

ALLEGATO 1

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE AGGIORNATO ALLE CONOSCENZE 2017.....	2
1.1. Le unità tettono-stratigrafiche.....	2
1.1.1. <i>Zona Sestri-Voltaggio</i>	2
1.1.2. <i>Bacino Terziario Piemontese</i>	4
1.1.3. <i>Depositi post-messiniani</i>	7
1.1.4. <i>Depositi alluvionali del bacino dello Scrivia</i>	8
1.2. L'evoluzione strutturale e quella metamorfica	8
1.2.1. <i>Settore Genova Fegino - Cravasco-Isoverde-Pietralavezzara</i>	9
1.2.2. <i>Settore Cravasco-Isoverde-Pietralavezzara-Passo della Bocchetta</i>	9
1.2.3. <i>Settore Passo della Bocchetta – Alta Val di Lemme</i>	11
1.2.4. <i>Settore Alta Val di Lemme – Novi Ligure</i>	13
2. RILIEVI GEOLOGICI DI SUPERFICIE DELLE FORMAZIONI POTENZIALMENTE AMIANTIFERE [ANNO 2013]..	14
2.1. Unità di Figogna (di Haccard & Cortesogno, 1984)	15
2.2. Formazione di Molare (Complesso conglomeratico marino, cMS, di Haccard et al., 1984).....	22
3. RISULTATI DELLE ANALISI DEI CAMPIONI PRELEVATI DAGLI AFFIORAMENTI [ANNO 2013].....	25
4. RISULTATI DELLE ANALISI DEI CAMPIONI PRELEVATI DAI SONDAGGI.....	29
4.1. Indagini in fase di Progetto Definitivo [Anno 2005]	29
4.2. Indagini in fase di Progetto Esecutivo [Anno 2015].....	30

1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE AGGIORNATO ALLE CONOSCENZE 2017

1.1. Le unità tettono-stratigrafiche

Il tracciato della linea ferroviaria del "Terzo Valico dei Giovi" si estende da Genova a Tortona, attraverso due grandi domini geologico-strutturali:

- la Zona Sestri-Voltaggio (ZSV).
- il Bacino Terziario Piemontese (BTP).

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

La Zona Sestri Voltaggio e, più a N, il Bacino Terziario Piemontese, rappresentano i domini geologici direttamente attraversati dalla galleria di linea e relative opere di progetto.

La porzione meridionale del Bacino Terziario Piemontese, per il suo carattere post-orogenetico, è relativamente poco deformata, mentre la Zona Sestri-Voltaggio, classicamente interpretata come la zona di transizione tra le due catene (Alpi - Appennino), si presenta intensamente tettonizzata.

Più a nord, verso la pianura alessandrina, la successione del BTP è sormontata da successioni sedimentarie più recenti, in particolare:

- i depositi post-messiniani (Argille di Lugagnano);
- i depositi alluvionali pleistocenico-olocenici del bacino dello Scrivia.

1.1.1. Zona Sestri-Voltaggio

Al suo interno sono definite tre unità tettoniche rappresentate in allegati 2 e 3, da W verso E e dai livelli strutturali più profondi ai livelli più superficiali, dalle:

- Unità Monte Gazzo-Isoverde,
- Unità Cravasco-Voltaggio,
- Unità di Figogna

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

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

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

UNITÀ CRAVASCO-VOLTAGGIO (CORTESOGNO&HACCARD 1984)

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

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

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

UNITÀ DI FIGOGNA (CORTESOGNO&HACCARD 1984)

La stratigrafia dell'Unità –di Figogna è simile a quella dell'Unità Cravasco - Voltaggio attestandone una comune origine oceanica.

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

Segue un complesso costituito da metabasalti (B' *Metabasalti*) che caratteristicamente conservano tessiture primarie quali pillow, ialoclastiti e breccie che conferiscono un aspetto

massiccio agli affioramenti, apparentemente meno deformato degli omologhi osservati nell'Unità Cravasco - Voltaggio.

La sequenza sedimentaria inizia con i diaspri (d) seguiti da calcareniti (cE, *Calcari di Erselli*) e termina con scisti filladici a intercalazioni di calcari detritici (aP, *Argilliti a Palombini del Passo della Bocchetta sensu Haccard & Cortesogno, 1984*).

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

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

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

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

1.1.2. Bacino Terziario Piemontese

Verso nord, sul versante montano che si affaccia sulla Pianura Padana e sul Bacino di Alessandria, le unità metamorfiche alpine e le unità sedimentarie liguri sono ricoperte in discordanza dai depositi del Bacino Terziario Piemontese (BTP).

Questo bacino si è formato per l'evoluzione collisionale a doppia vergenza della catena alpina, che ha portato all'individuazione, sul suo lato interno (rivolto cioè verso la Pianura Padana), di un prisma orogenico.

A partire dall'Eocene superiore e fino a tutto l'Oligocene inferiore, sulla parte interna del prisma orogenico alpino si è infatti sviluppato un settore che può essere considerato come un bacino di *retroforeland* alpino.

Inizialmente il BTP, caratterizzato da una geodinamica articolata, era costituito da svariati sottobacini, parzialmente interconnessi e raccordati, in continuità fisica verso nord, all'apice occidentale dell'avanfossa sudalpina. Alla fine dell'Oligocene inferiore, il contesto geodinamico regionale viene modificato dall'apertura del bacino Ligure-Provenzale e dallo sviluppo di una nuova catena a vergenza appenninica (da N a NE). Tra l'Oligocene superiore e il Miocene medio, questa parte della catena alpina è coinvolta negli eventi tettonici coevi alla costruzione della catena appenninica; la parte occidentale del bacino di *retroforeland* alpino viene incorporata nella nuova catena a vergenza appenninica, differenziandosi in diversi domini tettonostratigrafici, costituiti esclusivamente da successioni sedimentarie. Dal Miocene medio questo settore, inizialmente caratterizzato da elevata subsidenza, registra un'inversione tettonica che ne determina il progressivo basculamento verso Nord (Rossi et al., 2009).

Nel complesso, la successione sedimentaria del BTP, prevalentemente terrigena-silicoclastica, si sviluppa dall'Eocene superiore al Miocene superiore (Messiniano), raggiungendo spessori che superano talora i 4.000 m (Mutti et. al. 1995); dal basso verso l'alto stratigrafico, è rappresentata dalle seguenti unità:

UNITA' DEL BACINO TERZIARIO PIEMONTESE BTP	Brecce di Costa Cravara (CR);
	Formazione di Molare (fM)
	Marne di Rigoroso (mR)
	Membro di Costa Montada (uM)
	Formazione di Costa Areasa (fC)
	Marne di Cessole (mC)
	Arenarie di Serravalle (aS);
	Marne di S. Agata Fossili (mA)
	Gruppo della Gesso-Solfifera (gS)

Tabella 1 – Unità geologiche del BTP

BRECCE DI COSTA CRAVARA

Le Brecce della Costa di Cravara affiorano principalmente presso il confine tra Piemonte e Liguria, e in alcuni lembi ridotti in territorio ligure. Si tratta essenzialmente di brecce eterometriche, sia monogeniche sia poligeniche, di colore rossiccio, non stratificate, costituite da clasti che litologicamente riflettono la composizione del substrato pre-oligocenico. La loro deposizione è avvenuta probabilmente in ambiente subaereo (continentale) e quindi queste brecce rappresentano probabilmente il lasso di tempo che è intercorso tra la prima emersione della catena e la successiva trasgressione marina che ha dato l'avvio alla deposizione delle

successioni del BTP. La deposizione delle brecce è stata influenzata dalla morfologia del substrato, del quale colmano depressioni preesistenti, appoggiando di conseguenza su una superficie marcatamente irregolare e assumendo scarsa continuità laterale. Non è ad oggi noto alcun contenuto paleontologico, per cui le Brecce della Costa di Cravara sono dubitativamente attribuite all'Eocene sup. - Oligocene inf. (Allasinaz et al. 1971), in base alla loro posizione stratigrafica sottostante la Formazione di Molare, la cui età è invece relativamente ben determinata mediante datazioni paleontologiche.

FORMAZIONE DI MOLARE

Questa formazione classicamente viene considerata una formazione molassica post-orogena rappresentante la base di depositi indeformati depositati in discordanza, con giacitura monoclinale, sulle unità tettoniche già strutturate. Studi più recenti (Capponi e Crispini 2008, Progetto Definitivo 2006) dimostrano gli effetti della deformazione tardiva delle unità tettoniche adiacenti. Nel settore interessato dal tracciato si osserva la presenza pressoché esclusiva di conglomerati di natura ofiolitica provenienti dal Gruppo di Voltri. I litotipi prevalenti sono ciottoli di metabasiti, serpentiniti, eclogiti, calcescisti, marmi, micascisti, dolomie e calcari. Localmente possono essere presenti megablocchi di dimensioni anche superiori ai 10m (settore Borlasca-M. Zuccaro).

MARNE DI RIGOROSO

In questa formazione, aventi la loro serie tipo nella zona di Rigoroso in Valle Scrivia, sono state cartografate le marne argillose verdine, senza evidente stratificazione che si sviluppano attorno alla Placca di Castagnola, nell'area del Bacino Terziario piemontese. Nella parte mediana si hanno blocchi arenacei e argille sabbiose stratificate, nel complesso tutta la serie ha uno spessore di circa 400 m. La formazione poggia, con un passaggio stratigrafico transizionale rapido (che si sviluppa entro pochi metri), sulla formazione di Molare e si manifesta in affioramento dando luogo ad un caratteristico paesaggio calanchivo.

MEMBRO DI COSTA MONTADA

Questa unità è costituita da marne e marne siltose silicizzate, fittamente laminate, a stratificazione sottile, con caratteristica patina di alterazione bruno-rossastra. Localmente, all'interno delle marne si trovano livelli a conglomerati matrix-supported con clasti ben arrotondati di metabasiti, gneiss, quarzo, litareniti e calcareniti.

FORMAZIONE DI COSTA AREASA

La formazione è costituita da alternanze di strati arenaceo-pelitici, torbiditici e livelli di emipelagiti. Le arenarie sono da medie a fini. Gli strati mostrano gradazione normale alla base e lamine parallele, lamine convolute e/o lamine oblique a piccola scala al tetto; alla base degli strati arenacei sono spesso presenti strutture da carico e gallerie di bioturbazione.

MARNE DI CESSOLE

Questa formazione è costituita da alternanze di marne siltose omogenee, bioturbate, in strati decimetrico-metrici, con intercalati strati centimetrico-decimetrici risedimentati siltosi e/o arenacei molto fini. Sono presenti gallerie di bioturbazione di diametro centimetrico. Il passaggio alla sovrastante formazione delle Arenarie di Serravalle avviene in modo transizionale entro pochi metri.

ARENARIE DI SERRAVALLE

La formazione è costituita da alternanze irregolari di siltiti e arenarie ricche di bioclasti rappresentati da bivalvi e scafopodi. I corpi arenacei mostrano geometria debolmente lenticolare a scala pluridecametrica. La formazione è riferibile ad un ambiente di piattaforma continentale.

MARNE DI SANT'AGATA FOSSILI

Questa unità è in prevalenza costituita da sedimenti marnosi, nel complesso, la formazione ha una potenza massima di circa 400 m. La porzione inferiore è costituita da marne argillose passanti a marne calcaree omogenee di colore grigio. La parte superiore è caratterizzata da un significativo aumento di intercalazioni pelitiche laminate di colore scuro, ricche in sostanza organica, sempre più frequenti verso l'alto.

GRUPPO DELLA GESSOSO-SOLFIFERA

Il Gruppo della Gessoso-Solfifera comprende le successioni sedimentarie connesse alla crisi di salinità di età Messiniana. Nel settore di studio affiorano i depositi costituiti da peliti euxiniche con rari interstrati di gessoclastiti (Membro di Riomaggiore), seguiti dai depositi della fase terrigeni dei Conglomerati di Cassano Spinola.

1.1.3. Depositi post-messiniani

ARGILLE DI LUGAGNANO - Le Argille di Lugagnano rappresentano il termine basale della successione pliocenica. Il passaggio tra i Conglomerati di Cassano Spinola e le Argille di Lugagnano risulta di

tipo transizionale rapido, sviluppandosi entro pochi metri. La formazione è costituita da argille e argille siltose, localmente sabbiose-fini, di colore beige.

1.1.4. Depositi alluvionali del bacino dello Scrivia

DEPOSITI ALLUVIONALI DELLO SCRIVIA - Nell'area su cui si sviluppa la tratta di pianura del tracciato ferroviario i depositi fluviali riferibili al bacino del Torrente Scrivia sono localizzati sia alla sommità dei rilievi collinari (depositi terrazzati), per quanto riguarda i termini stratigrafici più antichi, sia in corrispondenza dell'ampio conoide del T. Scrivia, che si estende tra Serravalle Scrivia e Tortona. Sulla base delle caratteristiche litologiche, delle caratteristiche dei suoli cui sono associate e sulla base della posizione geometrica che essi occupano all'interno del bacino si sono potute distinguere in unità principali: depositi fluviali antichi, depositi fluviali medie e depositi fluviali recenti. I depositi fluviali del bacino dello Scrivia sono costituiti da sedimenti sciolti che presentano una granulometria scarsamente differenziata, con netta prevalenza di elementi clastici grossolani.

1.2. L'evoluzione strutturale e quella metamorfica

L'area d'intervento si situa in corrispondenza della giunzione Alpi-Appennini, in un settore di circa 100 km di larghezza, la cui evoluzione è ritenuta essere il risultato della collisione tra le placche europea ed africana (Adria) ed alle associate rotazioni in senso antiorario su larga scala.

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

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

In generale, la ricostruzione dell'odierno assetto strutturale mostra un grado metamorfico e un'intensità della deformazione che aumentano andando da E verso W, procedendo da unità strutturalmente elevate (Unità di Figogna con impronta metamorfica in Facies a pumpellyte-actinolite) verso unità più profonde (Unità Cravasco-Voltaggio e Unità Monte Gazzo-Isoverde entrambe con impronta metamorfica in Facies scisti blu) (Cortesogno & Haccard, 1984, Capponi 2008).

1.2.1. Settore Genova Fegino - Cravasco-Isoverde-Pietralavezzara

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

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

Un aspetto rilevante, ai fini del presente studio, è rappresentato dalla distribuzione cartografica delle masse serpentinitiche all'interno dell'Unità di Figogna. Queste occorrenze si concentrano all'interno di una stretta fascia che corre parallela al contatto con la sottostante Unità Cravasco-Voltaggio, in un tratto compreso tra Pietralavezzara ed il Passo della Bocchetta, con prosecuzione, in territorio piemontese, nell'alta Val Lemme.

1.2.2. Settore Cravasco-Isoverde-Pietralavezzara-Passo della Bocchetta

In questo settore sono esposte le unità Monte Gazzo-Isoverde, Cravasco-Voltaggio e Figogna, disposte secondo livelli strutturali rispettivamente più superficiali.

L'evoluzione strutturale comunemente descritta in letteratura si basa sui lavori di Crispini (1996), Capponi e Crispini (2001) e sulle recenti Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia, foglio 213-230 Genova.

Nella relazione geologica redatta in sede di Progetto Definitivo l'evoluzione strutturale riportata nei su citati studi è stata, ad oggi, approfondita.

Le unità Monte Gazzo-Isoverde e Cravasco-Voltaggio condividono un'evoluzione strutturale simile evidenziata dal contatto tettonico che separa le due unità, che risulta deformato dalle fasi D1 e D2. A queste fasi iniziali si associano condizioni metamorfiche in facies di scisti blu. Le fasi D1 e D2 si caratterizzano per la formazione di pieghe isoclinali coassiali in cui si sviluppa, per entrambe le fasi, una scistosità di piano assiale fortemente traspositiva. A causa dell'elevata intensità della deformazione la S1 e la S2 (S indica la scistosità) sono generalmente coincidenti con la S0 e sono state considerate costituire la scistosità principale (Sp) a scala

dell'affioramento. La presenza di lineazioni di estensione parallele agli assi A1 e A2 indica la presenza di una intensa deformazione di taglio durante le fasi D1 e D2 a cui sono associati importanti orizzonti milonitici. Successivamente, l'impilamento delle due unità tettoniche e di tutte le strutture D1/D2 risulta deformato da pieghe associate ad una fase D3. Queste pieghe sono da aperte a chiuse, cilindriche, con assi orientati NE-SW e piani assiali immergenti verso SE. Il contatto con la sovrastante Unità di Figogna risulta essere anch'esso deformato dalla fase D3 e viene considerato posteriore alle fasi D1/D2. Il contatto è costituito da una zona di passaggio progressiva (fascia milonitico - cataclastica) che si imposta preferibilmente all'interno delle Argilliti a Palombini del Passo della Bocchetta, presenti in entrambe le unità.

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

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

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

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

1.2.3. Settore Passo della Bocchetta – Alta Val di Lemme

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

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

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

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

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

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

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

Nel Foglio Genova, inoltre (*Foglio 213-230 a scala 1:50000 progetto CARG del 2008*), in cui l'unità tettonometamorfica di Figogna è interpretata come una serie ofiolitifera rovescia (fianco

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

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

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

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

1.2.4. Settore Alta Val di Lemme – Novi Ligure

In questo settore il tracciato interessa esclusivamente i depositi sedimentari della successione del Bacino Terziario Piemontese e le soprastanti Argille di Lugagnano plioceniche.

Nel Bacino Terziario Piemontese i dati relativi alle faglie non sono molti, per la difficoltà di identificare le strutture fragili in rocce sedimentarie caratterizzate da bassa rigidità e per le condizioni di affioramento non sempre favorevoli. Si nota una certa prevalenza di strutture trascorrenti destre, con direzione NNW-SSE, subparallele all'asse vallivo della Valle Scrivia.

Le faglie misurate in questo settore all'interno dell'unità Figogna e a cavallo tra questa e il soprastante BTP presentano dei massimi di densità intorno alle direzioni NNW-SSE e NE-SW.

Il gruppo di strutture principale, NNW-SSE, segue l'andamento a scala regionale della Zona Sestri-Voltaggio in territorio piemontese ed è parallelo alle strutture regionali descritte da Capponi et al. (2009) per il "sistema Sestri-Voltaggio/Lemme/Scrivia" ed è caratterizzato da faglie subverticali, con persistenza da decametrica a plurichilometrica, con fasce di deformazione di potenza da decimetrico-metrica a ettometrica.

2. RILIEVI GEOLOGICI DI SUPERFICIE DELLE FORMAZIONI POTENZIALMENTE AMIANTIFERE [ANNO 2013]

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

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

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

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

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

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

Nei paragrafi seguenti ci si riferisce a campioni raccolti durante la campagna di rilevamento geologico del 2013 e sono indicati con codice da C1 a C5, i cui risultati analitici sono riportati in tabella 1.

2.1. Unità di Figogna (di Haccard & Cortesogno, 1984)

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

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

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

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

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



Foto n. 1 e n. 2 – Metabasalti a Sud del Passo della Bocchetta

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

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

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

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



Foto n. 3 - Zona SR15 - Unità di Figogna - Metabasalti brecciati



Foto n. 4 - Zona SR15 - Unità di Figogna - Superficie di faglia in metabasalti brecciati

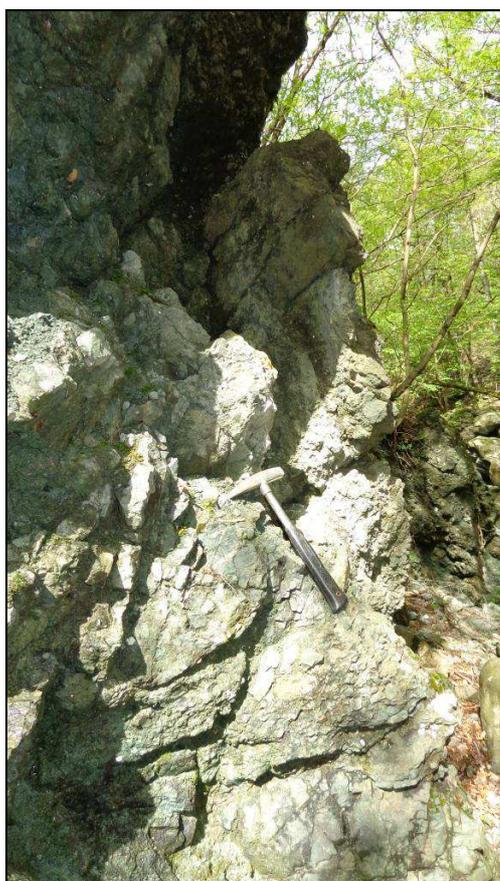


Foto n. 5 e n. 6 - Zona SR15 - Unità di Monte porzione di ammasso (metabasalti) particolarmente fratturata ed alterata, con sviluppo di cataclasi. Campione C3

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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



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



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



Foto n. 10 - Dettaglio sulla fascia cataclastica



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



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



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

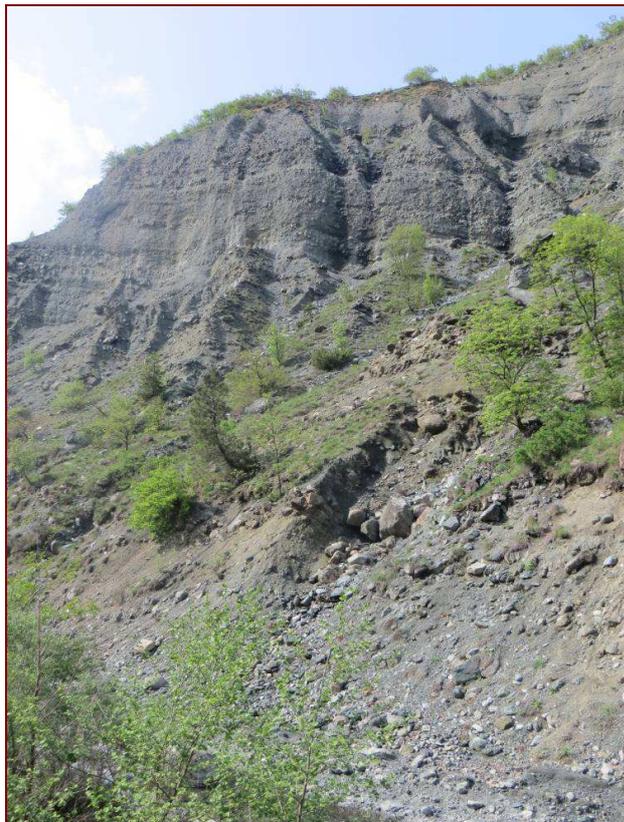


Foto n. 14 - Formazione di Molare - Membro poco cementato, FMp, esposto sulle scarpate ad E di Carrosio (destra idrografica di Bric delle Rive)



Foto n. 15 - Contatto tra i conglomerati della Formazione di Molare ed i metabasalti dell'Unità Timone - Bric Teiolo in prossimità dell'alveo del Rio delle Rive (Zona sondaggio SR15 - campione C2).



Foto n. 16 - Formazione di Molare - Dettaglio scarpate ad Est di Carrosio - Clasti e blocchi di prevalenti pietre verdi in abbondante matrice arenaceo - sabbiosa poco cementata



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

3. RISULTATI DELLE ANALISI DEI CAMPIONI PRELEVATI DAGLI AFFIORAMENTI [ANNO 2013]

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

L'ubicazione dei campioni, unitamente a quelli effettuati in sede di Progetto Definitivo, è riportata nella *Cara geologico-strutturale delle unità con ofioliti e distribuzione dei maggiori affioramenti di pietre verdi* in Figura 1.

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

DIPARTIMENTO DIATI - POLITECNICO TORINO [ANNO 2013]			
Campione	LITOLOGIA E CONDIZIONI AFFIORAMENTO	AMIANTO TOTALE mg/kg	IR*
C1	Matrice sabbiosa debolmente cementata del membro FMa Formazione di Molare, presso SR14	72	-
C1 b	Matrice sabbiosa sciolta verde scuro Formazione di Molare (scarpate dx idrografica Bric delle Rive)	267,52	-
C2	Matrice sabbiosa sciolta rossastra Formazione di Molare Zona SR15 (fondovalle Rio delle Rive)	48,5	-
C3	Metabasalto in corrispondenza faglia zona SR15 (fondovalle Rio delle Rive)	n.r.	0**
C4	Serpentiniti a Sud di Passo della Bocchetta Materiale cataclastico in corrispondenza di una faglia (campione incoerente)	312	-
C5	Serpentiniti a Sud di Passo della Bocchetta (campione massivo in prossimità della faglia)	> 1000	0,129
* IR: <i>Indice di Rilascio = (% amianto liberato / % densità relativa)</i>			
** <i>l'Indice di rilascio ha valore nullo non essendo state riscontrate fibre nella polvere raccolta nell'automacinazione</i>			

Tabella 2 – Risultati analitici campioni 2013

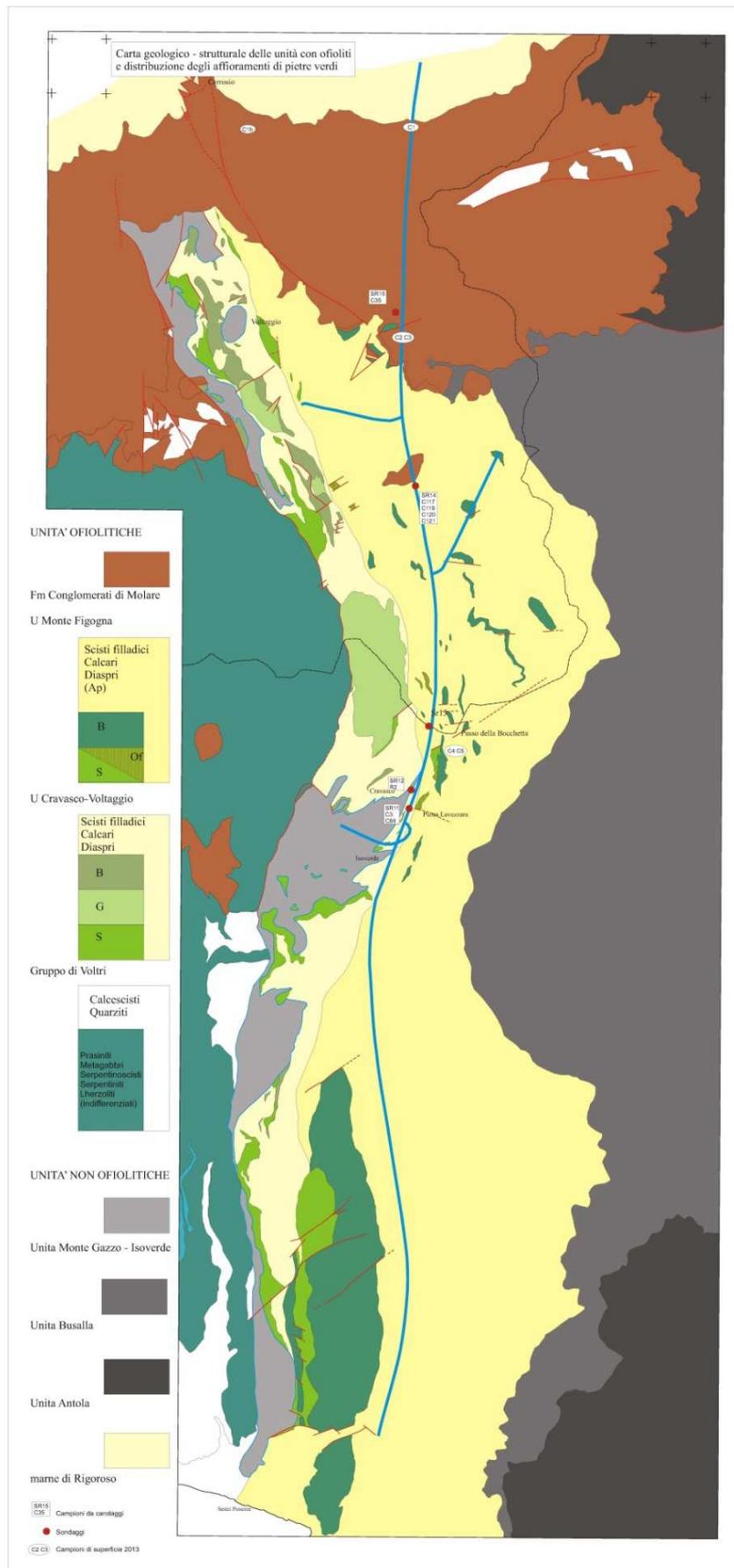


Fig. 1- Carta geologico-strutturale delle unità con ofioliti e distribuzione dei maggiori affioramenti di pietre verdi

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

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

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

Campione C1

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

Arenaria debolmente cementata costituita prevalentemente da granuli di **serpentiniti** (ca. 40% del campione totale) ed in minor misura da granuli carbonatici (ca. 10%), quarzo (prevalentemente in granuli detritici, ca. 10%), miche (mica bianca, clorite, ca. 5%), metabasitil.s. (ca. 4%), feldspati (plagioclasio, ca. 3,5%), oltre a sparsi granuli isolati di anfibolo (tremolite, actinolite, max 2%).

La composizione del sedimento è completata dal cemento carbonatico (ca. 20%), da sparsi granuli di opachi (ca. 1,5%) e rari granuli preservati di clinopirosseno (max 1%).

Campione C1b

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

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

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

Campione C2

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

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

Le ridotte dimensioni della maggior parte dei costituenti diversi dalle serpentiniti, non consente di stimarne le rispettive percentuali. La matrice è argilloso - carbonatica, con grado di cementazione molto basso.

Campione C5

Serpentinite massiva a S di Passo della Bocchetta

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

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

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

4. RISULTATI DELLE ANALISI DEI CAMPIONI PRELEVATI DAI SONDAGGI

4.1. Indagini in fase di Progetto Definitivo [Anno 2005]

In sede di Progetto Definitivo nel 2005 sono state eseguite una serie di analisi su campioni rappresentativi prelevati dai carotaggi finalizzate alla caratterizzazione mineralogico-petrografica, alla determinazione di eventuali minerali ascrivibili alla classe degli amianti, alla determinazione della relativa pericolosità ai sensi del D.M. 14/05/1996, attraverso la determinazione dell'Indice di Rilascio.

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

In Tabella 4 sono riepilogati i risultati ottenuti per i diversi campioni esaminati: in grassetto sono evidenziati i minerali classificati come amianti ai sensi del D.M. 14/05/1996.

ANALISI ISTITUTO DI GEOLOGIA AMBIENTALE E GEOINGEGNERIA DI TORINO (DATI CNR DI ROMA, 2005)				
Sondaggio /campione	PROF. (m)	LITOLOGIA	ANALISI DIFFRATTOMETRICA A RAGGI X	IR*
SR11/C3	310,5÷310,9	Serpentinite talcizzata	Ch, Talco, Cc, Tr, Ac	0**
SR11/C84	413,8÷413,9	Serpentinite talcizzata	Ch, Talco, Riebeckite, mica, clinocloro, lizardite, smectite	< 0,1
SR12/R2	121,2÷121,6	Serpentinoscisto	Cc, Ch, Gy, Talco, Kf, Ab	0**
SR14/C117	526,6÷526,75	Metabasalti brecciati	Ch, mica, Cc, Ab, An, Tr, Ac	< 0,1
SR14/C119	537,3÷537,4	Metabasalti brecciati	-	0**
SR14/C120	545,3÷545,4	Metabasalti brecciati	-	0**
SR14/C121	545,6÷549,65	Metabasalti brecciati	Qz, Ab, Ch, Tr, Ac , Ankerite, An, mica, smectite	< 0,1
SR15/C35	172,9÷173,0	Metabasalti brecciati	-	< 0,1
SR/15	106,5÷106,7	Cloritoscisto	Ch, Ab, Cc, Qz, Ti	Nc
SR/15	125,8÷126,0	Cloritoscisto	Ch, Ab, Cc, Qz, Ti	Nc
SR/15	513,6÷513,8	Cloritoscisto	Ch, Mu, Kf, Cc, Qz	Nc
* IR: Indice di Rilascio = (% amianto liberato / % densità relativa)				
** (Ndr: come indicato nel rapporto di Progetto Definitivo, A301-00-D-CV-RG-GE00-01-003-B00, l'Indice di Rilascio ha valore nullo non essendo presenti fibre nella polvere raccolta per auto macinazione).				
<u>Segle minerali:</u> Ch: clorite, Cc: calcite, Tr: tremolite, Ac: actinolite, Gy: gesso, Kf: Kfeldspato, Ab: albite, An: anortite, Qz: quarzo.				

Tabella 3 - Risultati analitici campioni del Progetto Definitivo

La composizione principale dei metabasalti, così come riportata in letteratura e confermata dalle analisi petrografiche effettuate in sede di Progetto Definitivo su campioni prelevati dai sondaggi SR14, SR 15 ed SF11, è data da plagioclasio calcico, clinopirosseno ed associazioni paragenetiche di metamorfismo in facies pumpellyte - actinolite rappresentate da albite, clorite,

titanite, pumpellyte (in sostituzione di originari clinopirosseno e olivina), epidoto, **rara actinolite**. E' inoltre frequente la lawsonite, in sostituzione del plagioclasio. L'ematite in alcuni basalti a cuscini sostituisce la pasta di fondo mentre la clorite costituisce vene e plaghe associate a talco e carbonati. In alcune microfratture è segnalata, sempre all'analisi microscopica, la crescita di serpentino.

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

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

4.2. Indagini in fase di Progetto Esecutivo [Anno 2015]

Al punto 6 della Delibera CIPE n. 80/2006– Integrazioni Progettuali – Ambiente, lettera s), viene prescritto di intensificare i controlli nel tratto di galleria compreso tra i sondaggi SR13 (pk 12+000) ed SR15 (pk 19+700) di Progetto Definitivo.

In fase di PE, in ottemperanza alle richieste del CIPE, il COCIV ha eseguito l'approfondimento di indagini tra SR13 e SR15 eseguendo 4 sondaggi ambientali (L2A-S1; L2A-S4bis, L2-S4 e L2A-S3) specificatamente finalizzati all'individuazione di eventuali mineralizzazioni amiantifere ed ha eseguito sui campioni ivi prelevati le necessarie analisi di caratterizzazione (OV38).

Inoltre considerando che anche la Formazione del Molare poteva manifestare un potenziale rischio per l'amianto ha eseguito una specifica campagna di indagini sul tratto di linea che attraversa tale litologia (sondaggi ASA-5, ASA-6, ASA-7, ASA-8, ASA-9).

In aggiunta a quanto esposto sono stati eseguiti ulteriori campionamenti nei sondaggi (L2-S22, L2-S23, L2-S23bis, L2-S25, L2-S23ter, L2-S26) precedentemente realizzati, a scopo geotecnico, lungo la linea.

N.	Sondaggio	pk	Cavo galleria	Litologia area cavo	Numero campioni	Contenuto di Amianto		
						min	max	medio
1	L2_A-S1	13+288	459-468	Argille a Palombini del Passo della Bocchetta	3	0	0	0
2	L2_S4	14+990	559-569	Argille a Palombini del Passo della Bocchetta	0	-	-	-
3	L2_A-S3	16+607	466-476	Argille a Palombini del Passo della Bocchetta	6	0	0	0
4	L2_A-S4bis	17+994	159-171	Metabasalti di Monte Figogna	13	0	0	0
5	ASA 5	19+600	359-369	Conglomerati della Formazione di Molare	10	320	1800	702
6	L2_S22	20+200	297-308	Conglomerati della Formazione di Molare	11	122	8915	1906
7	ASA 6	20+850	190-200	Conglomerati della Formazione di Molare	10	170	1600	602
8	L2_S23	20+996	fuori cavo	Conglomerati della Formazione di Molare	3	248	2012	851
9	L2_S23bis	21+399	fuori cavo	Conglomerati della Formazione di Molare	3	261	771	458
10	L2_S25	21+518	352-363	Conglomerati della Formazione di Molare	11	196	883	496
11	L2_S23ter	21+873	fuori cavo	Conglomerati della Formazione di Molare	3	0	460	169
12	ASA 7	22+105	299-309	Conglomerati della Formazione di Molare	10	0	1160	384
13	ASA 8	22+780	315-325	Conglomerati della Formazione di Molare	10	330	1110	638
14	L2_S26	23+280	201-212	Conglomerati della Formazione di Molare	11	0	210	43
15	ASA 9	23+685	205-215	Conglomerati della Formazione di Molare	10	0	1510	410

Tabella 4 – Risultati analitici indagini di Progetto Esecutivo anno 2015