

**NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE  
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE**

**PARTE IN TERRITORIO ITALIANO – PROGETTO IN VARIANTE  
(OTTEMPERANZA ALLA PRESCRIZIONE N. 235 DELLA DELIBERA CIPE 19/2015)**

**CUP C11J05000030001 – PROGETTO DEFINITIVO**

**GEOLOGIE – GEOLOGIA**

**GENERAL – GENERALE**

**GESTION DES MATERIAUX D'EXCAVATION – GESTIONE DEL MATERIALE DI SCAVO  
DOCUMENT COTE ITALIE – DOCUMENTI LATO ITALIA**

**Gestion des Roches Vertes - Gestione delle Pietre verdi**

**Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto**

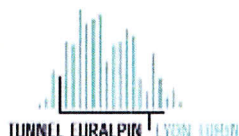
Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	30/11/2012	Première diffusion / Prima emissione	D. MURGESE / D. TESTA (SEA)	R. TORRI C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
A	31/01/2013	Révision suite aux commentaires LTF / Revisione a seguito commenti LTF	D. MURGESE / D. TESTA (SEA)	R. TORRI C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
B	05/02/2013	Passage status AP/ Passaggio stato AP	D. MURGESE / D. TESTA (SEA)	R. TORRI C. OGNIBENE	L. CHANTRON M. PANTALEO
C	05/01/2017	Première émission phase PR / PRV Prima emissione fase PR / PRV	A. RIELLA (GEODATA)	A. EUSEBIO C. OGNIBENE	L. CHANTRON A. MORDASINI
D	21/03/2017	Reception observations TELT / Recepimento osservazioni TELT	A. RIELLA (GEODATA)	A. EUSEBIO C. OGNIBENE	L. CHANTRON A. MORDASINI
E	14/04/2017	Reception observations TELT / Recepimento osservazioni TELT	A. RIELLA (GEODATA)	A. EUSEBIO C. OGNIBENE	L. CHANTRON A. MORDASINI
F	05/05/2017	Reception observations TELT / Recepimento osservazioni TELT	A. RIELLA (GEODATA)	A. EUSEBIO C. OGNIBENE	L. CHANTRON A. MORDASINI

CODE DOC	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>V</b>	<b>C</b>	<b>3</b>	<b>B</b>	<b>T</b>	<b>S</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>F</b>
	Phase / Fase			Sigle étude / Sigla			Émetteur / Emittente			Indice	

<b>A</b>	<b>P</b>	<b>N</b>	<b>O</b>	<b>T</b>
Statut / Stato		Type / Tipo		

ADRESSE GED INDIRIZZO GED	<b>C3B</b>	//	//	<b>00</b>	<b>04</b>	<b>03</b>	<b>10</b>	<b>03</b>
------------------------------	------------	----	----	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

<b>ECHELLE / SCALA</b>
-



TELT sas – Savoie Technolac - Bâtiment "Homère"  
13 allée du Lac de Constance – 73370 LE BOURGET DU LAC (France)  
Tél. : +33 (0)4.79.68.56.50 – Fax : +33 (0)4.79.68.56.75  
RCS Chambéry 439 556 952 – TVA FR 03439556952  
Propriété TELT Tous droits réservés – Proprietà TELT Tutti i diritti riservati

Questo progetto  
è cofinanziato  
dall'Unione europea  
(FIS-TREN)



Questo progetto  
è cofinanziato  
dall'Unione europea  
(FIS-T)

## SOMMAIRE / INDICE

RESUME/RIASSUNTO .....	5
1. INTRODUZIONE .....	8
2. DEFINIZIONE DELLE PROBLEMATICHE CONNESSE ALLO SCAVO IN ROCCE POTENZIALMENTE AMIANTIFERE .....	15
2.1 Premessa .....	15
2.2 Definizione di amianto .....	16
2.2.1 Aspetti mineralogico-morfologici.....	16
2.2.2 Cenni sul contesto geologico - strutturale di formazione dell'amianto.....	17
2.2.3 Pericolosità dei materiali di scavo .....	18
LA DETERMINAZIONE DELLE PRESENZA DI MINERALI ASBESTIFORMI È CONDIZIONE NECESSARIA (MA NON SUFFICIENTE) PER LA CORRETTA GESTIONE DEI MATERIALI DI RISULTA DELLO SCAVO. ....	18
PER QUANTO RIGUARDA LA DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEI MATERIALI INERTI (QUALI IL MARINO DI GALLERIE), L'INDICE CHE PERMETTE DI DEFINIRE LA SOGLIA DI AMMISSIBILITÀ DEL CONTENUTO DI MINERALI ASBESTIFORMI È DETTO INDICE DI RILASCIO (IR), ED È STATO DEFINITO DAL DECRETO DEL MINISTERO DELLA SANITÀ DEL 14/5/1996.....	18
2.3 Definizione delle procedure di gestione del materiale di scavo .....	19
2.3.1 Precauzioni in fase di realizzazione delle opere sotterranee.....	19
2.4 Contesto geologico - litologico dell'area di studio in relazione alla formazione dell'amianto .....	20
2.4.1 Risultati dello studio del Politecnico di Torino per la valutazione della concentrazione in amianto della zona di Mompantero. ....	21
2.4.1.1 Risultati delle analisi dei campioni prelevati dai sondaggi.....	21
2.4.1.2 Risultati delle analisi sui campioni prelevati da affioramenti.....	30
2.4.2 Analisi condotte in contraddittorio con ARPA Piemonte.....	32
2.4.3 Risultati dello studio nell'area di Mompantero.....	33
2.4.4 Considerazioni sul rischio amianto .....	35
2.5 Stima dei volumi di rocce contenenti amianto .....	36
2.5.1 Settore di Mompantero (attraversamento delle rocce riferibili alle categorie R2 e R3).....	36
2.5.2 Settori caratterizzati dalla presenza di rocce riferibili alle categorie R1 e R2....	37
3. PROCEDURE DI GESTIONE DEL MATERIALE DI SCAVO .....	37
3.1 Settore Mompantero scavo di rocce appartenenti alle categorie R3 e R2 .....	38
3.1.1 Indagini in avanzamento per riconoscimento delle zone con rocce verdi .....	39
3.1.2 Metodi di scavo.....	39
3.1.3 Percorso dello smarino e confezionamento in contenitori (Scavo con TBM) ....	40
3.1.4 Sezioni allargate in prossimità dell'imbocco.....	43
3.1.5 Trattamento delle acque .....	43
3.1.6 Percorso dei mezzi verso i depositi.....	43
3.1.7 Stoccaggio dei materiali.....	44
3.1.8 Considerazioni geologiche per le gallerie di stoccaggio.....	46
3.1.9 Impermeabilizzazione delle gallerie .....	48
3.1.10 Sintesi delle quantità messe in deposito .....	48
3.1.11 Opere propedeutiche all'imbocco Est .....	48
3.1.12 Lavaggio e smontaggio della TBM .....	49

3.2	Gestione delle rocce verdi per altre tratte .....	49
3.2.1	Tratte in tradizionale - Tunnel di Interconnessione: rocce appartenenti alla categoria R1 .....	49
3.2.2	Tratte in meccanizzato .....	51
4.	BIBLIOGRAFIA .....	53

### LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figura 1	– Ubicazione dei sondaggi considerati per la valutazione delle concentrazioni in amianto negli ammassi rocciosi nella zona dell'imbocco est del Tunnel di Base. ....	22
Figura 2	– Ubicazione dei sondaggi considerati per la valutazione delle concentrazioni in amianto negli ammassi rocciosi in Valle Clarea. ....	23
Figura 3	– Concentrazioni in amianto totale (mg/kg) rilevate per i campioni prelevati dal sondaggio S8 (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005). ....	25
Figura 4	– Concentrazioni in amianto totale (mg/kg) rilevate per i campioni prelevati dal sondaggio S9. ....	28
Figura 5	– Concentrazioni in amianto totale (mg/kg) rilevate per i campioni prelevati dal sondaggio S11. ....	30
Figura 6	– Principali settori nella zona di Mompantero in cui sono state riconosciute rocce potenzialmente amiantifere .....	35
Figura 7	– Stralcio del profilo geologico-geomeccanico in asse Tunnel di Base nella zona dell'imbocco est del Tunnel di Base (rif. PRVC3BTS30006). ....	37
Figura 8	– Trasporto dello smarino e dei cassoni .....	40
Figura 9	– Trasporto dello smarino nella zona di testa della TBM.....	41
Figura 10	– Trasporto dello smarino e confezionamento.....	41
Figura 11	– Tipi di cassoni (da CSP) .....	42
Figura 12	– Confezionamento in contenitori .....	42
Figura 13	– Trasporto dei contenitori e lavaggio dei mezzi.....	43
Figura 14	– Percorso dei mezzi dall'area di confezionamento fino all'area di stoccaggio.....	44
Figura 15	– Planimetria delle zone di stoccaggio in Maddalena 1 e Maddalena 1bis (PRV_C3A_3803_26-48-10) .....	45
Figura 16	– Planimetria delle zone di stoccaggio in Maddalena 2 (PRV_C3A_7520_26-48-11) .....	46
Figura 17	– Sezione trasversale di Maddalena 1 con il Tunnel di Base .....	48

### LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1	– Elenco delle prescrizioni della delibera CIPE 19/2015 ottemperate nel presente rapporto. ....	14
Tabella 2	– Elenco dei campioni considerati per la valutazione dei tenori in amianto totale (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005). ....	21
Tabella 3	– Elenco dei campioni considerati per la valutazione dei tenori in amianto totale (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005). ....	21
Tabella 4	– Tenori in amianto rilevati per il campione prelevato dalla carota del sondaggio S4 (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005). ....	23
Tabella 5	– Tenori in amianto rilevati per i campioni prelevati dalla carota del sondaggio S8 (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005). ....	24

Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

---

Tabella 6 – Tenori in amianto rilevati per i campioni prelevati dalla carota del sondaggio S9 (0 m -278 m) (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).....	26
Tabella 7 – Tenori in amianto rilevati per i campioni prelevati dalla carota del sondaggio S9 (278 m -335,5 m) (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).....	27
Tabella 8 – Tenori in amianto rilevati per i campioni prelevati dalla carota del sondaggio S9 (335,5 m -351,7m) (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).....	28
Tabella 9 – Tenori in amianto rilevati per i campioni prelevati dalla carota del sondaggio S11 (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).....	29
Tabella 10 – Elenco dei campioni considerati per la valutazione dei tenori in amianto totale (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).....	31
Tabella 11 – Caratterizzazione e misurazione della concentrazione di amianto nei campioni prelevati da ammassi rocciosi (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).....	32
Tabella 12 – Esito della analisi condotte da LTF in contraddittorio con ARPA Piemonte su campioni prelevati dalla carota del sondaggio S42.....	33
Tabella 13 – Risultati delle analisi di valutazione della presenza di mineralizzazioni amiantifere nella zona di Mompantero.....	34
Tabella 14 – Caratterizzazione delle formazioni interessate dalle attività di scavo in sotterraneo in funzione della possibilità di rinvenimento di rocce o intercalazioni con presenza di amianto.....	36
Tabella 15 – stima della produzione di smarino potenzialmente contenente amianto, in funzione della litologia e opera.....	38

## RESUME/RIASSUNTO

Ce document est établi afin de définir les procédures de gestion des matériaux d'excavation contenant de l'amiante produits pendant la réalisation des ouvrages du projet. La rédaction du document est en outre définie en fonction des prescriptions de la résolution du CIPE du 20 Février 2015 n. 235, 16-26.

Sur la base du modèle géologique de référence défini en phase du Progetto Definitivo Approvato, basé sur les analyses sur la teneur en amiante réalisées par le Politecnico di Torino, lors de la phase de conception de l'APR2006, et par LTF, lors de l'examen de l'avant-projet de la nouvelle ligne Lyon-Turin (NLTL), le secteur le plus critique est lié à l'excavation des premiers 350-400 m environ, du tunnel de base à partir du portail est (secteur de Mompantero). Pour ce secteur on prévoit l'excavation de metabasites (OMB) de l'Unité océanique de la Zone Piémontaise. Les analyses menées par le Politecnico di Torino sur des échantillons de roche prélevés à partir des carottes des forages (S8, S9 et S11) indiquent, pour des lithologies similaires à celles attendues, le creusement dans des formations amiantifères dangereuses. La même étude a également pris en considération les échantillons provenant des affleurements, caractérisés par une évidente présence de minéraux fibreux (prises le long de la partie amont du concentrique de Urbiano, commune de Mompantero, et dans la Val Clarea). Les résultats qualitatifs ont permis l'identification des minéraux d'amiante sous forme de trémolite et l'actinolite. Les déterminations quantitatives de deux de ces échantillons (pris en Val Clarea) ont montrés, toutefois, des concentrations bien inférieures aux limites définies par la loi. L'analyse effectuée par LTF lors de l'examen de l'avant-projet sur des échantillons de fibres ou des échantillons de roche prélevés sur des affleurements de metabasites (prasinites, serpentinites et serpentinoschistes) en correspondance du secteur de Mompantero, indiquent la présence d'amiante sous forme fibreuse ou comme minéral (trémolite-actinolite) avec l'habit aciculaire. Sur la base

Il presente documento viene redatto al fine di definire le procedure di gestione dei materiali di scavo contenenti amianto prodotti nel corso della realizzazione delle opere in progetto. Il contenuto del documento recepisce le prescrizioni della delibera CIPE del 20 febbraio 2015 nn.235, 16-26, 52-54, 149-152.

Sulla base del modello geologico di riferimento definito in fase di Progetto Definitivo Approvato, basato sulle analisi sul contenuto in amianto condotte dal Politecnico di Torino, nella fase progettuale dell'APR2006, e da LTF, nel corso della revisione del progetto preliminare della Nuova Linea Torino-Lione (NLTL), il settore caratterizzato da maggiore criticità è relativo allo scavo dei primi 350-400 m circa del Tunnel di Base a partire dall'imbocco est dell'opera (settore di Mompantero). Per questo settore è previsto lo scavo di metabasiti (OMB) dell'unità oceanica della Zona Piemontese. Le analisi condotte dal Politecnico di Torino su campioni di roccia prelevati da carote di sondaggi (S8, S9 e S11) indicano per litologie simili a quelle attese, lo scavo entro formazioni amiantifere pericolose. Lo stesso studio ha preso inoltre in considerazione campioni prelevati da affioramenti con presenza di evidente presenza di minerali fibrosi (prelevati lungo il versante a monte del concentrico di Urbiano, comune di Mompantero, ed in valle Clarea). I risultati qualitativi hanno permesso l'identificazione dei minerali di amianto in forma di tremolite e actinolite. Le determinazioni quantitative su due di questi campioni (prelevati in Valle Clarea), hanno però rilevato concentrazioni largamente inferiori al limite di legge. Le analisi condotte da LTF nel corso della revisione del progetto preliminare, su campioni di fibre o campioni massivi prelevati da affioramenti di metabasiti (prasiniti, serpentiniti e serpentinoscisti) in corrispondenza del settore di Mompantero indicano la presenza di amianto in forma fibrosa o come minerale (tremolite-actinolite) con abito aciculare. Alla luce dei dati acquisiti con le analisi di laboratorio e del modello

des résultats de laboratoire et du modèle géologique de référence ont été définis deux principaux secteurs d'activité:

- le secteur de Mompantero, où l'excavation est prévue pour environ 350-400 m dans des metabasites de la zone Piémontaise, au sein desquelles on prévoit la présence ubiquitaire la présence ubiquitaire de certaines parties amiantifères du massif rocheux;
- les zones pour lesquelles il est estimé par prudence la présence possible de roches avec des intercalations de metabasites qui pourraient contenir de l'amiante (une telle présence est évaluée à 0,05% du volume totale des matériaux excavés).

Par rapport au Progetto Definitivo Approvato, le Progetto di Variante prévoit le stockage souterrain de roches vertes dans les portions des galeries non utilisées dans la phase d'exploitation.

La présence de l'amiante dans les massifs rocheux se répercute sur les procédures de sécurité dans l'environnement de travail, par rapport à la possible aérodispersion de fibres, et sur les procédures de gestion des matériaux d'excavation, par rapport à la teneur totale en amiante et à la classification du matériau excavé comme déchets dangereux.

Les roches vertes seront excavées en priorité au tunnelier puis confinées dans des caisses directement sur le train suiveur du tunnelier. L'excavation au tunnelier s'est avéré la méthode la plus pertinente du point de vue de la sécurité des travailleurs.

Le transport s'effectuera en utilisant les trains sur pneus du tunnelier et restera souterrain jusqu'aux galeries de stockage.

Le stockage s'effectuera dans les tronçons de galeries non utilisées en phase d'exploitation de Maddalena 1, Maddalena 1 bis et de Maddalena 2. Le bilan des volumes d'excavation porte à la nécessité de créer une galerie parallèle à la galerie Maddalena 1 de longueur 1 km (accessible depuis Maddalena 1 et appelée Maddalena 1bis) afin de stocker la totalité du volume d'excavation prévu (80.260 m<sup>3</sup> environ). Ces galeries seront

géologico di riferimento sono definiti due principali ambiti operativi:

- il settore di Mompantero, dove è previsto lo scavo per 350-400 m circa di metabasiti della Zona Piemontese lungo i quali è attesa la presenza ubiquitaria di porzioni amiantifere dell'ammasso roccioso;
- settori per i quali si valuta cautelativamente la possibile presenza di rocce con intercalazioni di metabasiti che potrebbero contenere amianto (tale presenza è valutata come lo 0,05% del materiale scavato).

Rispetto a quanto previsto nel Progetto Definitivo Approvato, il Progetto di Variante prevede lo stoccaggio delle rocce verdi in sotterraneo, nelle tratte delle galeries non utilizzate in fase di esercizio.

La presenza di amianto negli ammassi rocciosi si riflette sulle procedure di sicurezza in ambiente di lavoro, in relazione alla possibile aerodispersione di fibre, e sulle procedure di gestione del marino, in relazione al tenore in amianto totale e alla classificazione del materiale di scavo come rifiuto pericoloso.

Le rocce verdi saranno scavate principalmente con TBM poi confinate in contenitori direttamente sul back-up della TBM. Lo scavo con TBM risulta il metodo più pertinente dal punto di vista della sicurezza dei lavoratori.

Il trasporto si effettuerà utilizzando i carri gommati della TBM e resterà in sotterraneo fino allo stoccaggio.

Lo stoccaggio si effettuerà nelle tratte delle galeries Maddalena 1, Maddalena 1 bis e Maddalena 2 non utilizzate in fase di esercizio. Il bilancio dei volumi di scavo porta alla necessità di creare una galleria parallela a Maddalena 1 di lunghezza 1 km (accessibile da Maddalena 1 e denominata Maddalena 1bis) al fine di stoccare l'intero volume di scavo previsto (80.260 m<sup>3</sup> in banco circa). Queste galeries saranno riempite di malta cementizia al fine di costituire un deposito stabile ed inaccessibile in fase definitiva.

Si forniscono inoltre le procedure nel caso di rinvenimento di rocce verdi in altre tratte del tunnel di Base ed altre opere in sotterraneo sul

Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

remplies de mortier-ciment afin de constituer un dépôt stable et inaccessible en phase définitive.

Les procédures dans le cas de découverte de roches vertes dans d'autres tronçons du Tunnel de Base et d'autres ouvrages en souterrain sur le côté Italie (p. ex. Tunnel d'Interconnexion, galerie Maddalena 2, etc..) sont fournies

L'excavation du Tunnel d'Interconnexion sera réalisé en technique conventionnelle. Pour ce secteur sont prévues des mesures qui permettent l'activation immédiate des actions indiquées pour le secteur de Mompantero dans le cas où des minéraux d'amiante seraient trouvés dans les matériaux à excaver. Pour les zones d'excavation mécanisée, où la possibilité de trouver l'amiante est évaluée comme très faible, des contrôles par des forages au front d'excavation et des analyses des matériaux excavés sont prévus.

lato Italia (es. Tunnel di Interconnessione, galleria Maddalena 2, ecc..).

Per il Tunnel di Interconnessione lo scavo avverrà in tradizionale. Per questo settore sono previste misure che permettano l'immediata attivazione dei presidi indicati per il settore di Mompantero nel caso siano rinvenute porzioni dell'ammasso scavato con minerali di amianto. Per i settori di scavo meccanizzato, dove la possibilità di rinvenimento di materiali contenenti amianto è valutata come remota, sono comunque previsti controlli con sondaggi in avanzamento e analisi sul marino.

## 1. Introduzione

L'attuale fase si inquadra nell'ambito del Progetto di Riferimento in Variante della Nuova Linea Ferroviaria Torino-Lione, finalizzata alla progettazione di un nuovo scenario di costruzione del collegamento ferroviario lato Italia a seguito della delibera CIPE 19/2015 n. 235.

In particolare, la variante sicurezza ha valutato una serie di scenari alternativi rispetto a quelli proposti nel precedente Progetto Definitivo approvato, coinvolgendo nuove aree e determinando la delocalizzazione del punto di attacco dello scavo del lato italiano del Tunnel di Base alla Maddalena di Chiomonte, in precedenza previsto a Susa.

Oltre a comportare lo spostamento del principale cantiere da Susa alla Maddalena, la variante determina la necessità di progettare e realizzare nuove opere in sotterraneo, tra le quali le nuove galleria della Maddalena 2 e Maddalena 1bis e le gallerie di connessione 1 e 2.

Il presente documento viene redatto al fine di definire le procedure di gestione dei materiali di scavo contenenti amianto prodotti nel corso della realizzazione delle opere in progetto, in ottemperanza a quelle prescrizioni strettamente legate alla “Variante Maddalena” e in particolare a quelle relative all'amianto (Prescrizioni 16-26).

Il presente documento tiene inoltre conto delle osservazioni n. 49, 50, 51 e 52 della Regione Piemonte (rif. lettera prot. n. CTVA-2014-0812 del 06/03/2014).

L'insieme delle prescrizioni della delibera CIPE 19/2015, inerenti la gestione dei materiali potenzialmente contenenti amianto e che risultano ottemperate in base a quanto esposto nella presente relazione sono riportate nella tabella seguente.

16	Aggiornare le tabelle relative alla quantità dei materiali da scavo inclusi nelle classi C13a e C13b.	Nel Progetto di Variante l'aggiornamento è stato opportunamente eseguito e viene riportato: <ul style="list-style-type: none"> <li>• in diversi punti del PUT (PRV-C3B-0084_00-04-03_10-01): § 2.2; § 3.3; § 6.3;</li> <li>• in diversi punti de del Doc. PRV-C3B-0085_00-04-03_10-02 Analisi di scavo e valorizzazione: § 4.3; § 4.4; Allegato 4.</li> </ul>
17	Provvedere alla gestione del rischio sanitario correlato alla presenza di amianto anche se in concentrazione inferiore a 1000 mg/kg, al fine di una corretta gestione del rischio sanitario, vista la potenziale destinazione del materiale a ripristini ambientali, per concentrazioni sotto 1000 mg/kg (indicato dal decreto legislativo n. 152/06 e ss.mm.ii. per la caratterizzazione dei rifiuti).	Le procedure di controllo e di gestione del materiale di scavo sono definite in funzione della possibilità di rinvenimento di rocce o intercalazioni con presenza amianto secondo una caratterizzazione qualitativa che prevede 4 livelli di rischio di rinvenimento di rocce o intercalazioni amiantifere. (PRV-C3B-0086_00-04-03_10-03 §2.4.4 e Cap.3; PRV_C3B_0084 §6.) Inoltre il Progetto di Variante non prevede alcun utilizzo del materiale potenzialmente contenente amianto, che verrà nel suo complesso interamente gestito e stoccato in sotterraneo, indipendentemente dalla soglia di concentrazione di 1000 mg/kg. (PRV-C3B-0086_00-04-03_10-03 §2.5 e Cap. 3). Per quanto riguarda il rischio sanitario dei lavoratori, nel Dossier specifico del Piano di



Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

		<p>Sicurezza e Coordinamento (PSC) lato Italia (doc. PRV_CSP_0053) presso i capitoli 10.3 e 10.4 vengono definite le classi di rischio per i lavoratori e le modalità di campionamento presso gli ambienti di lavoro indipendentemente dalla concentrazione di 1000 mg/kg.</p>
18	<p>In rispetto alle prescrizioni di natura sanitaria, nelle zone di taglio, provvedere alla valutazione delle fibre liberabili e quindi dell'indice di rilascio (IR) ai sensi del decreto ministeriale 14 maggio 1996 il cui limite è fissato a 0.1 per la non pericolosità del materiale (decreto ministeriale 14 maggio 1996 - All. 4B), da determinarsi con analisi in SEM/EDS della polvere prodotta dalla macinazione totale del campione (valore di concentrazione in peso dell'amianto totale espresso in ppm).</p>	<p>La valutazione dell'I.R. è un'analisi prevista e descritta nel rapporto sulla Gestione del materiale contenente amianto (PRV-C3B-0086_00-04-03_10-03 §2.2.3). La determinazione dell'IR viene indicata tra le procedure da applicare, secondo il DM del 14/5/96) in tutti i casi in cui venga determinata la possibile presenza di amianto, incluse le zone di taglio (PRV-C3B-0086_00-04-03_10-03 Cap. 3.2)</p> <p>Per quanto riguarda la sicurezza dei lavoratori, nel Dossier specifico del Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC) lato Italia (doc. PRV_CSP_0053) presso i capitoli 10.3 e 10.4 vengono definite le classi di rischio per i lavoratori e le modalità di campionamento presso gli ambienti di lavoro indipendentemente dalla concentrazione di 1000 mg/kg.</p>
19	<p>Valutare in via preventiva la misura media del contenuto di fibre "liberabili" dal materiale e quindi l'indice di rilascio (IR &lt; 0,1) ai sensi del decreto ministeriale 14 maggio 1996, anche ai fini dell'ammissibilità dei rifiuti contenenti amianto in discarica ai sensi del decreto ministeriale 27 settembre 2010.</p>	<p>La valutazione dell'I.R. è un'analisi prevista e descritta nel rapporto sulla Gestione del materiale contenente amianto (PRV-C3B-0086_00-04-03_10-03 §2.2.3). La determinazione dell'IR viene indicata tra le procedure da applicare, secondo il DM del 14/5/96) in tutti i casi in cui venga determinata la possibile presenza di amianto, incluse le zone di taglio (PRV_C3B_0086 Cap. 3.2)</p> <p>Nel PUT (PRV-C3B-0084_00-04-03_10-01) al §6.2 si prevede che il set di parametri da analizzare sul materiale di scavo dovrà comprendere gli analiti indicati nella Tabella 31 e l'I.R. secondo le modalità indicate nel D.M. del 15/5/1996.</p> <p>Al §7.3 si specifica che I materiali che a seguito delle analisi non dovessero risultare idonei agli utilizzi previsti saranno conferiti in discarica ai sensi del DM Ambiente 27 settembre 2010.</p> <p>Per quanto riguarda la sicurezza dei lavoratori, nel Dossier specifico del Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC) lato Italia (doc. PRV_CSP_0053) presso i capitoli 10.3 e 10.4 vengono definite le classi di rischio per i lavoratori e le modalità di campionamento presso gli ambienti di lavoro indipendentemente dalla concentrazione di 1000 mg/kg.</p>
20	<p>Coordinare tutti i documenti relativi al rischio amianto, compreso il Piano di sicurezza e coordinamento, con le procedure previste per la gestione del rischio amianto all'interno dell'apposito Protocollo Operativo.</p>	<p>I documenti prodotti nell'ambito del Progetto di Variante, ed in particolare i doc. PRV-C3B-0084_00-04-03_10-01 e PRV_CSP_0053 sono tra loro coordinati e descrivono nel dettaglio i protocolli operativi previsti per la gestione del</p>

Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

		rischio amianto.
21	<p>Poiché è possibile che nelle tratte in cui ci possano essere porzioni con un indice di rilascio &gt;0,1, di collegare la gestione del materiale come C13a al valore dell'IR e di svolgere l'analisi sul campione tal quale e non solo sul passante a 2 cm. Inoltre, si prescrive la valutazione dell'IR anche ai fini dell'ammissibilità dei rifiuti contenenti amianto in discarica ai sensi del decreto ministeriale 27 settembre 2010; infine, con riferimento al decreto 29 luglio 2004, n. 248, si prescrive di verificare il destino del materiale con IR superiore a 0,1, poiché solo i materiali con IR inferiore a 0,6 possono essere comunque inviati in discariche per rifiuti non pericolosi.</p>	<p>La valutazione dell'I.R. è un'analisi prevista e descritta nel rapporto sulla Gestione del materiale contenente amianto (PRV-C3B-0086_00-04-03_10-03 §2.2.3). La determinazione dell'IR viene indicata tra le procedure da applicare, secondo il DM del 14/5/96) in tutti i casi in cui venga determinata la possibile presenza di amianto, incluse le zone di taglio (PRV-C3B-0084_00-04-03_10-01 Cap. 3)                  Nel PUT (PRV-C3B-0084_00-04-03_10-01_00-04-03_10-01) al §2.2 viene prevista la valutazione dell'IR nei materiali di classe C13a. Al §6.2 si prevede inoltre che il set di parametri da analizzare sul materiale di scavo dovrà comprendere gli analiti indicati nella Tabella 31 e l'I.R. secondo le modalità indicate nel D.M. del 15/5/1996. Al §7.3 si specifica che i materiali che a seguito delle analisi non dovessero risultare idonei agli utilizzi previsti saranno conferiti in discarica ai sensi del DM Ambiente 27 settembre 2010.</p>
22	<p>Valutare il contenuto di amianto su ogni singolo campione da inviare al laboratorio dettagliando le procedure operative della campagna di campionamento con riferimento alle differenti condizioni operative (livello di rischio amianto, tecnica di scavo, etc.).</p>	<p>La prescrizione risulta ottemperata nel Progetto di Variante poiché, tutto lo scavo dei primi 350-400 m sul lato est del Tunnel di Base, zone di taglio incluse, è considerato in rocce potenzialmente amiantifere che verranno interamente gestite e stoccate in sotterraneo. Riguardo alla tutela della salute dei lavoratori, i campionamenti verranno effettuati settimanalmente, giornalmente o per ogni turno in funzione dei livelli di rischio LR-0, LR-1 e LR-2 così come definiti nel capitolo 10.3 del Dossier specifico del PSC (PRV_CSP_0053).</p>
23	<p>Per quanto riguarda il secondo ambito operativo corrispondente al tratto successivo ai primi 400 m del Tunnel, di esplicitare e dettagliare:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. modalità di gestione dei materiali previste, in particolare nei tratti nei quali la procedura si applica per i settori con livello di rischio R0-R1 scavati con tecnica TBM, prevedendo l'ispezione di un geologo sul fronte scavo;</li> <li>2. le modalità di attivazione in caso di passaggio a condizioni R2-R3, inclusi i richiami alle previsioni del PUT, del PMA e del Piano di sicurezza e coordinamento per tale condizione;</li> <li>3. le procedure previste per il caso in cui siano "riconosciuti materiali amiantiferi";</li> <li>4. le modalità di gestione di tutto il materiale scavato e riconosciuto come rifiuto pericoloso.</li> </ol>	<p>Nel Progetto di Variante le modalità di gestione dei materiali, e le procedure di verifica e quelle previste per lo scavo e la gestione dei materiali nel caso in cui fossero riscontrati minerali amiantiferi, sono descritte per i diversi settori e per le diverse modalità di scavo previste (Tunnel di Interconnessione – scavo in tradizionale; Tunnel di Base – scavo con TBM). In particolare per si vedano il § 3.2. del Doc. PRV-C3B- TS3-0086 Gestione del materiale contenente amianto ed il § 7.3 PUT (PRV-C3B-0084_00-04-03_10-01).                  Relativamente al Piano di monitoraggio ambientale le modalità di attivazione in caso di passaggio a condizioni R2-R3 sono descritte nel capitolo dedicato all'amianto (cap.8) elaborato PRV-C3C-TS3-0160 Progetto di monitoraggio Ambientale</p>

Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

24	<p>Nel caso in cui si dovesse verificare che un campione mostri valori di concentrazione degli inquinanti ricercati superiori alle CSC di cui alla tabella 1, colonna B (siti a destinazione d'uso "commerciale, industriale ed artigianale"), allegato 5, parte quarta, Titolo V del decreto legislativo n. 152/2006, il materiale presente nella relativa piazzola, che debba essere gestito univocamente in ambito normativo di rifiuto (ai sensi della Parte Quarta del decreto legislativo n. 152/2006) in quanto non risulta verificata la condizione di cui all'art. 4, co. 1, lettera d) del decreto ministeriale n. 161/2012.</p>	<p>Nel Progetto di Variante è previsto che tutto il materiale contenente amianto venga gestito e stoccato interamente in sotterraneo. E' altresì previsto che i cumuli di materiale che in seguito alla caratterizzazione ambientale dovessero presentare valori di concentrazione degli inquinanti superiori alle CSC di cui alla tabella 1, colonna B vengano gestiti come rifiuto. § 7.3 del PUT (PRV-C3B-0084_00-04-03_10-01).</p>
25	<p>Poiché l'allegato 4 sub allegato 1 al decreto ministeriale 5 febbraio 1998, individua una quantità massima annuale pari a 150.000 tonnellate, che nell'ambito complessivo di tutte le opere non siano superati tali limiti; in particolare, il Proponente, a conferma di ciò, provvederà a presentare al 31 dicembre di ogni anno, un bilancio da condividere con ARPA quale attestazione di riutilizzo.</p>	<p>All'interno del quadro progettuale la quantità di terra e rocce da scavo gestita come rifiuti comprende i materiali contenenti mineralizzazioni di Arsenico e rocce amiantifere.          I quantitativi stimati per le rocce potenzialmente contenenti mineralizzazioni di Arsenico non superano tali limiti § 5.5 del PUT (PRV-C3B-0084_00-04-03_10-01).          Il materiale contenente amianto verrà interamente gestito in sotterraneo § 6.3 del PUT (PRV-C3B-0084_00-04-03_10-01).</p>
26	<p>Che il materiale che, a seguito della caratterizzazione ambientale, non dovesse essere compatibile con le condizioni definite dal decreto ministeriale n. 161/2012 e che presenti concentrazioni di amianto superiori ai limiti di legge, debba essere gestito in accordo con quanto previsto dalla normativa rifiuti valutando tra le seguenti possibilità di destinazione:</p> <p>a) destinazione a impianto di trattamento e recupero se il materiale risponde ai requisiti del decreto ministeriale 5 febbraio 1998 e s.m.i., e risulti idoneo all'impiego come materiale da costruzione in funzione delle disposizioni della RP 112 e della RP122. Questo materiale potrà pertanto essere utilizzato presso i siti di destinazione o per la realizzazione di rilevati ai sensi del punto 7.31-bis dell'allegato 1 del decreto ministeriale 5 febbraio 1998 e s.m.i.;</p> <p>b) destinazione a impianto di trattamento e recupero se il materiale risponde ai requisiti del decreto ministeriale 5 febbraio 1998 e s.m.i., e risulti idoneo all'impiego come materiale da costruzione in funzione delle disposizioni della RP 112 e della RP122. Questo materiale potrà pertanto essere utilizzato presso i siti di destinazione o per la realizzazione di rilevati ai sensi del punto 7.31-bis dell'allegato 1 del decreto ministeriale 5 febbraio 1998 e s.m.i..</p>	<p>La gestione del materiale è prevista come descritto negli elaborati:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PRV-C3A-6042_33-01-02_10-02 Bilancio dei materiali di scavo e da costruzione – cap. 2</li> <li>• PRV-C3A-7610_33-02-02_10-07 Gestione delle rocce verdi – cap. 9</li> <li>• PRV-C3B-0084_00-04-03_10-01 Piano di utilizzo del materiale di scavo; § 3.3</li> <li>• PRV-C3B-0085_00-04-03_10-02 Analisi di scavo e valorizzazione</li> <li>• PRV-C3B-0086_00-04-03_10-03 Gestione del materiale contenente amianto</li> </ul>
52	<p>Eseguire i sondaggi prospezione di scavo: durante le fasi di scavo di ogni "tratta" dovrà essere effettuata l'esecuzione di sondaggi in prospezione sul fronte di avanzamento. Per ogni sondaggio effettuato sul fronte di scavo, è necessario che venga fornita una descrizione dettagliata della matrice e dei clasti più rappresentativi, indicando l'eventuale presenza di</p>	<p>Nel Progetto di Variante tutto lo scavo dei primi 350÷400 m sul lato est del Tunnel di Base è considerato in rocce potenzialmente amiantifere che verranno interamente gestite come materiale pericoloso a prescindere dalla concentrazione di materiale amiantifero: si veda § 3.1.1, § 3.2.1 e</p>

Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

	<p>pietre verdi e il criterio di prelievo del sub campione sul quale viene effettuata la ricerca dell'amianto. Per la determinazione degli amianti dovrà essere effettuata un'analisi è di tipo qualitativo. La metodica da prevedere è: Microscopia ottica in Contrasto di Fase - tecnica della dispersione cromatica (MOCF - DC) (Cfr. decreto ministeriale 6 settembre 1994 all. 3).</p>	<p>§3.2.2 del rapporto sulla Gestione del materiale contenente amianto (PRV-C3B-0086_00-04-03_10-03) e § 3.3 e §4 del Programma indagini (PRV-C3B-0107_00-05-05_10-01) Lo smarino prodotto in tale tratta verrà interamente gestito e stoccato in sotterraneo, nelle tratte di opera non funzionali in fase di esercizio (Maddalena 1, Maddalena 1 bis e Maddalena 2 ).</p>
<p>53</p>	<p>Caratterizzazione marino e classificazione rifiuto: deve essere effettuata l'analisi "quantitativa" del campione "tal quale", utilizzando qualsiasi metodo il cui limite di quantificazione sia inferiore a 0,1%, secondo le tecniche indicate nel decreto ministeriale 6 settembre 1994 - all. 1, a cui sia associata eventualmente una procedura di arricchimento;</p> <p>91. per lo smarino definito "C13a":</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• deve essere prevista la gestione del rischio sanitario correlato alla presenza di amianto, anche con concentrazioni inferiori al limite di 1000 mg/kg (0,1%), nell'applicazione della "normale pratica industriale". Pertanto, devono essere adottate le precauzioni previste dalla vigente normativa;</li> <li>• deve essere prevista la gestione del rischio sanitario correlato alla presenza di amianto, anche con concentrazioni inferiori al limite di 1000 mg/kg (0,1%), per tutti i materiali che vengono impiegati per la realizzazione di rilevati, opere di attraversamento e ripristino ambientale;</li> <li>• con riferimento all'articolo 1 della legge n. 257/1992, "Sono vietate l'estrazione, l'importazione, l'esportazione, la commercializzazione e la produzione di amianto, di prodotti di amianto o di prodotti contenenti amianto". I materiali di classe C13a possono essere destinati alla produzione di "inerti per calcestruzzi" solo se esenti da amianto;</li> <li>• i materiali in classe "C13a" in concentrazione inferiore a 1000 mg/kg siano ricollocati in situ, con messa in sicurezza permanente</li> </ul>	<p>Nel Dossier specifico del PSC lato Italia (PRV_CSP_0053) presso i capitoli 10.3 e 10.4 vengono definite le classi di rischio per i lavoratori e le modalità di campionamento presso gli ambienti di lavoro indipendentemente dalla concentrazione di 1000 mg/kg.</p> <p>Nessun materiale di classe 3a è destinato alla produzione di inerti per calcestruzzo. Tutti i materiali che in base alla caratterizzazione ambientale (PRV-C3B-0084_00-04-03_10-01 Piano di utilizzo del materiale di scavo, Cap.6) non dovessero risultare idonei agli utilizzi previsti saranno conferiti in discarica ai sensi del D.M. Ambiente 27 settembre 2010 "Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica - Abrogazione Dm 3 agosto 2005" o, se possibile, destinati ad impianto di trattamento e recupero previa esecuzione di test di cessione ai sensi del DM 05/02/1989 e s.m.i. e successivamente impiegati per gli interventi previsti per i siti di destinazione. Per tutti i materiali contenenti amianto è prevista gestione del marino come rifiuto speciale pericoloso che verrà gestito e stoccato interamente in sotterraneo nelle gallerie che non verranno utilizzate in fase di esercizio.</p>
<p>54</p>	<p>1. Condizioni operative in presenza di amianto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- il "sistema di compartimentazione" descritto deve essere attivato per tutte le tratte in cui viene riscontrata la presenza di "pietre verdi con potenziale presenza di amianto - RA2";</li> <li>- deve essere prodotto un "protocollo operativo" da adottare in caso di pietre verdi al fronte di scavo;</li> <li>- il concetto di quantità di amianto "elevate", riportato in diversi documenti, essendo privo di riferimenti normativi non può essere considerato un'indicazione</li> </ul>	<p>Il protocollo operativo adottato in caso di pietre verdi al fronte di scavo è indicato nella relazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• PRV-C3B-0086_00-04-03_10-03 Gestione del materiale contenente amianto; § 3.1.2</li> </ul>

Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

	<p>utile, ai fini della progettazione degli interventi.                  PMA Amianto</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- i punti di monitoraggio indicati devono essere confermati a seguito di sopralluogo congiunto con Arpa Piemonte;</li> <li>- per tutte le tratte di scavo devono essere adottate le "frequenze di campionamento" e le "soglie di riferimento" indicate nella tabella sottostante:</li> </ul> <table border="1" data-bbox="328 461 900 855"> <thead> <tr> <th>Stato</th> <th>Limite di riferimento</th> <th>Punti di monitoraggio</th> <th colspan="2">Frequenza campionamenti</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Sorveglianza</td> <td rowspan="2">Valore determinato durante l'ante opera</td> <td rowspan="2"></td> <td>2. DBM</td> <td>3. 3gg. ogni 15 gg. per turno lavorativo</td> </tr> <tr> <td>4. TBM</td> <td>5. 3gg. ogni 7 gg. per turno lavorativo</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Attenzione</td> <td>6. Se il livello di rischio è RA-1+RA-3 (prospezione sul fronte di scavo)</td> <td rowspan="2"></td> <td>7. DBM</td> <td>8. 3gg. ogni 7 gg. per turno lavorativo</td> </tr> <tr> <td>9. Superamento delle soglie all'interno del cantiere</td> <td>10. TBM</td> <td>11. Tutti i giorni 24/24</td> </tr> <tr> <td>Intervento</td> <td>12. &gt;1 f/l</td> <td>13. Tutti i punti</td> <td colspan="2">14. Tutti i giorni 24/24</td> </tr> </tbody> </table> <p>Al superamento della soglia d'intervento devono essere interrotte tutte le attività di cantiere (cfr. punto 96 - delibera CIPE n. 57/2011) e devono essere adottate tutte le procedure indicate dal decreto ministeriale 6 settembre 1994, cap.5, punto 11).</p>	Stato	Limite di riferimento	Punti di monitoraggio	Frequenza campionamenti		Sorveglianza	Valore determinato durante l'ante opera		2. DBM	3. 3gg. ogni 15 gg. per turno lavorativo	4. TBM	5. 3gg. ogni 7 gg. per turno lavorativo	Attenzione	6. Se il livello di rischio è RA-1+RA-3 (prospezione sul fronte di scavo)		7. DBM	8. 3gg. ogni 7 gg. per turno lavorativo	9. Superamento delle soglie all'interno del cantiere	10. TBM	11. Tutti i giorni 24/24	Intervento	12. >1 f/l	13. Tutti i punti	14. Tutti i giorni 24/24		<p>Il progetto di monitoraggio ambientale è stato revisionato e sono state inserite le tabelle con stato, limite e frequenza del campionamento allegate.</p> <p>Relativamente ai punti di monitoraggio, il PMA contiene la proposta progettuale la cui definizione puntuale dovrà essere confermata e condivisa con Arpa Piemonte.</p> <p>Riferimento:                  PRV-C3C-TS3-0160_01-80-01_10-01 Progetto di monitoraggio Ambientale</p>
Stato	Limite di riferimento	Punti di monitoraggio	Frequenza campionamenti																								
Sorveglianza	Valore determinato durante l'ante opera		2. DBM	3. 3gg. ogni 15 gg. per turno lavorativo																							
			4. TBM	5. 3gg. ogni 7 gg. per turno lavorativo																							
Attenzione	6. Se il livello di rischio è RA-1+RA-3 (prospezione sul fronte di scavo)		7. DBM	8. 3gg. ogni 7 gg. per turno lavorativo																							
	9. Superamento delle soglie all'interno del cantiere		10. TBM	11. Tutti i giorni 24/24																							
Intervento	12. >1 f/l	13. Tutti i punti	14. Tutti i giorni 24/24																								
<p>149</p>	<p>Durante le fasi di scavo di ogni "tratta" dovrà essere effettuata l'esecuzione di sondaggi in prospezione sul fronte di avanzamento. Per ogni sondaggio effettuato sul fronte di scavo, è necessario che venga fornita una descrizione dettagliata della matrice e dei clasti più rappresentativi, indicando l'eventuale presenza di pietre verdi e il criterio di prelievo del sub-campione sul quale viene effettuata la ricerca dell'amianto. Per la determinazione degli amianti dovrà essere effettuata un'analisi di tipo qualitativo. La metodica da prevedere è Microscopia ottica in Contrasto di Fase - tecnica della dispersione cromatica (MOCF - DC) (Cfr. decreto ministeriale 6 settembre 1994 all. 3).</p>	<p>Tale procedura è stata prevista e viene descritta al Cap 3 del Doc PRV-C3B-0086_00-04-03_10-03 Gestione del materiale contenente amianto. Nel Dossier specifico del PSC lato Italia (PRV_CSP_0053) presso i capitoli 10.10 e 10.11 vengono definite misure preventive da adottare per l'avanzamento ed i livelli di rischio e le misure da adottare per i lavoratori.</p>																									
<p>150</p>	<p>Deve essere effettuata l'analisi "quantitativa" del campione "tal quale", utilizzando qualsiasi metodo il cui limite di quantificazione sia inferiore a 0,1 per cento, secondo le tecniche indicate nel decreto ministeriale 6 settembre 1994 - all. 1, a cui sia associata eventualmente una procedura di arricchimento.</p>	<p>Tra i criteri relativi alla classificazione ed all'utilizzo delle "pietre verdi" in funzione del loro contenuto di amianto ci sono anche quelli indicati nell'Allegato 4 del D.M del 14/5/96 (Cap 3 del Doc PRV-C3B-0086_00-04-03_10-03 Gestione del materiale contenente amianto), il quale prevede tra le tecniche indicate per la quantificazione dell'amianto quelle indicate nel D.M. del 6 settembre 1994.</p> <p>Nel Dossier specifico del PSC lato Italia (PRV_CSP_0053) presso i capitoli 10.3 e 10.4 vengono definite le classi di rischio per i lavoratori e le modalità di campionamento presso gli ambienti di lavoro indipendentemente dalla concentrazione di 1000 mg/kg.</p>																									

Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

151	<p>Per lo smarino definito "CI3a":</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• deve essere prevista la gestione del rischio sanitario correlato alla presenza di amianto, anche con concentrazioni inferiori al limite di 1000 mg/kg (0,1 per cento), nell'applicazione della "normale pratica industriale". Pertanto, devono essere adottate le precauzioni previste dalla vigente normativa;</li> <li>• deve essere prevista la gestione del rischio sanitario correlato alla presenza di amianto, anche con concentrazioni inferiori al limite di 1000 mg/kg (0,1 per cento), per tutti i materiali che vengono impiegati per la realizzazione di rilevati, opere di attraversamento e ripristino ambientale;</li> <li>• con riferimento all'articolo 1 della legge n. 257/92, "Sono vietate l'estrazione, l'importazione, l'esportazione, la commercializzazione e la produzione di amianto, di prodotti di amianto o di prodotti contenenti amianto".</li> <li>• I materiali di classe CI3a possono essere destinati alla produzione di "inerti per calcestruzzi" solo se esenti da amianto; i materiali in classe "CI3a" in concentrazione inferiore a 1000 mg/kg siano ricollocati in situ, con messa in sicurezza permanente.</li> </ul>	<p>Nel Dossier specifico del PSC lato Italia (PRV_CSP_0053) presso i capitoli 10.3 e 10.4 vengono definite le classi di rischio per i lavoratori e le modalità di campionamento presso gli ambienti di lavoro indipendentemente dalla concentrazione di 1000 mg/kg.</p> <p>Nessun materiale di classe 3a è destinato alla produzione di inerti per calcestruzzo. Tutti i materiali che in base alla caratterizzazione ambientale (PRV-C3B-0084_00-04-03_10-01 Piano di utilizzo del materiale di scavo, Cap.6) non dovessero risultare idonei agli utilizzi previsti saranno conferiti in discarica ai sensi del D.M. Ambiente 27 settembre 2010 "Criteri di ammissibilità dei rifiuti in discarica - Abrogazione Dm 3 agosto 2005" o, se possibile, destinati ad impianto di trattamento e recupero previa esecuzione di test di cessione ai sensi del DM 05/02/1989 e s.m.i. e successivamente impiegati per gli interventi previsti per i siti di destinazione. Per tutti i materiali contenenti amianto è prevista gestione del marino come rifiuto speciale pericoloso che verrà gestito e stoccato interamente in sotterraneo nelle gallerie che non verranno utilizzate in fase di esercizio.</p>
152	<p>Condizioni operative in presenza di amianto:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• il "sistema di compartimentazione" descritto deve essere attivato per tutte le tratte in cui viene riscontrata la presenza di "pietre verdi con potenziale presenza di amianto -RA2";</li> <li>• deve essere prodotto un "protocollo operativo" da adottare in caso di pietre verdi al fronte di scavo.</li> <li>• Il concetto di quantità di amianto "elevate", riportato in diversi documenti, essendo privo di riferimenti normativi non può essere considerato un'indicazione utile, ai fini della progettazione degli interventi.</li> </ul>	<p>Le condizioni operative da attuare in presenza di amianto sono descritte nel Cap. 3 della relazione PRV-C3B-0086_00-04-03_10-03 Gestione del materiale contenente amianto ed al Cap. 2 del doc. PRV-C3A-TSE3-6042 Bilancio Materiali Scavo e costruzione</p> <p>All'interno del Progetto di Variante vengono considerati come rifiuto pericoloso, e come tali trattati, tutti i materiali contenenti amianto, a prescindere dalla quantità di materiale riscontrata.</p> <p>Nel Dossier specifico del PSC lato Italia (PRV_CSP_0053) presso il capitolo 10 vengono definite le compartimentazioni e le modalità di realizzazione.</p>

**Tabella 1 – Elenco delle prescrizioni della delibera CIPE 19/2015 ottemperate nel presente rapporto.**

Sulla base del modello geologico di riferimento, in relazione al tema delle rocce verdi sono identificati due principali ambiti operativi, per i quali sono definite due modalità di gestione di seguito schematizzati.

1. Il primo ambito è quello relativo allo scavo del primo tratto del Tunnel di Base a lato Est, per una lunghezza di 350-400 m circa. In Progetto Definitivo Approvato lo scavo di tale tratta era previsto tramite l'utilizzo del Martello Demolitore Idraulico a partire dall'imbocco lato Susa. La gestione del materiale di scavo prevedeva la sigillatura del marino in big bags e il successivo trasporto a discarica, a mezzo ferrovia, nei siti di smaltimento in Germania (distanze da percorrere fino a 1400 km). Il Progetto di Variante (PRV) porta ad una variazione delle configurazioni di scavo e delle opere

nella zona di Maddalena (si veda ad es. la relazione PRV\_C30\_7190\_20-00-50), generando parti di opere che non hanno particolari funzionalità in fase di esercizio. Queste gallerie sono dunque utilizzate per lo stoccaggio delle rocce verdi. Lo stoccaggio in sotterraneo anziché l'evacuazione via treno ed il cambiamento del metodo di scavo (TBM anziché martello demolitore) porta a cambiamenti notevoli in merito alla logistica ed al confezionamento dello smarino. Il dettaglio delle modalità di gestione è riportato nella relazione PRV\_C3A\_7610\_33-02-02.

2. Il secondo ambito operativo, riguarda lo scavo di quelle tratte in cui il modello prospetta una possibilità remota di attraversamento di rocce (ad es. calcescisti, micascisti di Clarea o zone di faglia) con intercalazioni di metabasiti o di mineralizzazioni asbestiformi, per le quali una minima aliquota potrebbe essere caratterizzata dalla presenza di amianto. Si ricorda che lo scavo del cunicolo esplorativo della Maddalena, avvenuto per la maggior parte nei micascisti di Clarea, non ha attraversato rocce contenenti minerali di amianto

Il quadro normativo di riferimento è trattato nell'allegato 4.1 del Dossier Preliminare della Sicurezza (documento PRV\_C1\_0003\_00-00-00\_10-03). In particolare, per il presente elaborato, le norme più rilevanti sono costituite da:

- D. Lgs. 152/2006 e s.m.i;
- D.M. Ambiente 10 agosto 2012 n. 161 – Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo
- D. M. Sanità 14 maggio 1996 - Normative e metodologie tecniche per gli interventi di bonifica.
- Decreto Legislativo 9 aprile 2008 Numero 81, Titolo IX, Capo III in materia di sicurezza sul luogo di lavoro
- Decreto Ministeriale 6 settembre 1994

## **2. Definizione delle problematiche connesse allo scavo in rocce potenzialmente amiantifere**

### **2.1 Premessa**

Sulla base del modello geologico di riferimento, in relazione al tema amianto sono identificati due principali ambiti operativi, per i quali sono definite due modalità di gestione dei materiali amiantiferi anticipate nel capitolo introduttivo.

Il primo ambito è quello relativo allo scavo dell'ultimo tratto del Tunnel di Base, lato imbocco est, per una lunghezza di circa 350-400 m. Dal punto di vista geologico, questo tratto è caratterizzato dalla presenza di rocce basiche e ultrabasiche (sequenza ofiolitica) appartenenti al complesso delle unità oceaniche: si tratta di prasiniti a grana fine, dal colore verde, composte principalmente da anfibolo, clorite, epidoto e plagioclasio albitico e da serpentiniti, generalmente massicce, a grana medio – fine e costituite principalmente da serpentino e clorite. Le rocce di questo settore sono talora comprese in zone di taglio fragile – duttile nelle quali è stata segnalata la presenza di vene ad anfibolo con tessitura fibrosa. Studi precedenti hanno messo in evidenza come mineralizzazioni contenenti amianto con caratteristiche asbestiformi siano state riconosciute in alcuni campioni di roccia prelevati in superficie. Le specie mineralogiche amiantifere sono costituite da tremolite, attinolite e crisotilo e il carattere asbestiforme è particolarmente elevato all'interno delle zone di taglio. Si tratta degli studi realizzati dal Politecnico di Torino (2003-2004-2005), dal Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Torino (2005) e da LTF stessa (2009).

Per le altre porzioni del tracciato, il modello geologico di riferimento non indica ulteriori settori per i quali sia accertato l'attraversamento di ammassi rocciosi contenenti minerali di amianto; il modello prospetta piuttosto una possibilità remota di attraversamento di rocce (ad es. calcescisti, micascisti di Clarea o zone di faglia) con intercalazioni di metabasiti o di mineralizzazioni asbestiformi, per le quali una minima aliquota potrebbe essere caratterizzata dalla presenza di amianto.

## 2.2 Definizione di amianto

### 2.2.1 Aspetti mineralogico-morfologici

I termini amianto e asbesto sono sinonimi e sono utilizzabili per definire un gruppo di silicati appartenenti alla famiglia degli anfiboli e del serpentino caratterizzati da una morfologia di tipo fibroso. La caratteristica principale di questi minerali è quella di sfilacciarsi e separarsi in fibre estremamente fini che possono raggiungere diametri inferiori a 0,1 µm.

Gli aspetti connessi alla tutela della salute in relazione ai minerali amiantiferi sono pertanto legati, da un lato, all'aspetto mineralogico, e, dall'altro, a quello morfologico delle fibre. Si possono avere, infatti, casi in cui le fibre, pur essendo di dimensioni inferiori a 0,1 µm, non appartengono ad una famiglia mineralogica considerata come amianto; in altri casi una specie mineralogica potenzialmente amiantifera può non avere abito fibroso così da non rientrare nel dominio delle fibre e quindi dell'amianto. Nella definizione di una fibra di amianto le normative vigenti tengono in considerazione questi due elementi: mineralogico e morfologico.

#### I minerali dell'amianto

La normativa italiana<sup>1</sup> considera e regola come amianto i minerali appartenenti a due gruppi mineralogici principali, quello degli anfiboli e quello del serpentino.

I principali minerali dell'amianto appartenenti al gruppo degli anfiboli sono:

<b>Crocidolite</b>	$\text{Na}_2(\text{Mg,Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Varietà fibrosa dell'anfibolo riebeckite;
<b>Amosite</b>	$(\text{Mg,Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Varietà fibrosa della serie di anfiboli grunerite – cummingtonite;
<b>Antofillite</b>	$(\text{Mg,Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Varietà fibrosa dell'omonimo anfibolo;
<b>Attinolite</b>	$\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Varietà fibrosa dell'omonimo anfibolo;
<b>Tremolite</b>	$\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Varietà fibrosa dell'omonimo anfibolo.

L'unica varietà considerata amianto dalla legislazione vigente per il gruppo del serpentino è:

<b>Crisotilo</b>	$\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	Varietà fibrosa del serpentino.
------------------	---	---------------------------------

#### La fibra asbestiforme

La normativa italiana definisce una fibra asbestiforme quella che presenta diametro massimo pari a 3 µm, e lunghezza minima di 5 µm; inoltre, un rapporto Lunghezza / Diametro  $\geq 3:1$  definisce una fibra nociva per la salute (pericolosa). Questi parametri morfologici sono considerati durante le analisi per il riconoscimento delle fibre pericolose.

#### Aspetti problematici legati alla determinazione dell'amianto

<sup>1</sup> Decreto Ministeriale 14 maggio 1996, Decreto Legislativo 9 aprile 2008 Numero 81, Titolo IX, Capo III



La determinazione della presenza di una specie amiantifera o asbestiforme in una roccia, cioè in un materiale naturale non è però sempre così chiara ed evidente. Infatti, vi sono alcuni casi in cui i limiti di rilevazione degli strumenti analitici o i parametri mineralogici - morfologici dei minerali non danno risultati di facile ed univoca interpretazione.

Ad esempio in vari casi naturali si ha presenza di anfiboli di tipo tremolite - attinolite che cristallizzano con geometrie aciculari e a grana estremamente fine. Questi minerali sono in genere inglobati e cementati all'interno della roccia o di altri minerali e non rispettano i parametri morfologici che sono utilizzati nella definizione di fibra pericolosa.

Un altro caso tipico è l'intima associazione, all'interno di una roccia, di una stessa fase mineralogica con caratteri asbestiformi e non asbestiformi. È il caso, per esempio, di un'anfibolite contenente actinolite fibrosa e non fibrosa o di una serpentinite costituita da un melange di antigorite (specie non dell'amianto) e crisotilo (specie dell'amianto) con, per esempio, un rapporto uguale o maggiore di 10:1. In questi casi il risultato di un'analisi su roccia totale su un campione del tipo indicato, effettuata con metodi come la diffrazione RX o la spettroscopia micro - raman, non sarebbe univoco ma differentemente interpretabile<sup>2</sup>. Infatti, questi metodi risultano affidabili nel caso di analisi su una singola specie minerale (Surace, Torri, Murgese, & Dematteis, 2011).

In conclusione, le problematiche del riconoscimento delle specie mineralogiche amiantifere su roccia (campione naturale) sono connesse soprattutto al fatto che una roccia contiene minerali amiantiferi da un punto di vista mineralogico ma non da un punto di vista morfologico. In questi casi l'analisi può avere come risultato l'assenza di fibre pericolose (ai sensi di legge).

Bisogna comunque tenere in considerazione che, se queste rocce durante una fase di scavo sono sottoposte ad un'azione meccanica anche debole si potranno generare fibre a tutti gli effetti amiantifere. Nel caso di un monitoraggio dell'aria durante una fase di scavo, questi minerali sarebbero a tutti gli effetti macinati e dispersi nell'aria e dunque rilevati come fibre di amianto respirabili.

### ***2.2.2 Cenni sul contesto geologico - strutturale di formazione dell'amianto***

Dal punto di vista genetico tutti i minerali potenzialmente amiantiferi cristallizzano con morfologie fibrose solo in determinate condizioni termobariche. A grandi linee, queste condizioni sono quelle tipiche di grado metamorfico medio - basso legate ad un'importante circolazione di fluidi. La presenza di minerali amiantiferi all'interno di un ammasso roccioso è, in genere, circoscritta nell'intorno e all'interno di vene e fratture mineralizzate o a zone di taglio fragile - duttile che formano delle fasce a potenza variabile all'interno delle rocce. Inoltre, la concentrazione di fibre di amianto in una roccia può essere estremamente variabile e spesso compresa in tenori inferiori al 10% in volume della roccia. Concentrazioni più elevate o tendenti al 100% si osservano essenzialmente nelle vene mineralizzate. A titolo di esempio va ricordato che la gran parte dei giacimenti di amianto esistenti si trova proprio in grandi zone di taglio duttile e i tenori di amianto nella roccia estratta di rado superano il 10% in volume. Da un punto di vista litologico, inoltre, solo alcuni tipi di rocce contenenti determinati costituenti mineralogici possono dare origine a minerali dell'amianto mentre altre litologie risultano da questo punto di vista completamente "sterili". In particolare le rocce potenzialmente amiantifere sono associate a litotipi basici, ultrabasici ed in misura minore a rocce dolomitiche mentre le rocce quarzose - feldspatiche e carbonatiche - calcaree sono da considerarsi prive di minerali amiantiferi.

---

<sup>2</sup> Decreto Ministeriale 6 settembre 1994, Allegato 1.

### 2.2.3 Pericolosità dei materiali di scavo

La determinazione della presenza di minerali asbestiformi è condizione necessaria (ma non sufficiente) per la corretta gestione dei materiali di risulta dello scavo.

Per quanto riguarda la definizione della pericolosità dei materiali inerti (quali il marino di gallerie), l'indice che permette di definire la soglia di ammissibilità del contenuto di minerali asbestiformi è detto Indice di Rilascio (IR), ed è stato definito dal Decreto del Ministero della Sanità del 14/5/1996.

L'indice di Rilascio (IR) viene determinato seguendo una procedura specifica di seguito descritta:

- pesatura del materiale;
- prova di sfregamento tramite automacinazione per quattro ore con apposita macchina le cui caratteristiche vengono definite nel decreto;
- lavaggio del materiale, filtrazione del liquido di lavaggio e raccolta della polvere su filtro;
- analisi della polvere con metodi quantitativi per la valutazione della presenza di amianto in fibre (e.g., infrarossi, SEM).
- I limiti ammissibili di concentrazione di asbesto sono definiti sulla base della seguente formula:

$$IR = \% \text{ amianto liberata} / \% \text{ densità relativa}$$

dove la % densità relativa è definita dalla seguente espressione:

$$\% \text{ densità relativa} = \text{densità apparente} / \text{densità assoluta}$$

intendendo per densità apparente quella del materiale dopo l'aumento di volume determinato dalla prova di automacinazione e la densità assoluta quella della roccia intatta.

Secondo il DM 14/5/96 i materiali in breccia debbono avere un  $IR < 0,1$  per poter essere considerati non pericolosi e quindi riutilizzati come inerti.

Un aspetto fondamentale nella determinazione dell'IR è costituito dal concetto di campionamento rappresentativo introdotto nel DM del 14/5/1996, ovverosia dalla significatività del prelievo e delle analisi dei materiali che vengono sottoposti al test di rilascio. Poiché, infatti, la normativa vigente impone che detto test venga eseguito ogni  $1000 \text{ m}^3$  di materiale, se ne desume che il campione da sottoporre ad analisi debba essere rappresentativo di detta massa. La stessa normativa prevede inoltre che nel caso in cui fossero rilevati filoni contenenti amianto, il campionamento sul materiale in breccia dovrà avvenire con frequenza di un campione ogni  $100 \text{ m}^3$ .

La correttezza dell'IR e della rappresentatività del campionamento assumono dunque un ruolo di primaria importanza per la determinazione del livello di rischio costruttivo associato alla presenza di minerali asbestiformi, che ha le sue dirette conseguenze in termini di tempi e costi di realizzazione dell'opera.

In sintesi, sulla base della normativa vigente si conclude che:

1. nel caso in cui l'IR sia inferiore a 0,1 il materiale potrà essere riutilizzato a vari scopi;
2. nel caso in cui l'IR sia superiore a 0,1 il materiale potrà seguire due diversi destini:
  - a) smaltimento in discarica seguendo le indicazioni della normativa discariche

D. Lgs. 36/2003: in funzione della verifica di non pericolosità (allegato 2, tab 1, DM 3 agosto 2005), il materiale di risulta potrà essere smaltito in discarica per rifiuti non pericolosi, altrimenti dovrà essere smaltito in discarica per rifiuti pericolosi;

- b) trattamento del materiale di risulta in impianti autorizzati secondo gli artt. 208-209 del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.:
- nel caso in cui il trattamento risponda alle caratteristiche definite nella Tab. A del DM 248 del 29/07/2004 ed il prodotto generato presenti un indice di rilascio  $< 0,6$ , esso potrà essere conferito in discarica per rifiuti non pericolosi, diversamente dovrà essere smaltito in discarica per rifiuti pericolosi;
  - nel caso in cui il trattamento risponda alle caratteristiche definite nella Tab. B del DM 248 del 29/07/2004 ed il prodotto generato presenti le caratteristiche previste dall'allegato 3 dello stesso decreto, il materiale potrà essere utilizzato come materia prima.

## 2.3 Definizione delle procedure di gestione del materiale di scavo

### 2.3.1 Precauzioni in fase di realizzazione delle opere sotterranee

Di seguito in modo schematico sono forniti gli elementi di precauzione considerati ai fini del trattamento del materiale contenente amianto durante le fasi di scavo, trattamento e messa a dimora dello stesso.

Tutte queste fasi devono essere eseguite in ottemperanza al Decreto Legislativo 9 aprile 2008 Numero 81, Titolo IX, Capo III in materia di sicurezza sul luogo di lavoro.

#### Operazioni di scavo

- scelta della tecnica di scavo è stata fatta sulla base dei risultati di analisi preventive atte a determinare la concentrazione e la distribuzione delle rocce amiantifere e rappresenta dunque la soluzione tecnica che meglio si adatta a caratteristiche di ciascuna tratta;
- definizione della misure di sicurezza dell'ambiente di lavoro: monitoraggio aria di galleria e acqua di ricircolo;
- confinamento delle aree di scavo:
  - compartimentazione delle aree per livello di contaminazione con barriere dinamiche ad acqua;
  - gestione acque di lavorazione. La necessità di garantire l'abbattimento delle polveri in fase di scavo, mediante continua bagnatura del fronte, e la presenza di sistemi di confinamento dinamico (barriere ad acqua) comporta un'ingente consumo di acqua per cui devono essere previsti impianti di riuso (depurazione e filtraggio assoluto);
  - filtrazione dell'aria della galleria (sistema con sola aspirazione al fronte e filtri assoluti prima dell'immissione in atmosfera);
- gestione dei mezzi e materiali:
  - lavaggio dei mezzi;
  - gestione delle aree di lavaggio.

### Gestione del marino

- sigillatura del marino secondo la normativa;
- gestione dei materiali di lavoro da trattare come rifiuti speciali pericolosi;
- identificazione delle aree o dei metodi di smaltimento:
  - discarica per rifiuti pericolosi;

### Aspetti ambientali

- monitoraggio aria esterna;
- monitoraggio acque;
- informazione della popolazione e delle autorità locali con reporting periodico dei risultati dei monitoraggi;
- definizione di procedure per la gestione emergenze esterne (es. integrazione dei piani di protezione civile) se necessario.

## **2.4 Contesto geologico - litologico dell'area di studio in relazione alla formazione dell'amianto**

Come già precedentemente accennato, l'area relativa alla zona di Mompantero, ove è previsto l'imbocco est del Tunnel di Base, è caratterizzata dalla presenza di rocce ofiolitiche appartenenti all'Unità tettonometamorfica della Zona Piemontese riequilibrata in facies scisti verdi. All'interno di questa unità sono presenti litotipi di differente chimismo e la presenza di minerali amiantiferi è strettamente dipendente dalla mineralogia della roccia ospite. Il tracciato esaminato prevede lo scavo di un tratto di circa 350-400 metri all'interno di questi litotipi. Nel contesto geolitologico dell'area di studio solo alcune rocce possono contenere potenzialmente dell'amianto e solo alcune determinate specie mineralogiche amiantifere possono essere presenti a seconda della litologia della roccia. Nel caso specifico le litologie che possono potenzialmente ospitare amianto sono le seguenti:

- rocce basiche in genere, in particolare prasiniti, scisti anfibolici, metabasiti;
- rocce ultrabasiche in genere, in particolare metaperidotiti, serpentiniti, serpentinoscisti, talcoscisti;

All'interno delle rocce potenzialmente amiantifere sopra descritte la formazione di minerali amiantiferi sarà a sua volta favorita dalla presenza di zone di circolazione di fluidi. Queste condizioni si realizzano essenzialmente in due casi:

- all'interno di mineralizzazioni in vene o fratture;
- all'interno di zone di taglio fragile - duttile e nelle zone di faglia.

In base al contesto litologico della zona in esame le specie mineralogiche di amianto compatibili sono costituite essenzialmente da due specie mineralogiche:

- l'anfibolo di tipo tremolite – attinolite;
- il serpentino di tipo crisotilo.

Nei paragrafi seguenti sono esposti i risultati delle indagini volte alla valutazione della presenza di mineralizzazioni di amianto nei litotipi interessati dalle attività di scavo.

## 2.4.1 Risultati dello studio del Politecnico di Torino per la valutazione della concentrazione in amianto della zona di Mompantero.

Nel presente paragrafo sono descritti i risultati delle analisi condotte dal Politecnico di Torino per la valutazione delle concentrazioni di amianto negli ammassi rocciosi, condotte nel corso delle precedenti fasi di progettazione della NLTL (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005), per approfondire le criticità ambientali connesse alla realizzazione del tunnel di Base e del Tunnel di Bussoleno nella configurazione dell'APR2006.

### 2.4.1.1 Risultati delle analisi dei campioni prelevati dai sondaggi

Lo studio ha permesso l'analisi di campioni prelevati dai sondaggi che avevano intercettato metabasiti. Le analisi sono state condotte in microscopia ottica per la determinazione del tenore medio approssimativo di amianto totale. In caso di rilevazione di tenori rilevanti in amianto, il campionamento e le analisi al microscopio sono state ripetute al fine di confermare o meno i valori rilevati.

Nella tabelle seguenti sono indicati i sondaggi considerati dallo studio, le progressive di campionamento ed i campioni analizzati.

Sigla sondaggio oggetto di campionamento e sua lunghezza [m]	Progressive interessanti "pietre verdi" oggetto di campionamento [m]	Progressive relative ai 104 campioni già analizzati [m]
S8 [520]	3 ÷ 11; 22 ÷ 127 437 ÷ 443	3÷11; 22 ÷ 127 437 ÷ 443
S9 [400]	0 ÷ 42; 49 ÷ 57 64 ÷ 67; 71 ÷ 92 239 ÷ 352	0 ÷ 42; 49 ÷ 57; 64 ÷ 67; 71 ÷ 82; 82 ÷ 92; 239 ÷ 352;
S11 [852]	34 ÷ 145	34 ÷ 145
S4 [649]	200,00 ÷ 200,60	200,00 ÷ 200,60

Tabella 2 - Elenco dei campioni considerati per la valutazione dei tenori in amianto totale (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).

1 S8 2 A1	18 S9 19 C18	36 S8 15 C11	54 S9 66 C35	72 S9 62 C29	90 S11 26 C19
2 S8 3 C1	19 S9 21 C19	37 S8 16 C12	55 S9 67 C36	73 S9 63 C30	91 S11 27 C20
3 S8 26 A2	20 S9 12 C13	38 S8 17 C13	56 S9 68 C37	74 S9 64 C32	92 S11 32 C26
4 S8 84 C24	21 S9 15 C14	39 S8 18 C14	57 S9 69 C38	75 S9 73 C43	93 S11 32 C27
5 S9 1 C1	22 S11 11 C1	40 S8 19 C15	58 S9 70 C39	76 S9 75 C46	94 S11 33 C28
6 S9 2 C2	23 S11 12 C2	41 S8 20 C16	59 S9 71 C40	77 S9 65 C33	95 S11 29 C22
7 S9 3 C3	24 S11 13 C3	42 S8 20 C17	60 S9 72 C41	78 S9 64 C31	96 S11 24 C15
8 S9 4 C4	25 S11 14 C4	43 S8 21 C18	61 S9 73 C42	79 S9 23 C21	97 S11 31 C24
9 S9 5 C5	26 S11 15 C5	44 S8 22 C19	62 S9 74 C44	80 S4 56 CX	98 S11 17 C7
10 S9 6 C6	27 S8 7 C2	45 S8 23 C20	63 S9 75 C45	81 S11 34 C29	99 S11 18 C8
11 S9 7 C7	28 S8 8 C3	46 S8 24 C21	64 S9 76 C47	82 S11 16 C6	100 S11 20 C10
12 S9 8 C8	29 S8 9 C4	47 S8 25 C22	65 S9 77 C48	83 S11 19 C9	101 S11 22 C13
13 S9 9 C9	30 S8 10 C5	48 S8 25 C23	66 S9 22 C20	84 S11 21 C11	102 S11 23 C14
14 S9 10 C10	31 S8 11 C6	49 S9 12 C12	67 S9 25 C23	85 S11 21 C12	103 S11 28 C21
15 S9 11 C11	32 S8 12 C7	50 S9 15 C15	68 S9 59 C25	86 S11 24 C16	104 S11 30 C23
16 S9 16 C16	33 S8 13 C8	51 S9 24 C22	69 S9 59 C26	87 S11 31 C25	
17 S9 19 C17	34 S8 13 C9	52 S9 57 C24	70 S9 60 C27	88 S11 25 C17	
18 S9 19 C18	35 S8 14 C10	53 S9 65 C34	71 S9 61 C28	89 S11 26 C18	

Tabella 3 - Elenco dei campioni considerati per la valutazione dei tenori in amianto totale (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).

Per i sondaggi, i campioni sono stati prelevati lungo i tratti di carota rappresentati da metabasiti: in presenza di tratti con mineralizzazione fibrose, sono stati prelevati campioni rappresentativi del materiale fibroso e campioni rappresentativi del solo materiale lapideo. Per i tratti rappresentati da metabasiti per i quali non è stata rilevata la presenza di mineralizzazione asbestiformi, il campionamento ha interessato il solo materiale lapideo.

La campagna di analisi si è articolata in una prima fase nella quale sono stati identificati i tratti di rocce potenzialmente amiantifere e, per i campioni prelevati, è stato effettuato il riconoscimento delle specie di amianto e la determinazione della concentrazione. Nella seconda fase sono stati eseguiti ricampionamenti di controllo per quei tratti lungo i quali nella prima fase sono state rilevate concentrazioni di amianto superiori a 0,5% ( $\geq 5000$  mg/kg). A questi si sono accompagnati nuovi campionamenti lungo tratti inizialmente non considerati, ma utili alla definizione del quadro completo dei tenori di amianto lungo i sondaggi considerati.

L'ubicazione dei sondaggi considerati dallo studio è riportata nella figure seguenti.



**Figura 1 – Ubicazione dei sondaggi considerati per la valutazione delle concentrazioni in amianto negli ammassi rocciosi nella zona dell'imbocco est del Tunnel di Base.**

**Zona Piemontese:** GCC (scisti carbonatico-filladici), GCK (gneiss albitici/gneiss di Charbonnel auct.), OSS (serpentiniti antigoritiche), OMB (prasiniti e scisti prasinitici); **Unità del Dora Maira:** MCF (scisti carbonatici marmoreo-arenacei); **Depositi quaternari:** gi (depositi glaciali indifferenziati), cd (coltre detritico colluviale), df (detrito di falda), db (detrito di falda in grossi blocchi), fc (accumuli di frane per crollo), ac (depositi di conoide alluvionale o misto), af (depositi alluvionali); **Altri materiali:** ant (depositi antropici). I cerchi blu indicano i sondaggi considerati nello studio del Politecnico di Torino. Il tracciato è indicato in verde (figura non in scala).

Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

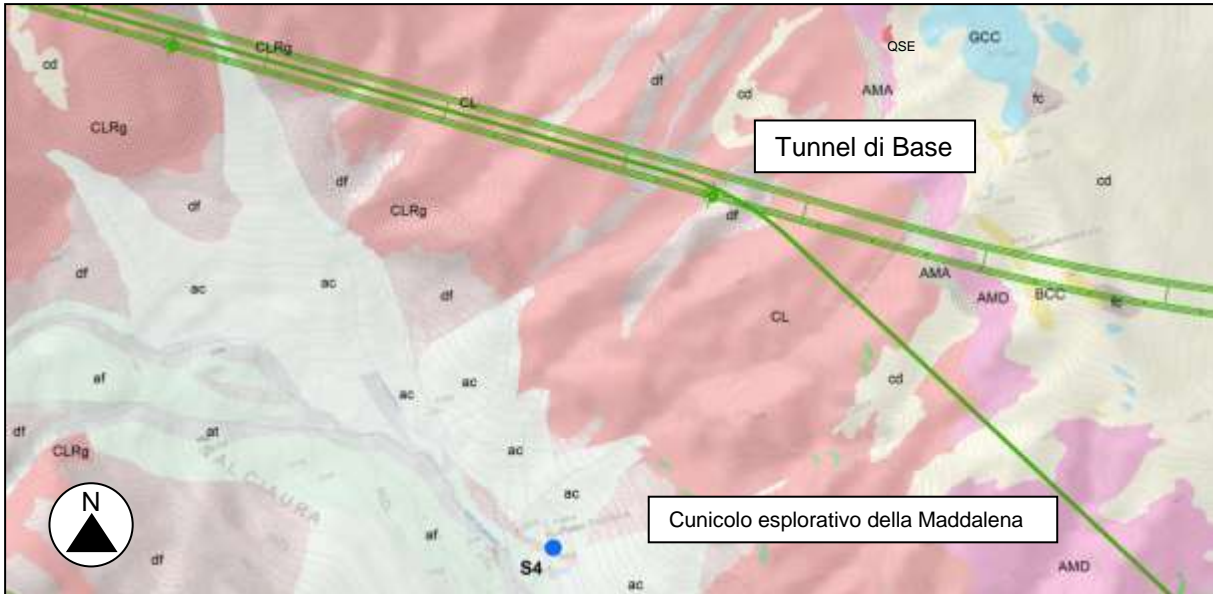


Figura 2 - Ubicazione dei sondaggi considerati per la valutazione delle concentrazioni in amianto negli ammassi rocciosi in Valle Clarea.

Zona Piemontese/Unità Puy-Venaus: GCC (scisti carbonatico-filladici); BCC (breccie tettoniche carbonatiche “Carniole” auct.); Complesso di Ambin: AMD (gneiss albitici passanti a micascisti quarzosi), AMA (micascisti metaconglomeratici a ciottoli di quarzo); QSE (quarziti); Complesso di Clarea: CL (gneiss albitici passanti a micascisti quarzosi); CLRg (micascisti a granto ±glaucofane), Cl-b (metabasiti anfiboliche); Depositi quaternari: gi (depositi glaciali indifferenziati), cd (coltre detritico colluviale), df (detrito di falda), fc (accumuli di frane per crollo), ac (depositi di conoide alluvionale o misto), af (depositi alluvionali). I cerchi blu indicano i sondaggi considerati nello studio del Politecnico di Torino. Il tracciato è indicato in verde (figura non in scala).

I risultati delle analisi condotte sono riportati nella tabelle seguenti.

N°	Nome del campione	Progressive di riferimento [m]	Presenza di amianto	Tipo di amianto	Massa iniziale del campione [g]	Tenore medio approssimativo di amianto “totale” nel campione [mg/kg] [%]
1	S4 56 CX	200,00 – 200,60	n.r.	-	324,82	-
<b>Legenda</b>	n.r.: non riscontrato SX/Y/CZ: SX: sigla sondaggio – Y: numero della cassa – CX sigla del campione					

Tabella 4 – Tenori in amianto rilevati per il campione prelevato dalla carota del sondaggio S4 (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).

Nel campione prelevato dal sondaggio S4 non è stata rilevata la presenza di amianto.

Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

N°	Nome del campione	Progressive di riferimento [m]	Presenza di amianto	Tipo di amianto	Massa iniziale del campione [g]	Tenore medio approssimativo di amianto "totale" nel campione [mg/kg] [%]
1	S8 2 A1	3,00 – 7,10	n.r.	-	120	-
2	S8 3 C1	7,10 – 11,00	n.r.	-	230	-
3	S8 7 C2	22,10 – 28,20	n.r.	-	167,65	-
4	S8 8 C3	28,20 – 33,50	n.r.	-	197,62	-
5	S8 9 C4	33,50 – 38,80	n.r.	-	331,4	-
6	S8 10 C5	38,80 – 44,40	n.r.	-	143,46	-
7	S8 11 C6	44,40 – 49,60	n.r.	-	95,07	-
8	S8 12 C7	49,60 – 54,80	presente	actinolite	141,08	30 ÷ 40 (circa 0,003%)
9	S8 13 C8	54,80 – 60,20	presente	actinolite	153,62	32 ÷ 41 (circa 0,004%)
10	S8 13 C9	54,80 – 60,20	n.r.	-	93,92	-
11	S8 14 C10	60,20 – 64,80	n.r.	-	97,10	-
12	S8 15 C11	64,80 – 70,00	n.r.	-	138,21	-
13	S8 16 C12	70,00 – 75,20	n.r.	-	221,93	-
14	S8 17 C13	75,20 – 80,60	presente	actinolite	97,99	12 ÷ 21 (circa 0,002%)
15	S8 18 C14	80,60 – 84,90	n.r.	-	54,30	-
16	S8 19 C15	84,90 – 88,90	n.r.	-	227,75	-
17	S8 20 C16	88,90 – 93,80	n.r.	-	103,15	-
18	S8 20 C17	88,90 – 93,80	n.r.	-	103,15	-
19	S8 21 C18	93,80 – 99,90	presente	actinolite	103,94	50 ÷ 60 (circa 0,0055%)
20	S8 22 C19	99,90 – 105,50	n.r.	-	121,16	-
21	S8 23 C20	105,50 – 111,10	n.r.	-	172,73	-
22	S8 24 C21	111,10 – 116,50	n.r.	-	123,88	-
23	S8 25 C22	116,50 – 121,80	n.r.	-	78,90	-
24	S8 25 C23	116,50 – 121,80	n.r.	-	100,57	-
25	S8 26 A2	121,80 – 126,50	n.r.	-	112,4	-
26	S8 84 C24	437,30 – 443,60	n.r.	-	115,68	-
<b>Legenda</b>	n.r.: non riscontrato   SX/Y/CZ: SX: sigla sondaggio – Y: numero della cassa – CX sigla del campione					

Tabella 5 – Tenori in amianto rilevati per i campioni prelevati dalla carota del sondaggio S8 (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).

Lungo il sondaggio S8, la presenza di amianto è stata rilevata in 4 dei 26 campioni prelevati. Le concentrazioni misurate variano tra 12 mg/kg e 60 mg/kg. L'amianto, in forma di actinolite, è presente nel tratto compreso tra 22 m e 110 m, rappresentato da prasiniti (OMB).

Nei campioni prelevati in corrispondenza delle rocce riferibili alla formazione dei calcescisti (scisti carbonatici-filladici GCC) e degli gneiss di Charbonnel (GCK) non è stata invece riscontrata presenza di amianto.



Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

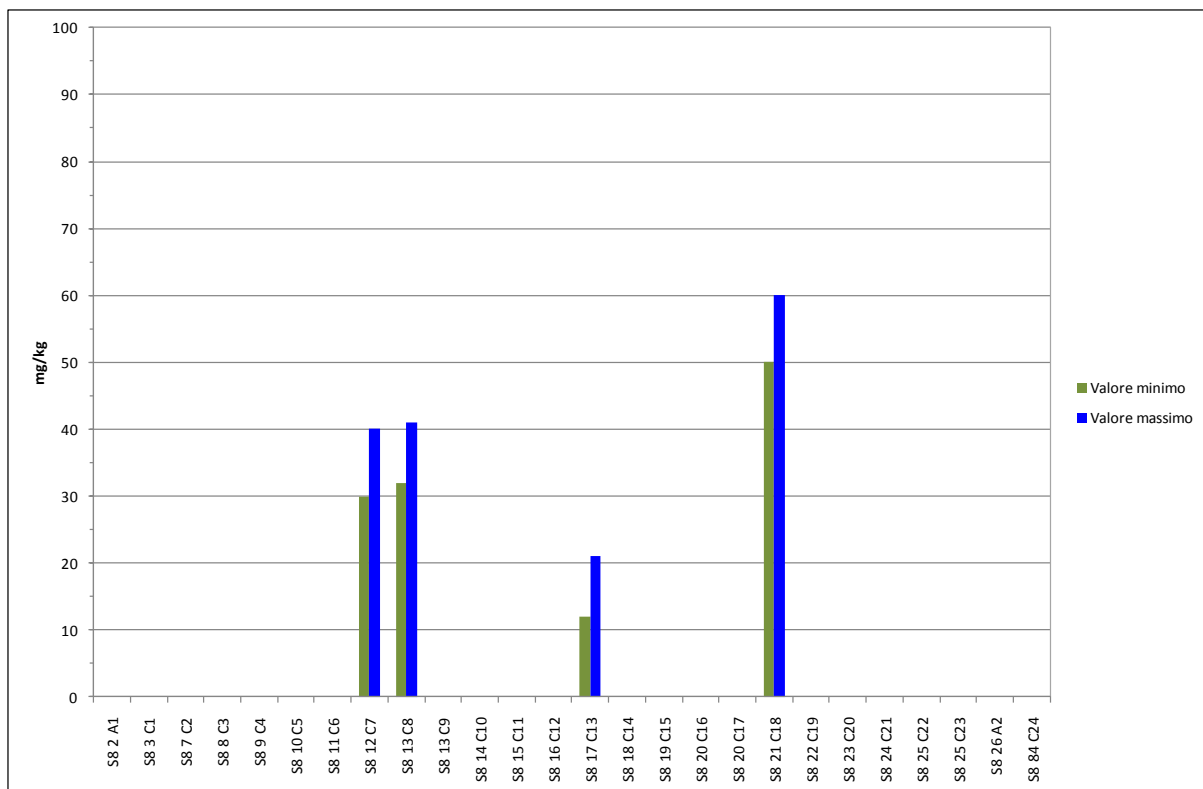


Figura 3 – Concentrazioni in amianto totale (mg/kg) rilevate per i campioni prelevati dal sondaggio S8 (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).

Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

N°	Nome del campione	Progressive di riferimento [m]	Presenza di amianto	Tipo di amianto	Massa iniziale del campione [g]	Tenore medio approssimativo di amianto "totale" nel campione [mg/kg] [%]
1	S9 1 C1	0,00 – 3,90	presente	actinolite	175,75	109 + 119 (circa 0,01%)
2	S9 2 C2	3,90 – 7,00	presente	actinolite	180,81	53 + 63 (circa 0,006%)
3	S9 3 C3	7,00 – 10,60	presente	actinolite	63,84	1 + 10 (circa 0,0005%)
4	S9 4 C4	10,60 – 14,00	presente	actinolite	165,03	51 + 61 (circa 0,006%)
5	S9 5 C5	14,00 – 17,70	presente	actinolite	117,89	112 + 122 (circa 0,01%)
6	S9 6 C6	17,70 – 21,40	presente	actinolite	193,35	40 + 50 (circa 0,004%)
7	S9 7 C7	21,40 – 24,80	presente	actinolite	125,52	68 + 78 (circa 0,007%)
8	S9 8 C8	24,80 – 28,30	presente	actinolite	188,99	1 + 10 (0,0006%)
9	S9 9 C9	28,30 – 31,50	presente	actinolite	105,53	127 + 137 (0,01%)
10	S9 10 C10	31,50 – 34,90	presente	actinolite	130,36	480 + 490 (circa 0,05%)
11	S9 11 C11	34,90 – 38,60	n.r.	-	86,86	-
12	S9 12 C12	38,60 – 42,10	presente	tremolite	536,28	<< 1
13	S9 12 C13	38,60 – 42,10	n.r.	-	110,8	-
14	S9 15 C14	49,30 – 53,90	n.r.	-	157,16	-
15	S9 15 C15	49,30 – 53,90	presente	actinolite	281,60	276 + 286 (circa 0,03%)
16	S9 16 C16	53,90 – 56,70	n.r.	-	123,19	-
17	S9 19 C17	64,00 – 67,50	n.r.	-	302,94	-
18	S9 19 C18	64,00 – 67,50	presente	actinolite	195,68	40 + 50 (circa 0,004%)
19	S9 21 C19	71,15 – 74,90	presente	actinolite	223,44	circa. 1 (circa 0,0001%)
20	S9 22 C20	74,90 – 78,20	n.r.	-	112,52	-
21	S9 23 C21	78,20 – 82,10	presente	tremolite/actinolite	262,39	21816 + 21826 (circa 2,2%)
22	S9 24 C22	82,10 – 87,00	presente	actinolite	160,91	487 + 497 (circa 0,05%)
23	S9 25 C23	87,00 – 91,20	presente	tremolite/actinolite	138,37	5230 + 5240 (circa 0,5%)
24	S9 57 C24	239,10 – 244,60	presente	actinolite	82,4	177 + 187 (circa 0,02%)
25	S9 59 C25	250,20 – 255,80	presente	tremolite/actinolite	129,21	49 + 59 (circa 0,0054%)
26	S9 59 C26	250,20 – 255,80	n.r.	-	129,21	-
27	S9 60 C27	255,80 – 261,30	n.r.	-	138,45	-
28	S9 61 C28	261,30 – 266,90	n.r.	-	87,1	-
29	S9 62 C29	266,90 – 272,60	n.r.	-	77,84	-
30	S9 63 C30	272,60 – 278,00	presente	tremolite/actinolite	156,87	14 + 24 (circa 0,002%)
<b>Legenda</b>	n.r.: non riscontrato   SX/Y/CZ: SX: sigla sondaggio – Y: numero della cassa – CX sigla del campione					

Tabella 6 – Tenori in amianto rilevati per i campioni prelevati dalla carota del sondaggio S9 (0 m -278 m) (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).

Gestione del materiale amiantifera – Gestione del materiale contenente amianto

N°	Nome del campione	Progressive di riferimento [m]	Presenza di amianto	Tipo di amianto	Massa iniziale del campione [g]	Tenore medio approssimativo di amianto "totale" nel campione [mg/kg] [%]
31	S9 64 C31	278,00 – 283,40	presente	tremolite/actinolite	32,3	6395 ÷ 6405 (circa 0,64%)
32	S9 64 C31/32 bis	278,00 – 283,40	presente	tremolite	60,35	11130 ÷ 11140 (circa 1,1 %)
33	S9 64 C32	278,00 – 283,40	presente	tremolite/actinolite	123,03	128563 ÷ 128573 (circa 12,8%)
34	S9 65 C33	283,40 – 288,80	presente	tremolite	115,29	37845 ÷ 37855 (circa 4%)
35	S9 65 C33 bis	283,40 ÷ 288,80	presente	tremolite/actinolite	90,05	19769 ÷ 19779 (circa 2,0 %)
36	S9 65 C34	283,40 – 288,80	n.r.	-	89,50	-
37	S9 65 C34 bis	283,40 – 288,80	presente	tremolite/actinolite	95,70	28415 ÷ 28424 (circa 2,84 %)
38	S9 66 C35	288,80 – 294,60	presente	tremolite	133,59	106 ÷ 116 (circa 0,01%)
39	S9 66 C35 bis	288,80 – 294,60	presente	tremolite/actinolite	140,66	1154 ÷ 1164 (circa 0,12 %)
40	S9 67 C36	294,60 – 299,50	presente	tremolite/actinolite	185,33	100697 ÷ 100702 (circa 10,1%)
41	S9 67 C36 bis	294,60 – 299,50	presente	tremolite/actinolite	259,69	76180 ÷ 76190 (circa 7,6 %)
42	S9 68 C37	299,50 – 304,90	presente	tremolite/actinolite	171,22	48591 ÷ 48601 (circa 4,8%)
43	S9 68 C37 bis	299,50 – 304,90	presente	tremolite/actinolite	194,21	2983 ÷ 2993 (circa 0,3 %)
44	S9 69 C38	304,90 – 309,40	presente	tremolite/actinolite	195,97	207263 ÷ 207273 (circa 21%)
45	S9 69 C38 bis	304,90 – 309,40	n.r.	-	163,66	-
46	S9 70 C39	309,40 – 314,60	n.r.	-	130,03	-
47	S9 70 C39 bis	309,40 ÷ 314,60	presente	tremolite/actinolite	297,17	30712 ÷ 30722 (circa 3,1 %)
48	S9 71 C40	314,60 – 320,40	presente	tremolite	112,27	43660 ÷ 43670 (circa 4%)
49	S9 71 C40 bis	314,60 ÷ 320,40	presente	tremolite/actinolite	206,07	20115 ÷ 20125 (circa 2 %)
50	S9 72 C41	320,40 – 325,90	presente	tremolite	170,67	40320 ÷ 40330 (circa 4%)
51	S9 72 C41 bis	320,40 ÷ 325,90	presente	actinolite	403,27	1 ÷ 10 (circa 0,0004 %)
52	S9 73 C42	325,90 – 331,30	presente	tremolite/actinolite	96,02	60698 ÷ 60708 (circa 6,1%)
53	S9 73 C42/43 bis	325,90 ÷ 331,30	presente	tremolite	413,01	1 ÷ 4 (circa 0,0002 %)
54	S9 73 C43	325,90 – 331,30	presente	tremolite/actinolite	87,12	148026 ÷ 148036 (circa 14,8%)
55	S9 74 C44	331,30 – 335,50	n.r.	-	143,29	-
56	S9 74 C44 bis	331,30 ÷ 335,50	presente	actinolite	345,28	1 ÷ 4 (circa 0,0002 %)
<b>Legenda</b>	n.r.: non riscontrato   SX/Y/CZ: SX: sigla sondaggio – Y: numero della cassa – CX sigla del campione					

Tabella 7 – Tenori in amianto rilevati per i campioni prelevati dalla carota del sondaggio S9 (278 m -335,5 m) (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).

Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

N°	Nome del campione	Progressive di riferimento [m]	Presenza di amianto	Tipo di amianto	Massa iniziale del campione [g]	Tenore medio approssimativo di amianto "totale" nel campione [mg/kg] [%]
57	S9 75 C45	335,50 – 340,90	Presente	tremolite	97,42	93995 ÷ 94'005 (circa 9,4%)
58	S9 75 C45/46 bis	335,50 ÷ 340,90	Presente	tremolite/actinolite	337,38	4 ÷ 13 (circa 0,0009 %)
59	S9 75 C46	335,50 – 340,90	presente	tremolite/actinolite	94,92	45776 ÷ 45786 (circa 4,6%)
60	S9 76 C47	340,90 – 346,30	presente	tremolite/actinolite	98,78	11559 ÷ 11569 (circa 1,2%)
61	S9 76 C47 bis	340,90 ÷ 346,30	presente	tremolite/actinolite	238,35	890 ÷ 900 (circa 0,09 %)
62	S9 77 C48	346,30 – 351,70	presente	tremolite/actinolite	285,55	28 ÷ 37 (circa 0,0032%)
63	S9 77 C48 bis	346,30 ÷ 351,70	n.r.	-	207,36	-
<b>Legenda</b> n.r.: non riscontrato SX/Y/CZ: SX: sigla sondaggio – Y: numero della cassa – CX sigla del campione						

Tabella 8 – Tenori in amianto rilevati per i campioni prelevati dalla carota del sondaggio S9 (335,5 m - 351,7m) (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).

Il sondaggio S9 è stato realizzato quasi interamente all'interno delle rocce basiche della Zona Piemontese, rappresentate da prasiniti e scisti prasinitici (OMB). Queste sono le rocce attese per il primo tratto del Tunnel di Base dall'imbocco Est (nella configurazione attuale del tracciato). Le specie di amianto rilevate sono la tremolite e l'actinolite e le concentrazioni variano tra 1 mg/kg e 200.000 mg/kg. Lungo il sondaggio, la presenza di amianto è stata rilevata in 50 campioni, sui 63 prelevati. (Figura 4).

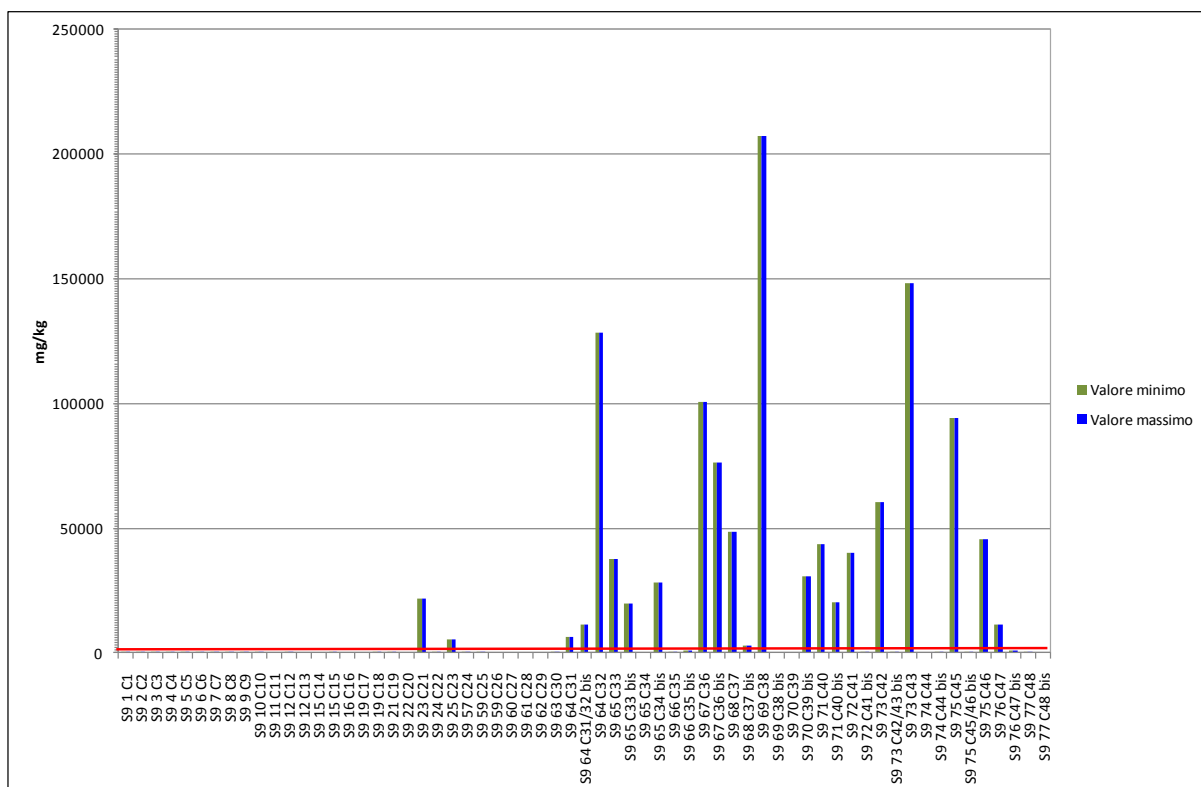


Figura 4 – Concentrazioni in amianto totale (mg/kg) rilevate per i campioni prelevati dal sondaggio S9. La linea rossa rappresenta il valore della concentrazione soglia di contaminazione (1000 mg/kg) della tab. 1, all. 5, parte IV del D. Lgs. 152/2006 e smi (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).

Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

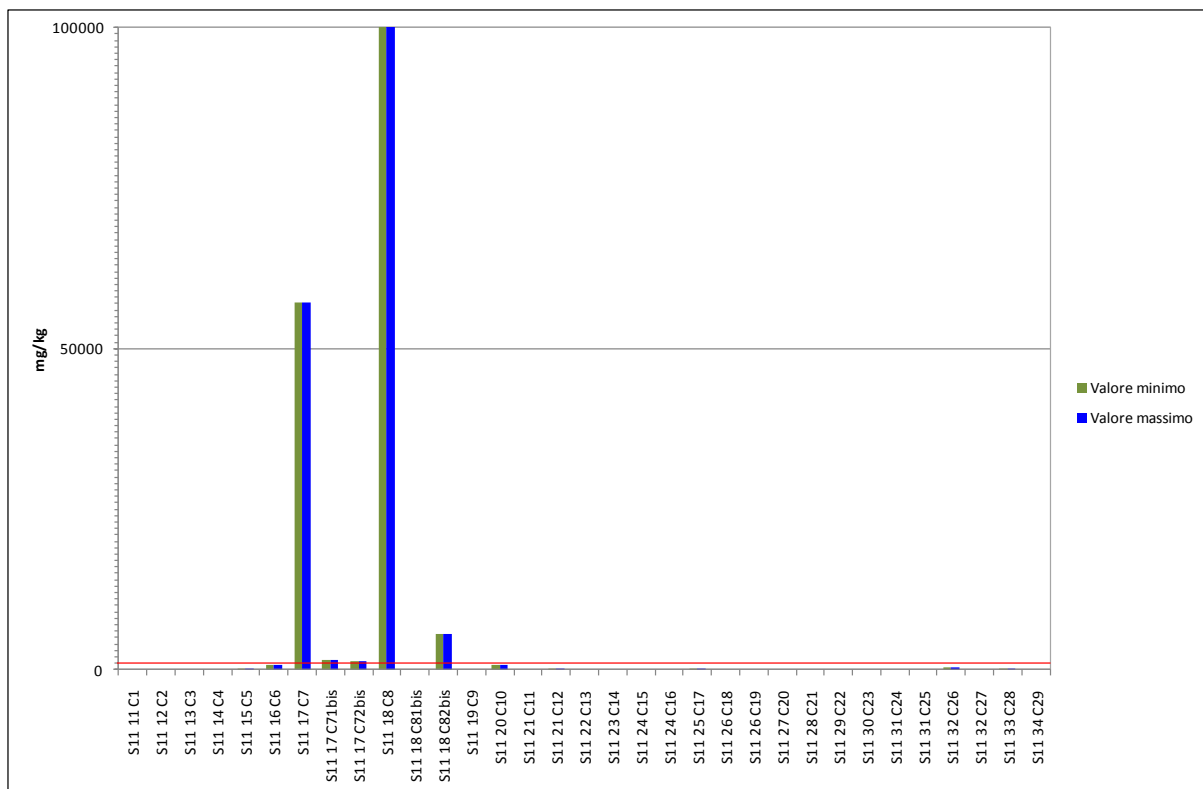
N°	Nome del campione	Progressive di riferimento [m]	Presenza di amianto	Tipo di amianto	Massa iniziale del campione [g]	Tenore medio approssimativo di amianto "totale" nel campione [mg/kg] [%]
1	S11 11 C1	34,90 – 39,80	n.r.	-	195,67	-
2	S11 12 C2	39,80 – 44,60	n.r.	-	165,21	-
3	S11 13 C3	44,60 – 49,10	n.r.	-	210,05	-
4	S11 14 C4	49,10 – 53,70	n.r.	-	158,32	-
5	S11 15 C5	53,70 – 57,80	presente	actinolite	135,66	68 ÷ 78 (circa 0,007%)
6	S11 16 C6	57,80 – 62,30	presente	tremolite/ actinolite	377,62	663 ÷ 673 (circa 0,066%)
7	S11 17 C7	62,30 – 66,8	presente	tremolite	429,4	57198 ÷ 57228 (circa 5,7 – 6%)
8	S11 17 C7 <sub>1</sub> bis	62,30 – 66,8	presente	tremolite/ actinolite	232,83	1442 ÷ 1452 (circa 0,14 %)
9	S11 17 C7 <sub>2</sub> bis	62,30 – 66,8	presente	tremolite/ actinolite	498,17	1323 ÷ 1333 (circa 0,13 %)
10	S11 18 C8	66,80 – 70,90	presente	tremolite	349,34	401095 ÷ 401105 (circa 40%)
11	S11 18 C8 <sub>1</sub> bis	66,80 – 70,90	n.r.	-	366,02	-
12	S11 18 C8 <sub>2</sub> bis	66,80 – 70,90	presente	tremolite/ actinolite	975,22	5615 ÷ 5625 (circa 0,6 %)
13	S11 19 C9	70,90 – 74,20	n.r.	-	127,9	-
14	S11 20 C10	74,20 – 78,80	presente	tremolite/ actinolite	256,62	685 ÷ 695 (circa 0,069%)
15	S11 21 C11	78,80 – 83,40	n.r.:	-	160,14	-
16	S11 21 C12	78,80 – 83,40	tracce	crisotilo	108	25 ÷ 35 (circa 0,003%)
17	S11 22 C13	83,40 – 88,20	n.r.	-	413,07	-
18	S11 23 C14	88,20 – 92,30	n.r	-	335,17	-
19	S11 24 C15	92,30 – 96,50	n.r	-	618,74	-
20	S11 24 C16	92,30 – 96,50	n.r.	-	189,1	-
21	S11 25 C17	96,50 – 101,30	tracce	tremolite	204,9	1 ÷ 10 (circa 0,0005%)
22	S11 26 C18	101,30 – 105,70	n.r	-	206,21	-
23	S11 26 C19	101,30 – 105,70	n.r	-	290,4	-
24	S11 27 C20	105,70 – 110,10	n.r.	-	291,0	-
25	S11 28 C21	110,10 – 114,70	n.r	-	238,28	-
26	S11 29 C22	114,70 – 119,70	n.r.	-	190,63	-
27	S11 30 C23	119,70 – 124,20	n.r	-	204,11	-
28	S11 31 C24	124,20 – 129,10	n.r	-	256,62	-
29	S11 31 C25	124,20 – 129,10	n.r	-	179,8	-
30	S11 32 C26	129,10 – 136,30	presente	tremolite	282,42	340 ÷ 350 (circa 0,034%)
31	S11 32 C27	129,10 – 136,30	n.r	-	175,92	-
32	S11 33 C28	136,30 – 140,40	tracce	actinolite	359,87	25 ÷ 35 (circa 0,003%)
33	S11 34 C29	140,40 – 145,00	n.r.	-	178,58	-

**Legenda** n.r.: non riscontrato SX/Y/CZ: SX: sigla sondaggio – Y: numero della cassa – CX sigla del campione

**Tabella 9 – Tenori in amianto rilevati per i campioni prelevati dalla carota del sondaggio S11 (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).**

Il sondaggio S11 è stato realizzato per un primo tratto (quello campionato) all'interno delle rocce basiche della Zona Piemontese, costituite da prasiniti e scisti prasinitici (OMB), mentre la porzione rimanente attraversa le rocce della copertura del Dora-Maira, rappresentata da scisti carbonatici marmoreo-arenacei (MCF). Le specie di amianto rilevate sono la tremolite e l'actinolite e le concentrazioni variano tra 1 mg/kg e 401.105 mg/kg. Lungo il sondaggio, la presenza di amianto è stata rilevata in 12 campioni, sui 33 prelevati. (**Figura 5**).

Gestione du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto



**Figura 5 – Concentrazioni in amianto totale (mg/kg) rilevate per i campioni prelevati dal sondaggio S11. La linea rossa rappresenta il valore della concentrazione soglia di contaminazione (1000 mg/kg) della tab. 1, all. 5, parte IV del D. Lgs. 152/2006 e smi (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005). Il valore fuori scala è riferito al campione S11 18 C8 (concentrazione max.: 401.105 mg/kg; concentrazione min.: 401.095 mg/kg).**

**2.4.1.2 Risultati delle analisi sui campioni prelevati da affioramenti**

Le analisi relative ai campioni da affioramento sono state effettuate su campioni di materiale fibroso prelevati in superficie per la caratterizzazione delle fibre. I campioni di materiale in fibra, sono stati prelevati in corrispondenza di discontinuità degli ammassi rocciosi con evidente presenza di minerali fibrosi. Al contempo sono stati prelevati campioni massivi di roccia. I campioni prelevati sono indicati nella tabella seguente.

Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

Data prelievo	Zona generale di prelievo	N° campione	Quota e breve descrizione dell'affioramento campionato		
18/11/02	versante sinistro della Valle Susa tra le frazioni Mompantero e Mompantero Vecchio tra le quote 700m e 1250m circa. L'area esaminata corrisponde ad un settore ampio circa 2 km in cui affiorano estesamente calcescisti, con intercalazioni di lenti e boudins di serpentiniti e serpentinoscisti, e metabasiti di varia natura (prasinititi, gneiss prasinitici, metabasalti e subordinati cloritoscisti) appartenenti a varie unità della Zona Piemontese	1.1 1.2	Quota 800 m c.ca. Serpentinite antigoritica foliata e permeata da sistemi di frattura mineralizzate con fibre di lunghezza da plurimillimetrica a centimetrica.		
		2b.1	L'affioramento presente al punto 2 è la diretta prosecuzione della massa di serpentiniti foliate campionate al punto 1. La roccia è permeata da sistemi di frattura con fibre da plurimillimetriche a centimetriche. Quota 840 m c.ca.		
		3.1	Quota 960 m c.ca. Contatto tra calcescisti con intercalazioni "gneiss di Charbonnel" e metabasiti a grana fine, in facies scisti verdi, debolmente listate. In prossimità del contatto è presente un livello pluridecimetrico di cloritoscisti con fabric milonitico.		
		4.1 4.2	Quota 900 m c.ca. Lente di serpentiniti = massicce intercalata a metabasiti a grana fine. Roccia meno foliata e fratturata rispetto ai punti precedenti ancora permeata da vene di colore verde chiaro ad andamento irregolare. Campioni prelevati da blocchi estratti da cava situata lungo il Rio Giandula.		
		5.1	Quota 920 m c.ca. Metabasiti a grana fine, più o meno listate, fortemente riequilibrare in facies scisti verdi, caratterizzate da sistemi di frattura con spaziatura da pluridecimetrica a metrica.		
		6.1 - 6.2 6.3 - 6.4	Quota 1090 m c.ca. Lente di potenza plurimetrica di serpentinoscisti fortemente scistosi in contatto tettonico con calcescisti a cui si associano "gneiss di Charbonnel". Diverse superfici di taglio cataclastico-milonitiche sono presenti nei serpentinoscisti. Le fibre sono per lo più confinate lungo le superfici di taglio.		
		8.1 - 8.2 8.3	Quota 1240 m c.ca. Affioramenti simili a quelli descritti al punto 6. Serpentinocisti e metabasiti foliate intercalate a calcescisti caratterizzate dalla presenza di zone di taglio fragili, lungo le quali si sviluppano le fibre (sempre incassate nei serpentinoscisti).		
		9.1	Quota 900 m c.ca. Serpentinocisti a contatto con metabasiti caratterizzati dalla presenza di sistemi di fratture dirette NNE-SSW. Il campione è stato prelevato nei serpentinoscisti.		
		Data prelievo	Zona generale di prelievo	N° campione	Quota e breve descrizione dell'affioramento campionato
29/05/03	Versante sinistro della bassa Valle Susa presso la borgata I Piani in prossimità dell'abitato di Foresto, alla base del Truc San Martino tra le quote 600m e 650m circa. Zona di taglio de "i Piani", che comprende principalmente calcescisti e marmi delle coperture carbonatiche mesozoiche dell'Unità Dora-Maira oltre che corpi pluri-tettonici di serpentiniti e serpentinoscisti e subordinate metabasiti, gneiss, micascisti e quarziti del basamento pre-mesozoico. La zona di taglio, di lunghezza chilometrica, è ben evidente lungo il versante sinistro della bassa Val di Susa, con direzione WSW – ENE, dalla borgata I Piani fino alla base del Truc San Martino. In questo settore affiorano principalmente i marmi dolomitici della copertura carbonatica mesozoica dell'Unità Dora-Maira.	I piani 1/2/3/4	Quota 630 m c.ca. Serpentinite antigoritica caratterizzata da un fabric cataclastico-milonitico e permeata da sistemi di frattura mineralizzate con fibre di lunghezza da plurimillimetrica a centimetrica. Presenza locale anche di serpentinoscisti. Varie fibre sono presenti anche lungo le superfici di foliazione. Sono stati campionati diversi tipi di fibre, legate sia a piani di taglio fragili/duttili a basso angolo, sia a piani di faglia a prevalente componente normale.		
			Case la dritta	Quota 1150 m c.ca. Metabasiti di aspetto massivo, presentano colore verde scuro e le superfici di scistosità sono definite dalla isorientazione di glaucofane riconoscibile sul terreno.	
			Falcemagna	Quota 730 m c.ca. Il campione di metabasite proviene da un livello di potenza di circa 40 cm intercalato in micascisti a granato e cloritoide ubicato a quota 730 m lungo il fianco destro del Rio Moletta. Si tratta di una metabasite a grana fine costituita da albite, epidote, clorite, anfibolo calcico, granato e titanite. In quantità subordinata è presente mica bianca. Quarzo e anfibolo sodico sono concentrati in vene.	
	Versante sinistro della Val Clarea in prossimità della borgata Case La Dritta tra le quote 1100m e 1200m circa; L'affioramento di metabasiti campionate si trova all'interno dei micascisti del Complesso di Clarea (micascisti glaucofanici), che costituisce il Complesso geometricamente più profondo della Unità dell'Ambin. Le metabasiti costituiscono un corpo di potenza metrica con estensione decametrica e presentano una scistosità pervasiva con orientazione 80/48. In analogo contesto le metabasiti sono costituite principalmente da anfibolo sodico, anfibolo calcico, albite, epidoto, granato e in quantità subordinate da quarzo e mica bianca. In quantità accessorie sono presenti rutile e opachi.				
	Versante destro del Rio Moletta, località Campobenello – Falcemagna tra le quote 700m e 750m. L'affioramento di metabasiti appartiene al basamento pre-mesozoico dell'Unità Dora-Maira. Si tratta generalmente di rocce a grana fine, talora listate, caratterizzate da paragenesi in facies scisti verdi. Sporadicamente sono presenti relitti di paragenesi eclogitiche (granato, onfacite ± anfibolo sodico). Le metabasiti, piuttosto sporadiche, formano dei corpi boudinati o dei livelli continui incassati nei vari tipi di micascisti appartenenti al basamento dell'Unità Dora-Maira.				

Tabella 10 – Elenco dei campioni considerati per la valutazione dei tenori in amianto totale (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).

I risultati delle analisi sono riportati nella tabella seguente.

Gestione del materiale amiantifera – Gestione del materiale contenente amianto

Data prelievo	N° campione	Tipo di analisi	Presenza di amianto	Tipo di amianto	Massa iniziale del campione [g]	Tenore medio approssimativo di amianto "totale" nel campione [mg/kg] [%]	Indicazione analisi SEM (classi analizzate)
18/11/02	1.1	qualitativa	n.r.	-	-	-	-
	1.2	qualitativa	n.r.	-	-	-	-
	2b.1	qualitativa	n.r.	-	-	-	-
	3.1	qualitativa	presente	tremolite/actinolite fibrosa/aciculare	-	-	-
	4.1	qualitativa	n.r.	-	-	-	-
	4.2	qualitativa	n.r.	-	-	-	-
	5.1	qualitativa	presente	tremolite/actinolite fibrosa/aciculare	-	-	-
	6.1	qualitativa	presente	tremolite fibrosa/aciculare	-	-	-
	6.2	qualitativa	n.r.	-	-	-	-
	6.3	qualitativa	presente	tremolite fibrosa	-	-	-
	6.4	qualitativa	presente	tremolite fibrosa	-	-	-
	8.1	qualitativa	presente	tremolite fibrosa/aciculare	-	-	-
	8.2	qualitativa	presente	tremolite fibrosa/aciculare	-	-	-
	8.3	qualitativa	presente	tremolite fibrosa/aciculare	-	-	-
9.1	qualitativa	n.r.	-	-	-	-	
29/05/03	I piani 1	qualitativa	tracce	tremolite fibrosa/aciculare	-	-	-
	I piani 2	quantitativa	n.r.	-	273,83	n.r.	-
	I piani 3	qualitativa	presente	tremolite-actinolite fibrosa/aciculare	-	-	-
	I piani 4	qualitativa	presente	tremolite-actinolite fibrosa/aciculare	-	-	-
	Case la dritta	quantitativa	dubbia	actinolite	60,74	12 ÷ 22 (circa 0,0017%)	-
	Falcemagna	quantitativa	presente	tremolite-actinolite fibrosa	194,53	3 ÷ 13 (circa 0,0008%)	-

**Tabella 11 – Caratterizzazione e misurazione della concentrazione di amianto nei campioni prelevati da ammassi rocciosi (Patrucco, De Salve, & Gozzelino, 2005).**

Gli esami condotti hanno permesso l'identificazione di minerali di amianto per 13 dei 21 campioni prelevati. I minerali sono presenti sia in forma fibrosa che in forma aciculare. Per due di questi è stata misurata la concentrazione, che risulta essere compresa tra 0,0017% e 0,0008%, a fronte di una concentrazione soglia di contaminazione per l'amianto dello 0,1% (definita nella tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del D. Lgs. 152/2006 e smi). E' inoltre da precisare che per il campione prelevato in Valle Clarea (loc. Case la Dritta), in corrispondenza delle metabasiti intercalate nei micascisti di Clarea, l'identificazione dell'actinolite è valutata come dubbia.

#### **2.4.2 Analisi condotte in contraddittorio con ARPA Piemonte**

Alla fine dell'anno 2005, la società LTF ha eseguito il sondaggio S42 (per la localizzazione del sondaggio si veda il documento PD2C3B0085) presso la località Seghino, nel comune di Mompantero. La lunghezza del sondaggio è pari a 452,3 m dal p.c.

Dalle carote sono stati prelevati 4 campioni rappresentativi di litologie suscettibili di presentare minerali di amianto. La analisi non hanno rilevato la presenza di minerali amiantiferi.



Gestione del matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

Campione	Profondità (m dal p.c.)	*Litologia	Esito analisi
C1	36,50	Serpentinoscisto	Negativo
C2	147,6	Quarzite compatta passante a paragneiss	Negativo
C3	163,4	Serpentinoscisto	Negativo
C4	59,6	Alternanza di gneiss e calcescisti da mediamente a molto fratturati , fratture a volte con tracce di ossidazione	Negativo

**Tabella 12 – Esito della analisi condotte da LTF in contraddittorio con ARPA Piemonte su campioni prelevati dalla carota del sondaggio S42 (fonte Comunicato stampa di Arpa Piemonte del 22/03/2006; \*fonte banca dati geotecnica di ARPA Piemonte)**

### 2.4.3 Risultati dello studio nell'area di Mompantero

Come accennato le maggiori concentrazioni di minerali asbestiformi sono localizzate lungo le principali zone di taglio. In particolare nel settore di Mompantero le specie mineralogiche amiantifere sono principalmente costituite da tremolite, attinolite e crisotilo. Allo scopo di definire meglio le criticità legate alla presenza di amianto, nella primavera del 2009 è stato condotto da LTF uno studio petrografico rivolto al riconoscimento di minerali amiantiferi lungo il corridoio di studio.

Le analisi sono state eseguite tramite l'utilizzo di microscopio ottico polarizzato (Surace, Torri, Murgese, & Dematteis, 2011) su campioni prelevati durante la campagna di rilevamento geologico di superficie.

I campioni prelevati sono stati distinti in due categorie:

- campioni di roccia, contraddistinti con la sigla CP nei rapporti analitici;
- campioni di minerali fibrosi, in genere provenienti da vene, sacche e plaghe mineralizzate, contraddistinti con la sigla AF nei rapporti analitici.

Le due tipologie di campioni sono stati analizzati e preparati utilizzando due metodologie diverse.

Per i campioni di roccia CP sono state realizzate delle sezioni sottili classiche a spessore caratteristico di 30 µm. Sui campioni di roccia AF è stata eseguita direttamente sul terreno un campionamento selettivo manuale atto ad isolare le porzioni fibrose, potenzialmente amiantifere, dal resto della roccia.

Le zone che potenzialmente possono rappresentare una criticità dal punto di vista della presenza di amianto sono quelle in cui possano verificarsi condizioni di deformazione fragile e in particolare:

- contatto tettonico tra le rocce ofiolitiche e i calcescisti in cui sono stati osservati fenomeni di riattivazione del contatto stesso in regime di deformazione fragile;
- piani di faglia all'interno dell'ammasso roccioso;
- zone di taglio fragile presenti all'interno delle stesse masse ofiolitiche (tra metabasiti e serpentiniti).

In particolare sono stati riconosciuti due principali settori a monte dell'abitato di Mompantero (Figura 6) in cui sono presenti mineralizzazioni asbestiformi concentrate sia in masse che lungo zone di taglio duttile-fragile:

- affioramenti di ofioliti presenti lungo strada che porta alle frazioni Bianco e Braida, dove nelle rocce dell'unità oceanica l'anfibolo amiantifero è relativamente ubiquitario; esso è stato individuato all'interno delle rocce basiche, degli scisti attinolitici, mineralizzato in plaghe e vene, anche tardive, sia nelle rocce basiche che ultrabasiche. In particolare le rocce basiche all'esterno di zone di taglio contengono anfibolo della serie tremolite - actinolite con caratteristiche morfologiche limite tra una specie asbestiforme ed una non asbestiforme. In questi casi sono state definite come contenenti amianto tutte quelle rocce in cui è possibile la formazione di fibre amiantifere nel caso in cui la roccia sia sottoposta a stress meccanici (macinazione abrasione, in fase di scavo);
- affioramenti di serpentiniti e serpentinoscisti a monte della località Seghino tra le frazioni Cugno e Ganduglia ove il crisotilo si trova esclusivamente nelle rocce ultrabasiche, sia associato al serpentino non fibroso soprattutto nei serpentinoscisti, sia come riempimento di vene mineralizzate. Va sottolineato come fibre di crisotilo siano state rinvenute anche se in quantità estremamente basse anche all'interno delle serpentiniti ad antigorite, più massicce e in genere preservate dalle zone di taglio.

Nella tabella che segue sono riportati i risultati ottenuti dall'analisi dei singoli campioni prelevati in superficie.

	<b>N° Campione</b>	<b>Litotipo</b>	<b>Contesto geologico</b>	<b>Minerale d'amianto</b>	<b>Fibra asbestiforme</b>
<b>Campioni di roccia totale</b>	<b>CP5</b>	<b>scisto milonitico</b>	<b>zona di taglio</b>	-	-
	<b>CP6</b>	<b>scisto attinolitico</b>	<b>zona di taglio</b>	<b>tremolite-actinolite</b>	<b>no</b>
	<b>CP7</b>	<b>metabasite (prasinite)</b>	<b>ammasso roccioso</b>	<b>tremolite-actinolite</b>	<b>no</b>
	<b>CP8</b>	<b>metabasite (prasinite)</b>	<b>ammasso roccioso</b>	<b>tremolite-actinolite</b>	<b>no</b>
	<b>CP9</b>	<b>metabasite (prasinite)</b>	<b>ammasso roccioso</b>	<b>tremolite-actinolite</b>	<b>no</b>
	<b>CP10</b>	<b>serpentinite</b>	<b>zona di taglio</b>	<b>crisotilo</b>	<b>si</b>
	<b>CP11</b>	<b>serpentinoscisto</b>	<b>zona di taglio</b>	<b>crisotilo</b>	<b>si</b>
	<b>CP12</b>	<b>serpentinoscisto</b>	<b>zona di taglio</b>	<b>crisotilo</b>	<b>si</b>
	<b>CP13</b>	<b>serpentinite massiccia</b>	<b>lente di serpentinite</b>	<b>crisotilo</b>	<b>si</b>
<b>Campioni di minerali fibrosi</b>	<b>AF2</b>	<b>roccia di faglia</b>	<b>zona di taglio</b>	<b>tremolite</b>	<b>si</b>
	<b>AF3</b>	<b>scisto attinolitico</b>	<b>ammasso roccioso</b>	<b>actinolite</b>	<b>si</b>
	<b>AF4</b>	<b>vene</b>	<b>zona di taglio</b>	<b>actinolite</b>	<b>si</b>
	<b>AF5</b>	<b>vene</b>	<b>zona di taglio</b>	<b>crisotilo</b>	<b>si</b>
	<b>AF6</b>	<b>vene</b>	<b>zona di taglio</b>	<b>crisotilo</b>	<b>si</b>
	<b>AF7</b>	<b>serpentinite</b>	<b>ammasso roccioso</b>	<b>crisotilo</b>	<b>si</b>

Tabella 13 – Risultati delle analisi di valutazione della presenza di mineralizzazioni amiantifere nella zona di Mompantero.

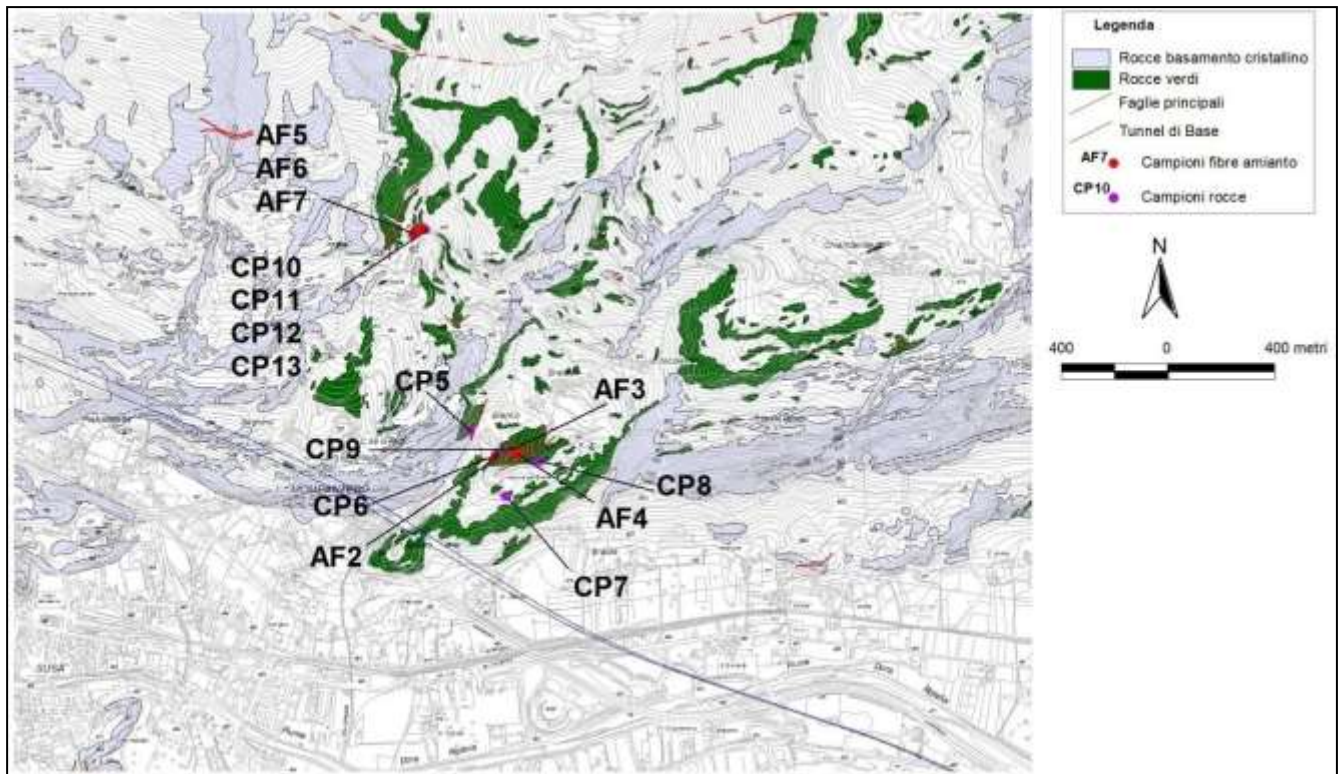


Figura 6 – Principali settori nella zona di Mompantero in cui sono state riconosciute rocce potenzialmente amiantifere

#### 2.4.4 Considerazioni sul rischio amianto

La analisi condotte permettono di caratterizzare due ambiti operativi principali in relazione alla definizione delle modalità di gestione del materiale contenente amianto:

- 1) un primo ambito operativo riferito alle rocce intercettate dal Tunnel di Base, nel tratto a partire dall'imbocco est nella Piana di Susa. Tali rocce sono caratterizzate dalla presenza ubiquitaria di amianto (tremolite, actinolite e crisotilo), in forma sia fibrosa che aciculare, e da concentrazioni in amianto totale altamente variabili. Considerando i risultati ottenuti dai sondaggi S9 ed S11 è quindi ipotizzabile che le metabasiti attese a partire da circa 400 metri dall'imbocco E del Tunnel di Base siano caratterizzate da concentrazioni in amianto localmente anche elevate; la variabilità nei tenori in amianto rende difficile la previsione di un sistema di scavo che permetta una discriminazione certa del marino 'pericoloso' e non. Per questo motivo, alla luce della tipologia di cantierizzazione richiesta per lo scavo in roccia amiantifera e della classificazione del codice CER 170503\*, tutto il prodotto di scavo ottenuto lungo il tratto ascritto alla formazione OMB (prasiniti e scisti prasinitici) è considerato 'rifiuto pericoloso'.
- 2) Sulla base del modello geologico di riferimento è presa in considerazione la possibilità, seppur ridotta, di incontrare rocce amiantifere intercalate agli ammassi rocciosi della zona Piemontese (GCC e GCK), del complesso di Clarea (CL), nelle breccie carbonatiche degli orizzonti di scollamento (BCC), e nei calcemicascisti e paragneiss (TCS e TPG) attesi in asse alle gallerie d'Interconnessione. A ciò si aggiunge il possibile rinvenimento di mineralizzazioni asbestiformi in corrispondenza delle zone di faglia. In termini ipotetici, circa lo 0,05% del volume di scavo previsto all'interno di queste formazioni e/o condizioni strutturali potrebbe presentare tenori in amianto totale elevati, quindi sarebbe da gestire come rifiuto. Questo livello di

incertezza è gestito anche prevedendo la possibilità di allestimento di misure di sicurezza in cantiere sotterraneo ed all'aperto.

Viene di seguito riportata una caratterizzazione qualitativa della possibilità di rinvenimento di rocce o intercalazioni con presenza amianto, per le litologie interessate dalle attività di scavo in sotterraneo.

La caratterizzazione prevede 4 livelli così esplicitati:

R0: probabile assenza di rocce o intercalazioni con mineralizzazioni di amianto;

R1: possibile presenza di rocce o intercalazioni con mineralizzazioni di amianto;

R2: presenza certa di rocce suscettibili di presentare mineralizzazioni di amianto;

R3: presenza di rocce per cui è accertata la presenza di mineralizzazioni di amianto.

Sulla base di questa caratterizzazione, nella tabella seguente sono distinte le litologie interessate dalle operazioni di scavo in sotterraneo.

Opera	Possibilità di rinvenimento di rocce o intercalazioni con presenza di amianto	Formazione
Tunnel di Base	R3-R2	OMB
	R1	GCC
	R1	GCK
	R1	af
	R1	BCC
	R0	QSE
	R0	AMD
	R0	AMC
	R1	CL
	R1	Rocce di faglia
Tunnel di Interconnessione	R1	TPG
	R1	TCS

**Tabella 14 – Caratterizzazione delle formazioni interessate dalle attività di scavo in sotterraneo in funzione della possibilità di rinvenimento di rocce o intercalazioni con presenza di amianto**

## 2.5 Stima dei volumi di rocce contenenti amianto

Dall'analisi dei volumi di marino derivanti dallo scavo del Tunnel di Base è possibile stimare la quantità di rocce ofiolitiche potenzialmente contenenti amianto da destinare a deposito speciale in quanto rifiuto pericoloso. In questo caso la destinazione prevista è in stoccaggio sotterraneo nelle gallerie non utilizzate in fase di esercizio (§ 3.1.7).

### 2.5.1 Settore di Mompantero (attraversamento delle rocce riferibili alle categorie R2 e R3)

Il Tunnel di Base nel settore di Mompantero dovrebbe attraversare uno spessore di rocce oceaniche (OMB) di circa 350-400 m. Il volume da scavare in rocce verdi (OMB) in questo settore è pari a **80257 m<sup>3</sup>** in posto. Di questo volume solo una ridotta parte potrà potenzialmente contenere asbesto, tuttavia la discriminazione certa dei settori con concentrazioni superiori ai limiti di legge è di difficile valutazione. Non avendo potuto eseguire sondaggi dalla superficie per una verifica diretta della presenza di amianto il progetto, a titolo cautelativo, prevede che tutto il prodotto di scavo ottenuto lungo il tratto nella formazione OMB (prasiniti e scisti prasinitici) viene considerato come rifiuto pericoloso.

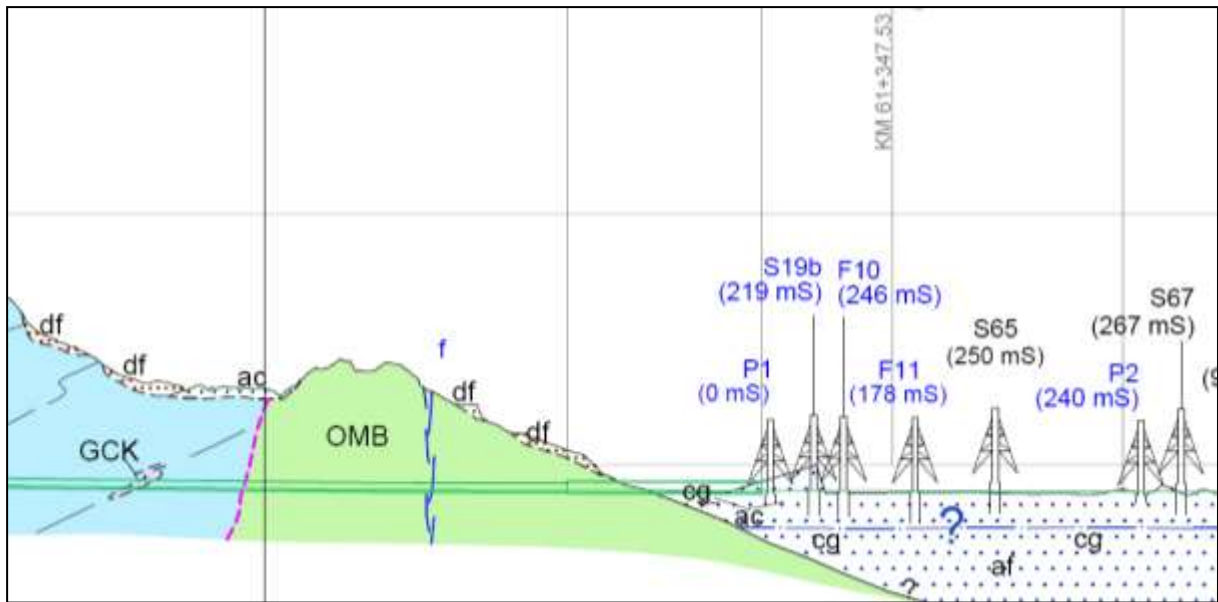


Figura 7 – Stralcio del profilo geologico-geomeccanico in asse Tunnel di Base nella zona dell'imbocco est del Tunnel di Base (rif. PRVC3BTS30006).

### 2.5.2 Settori caratterizzati dalla presenza di rocce riferibili alle categorie R1 e R2

Per gli altri tratti di scavo delle opere in sotterraneo il criterio adottato è quello di prevedere per determinate litologie o condizioni tettoniche (faglie, zone fratturate ecc.) la possibile presenza di rocce contenenti amianto in una percentuale pari allo 0,05% del volume di scavo.

Tale criterio è applicato per le seguenti formazioni:

- depositi alluvionali della Valle Cenischia (af);
- scisti carbonatici-filladici (GCC) della Zona Piemontese e della Zona a Scaglie;
- breccie tettoniche carbonatiche “Carniole” auct. (BCC) della Zona a Scaglie;
- gneiss albitici passanti a micascisti quarzosi (CL) del Complesso di Clarea, sebbene al loro interno, durante lo scavo del cunicolo della maddalena, non sia stata riscontrata la presenza di amianto;
- zone di faglia che attraversano le seguenti formazioni - quarziti (QSE) della Zona Brianzese Interna (copertura del Massiccio di Ambin); gneiss albitici passanti a micascisti quarzosi (CL) del Complesso di Clarea; scisti carbonatici filladici della Zona a Scaglie;
- calcemicascisti (TCS) e paragneiss (TPG) dell'Unità Meana-Monte Muretto (Tunnel di Interconnessione).

## 3. Procedure di gestione del materiale di scavo

Il materiale di scavo è gestito in funzione di una procedura di verifica e controllo dell'ammasso roccioso incontrato.

A tale fine è da prevedere uno scenario riferito al tratto di 400 m circa di lunghezza, lato imbocco est del Tunnel di Base (settore Mompantero), lungo il quale i dati ricavati dalle analisi condotte indicano la presenza di rocce contenenti amianto (categorie R2 e R3). Per questo tratto è prevista la gestione del marino come rifiuto speciale pericoloso da stoccare in sotterraneo all'interno delle gallerie non utilizzate in fase di esercizio.

Esclusi i settori caratterizzati dalla presenza di rocce non potenzialmente amiantifere (R0 – formazioni QSE, AMC e AMD del Complesso di Ambin), per il resto del tracciato in sotterraneo il modello geologico prevede la possibilità di incontrare litotipi potenzialmente amiantiferi in una percentuale stimata pari allo 0,05% del volume di roccia scavata (categoria R1). Tale valore, proprio di un approccio funzionale ai fini di gestione dell'eventuale rischio, è riferito alle intere tratte per le quali è previsto l'attraversamento delle litologie che possono potenzialmente presentare intercalazioni di rocce contenenti amianto (si veda il paragrafo precedente). A livello operativo, la presenza, l'ubicazione e la geometria dei corpi rocciosi amiantiferi devono essere valutate nel corso dell'avanzamento dello scavo; per questa ragione è definita una procedura che ne permetta il tempestivo riconoscimento, la determinazione del contenuto in amianto totale e la pericolosità del materiale scavato (indice IR), così da poter attivare le misure previste dalla normativa in tema di tutela della salute, dell'ambiente e di gestione del marino. In particolare le procedure per questo secondo scenario sono definite in funzione della tecnica di scavo (TBM o tradizionale).

Va tuttavia sottolineato che all'interno del Massiccio di Ambin lo scavo del Cunicolo esplorativo della Maddalena, lungo il suo tracciato, non ha mai intercettato rocce con presenza di minerali amiantiferi.

La quantità stimata totale di materiale potenzialmente contenente amianto, definita in funzione delle diverse tratte di scavo e delle diverse litologie, è ripartita come schematizzato nella tabella seguente.

Ripartizione dello smarino con concentrazione di amianto elevate		TOTALE
Scavo in OMB (R2 e R3) – Tunnel di Base, settore di Monpantero – (stoccaggio in sotterraneo)	212.680 t (80.257 m <sup>3</sup> )	219.638 t (82.882 m <sup>3</sup> )
Aliquota di scavo di rocce potenzialmente amiantifere (0,005%) nella formazione CI (R1) del Tunnel di base	6.415 t (2.421 m <sup>3</sup> )	
Aliquota di scavo di rocce potenzialmente amiantifere (0,005%) nelle formazioni TPG e TCS del Tunnel di interconnessione (R1)	543 t (204 m <sup>3</sup> )	

Tabella 15 – stima della produzione di smarino potenzialmente contenente amianto, in funzione della litologia e opera.

### 3.1 Settore Mompantero scavo di rocce appartenenti alle categorie R3 e R2

Per questa tratta, nel Progetto Definitivo Approvato, si era previsto lo scavo con Martello Demolitore Idraulico da Susa. La gestione del materiale di scavo prevedeva la sigillatura del marino in big bags e il successivo trasporto a discarica, a mezzo ferrovia, nei siti di smaltimento in Germania (distanze da percorrere fino a 1400 km).

Il Progetto di Variante (PRV) porta ad una variazione delle configurazioni di scavo e delle opere nella zona di Maddalena (si veda ad es. la relazione PRV\_C30\_7190\_20-00-50), generando parti di opere che non hanno particolari funzionalità in fase di esercizio. Queste gallerie sono dunque utilizzate per lo stoccaggio delle rocce verdi.

Lo stoccaggio in sotterraneo anziché l'evacuazione via treno ed il cambiamento del metodo di scavo (TBM anziché martello demolitore) porta a cambiamenti notevoli in merito alla gestione dello scavo, alla logistica del trasporto ed al confezionamento dello smarino. Le modalità di individuate sono descritte nel dettaglio nella relazione PRV\_C3A\_7610 e sono qui nel seguito riassunte.

### **3.1.1 Indagini in avanzamento per riconoscimento delle zone con rocce verdi**

Gli interventi di monitoraggio in avanzamento sulla TBM scudata definiti nella relazione PRV\_C3A\_0452\_26-19-00 (§ 4.2) per finalità geognostiche avranno come obiettivo anche il riconoscimento delle zone con rocce verdi e/o mineralizzazioni asbestiformi. In particolare, si dovrà eseguire un sondaggio in avanzamento in prossimità del contatto tra calcescisti piemontesi e prasiniti (OMB), al fine di definire esattamente la progressiva di passaggio alle rocce verdi e di identificare la presenza o meno di ammassi minerali asbestiformi, ed il rispettivo indice IR, nella zona di faglia/fratturata situata al contatto litologico.

### **3.1.2 Metodi di scavo**

La Delibera CIPE del 3 agosto 2011 n. 101 di approvazione del Progetto Preliminare ha richiesto di non utilizzare esplosivi in presenza di rocce amiantifere.

Per l'abbattimento, ai fini dello scavo, della "pietra verde" occorrono tuttavia notevole forza e consumo energetico: l'abbattimento non si può attuare con attrezzi deboli (quali pale, frese puntuali, utensili a mano), ma occorrono mezzi che concentrino l'azione di rottura su una punta, che penetra più facilmente nella roccia e riesce a spaccarla. Questi mezzi sono il Martello Demolitore Idraulico o le grandi frese integrali (TBM).

I vantaggi dello scavo con TBM rispetto al Martello Demolitore sono:

- Gli utensili a disco delle TBM rompono la roccia senza abraderla e quindi senza creare polvere (mentre i martelli demolitori creano polvere);
- Nelle TBM è già prevista una brumizzazione per il raffreddamento della testa;
- Le TBM garantiscono un maggiore automatismo e regolazione ("industria viaggiante");
- La grande testa rotante della TBM porta numerosi utensili a disco e quindi ha una produttività molto più alta di un martellone. Il cantiere complessivamente dura meno rispetto allo scavo tradizionale e presenta delle conseguenze positive sul planning e sull'impatto dell'intero cantiere;
- Nessuna presenza di lavoratori in prossimità del fronte (solo in corrispondenza della macchina) e contatto meno diretto dei lavoratori con la roccia (presenza della testa fresante e dello scudo – TBM scudata): confinamento delle emissioni al fronte.

La TBM risulta essere la soluzione scelta per lo scavo del Tunnel di Base. Il martello demolitore sarà utilizzato nelle zone specifiche seguenti dove non è possibile usare la TBM, ovvero per l'allargamento delle sezioni nella zona del portale di Susa (sezioni tipo A1, A2 e C) che presentano una sezione di scavo maggiore rispetto alla sezione corrente del Tunnel di Base.

La TBM potrà inoltre disporre delle specifiche seguenti:

- Avanzamento con sistemi integrati di verifica della morfologia del terreno;
- Aree compartimentate in depressione.

Data l'inalterabilità delle fibre, i provvedimenti di sicurezza sono tutti sostanzialmente orientati secondo tre principi base:

- Impedire il sollevamento nell'aria delle fibre eventualmente liberatesi (il provvedimento più efficace e più diffuso è l'irrorazione con acqua);
- Impedire la diffusione nell'ambiente delle fibre che potessero eventualmente liberarsi (il provvedimento più corrente è la ventilazione artificiale, orientata a tenere in depressione l'ambiente di lavoro);

- Meccanizzare ed automatizzare tutte le varie operazioni di scavo, sgombero, trasporto, deposito del materiale scavato (il “marino”) allo scopo di ridurre al minimo indispensabile il numero degli operatori che devono essere presenti nell’ambiente potenzialmente inquinabile.

La gestione dello scavo, del trasporto del marino e della messa in deposito permanente ed isolato del marino stesso è organizzata secondo i tre criteri sopra elencati, con gli adeguamenti che sono illustrati nel seguito.

Nel caso del Tunnel di Base, tutte le operazioni di scavo, trasporto e deposito avvengono in ambiente chiuso (le gallerie) senza mai uscire all’esterno: ciò, già di per sé, evita la diffusione incontrollata di fibre. Questi ambienti chiusi sono relativamente piccoli (gallerie di 6 m e 10 m di diametro) e, con la presenza delle macchine, le zone di operazione hanno spazi limitati, che richiedono appositi mezzi e procedure.

Occorre procedere con specifiche attenzioni:

- Evitare operazioni che favoriscano il sollevamento di polveri e fibre;
- Evitare operazioni che possano, anche solo accidentalmente, indurre il rischio di sversamenti incontrollati del marino inquinato;
- Evitare operazioni di rovesciamento di contenitori (ad es. per il loro svuotamento);
- Favorire l’uso di contenitori fissi, il che consente di impiegare contenitori anche di grande volume e peso lordo;
- Utilizzare alimentatori di materiale con capacità di regolare e dosare il flusso del materiale movimentato.

Nelle varie zone di lavoro, l'area di scavo viene compartimentata tramite barriere fisiche spostabili corredate da passaggi per mezzi e maestranze con suddivisione in tre aree distinte A1-A2-A3 rappresentate con apposito colore:

- A3, area decontaminata;
- A2, area di decontaminazione (intermedia);
- A1, area contaminata.

### 3.1.3 Percorso dello smarino e confezionamento in contenitori (Scavo con TBM)

La figura seguente illustra il trasporto dello smarino prima e dopo il suo confezionamento.

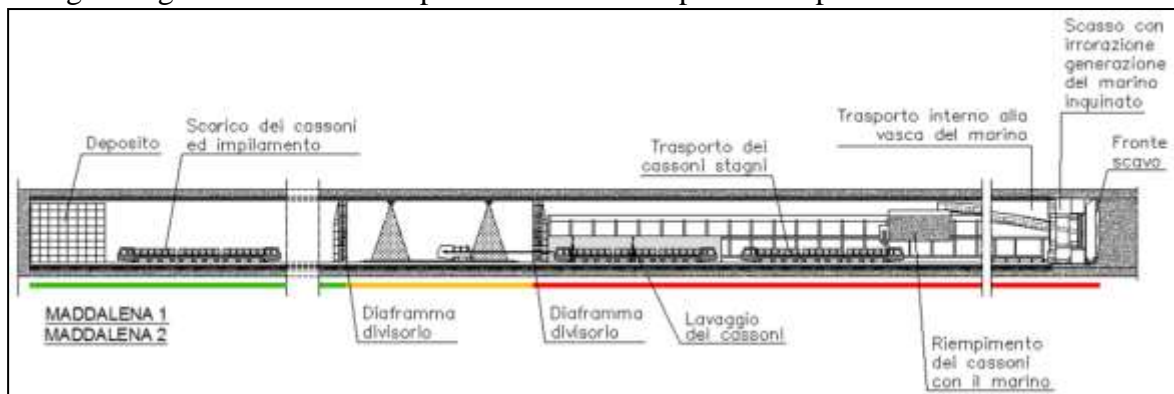
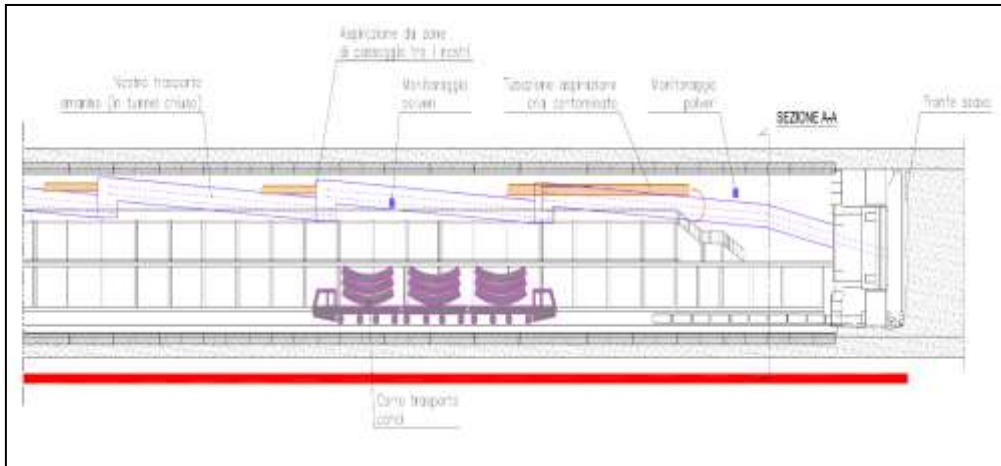


Figura 8: Trasporto dello smarino e dei cassoni

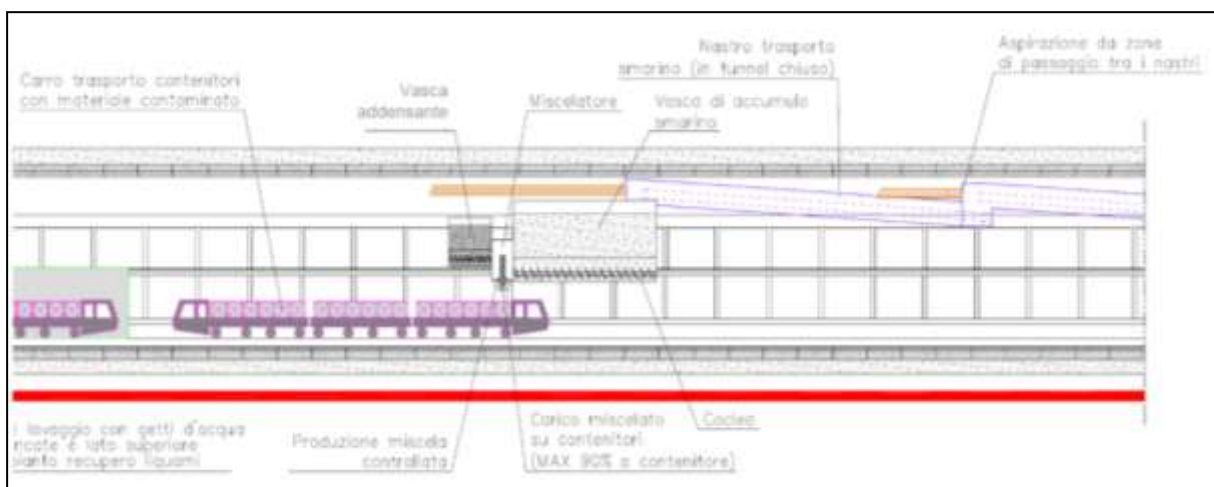


Lo schema operativo nella zona di scavo è rappresentato con la figura seguente. Il nastro che permette l'evacuazione dello smarino dalla testa della TBM viene realizzato a tronchi separati con lunghezze limitate (max 50 m), chiuso ed in depressione con aspirazioni localizzate nelle giunzioni. La lunghezza limitata dei tronchi consente di poter sostituire rapidamente il nastro in caso di guasto.



**Figura 9: Trasporto dello smarino nella zona di testa della TBM**

Lo smarino viene portato in un cassone sigillato (copribile in modo stagno) installato a bordo della TBM nella sezione del back-up.



**Figura 10: Trasporto dello smarino e confezionamento**

Sul fondo a pareti inclinate del cassone si prevede l'installazione di un trasportatore a coclea. La "vite senza fine" opera all'interno di uno spezzone di tubo e vi fa scorrere il materiale granulare, con velocità nota e regolabile e quindi con portata regolabile per dosare la quantità di materiale trasportato nell'unità di tempo. Il materiale vi viene spinto e non rotolato (quindi non viene sollevata polvere) e viene scaricato assialmente all'imboccatura del tubo in un punto preciso, con un flusso confinato e quindi senza rischio di sversamento.



Figura 11: Tipi di cassoni (da CSP)

L'impiego di cassoni con scarico a coclea permette di:

- Installare a bordo della TBM contenitori fissi di grande capacità, tali da contenere l'intera produzione di marino di una spinta;
- Installare a bordo della TBM anche due cassoni in parallelo con funzione di volano per consentire l'alternarsi dei mezzi di trasporto nel punto di carico senza interrompere la produzione della TBM.

A fianco dei cassoni si dispone una vasca con materiale addensante. Tale materiale addensante è costituito da polimeri a catena lunga. Tali polimeri sono normalmente utilizzati in combinazione con schiume per il trattamento dei terreni di scavo difficoltosi in gallerie scavate con EPB. Permettono di aumentare la coesione del terreno, ad es. nel caso di ghiaie e sabbie grossolane.

Si crea quindi un conglomerato addensato composto da marino di rocce verdi e polimeri.

Questo conglomerato viene confezionato in contenitori rettangolari (casseri a perdere) di plastica (polimeri). Le dimensioni di questi contenitori sono 1 m x 1 m x 2 m. I contenitori verranno sigillati in modo da essere stagni. Possono essere quindi trasportati ed accatastati tal quali nel deposito.

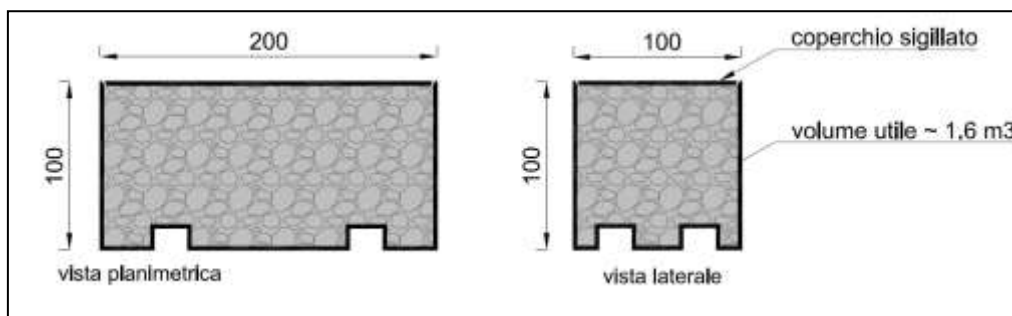


Figura 12: Confezionamento in contenitori

Per il trasporto dei contenitori, si utilizzano carri gommati a doppia cabina come per il trasporto dei conci, così non è necessario invertire la marcia e quindi non sono necessari rami specifici per la manovra di inversione.

I mezzi vengono lavati nella zona di decontaminazione (A2) e proseguono verso le gallerie di stoccaggio in zona decontaminata (A3).

Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

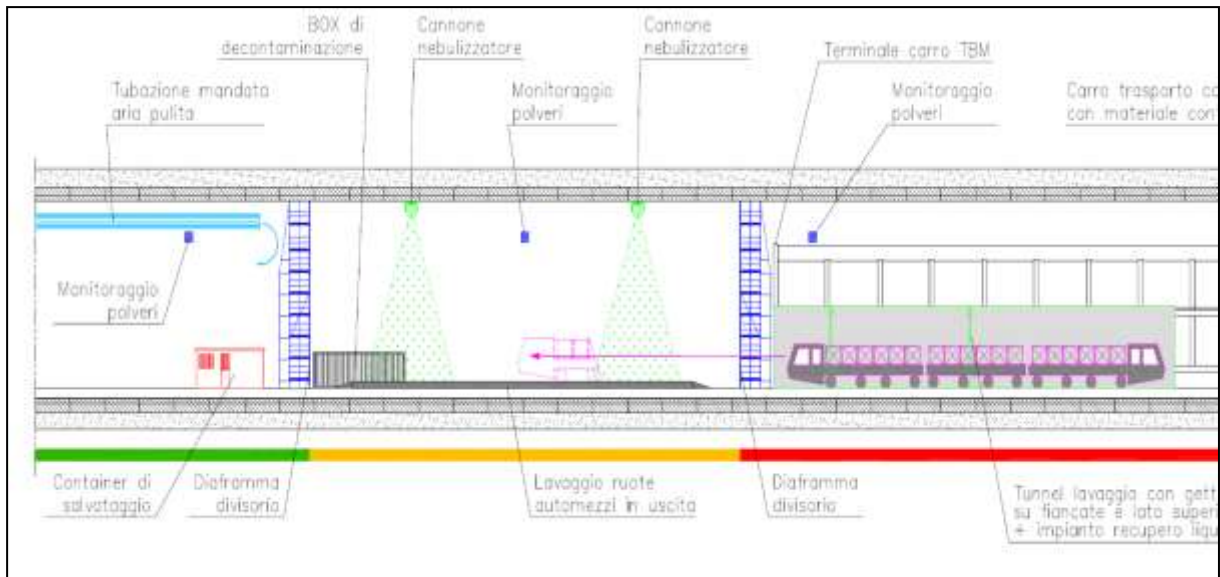


Figura 13: Trasporto dei contenitori e lavaggio dei mezzi

### 3.1.4 Sezioni allargate in prossimità dell'imbocco

L'allargamento delle sezioni all'imbocco viene realizzato con martello demolitore, secondo la procedura di sicurezza in corso di scavo già adottata nel Progetto Definitivo Approvato.

La metodologia eseguita per il confezionamento dello smarino rimane invariata rispetto a quanto presentato precedentemente. Il modulo di back-up dedicato al confezionamento dello smarino viene mantenuto all'interno della galleria in modo da poter essere utilizzato anche in questa fase.

### 3.1.5 Trattamento delle acque

Il trattamento delle acque avverrà nel primo ramo di comunicazione del TdB al di fuori delle rocce verdi a partire dall'imbocco di Susa, ovvero alla pk 60+700. L'impianto è costituito da:

- Un impianto di ultra filtrazione;
- Un impianto di osmosi inversa;
- Un impianto filtro pressa.

### 3.1.6 Percorso dei mezzi verso i depositi

Il percorso dei mezzi viene illustrato nella figura seguente. Dalla zona delle rocce verdi, i mezzi circolano in ciascuna canna del Tunnel di Base. La comunicazione tra le canne ubicata all'innesto tra Maddalena 2 e il Tunnel di Base (denominata "ramo di connessione in fase cantiere da BP a BD") permette sia l'accesso dei mezzi a Maddalena 2 per lo stoccaggio, sia di raggruppare tutti i mezzi che continuano verso Maddalena 1 lungo la canna BP. Il percorso verso Maddalena 1 implica il transito nell'area di sicurezza di Clarea e nella galleria di connessione 1, siccome l'obiettivo è di mantenere il percorso in sotterraneo.

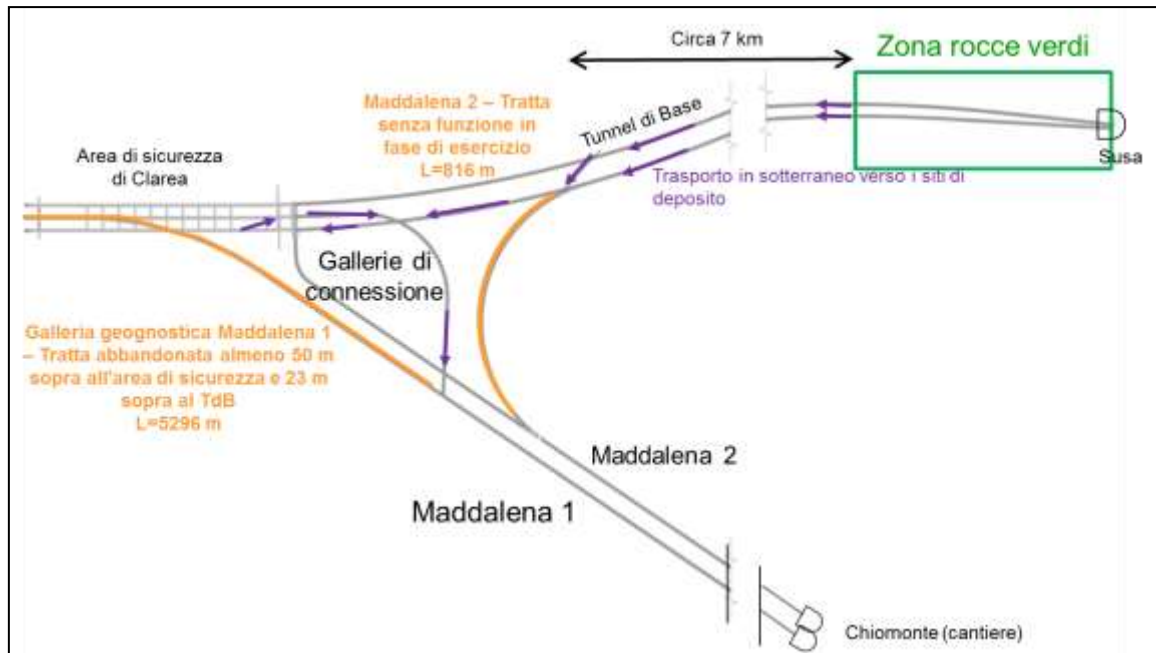


Figura 14: Percorso dei mezzi dall'area di confezionamento fino all'area di stoccaggio

### 3.1.7 Stoccaggio dei materiali

Tutto il volume di scavo potrà essere riposto nei depositi seguenti:

- Maddalena 1 che comprende: una tratta non utilizzata in fase di esercizio della linea ferroviaria di lunghezza 5.3 km circa (oltre al PM 2245), con nicchie ubicate in generale ogni 400 m, due nicchie esistenti e due rami di inversione; una galleria di stoccaggio di lunghezza 1.1 km circa, parallela a Maddalena 1 e ubicata tra le PM 4900 e 6000 circa, denominata "Maddalena 1bis";
- Maddalena 2 nella tratta non utilizzata in fase di esercizio, di lunghezza 820 m circa, compresa tra l'innesto della galleria di connessione 2 e l'innesto del Tunnel di Base; in questa tratta si prevede un ramo di inversione.

Le aree di stoccaggio sono rappresentate nelle figure seguenti.

Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

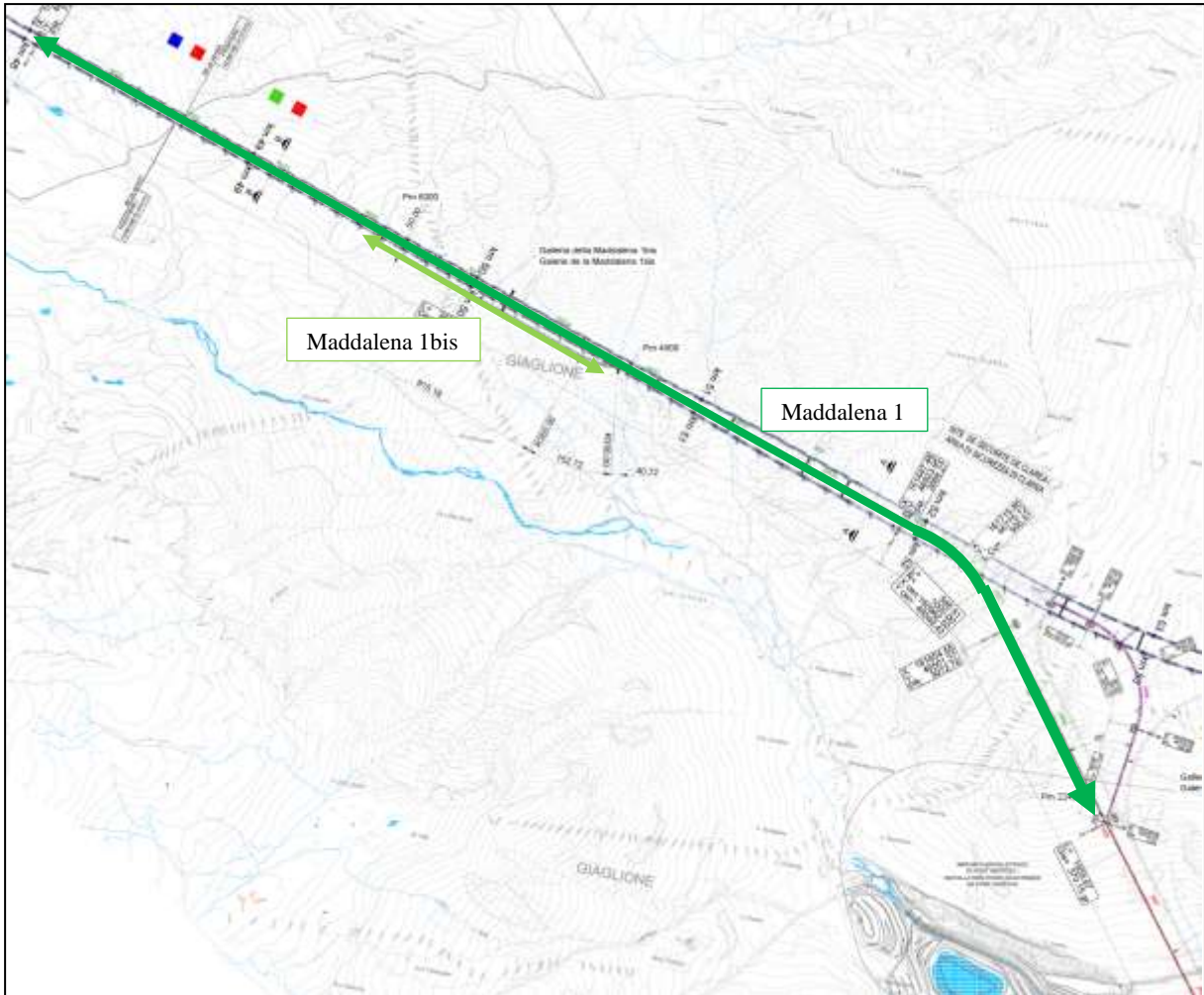


Figura 15: Planimetria delle zone di stoccaggio in Maddalena 1 e Maddalena 1bis (PRV\_C3A\_3803\_26-48-10)

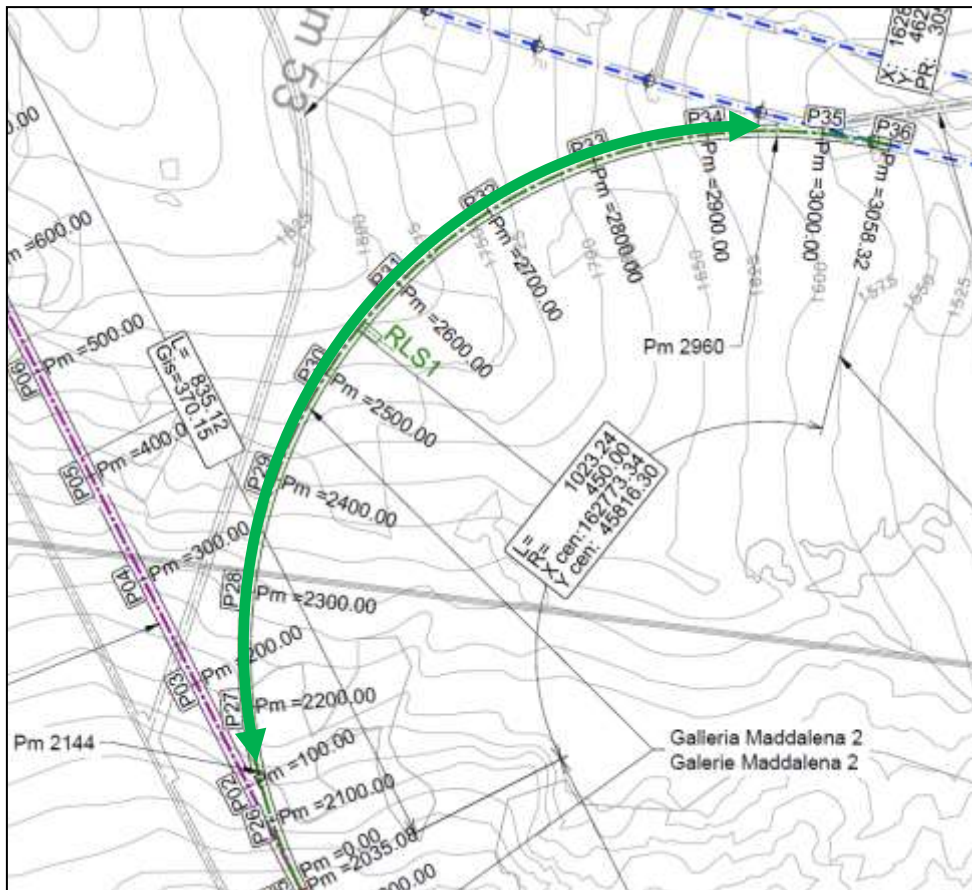


Figura 16: Planimetria delle zone di stoccaggio in Maddalena 2 (PRV\_C3A\_7520\_26-48-11)

### 3.1.8 Considerazioni geologiche per le gallerie di stoccaggio

Dal punto di vista geologico e geomeccanico i tratti di gallerie in cui si prevede lo stoccaggio delle rocce verdi sono in generale caratterizzati da un assetto geologico abbastanza omogeneo, ubicati esclusivamente nei litotipi del Complesso di Clarea, con assenza di importanti criticità strutturali e ammasso roccioso di qualità geomeccaniche variabili da discrete a buone.

Nel tratto della Galleria Maddalena 1 oltre PM 2245 il Cunicolo esplorativo ha intercettato esclusivamente i micascisti i grigio scuri, i micascisti quarzosi e gli gneiss minuti (a glaucofane più o meno albitizzati) del Complesso di Clarea.

La scistosità principale è orientata con direzione media NE-SW, con locali deviazioni N-S, valori dell'immersione variabili da verso 90 a 140, l'inclinazione della scistosità presenta angoli variabili da bassi a medi.

Per quanto riguarda i sistemi di discontinuità (giunti e fratture) ricorrono con una certa frequenza un numero medio di 4-5 famiglie, in taluni casi tra loro coniugate, in genere disposte secondo sistemi NE-SW e NW-SE e in taluni casi N-S.

Nel dettaglio le orientazioni medie sono:

- F1 120-145/46-70
- F1b 85-115/5-30
- F2 315-350/50-60
- F4b 190/70

I sistemi F2 e F4b sembrerebbero essere i più pervasivi, di questi il sistema F4b sembra risultare più pervasivo e ricorrente a partire da circa PM 4200.

Per quanto riguarda i sistemi di faglie predominano quelle di direzioni medie NE-SW e più limitatamente NNE-SSW e ENE-WSW.

In generale tutte le faglie attraversate sono classificabili in faglie minori, di spessori massimi decimetrici.

Dal punto di vista geomeccanico l'ammasso è caratterizzato da valori di RMR compresi tra 34 e 85, classi geomeccaniche variabili da II a IV (III prevalente) e indici di GSI variabili da 30 a 80.

Dal punto di vista idrogeologico le venite d'acqua in galleria sono state di modesta entità e non si sono avute particolari criticità.

Relativamente alla Galleria Maddalena 1 bis, parallela a Maddalena 1 e ubicata tra le PM 4900 e 6000, la geologia attesa, in considerazione della sua vicinanza con quella della Maddalena 1, sarà identica a quella attraversata dal Cunicolo esplorativo in questo tratto.

Nel dettaglio, anch'essa sarà ubicata all'interno dei micascisti di Clarea, l'assetto strutturale sarà del tutto simile a quello descritto per la Galleria Maddalena 1. Dal punto di vista geomeccanico l'ammasso roccioso presenterà valori dell'indice RMR variabili tra 42 e 67, classi geomeccaniche variabili da II a III e GSI compreso tra 45 e 70.

Per l'ulteriore descrizione dell'assetto geologico e strutturale si rimanda agli elaborati PRV\_C3B\_7200\_26-48-01\_10-01 e PRV\_C3B\_7206\_26-48-01\_40-01.

Lungo il tratto destinato allo stoccaggio della Galleria Maddalena 2, pur non essendo stato indagato direttamente dal Cunicolo esplorativo, si attende un assetto geologico confrontabile a quello riscontrato tra le PM 2000 e 2700 della Galleria Maddalena 1.

Dal punto di vista geologico il tratto di galleria attraverserà i micascisti grigio scuri, i micascisti quarzosi e gli gneiss minuti (a glaucofane più o meno albitizzati) del Complesso di Clarea.

La scistosità principale sarà verosimilmente orientata con direzione media NE-SW, con locali deviazioni N-S, valori dell'immersione variabili da verso 90 a 140, e inclinazione tendente a orientarsi con angoli prossimi all'orizzontale. In questo tratto l'orientazione dello scavo sarà circa parallela alla direzione delle discontinuità principali (scistosità, fratture e faglie), pertanto la loro intersezione con la galleria svilupperà un'inclinazione apparente con andamento circa suborizzontale.

I sistemi di discontinuità (giunti e fratture) saranno principalmente disposti con direzione NE-SW.

Dal punto di vista geomeccanico si attendono condizioni con qualità dell'ammasso da discrete a buone, valori di RMR compresi tra 51 e 70, classi geomeccaniche variabili da II a III (III prevalente) e GSI compresi tra 55 e 70.

Dal punto di vista idrogeologico le condizioni attese lungo la galleria sono variabili da condizioni di fronte bagnato a stillicidi con valori di portate generalmente inferiori a 125 l/min per 10 m di galleria.

Per una descrizione di dettaglio si rimanda agli specifici elaborati PRV\_C3B\_7201\_26-48-01\_10-02, PRV\_C3B\_7207\_26-48-01\_40-03 e PRV\_C3B\_7209\_26-48-01\_40-05.

### 3.1.9 Impermeabilizzazione delle gallerie

Le gallerie di stoccaggio verranno impermeabilizzate su tutta la sezione e ritombate completamente, in modo da impedire all'acqua di falda (ovvero alle circolazioni idriche nell'ammasso roccioso) di penetrare all'interno della sezione ed essere eventualmente contaminate.

Nel caso del deposito in Maddalena 1, le due canne del TdB e la galleria di connessione 1 sottostanti fungono da dreno e vengono realizzate prima della messa in deposito delle rocce verdi, quindi non vi è problema di pressione idrostatica né a breve né a lungo termine.

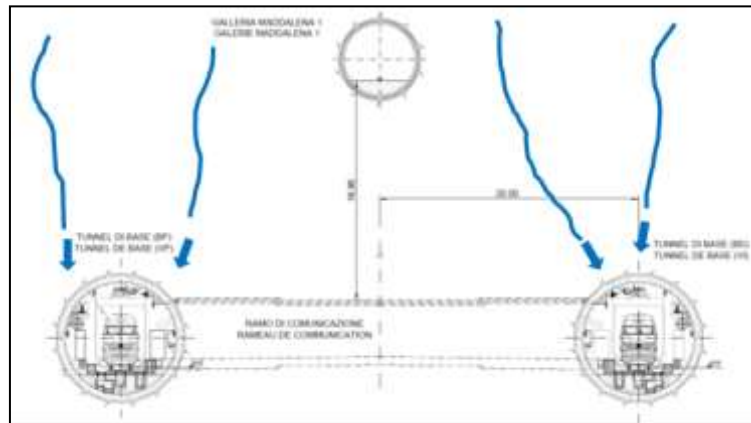


Figura 17: Sezione trasversale di Maddalena 1 con il Tunnel di Base

Nel caso del deposito in Maddalena 2, prima dello stoccaggio la galleria sarà drenata mediante fori attraverso i conci per non creare una pressione idrostatica sul rivestimento. Appena prima del conferimento definitivo dei contenitori i fori di drenaggio verranno riempiti ed inoltre sarà disposta un'impermeabilizzazione all'intradosso dell'anello di conci. Il ritombamento completo della galleria con malta cementizia e la rigidità del materiale all'interno dei contenitori ne garantisce la stabilità a lungo termine. L'impermeabilizzazione sarà realizzata in due tempi: contestualmente allo scavo la parte inferiore; a tratte successive durante il riempimento con il marino la parte superiore.

### 3.1.10 Sintesi delle quantità messe in deposito

I volumi di scavo delle rocce verdi OMB, nella zona di Mompantero corrisponde a circa **80.260 m<sup>3</sup>** (Tabella 15). Considerando un coefficiente di espansione di 1.6, il volume di materiale sciolto è pari a circa **128.450 m<sup>3</sup>** e dunque i siti di deposito risultano sufficienti per ospitare il volume di scavo previsto (PRV\_C3A\_7610).

### 3.1.11 Opere propedeutiche all'imbocco Est

Prima dell'arrivo delle frese all'imbocco Est a Susa, occorre riprofilare il versante per la preparazione della zona in cui verrà realizzata la galleria artificiale. Questo comporta sbancamenti con relative bullonature di sostegno, la realizzazione di un rilevato in soil cement al fine di avere copertura sufficiente per la galleria naturale ed il consolidamento mediante iniezioni del terreno e/o ammasso roccioso in quell'area.

Si eseguiranno inoltre gli ombrelli di infilaggio e la struttura in c.a. al portale descritti nella relazione PRV\_C3A\_3949\_26-19-00.

Infine si realizzerà la galleria artificiale. Per maggiori dettagli si veda la relazione PRV\_C3A\_1100\_26-70-00.



Sulla base della geomorfologia del versante, come riportato nell'elaborato PRV\_C3B\_0124\_26-70-01, si prevede che gli sbancamenti avverranno nei depositi quaternari e non nel substrato roccioso. Si fa presente che non si è potuto eseguire sondaggi dalla superficie per identificare il contatto litologico tra depositi e roccia. In fase esecutiva, prima dell'avvio delle operazioni di sbancamento, sarà necessario accertarsi di questa assunzione mediante la realizzazione di indagini dirette.

Sulla base delle attuali conoscenze, le operazioni di sbancamento non avverranno dunque nelle rocce verdi. Frammenti di rocce verdi saranno estratti solo dalle perforazioni per gli infilaggi e per le bullonature di sostegno. Le perforazioni saranno eseguite usando l'acqua come fluido di perforazione / lubrificante per abbattere le polveri. I cuttings saranno incapsulati in big bags, trasportati via gomma al cantiere della Maddalena e da qui nelle gallerie previste per lo stoccaggio.

### **3.1.12 Lavaggio e smontaggio della TBM**

Le TBM escono a Susa nella galleria artificiale (zona contaminata) precedentemente realizzata. Lo scatolare è completamente chiuso, non vi è nessun contatto dal cantiere verso l'esterno fino all'estremità finale dello scatolare. Le TBM sono traslate nella galleria artificiale; le operazioni di lavaggio e decontaminazione avvengono all'interno di essa, in prossimità dell'imbocco, laddove la sezione dello scatolare è più grande e quindi vi è spazio sufficiente per tali lavorazioni.

Lo smontaggio viene realizzato all'esterno dopo una seconda fase di traslazione. Rispetto al Progetto Definitivo Approvato, l'altezza dello scatolare è stata aumentata di 70 cm (35 cm verso l'alto e 30 cm verso il basso) per permettere la traslazione della TBM al suo interno.

## **3.2 Gestione delle rocce verdi per altre tratte**

Per le altre tratte la gestione delle rocce verdi avviene con lo stesso procedimento adottato nel Progetto Definitivo Approvato.

### **3.2.1 Tratte in tradizionale - Tunnel di Interconnessione: rocce appartenenti alla categoria R1**

Per lo scavo del Tunnel di Interconnessione si dovranno prevedere le seguenti modalità operative:

- scavo in tradizionale;
- possibilità di scavo in condizioni umide;
- sistema di depurazione dell'acqua con filtri assoluti per il suo riutilizzo per la bagnatura del fronte;
- ispezione continua e sistematica del fronte di scavo da parte di un geologo, per la valutazione della tipologia di litotipi scavati e la verifica sulla presenza/assenza di mineralizzazioni asbestiformi;
- sondaggi in avanzamento a distruzione per prevenire la dispersione di eventuali fibre di amianto; i sondaggi dovranno essere sovrapposti tra loro per avere una copertura totale su tutta la lunghezza della tratta in scavo;
- ispezione del materiale scavato e dei *cutting* di ogni sondaggio, ogni 5000 m<sup>3</sup> di marino (o a ogni passaggio litologico) e prelievo di campioni da inviare a laboratorio per analisi (secondo le modalità indicate nella norma UNI10802 e nell'All. 8 del D.Lgs. 161 del 21/09/2012).

- sistema di ventilazione in aspirazione con filtri assoluti posti a monte dell'emissione; tale sistema determina una depressurizzazione del fronte che richiama esclusivamente aria dall'esterno per la ventilazione della galleria;
- sistema di compartimentazione della galleria scavata con carro attrezzato con barriere ad acqua nebulizzata e locali per la decontaminazione del personale e dei mezzi; tale carro si sposta in avanti durante lo scavo determinando l'allungamento della zona decontaminata alle spalle del fronte di scavo e mantenendo la zona contaminata limitatamente al settore più prossimo al fronte;
- messa in opera del rivestimento provvisorio in corrispondenza della zona di decontaminazione.

*La procedura per il riconoscimento di minerali amiantiferi in fase di scavo è costituita da:*

- Ispezione del fronte di scavo da parte di un geologo, per la valutazione della tipologia di litotipi scavati e la verifica sulla presenza/assenza di mineralizzazioni asbestiformi;
- sondaggi in avanzamento a distruzione per prevenire la dispersione di eventuali fibre di amianto; i sondaggi dovranno essere sovrapposti tra loro per avere una copertura totale su tutta la lunghezza della tratta in scavo;
- ispezione del materiale scavato e dei *cutting* di ogni sondaggio, ogni 5000 m<sup>3</sup> di marino (o a ogni passaggio litologico) e prelievo di campioni da inviare a laboratorio per analisi (secondo le modalità indicate nella norma UNI10802 e nell'All. 8 del D.Lgs. 161 del 21/09/2012).

Se determinata la presenza di amianto si procederà con:

- l'esecuzione di sondaggi orizzontali a carotaggio continuo dal fronte di scavo;
- Prelievo di campioni lapidei ed eventualmente di fibre dal fronte e dalle carote di tutti i sondaggi in avanzamento;
- preparazione delle sezioni per l'analisi ottica e morfologica al microscopio tramite frantumazione/macinazione che si eseguirà direttamente in cantiere nel laboratorio predisposto.
- determinazione dell'Indice di Rilascio (IR) secondo le modalità previste dal Decreto Ministeriale 14/5/96

*Nel caso in cui le analisi indichino la presenza di amianto si procederà come descritto nel Progetto Definitivo Approvato:*

- scavo con martellone;
- attivazione scavo in condizioni umide;
- compartimentazione dell'area di scavo tramite barriere dinamiche e statiche secondo il seguente schema:
  - area contaminata (coincidente con il fronte di scavo) dove il materiale viene sigillato in *big-bags*; all'interno di questa area i contenitori e i materiali meccanici utilizzati per le operazioni di scavo sono decontaminati mediante sistemi a docce;
  - area di decontaminazione (intermedia) in cui i contenitori sono trattati in modo tale da diminuire il tasso di contaminazione fino alla decontaminazione totale;
  - area decontaminata (camerone di stoccaggio preliminare dei contenitori); in quest'area la superficie esterna dei contenitori è decontaminata ed è

predisposta il sistema di trasferimento al sito di carico per il trasporto al sito definitivo;

- la compartimentazione avviene tramite carri mobili che si spostano in prossimità del fronte di scavo qualora i sondaggi in avanzamento mettano in evidenza la presenza di boudin di rocce verdi con contenuto in amianto;
- monitoraggio dell'aria e dell'acqua.

Le gestione del materiale di scavo avverrà nel modo seguente:

- getto di materiale incapsulante sul materiale da sigillare per prevenire la mobilitazione di fibre di amianto;
- chiusura al fronte di scavo del materiale di risulta in appositi contenitori sigillati e idonei al trasporto di materiale in breccia;
- decontaminazione dei contenitori sigillati mediante lavaggio delle superfici esterne per l'eliminazione di qualsiasi traccia di fanghi o altro materiale che possa successivamente generare polveri in atmosfera. La decontaminazione deve avvenire all'apposita area dedicata all'interno delle gallerie;
- trasferimento dei contenitori decontaminati verso l'ambiente esterno su automezzi anch'essi decontaminati;
- carico dei contenitori decontaminati in appositi container posti nell'area di cantiere dell'imbocco;
- trasferimento dei container con automezzi pesanti presso il cantiere della Maddalena e da qui nelle gallerie previste per lo stoccaggio.

### 3.2.2 *Tratte in meccanizzato*

*Nel caso in cui le analisi indichino la presenza di amianto si procederà come descritto nel Progetto Definitivo Approvato:*

- scavo con martellone;
- attivazione scavo in condizioni umide;
- compartimentazione dell'area di scavo tramite barriere dinamiche e statiche secondo il seguente schema:
  - area contaminata (coincidente con il fronte di scavo) dove il materiale viene sigillato in *big-bags*; all'interno di questa area i contenitori e i materiali meccanici utilizzati per le operazioni di scavo sono decontaminati mediante sistemi a docce;
  - area di decontaminazione (intermedia) in cui i contenitori sono trattati in modo tale da diminuire il tasso di contaminazione fino alla decontaminazione totale;
  - area decontaminata (camerone di stoccaggio preliminare dei contenitori); in quest'area la superficie esterna dei contenitori è decontaminata ed è predisposta il sistema di trasferimento al sito di carico su treno per il trasporto al sito definitivo;
- la compartimentazione avviene tramite carri mobili che si spostano in prossimità del fronte di scavo qualora i sondaggi in avanzamento mettano in evidenza la presenza di boudin di rocce verdi con contenuto in amianto;
- monitoraggio dell'aria e dell'acqua.

Le gestione del materiale di scavo avverrà nel modo seguente:

Gestion du matériel amiantifère – Gestione del materiale contenente amianto

---

- getto di materiale incapsulante sul materiale da sigillare per prevenire la mobilitazione di fibre di amianto;
- chiusura al fronte di scavo del materiale di risulta in apposti contenitori sigillati e idonei al trasporto di materiale in breccia;
- decontaminazione dei contenitori sigillati mediante lavaggio delle superfici esterne per l'eliminazione di qualsiasi traccia di fanghi o altro materiale che possa successivamente generare polveri in atmosfera. La decontaminazione deve avvenire all'apposita area dedicata all'interno delle gallerie;
- trasferimento dei contenitori decontaminati verso l'ambiente esterno su automezzi anch'essi decontaminati;
- carico dei contenitori decontaminati in appositi container posti nell'area di cantiere dell'imbocco;
- trasferimento dei container con automezzi pesanti presso il cantiere della Maddalena e da qui nelle gallerie previste per lo stoccaggio.

#### 4. Bibliografia

- Alfreider, D., & Rieder, A. (2011). Lo sviluppo delle tecnologie per il riciclo del marino delle gallerie - La galleria di base del Brennero. *Progetto Remuck*. Torino: BBT.
- AlpTransit. (2011). *Projektkennzahlen Rohbau Ceneri-Basistunnel*. AlpTransit San Gottardo.
- AlpTransit. (2012). *Alp Transit Gotthard - Nuove vie di transito attraverso il cuore della Svizzera*. Lucerna: Alp Transit San Gottardo SA.
- Amberg, F. (2004). Tunnelling in high overburden with reference to deep tunnels in Switzerland. *TUNNELLING AND UNDERGROUND SPACE TECHNOLOGY. UNDERGROUND SPACE FOR SUSTAINABLE URBAN DEVELOPMENT. PROCEEDINGS OF THE 30TH ITA-AITES WORLD TUNNEL CONGRESS SINGAPORE, 22 - 27 MAY 2004*. 19, p. A04 1-14. Singapore: ITA-AITES.
- Burdin, J. (2008). *La gestion et la valorisation des matériaux d'excavation GVME. Retour d'expérience du marché de Modane: première enseignements pour les futurs marchés de travaux*. Chambéry: LTF.
- Burdin, J. (2012). *Miscascisti di Clarea - Analisi del coefficiente di valorizzazione*. Torino: LTF.
- Colleparidi, M., Coppola, G., & Pauri, M. (1991). Diagnosi della reazione alcali-aggregato in calcestruzzi degradati. *L'industria italiana del cemento*, 10, 646-650.
- Girmscheid, G. (2008). *Baubetrieb und Bauverfahren im Tunnelbau*. Berlino: Verlag Ernst and Sohn.
- Heinz, E. (2008). Gotthard Base Tunnel. Experiences with different tunnelling methods. 2° Congresso Brasileiro de Túneis e Estruturas Subterrâneas Seminário Internacional "South American Tunnelling": ACQUA CONSULTORIA.
- Loew, S., Ziegler, H., & Keller, F. (2000). Alptransit: engineering geology of the world's longest tunnel system. *GeoEng2000, An International Conference on Geotechnical and Geological Engineering. 1*. Lancaster-basel: Technomic Publishing co.
- Oreste, P., & Castellano, M. (2012). An Applied Study on the Debris Recycling in Tunnelling. *American Journal of Environmental Sciences*, 8(2), 179-184.
- Patrucco, M., De Salve, M., & Gozzelino, P. (2005). *Approfondimento sulla presenza di amianto, minerali radioattivi e radon nei luoghi interessati dalle opere per il collegamento ferroviario Torino-Lione, tratta comune St. Jean de Maurienne-Bussoleno*. Torino: Politecnico di Torino - DITAG.
- Pepino, M. (2009). *Scavo meccanizzato di gallerie: previsione della qualità del marino nell'ottica del suo riutilizzo*. Torino: Tesi di dottorato - Politecnico di Torino.
- Perello, P., & Venturini, G. (2006). Scavo di gallerie in ammassi rocciosi contenenti minerali asbestiformi. *Gallerie a grandi opere sotterranee*, 78, 58-62.
- Pini, O., & Rossi, D. (2009). The Ceneri railway base tunnel (15,4 km) in the southern Swiss Alps (Gotthard Alptransit). *ITA-AITES World Tunnel Congress 2009*. Budapest: ITA-AITES.
- RFI. (Rev. C). *Capitolato costruzione opere civili - Sezione V "Movimenti di Terra"*. Tratto da [http://www.gare.rfi.it/cms-file/allegati/gare-rfi/sez\\_V\\_Movimenti\\_terra.pdf](http://www.gare.rfi.it/cms-file/allegati/gare-rfi/sez_V_Movimenti_terra.pdf)
- Rupert, H. (2011). Experience in spoil management on conclusion of the excavations for the Gotthard base tunnel. *Convegno SIG "Terre e rocce da scavo nelle opere in sottoterraneo: problematiche tecniche di scavo e giuridico amministrativo di smaltimento"*. VeronaFiere: SIG – Società Italiana Gallerie.
- Stocker, D. (2007). Galleria di base del Ceneri. *Stuva Conference*. Colonia: Stuva.
- Surace, I., Torri, R., Murgese, D., & Dematteis, A. (2011). Gestione dei materiali di scavo: valutazione della presenza di amianto in roccia e suoli tramite microscopia ottica a luce polarizzata. *GEAM*, 2, 27-46.

- Thalmann, C. (1996). *Beurteilung und Möglichkeiten der Wiederverwertung von Ausbruchmaterial aus dem maschinellen Tunnelvortrieb zu Betonzuschlagstoffen*. Beiträge zur Geologie der Schweiz. Schweizerische Geotechnische Kommission. Lieferung 91.
- Thalmann, C. (1999). Concrete aggregate production with tbm-muck – Experiences gained on the Alptransit tunnel projects. *Proceedings of the International Congress Creating with Concrete*. Dundee: Thomas Telford Publishing.
- Thalmann, C. (2003). Aggregates for high quality concrete and shotcrete made out of excavated rock material - experiences gained on the Alptransit tunnel projects. *Proceedings of industrial minerals and buildings stones in Istanbul*. Istanbul: IAEG.
- Thalmann, C. (2004). Exigences s'appliquant aux granulats à béton. *Traces*(6), 20-23.
- Thalmann, C., & Burdin, J. (2005). *Gestion et valorisation des Matériaux d'Excavation de Tunnels. Analyse comparative de 3 grand projets*. Communication Chambéry.
- Thalmann, C., & Petitat, M. (2012). *À l'adresse de l'équipe d'ingénieurs chargée de la gestion du lot C3 de la liaison ferroviaire Lyon-Turin-Ferroviae (LTF)*. B+G AG, Rapport n. 12.028-1.
- Thalmann, C., Schndler, C., & Kruse, M. (2011). *Aggregates for high quality concrete and shotcrete made out of excavated materiale - Expreiences gained on the Apltransit Tunnel Projects*. Buro fur Ingenieurgeologie AG.
- Toffano, A. (2009). *Caratterizzazione petrochimica e petrofisica di materiali inerti secondari da costruzione e demolizione, per la realizzazione di impasti ceramici ordinari e calcestruzzi*. Ferrara: Tesi di Dottorato - Univeristà degli Studi di Ferrara.