FB-NV03-00-001-B00.dwg), riporta, alla quota della galleria, serpentiniti cataclasate ("brecce di faglia alterate" nella relazione geologica), passanti nel settore centrale a "brecce serpentinitiche con parziale struttura rocciosa".

Sulla base della ricostruzione dell'assetto geologico l'ammasso serpentinitico risulterebbe compreso tra le progressive 640 e 735 ca. e delimitato da due faglie, con relativa fascia tettonizzata, che lo pongono a diretto contatto con le argilliti a Palombini del Passo della Bocchetta .

Una sezione geologica più recente, del 2013, basata anche sulla revisione dei dati dei sondaggi, individua alla quota della galleria unicamente "metabasalti scistosi" (tratto compreso tra le progressive 20 e 90 m ca.), passanti ad argilliti a Palombini (IG51-02-CV-F8-GNSD-00-002-A00). In corrispondenza dell'imbocco lato N è inoltre individuata una fascia milonitica, inglobante elementi di serpentiniti (pietre verdi), metabasalti, rocce carbonatiche e scisti cloritici. Tale fascia interessa la galleria per un tratto molto breve, di circa 5 m.

3. RILIEVO GEOLOGICO DI SUPERFICIE

Il rilievo di superficie, condizionato dalla scarsità di affioramenti, ha evidenziato una prevalenza nei settori corticali dell'ammasso di metabasalti. Tali litologie sono riferite, unitamente alle sottostanti serpentiniti ed alle circostanti argilliti, all'Unità Timone Bric - Teiolo (o Unità del M. Figogna di Cortesogno e Haccard).

Le serpentiniti affiorano in maniera limitata e discontinua in corrispondenza dell'alveo del torrente e, limitatamente ad un affioramento, lungo la strada che risale sul lato N il rilievo interessato dallo scavo della galleria.
Si tratta di serpentiniti fratturate, mediamente alterate, lungo le cui discontinuità non si rilevano, macroscopicamente, concentrazioni di minerali fibrosi.

Sulla base degli elementi riportati nel profilo geologico - geomeccanico del 2013 le serpentiniti risultano scarsamente rappresentate, principalmente comprese nella fascia milonitica. Non si possono tuttavia escludere, alla quota della galleria, fasce di taglio secondarie con potenziali concentrazioni di minerali amiantiferi.

Per la corretta gestione del marino si può prevedere una caratterizzazione preliminare dell'ammasso, con determinazione dell'amianto totale su un campione rappresentativo, prelevato dai carotaggi o in avanzamento.
Sulla base dei risultati ottenuti, oltre che di quanto rilevato in avanzamento, potranno quindi essere

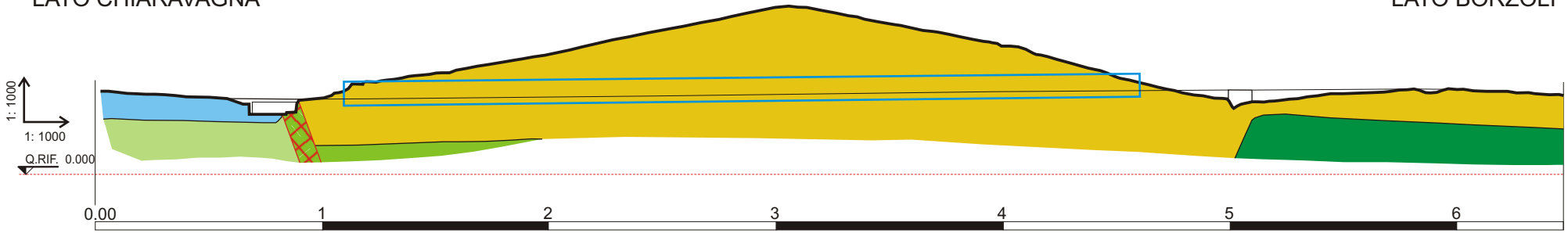
effettuati altri due campionamenti, con determinazione sempre dell'amianto totale e relativa destinazione del marino.

Affioramento di serpentiniti lungo la strada che risale sul lato N il rilievo.
Lungo le discontinuità non si rilevano concentrazioni di minerali fibrosi potenzialmente amiantiferi

CHIARAVAGNA - BORZOLI

LATO CHIARAVAGNA

LATO BORZOLI



Percentuale massima pietre verdi	0 %

Depositi Alluvionali

Depositi pliocenici
Argille di Ortovero

Settore di faglia

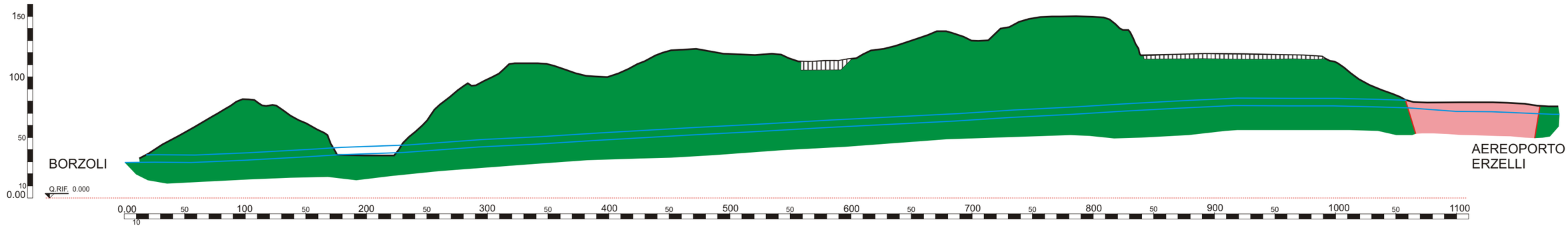
Unità Timone - Bric Teiolo

Argilliti a palombini

Basalti

Serpentiniti

BORZOLI - ERZELLI



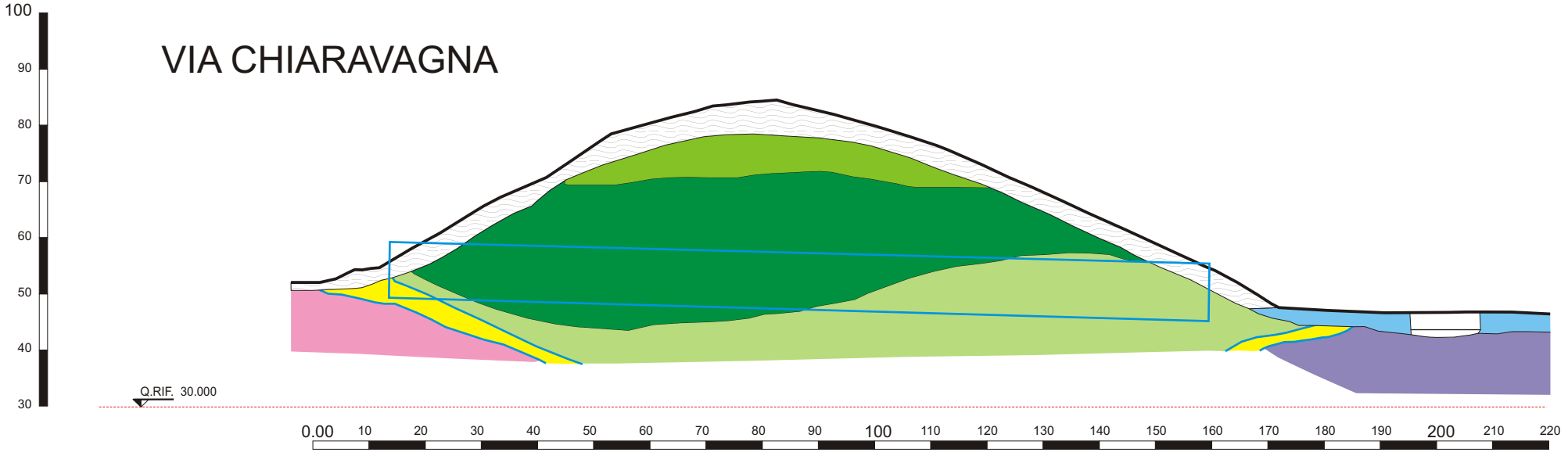
Percentuale massima pietre verdi	0 %

Unità Timone - Bric Teiolo

Calcari di Erzelli

Basalti

VIA CHIARAVAGNA



Percentuale massima pietre verdi	20 %

Unità Timone - Bric Teiolo

- Coltre detritico colluviale
- Depositi Alluvionali
- Argilliti a palombini
- Basalti
- Serpentiniti

Unità Monte Gazzo-Isoverde

- Calcari di Gallaneto
- Dolomie del Monte Gazzo
- Piani di taglio duttile
- Contatto tettonico