COMMITTENTE:

2.1.69.009

RFI
RETE FERROVIARIA ITALIANA
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

PROGETTAZIONE:

ITALFERR
GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

PROGETTO ESECUTIVO

POTENZIAMENTO INFRASTRUTTURALE VOLTRI-BRIGNOLE

PRIMA FASE FUNZIONALE DI PRG DELLA STAZIONE DI GENOVA VOLTRI

RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA / DISCIPLINA	PROGR.	REV.
GCE1	01	E	69	RH	GE0001	001	A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	A. QUERCIOLI	Aprile 2008	S. POLIMENI	Aprile 2008	P. OCCIDENTE	Aprile 2008	ITALFERR SpA Dr. Geologo Francesco Marchese Resp. U.O. Geologia Ordine Geologi Lazio n. 179 es

File . Elab.:

SOMMARIO

1 PREMESSA 3

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO 5

3 ASSETTO TETTONICO E STRUTTURALE 9

4 STRATIGRAFIA 14

5 SISMICITA' 19

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE 20

7 GEOMORFOLOGIA 22

8 IDROGEOLOGIA 25

8.1 CLASSI DI PERMEABILITA'. 25
8.2 PIEZOMETRIA E CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA. 29

9 CONDIZIONI GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE ATTESE LUNGO IL TRACCIATO 32

10 BIBLIOGRAFIA 36

1 PREMESSA

Nella presente Relazione vengono esaminati gli aspetti geologici, strutturali, sismici, idrogeologici e stratigrafici relativi alla porzione di territorio interessata dal Progetto Esecutivo del Potenziamento Infrastrutturale Voltri-Brignole – Lotto 1 (Prima fase funzionale di PRG della Stazione di Genova Voltri).

L'area di studio è ubicata ad ovest di Genova, in prossimità degli abitati di Prà e Voltri.

La superficie di territorio indagato comprende i binari della stazione di Genova Voltri e si estende lungo una fascia larga circa 500÷600 m a cavallo del tracciato di progetto, in massima parte parallela alla linea di costa e rivolta verso l'interno solo nella porzione di territorio retrostante il porto mercantile di Voltri.

Per la redazione del profilo geologico e di quello idrogeologico si è utilizzato il profilo di progetto della Linea Castelluccio-Branega, che come estensione abbraccia tutta la porzione di territorio interessato dagli interventi. Le altre linee, anch'esse oggetto di interventi nel presente progetto, si sviluppano in adiacenza al tracciato di riferimento, dal quale possono essere trasposte le informazioni geologiche ed idrogeologiche.

Lo studio è stato sviluppato sulla base della cartografia geologica dell'Atlante del Territorio del Comune di Genova – in scala 1:10.000- edita dal Comune di Genova nel 1997, ed integrato con le informazioni desumibili dal Foglio n° 213-230 "Genova" della Carta Geologica d'Italia – scala 1:50.000, redatto nell'ambito del Progetto CARG.

Il lavoro ha preso a riferimento i risultati degli studi condotti nelle precedenti fasi della progettazione, che hanno compreso l'esecuzione di quattro campagne di indagine geognostiche ed ambientali, aggiornati con i dati di fonti bibliografiche.

L'ampiezza in profondità delle ricostruzioni è stata spinta pertanto fino alle minime quote di fondo foro raggiunte dai sondaggi geognostici, generalmente contenute nell'ambito dei 25÷30 m dal piano campagna.

Allegati alla relazione, vengono anche prodotti i seguenti elaborati:

- Carta geologica con elementi di geomorfologia – scala 1:2.000 (2 tavole: cod. elab. GCE1 01 E 69 G6 GE0001 001 A e GCE1 01 E 69 G6 GE0001 002 A);
- Profilo geologico in asse alla linea Castelluccio-Branega – scala 1:2.000/200 (2 tavole: cod. elab. GCE1 01 E 69 F6 GE0001 001 A e GCE1 01 E 69 F6 GE0001 002 A);
- Carta idrogeologica – scala 1:2.000 (2 tavole: cod. elab. GCE1 01 E 69 G6 GE0002 001 A e GCE1 01 E 69 G6 GE0002 002 A);
- Profilo idrogeologico in asse alla linea Castelluccio-Branega – scala 1:2.000/200 (2 tavole: cod. elab. GCE1 01 E 69 F6 GE0002 001 A e GCE1 01 E 69 F6 GE0002 002 A),
- Sondaggi geognostici, ambientali e prove di laboratorio – Lotto 1(cod. elab. GCE1 01 E 69 SG GE0000 001 A).

che costituiscono parte integrante del presente lavoro.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area oggetto dell'intervento ricade in una zona marginale del cosiddetto quadrangolo di Genova, caratterizzato dalla presenza di unità tettono-metamorfiche evolute a livelli strutturali diversi, per il coinvolgimento nell'evoluzione di entrambi gli eventi orogenetici Alpino ed Appenninico.

Il settore occidentale è caratterizzato da metaofioliti con metasedimenti delle Unità Liguro-Piemontesi (Unità di Voltri e Unità di Palmaro-Caffarella), che sono state riequilibrate sotto condizioni metamorfiche di alta pressione e bassa temperatura (facies Eclogite-Scisti blu).

All'angolo sud-occidentale, la piccola unità di Arenzano rappresenta una unità cristallina con impronta metamorfica pre-alpina ed alpina; essa può essere correlata con il basamento cristallino Brianzonese.

Nella parte centrale del quadrangolo sono localizzate le unità Gazzo-Isoverde, Cravasco Voltaggio e Figogna; queste unità sono normalmente raggruppate nella Zona Sestri-Voltaggio.

L'unità Cravasco-Voltaggio e l'unità di Figogna sono unità metaofiolitiche Liguri-Piemontesi, con differenti condizioni di apice e di riequilibrio metamorfico; una facies di scisti blu per la Cravasco-Voltaggio e di pumpellyite-actinolite per l'Unità di Figogna.

L'Unità Gazzo-Isoverde è una unità carbonatica, derivata da un margine continentale, riequilibrata sotto condizioni metamorfiche di scisti blu.

Ad oriente affiorano le unità dei Flysch. Le unità di Mignanego, Montanesi e Ronco comprendono successioni arenacee, con impronta a basso grado metamorfico, mentre l'Unità dell'Antola comprende flysch calcareo non metamorfico.

Al bordo settentrionale vi sono limitati affioramenti di conglomerati del tardo Eocene-Oligocene, facenti parte del Bacino Terziario Piemontese, che è un bacino trasgressivo tardo post orogenico.

L'assetto geologico-strutturale sopra descritto è rappresentato nel Foglio n° 213/230 "Genova" della Carta geologica d'Italia in scala 1:50.000, redatto nell'ambito del Progetto CARG (L. Crispini, G. Capponi e L. Federico - 2007), del quale viene riportato uno stralcio che

comprendente l'area di progetto, ricadente tra gli abitati di Voltri, Palmaro e Prà.

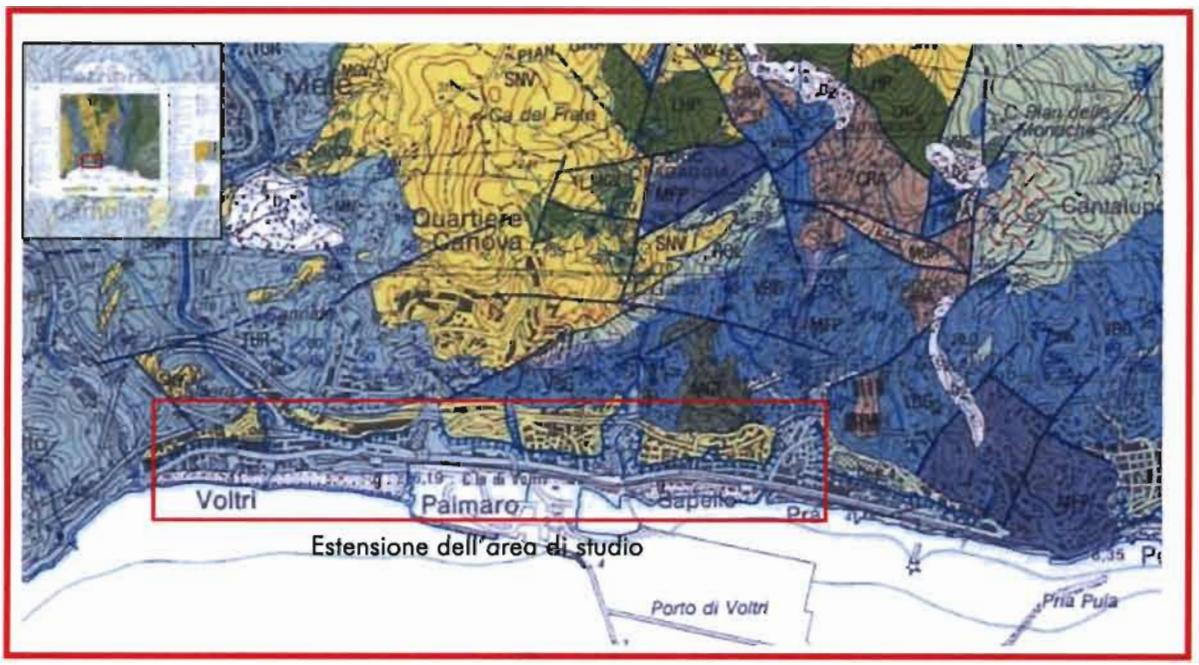


Figura 1: assetto geologico-strutturale dell'area di Voltri (estratto dal Foglio n° 213/230 "Genova" del Progetto CARG).

Dallo schema di figura 1 si evince come le aree collinari retrostanti il mare nell'area di studio siano così geologicamente costituite:

Unità tettonometamorfica di Voltri (Giurassico-Cretaceo):

- TUR – Calcescisti del Turchino;
- SNV – Serpentinoscisti antigoritici del Bric del Dente.

Unità tettonometamorfica di Palmaro-Caffarella (Giurassico-Cretaceo):

- VBG – Calcescisti della Val Branega;
- MGP – Matagabbri di Carpenara;
- MFP – Matagabbri del Bric Fagaggia.

Le due suddette unità tettonometamorfiche appartengono al Gruppo di Voltri.

La distinzione fra l'unità tettonometamorfica di Voltri e quella di Palmaro-Caffarella rientra già in studi più datati (Chiesa et alii; 1975), nei quali veniva effettuata all'interno del Gruppo di Voltri una suddivisione in unità sulla base dei caratteri petrografici e strutturali; ne conseguiva

che l'*Unità di Palmaro-Caffarella* e l'*Unità di Voltri-Rossiglione* erano riferibili ad originarie associazioni di vulcaniti basiche e sequenze sedimentarie ad affinità oceanica, costituite da calcescisti e prasiniti che conservavano relitti di paragenesi eclogitiche.

Questa suddivisione interna al gruppo di Voltri, insieme alle altre unità in esso distinte con tale criterio (Unità Beigua, Ponzema, San Luca-Colma, Varazze, Erro-Tobbio, Alpicella e Ortiglieto) è stata l'elemento cardine di tutti gli studi successivi.

Da un punto di vista strutturale, il Gruppo di Voltri è un sistema composito di falde metamorfiche, situato in posizione interna rispetto all'arco alpino occidentale e corrisponde, nella catena alpino-appenninica, all'emersione di un livello crostale profondo.

Il Gruppo di Voltri sarebbe sovrascorso sui sedimenti mesozoico-terziari del dominio ligure interno, che manifestano condizioni di metamorfismo di grado molto basso.

Successivamente, si svilupparono altri sovrascorrimenti pellicolari con il coinvolgimento di unità sedimentarie clastiche terziarie dell'avanfossa appenninica.

Prima del raggiungimento di livelli crostali elevati, in tutte le falde del Gruppo di Voltri si sarebbe verificata un'evoluzione tettono-metamorfica alpina, dapprima in ambiente di subduzione e di crosta ispessita, e successivamente durante il sollevamento post-collisionale.

Il Gruppo di Voltri è litologicamente definibile (G. Capponi, 1991) come un grande complesso meta-ofiolitico costituito da:

- Serpentiniti con associati metagabbri e corpi eclogitici (equivalenti metamorfosati di un complesso gabbro-peridotite);
- Metasedimenti con associate metabasiti (elementi metamorfosati di un complesso vulcanico-sedimentario);
- Lherzoliti con subordinati lembi di pirossenite e dunite.

I metasedimenti derivano in parte dal metamorfismo dell'originaria copertura sedimentaria delle ofioliti e in parte dal metamorfismo della crosta continentale, mentre i protoliti delle metabasiti sono i basalti, i gabbri ed i relativi prodotti sedimentari.

Le serpentiniti, le metabasiti ed i metasedimenti sono ascrivibili al dominio oceanico apertosi durante il Giurassico tra la placca paleoeuropea e quella insubrica; le lherzoliti sono invece interpretabili come porzioni di mantello superiore derivate dal margine insubrico del bacino.

Tutte queste rocce sono state coinvolte negli eventi di subduzione Alpina e sono state sottoposte, a diversi gradi, ad un riequilibrio metamorfico in condizioni di alta pressione e bassa temperatura (HP-LT) a cui sono seguite fasi di decompressione in condizioni di facies di scisti verdi.

Attualmente la configurazione di alta pressione e bassa temperatura è scarsamente preservata ed alla scala regionale prevale la configurazione in facies di scisti verdi.

Accurate analisi mineralogiche e petrografiche effettuate sulle rocce appartenenti al Gruppo di Voltri (Capponi et alii; 1994) hanno evidenziato che, nonostante le riattivazioni strutturali delle deformazioni post-falda, tutte le unità ad esso appartenenti preservano i relitti di una lunga storia metamorfica: di rift prealpino (Unità di Erro-Tobbio e Beigua), di ambiente oceanico (Erro-Tobbio, Beigua ed i calcescisti) e di subduzione eo-alpina (eclogiti preservate nelle Unità Beigua, Voltri-Rossiglione, ed Erro-Tobbio).

Alcuni lavori, come quello che ha portato alla redazione dell'*Atlante cartografico geologico del Territorio del Comune di Genova – scala 1:10.000* edito dal Comune di Genova nel 1997, utilizzano una sostanziale semplificazione della suddivisione in unità all'interno del Gruppo di Voltri, che vengono accorpate secondo l'affinità litologica.

Di conseguenza, nell'area oggetto del presente studio, i Calcescisti della Val Branega e quelli del Turchino (appartenenti ad unità geologiche distinte) vengono accorpati nell'Unità dei Calcescisti l.s..

Analogamente, si individuano le Unità delle Metabasiti l.s., suddivise in unità delle metabasiti a scisti verdi, dei matagabbri a scisti verdi e dei matagabbri eclogitici e/o galucofaniti.

Infine le unità delle Ultramafiti l.s. hanno al loro interno l'unità dei serpentinoscisti antigoritici, cloritoscisti, talcoscisti e l'unità delle lherzoliti.

Nel presente studio, si è preferito privilegiare gli aspetti litologici delle unità affioranti nell'area in esame, visto lo scopo applicativo del lavoro, per cui si è preferito adottare la stessa suddivisione geologica delle unità riportata nell'*Atlante cartografico geologico del Territorio del Comune di Genova – scala 1:10.000*.

3 ASSETTO TETTONICO E STRUTTURALE

La Liguria centrale si trova in una posizione chiave dal punto di vista geodinamico-strutturale, poiché rappresenta il punto di giunzione fra le Alpi occidentali e la catena appenninica settentrionale.

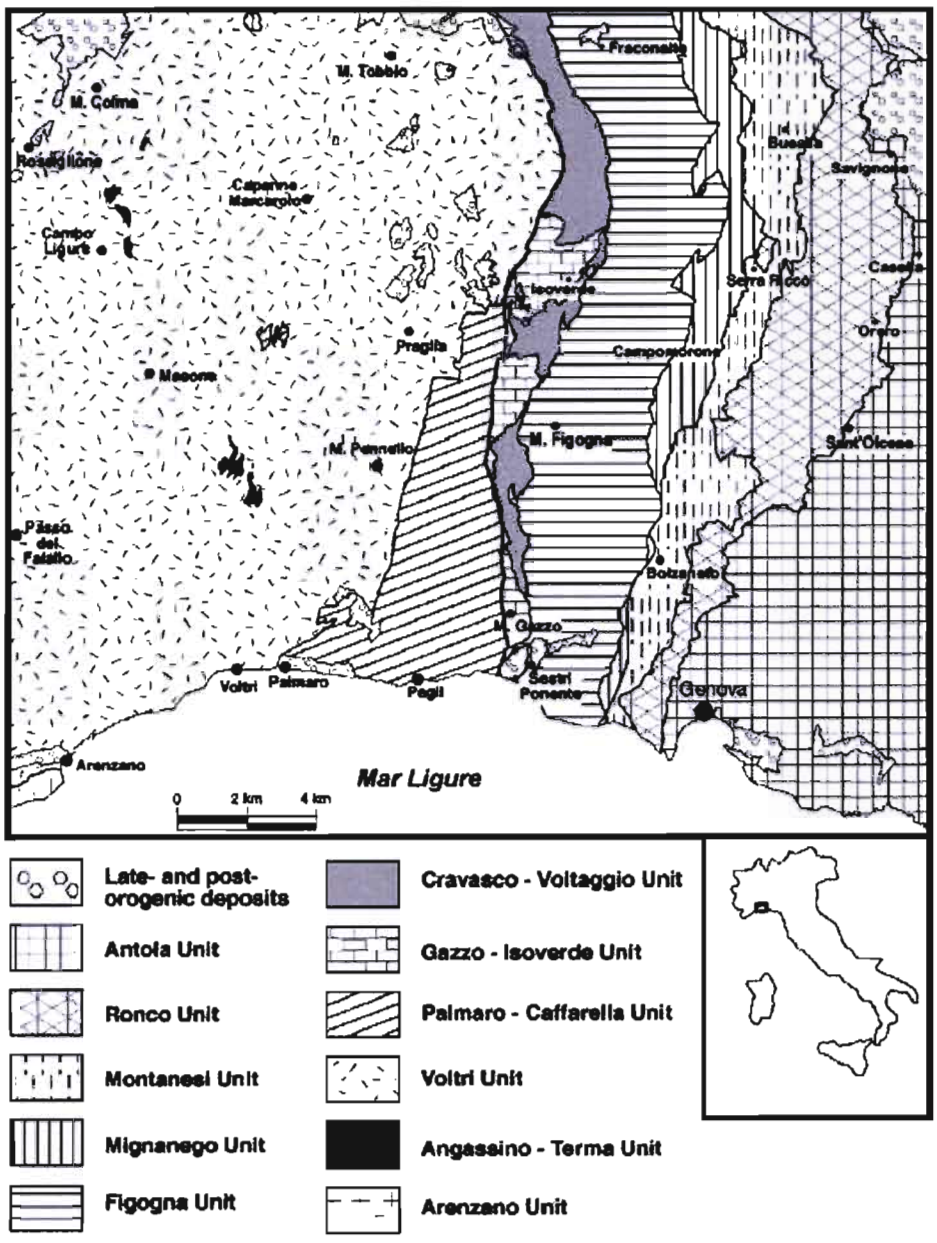


Figura 2: schema tettonico strutturale dell'area di Genova.

L'origine delle rocce che si rinvengono in quest'area (le unità del Gruppo di Voltri, la Zona Sestri-Voltaggio e l'areale del Flysch di M. Antola) risale al Cretaceo Superiore (60 - 80 milioni di anni fa) quando ebbe inizio il movimento convergente della placca africana verso la placca euro-asiatica. Le terre emerse dei due continenti erano allora separate dal Bacino Ligure Piemontese, cioè un oceano alla base del quale era presente una copertura sedimentaria che ammantava il basamento oceanico. Questo movimento di avvicinamento continentale determinò la chiusura del bacino frapposto e l'inizio degli eventi tettogenetici alpini. La crosta oceanica del Bacino Ligure Piemontese sprofondò lungo dei piani di scivolamento (fase subduttiva) immergenti verso l'Africa (detta anche Insubria). Tale movimento determinò metamorfismo, implicando variazioni mineralogiche sostanziali nei materiali, i quali vennero sottoposti ad elevatissime pressioni (7 - 10 kb) e temperature medio basse (300 - 400°C) tipiche di ambienti a profondità comprese tra 30 - 40 km.

Le coperture sedimentarie oceaniche in parte vennero coinvolte nello sprofondamento mentre altre sfuggirono alla subduzione corrugandosi contro il margine africano. Il movimento di convergenza continentale proseguì nell'Eocene Medio (40 milioni di anni fa) sino all'Eocene Superiore (35 mil.) quando avvenne la collisione tra placca africana e placca euro-asiatica. In queste fasi, i materiali derivanti dal Bacino Ligure Piemontese, furono riesumati dalle profondità e, totalmente modificati, dislocati in falde (unità strutturalmente differenziabili).

Il movimento della placca africana proseguì per alcuni milioni di anni dopo la collisione, penetrando profondamente il continente euro-asiatico e determinando rilevanti spostamenti e corrugamenti delle unità riesumate come l'Unita del Gruppo di Voltri. Tali dislocazioni, che determinarono la strutturazione delle Alpi, perdurarono per svariati milioni di anni e furono coinvolte da una successiva fase orogenetica che portò alla creazione degli Appennini ed alla distorsione della catena alpina in un arco.

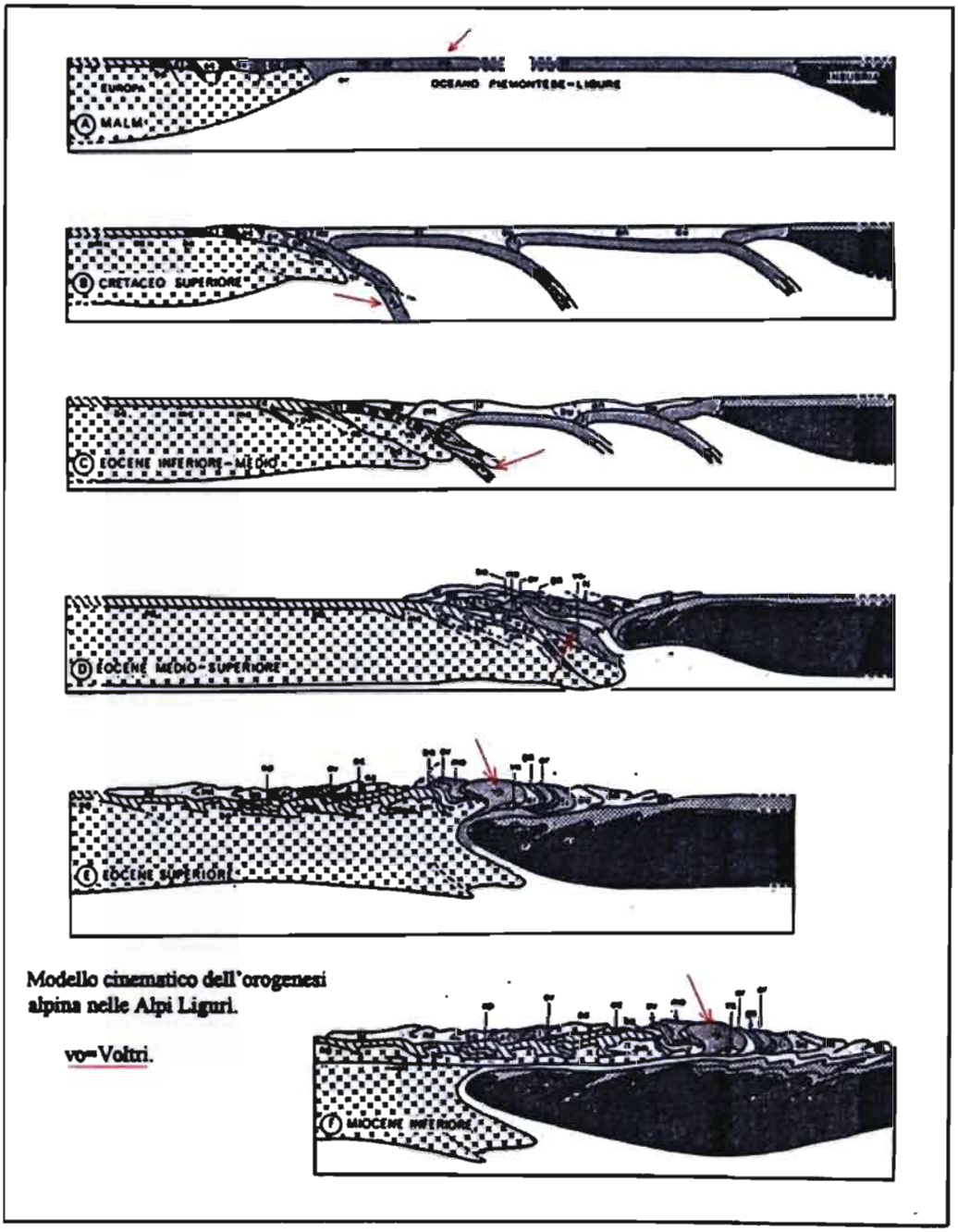


Figura 3: Modello cinematico dell'orogenesi Alpina nelle Alpi Liguri (Vanossi et alii, 1984).
Le frecce rosse evidenziano la posizione del Gruppo di Voltri nelle varie fasi evolutive.

In sostanza, quindi, tutta l'area della Liguria centrale è riassumibile (Haccard et alii, 1972) come il risultato di imponenti traslazioni della crosta oceanica ligure sulla zona piemontese.

Ciò ha determinato l'impilamento di un edificio a falde sovrapposte in cui i litotipi coinvolti dal processo di metamorfismo conseguente spaziano da rocce basiche di fondale oceanico a rocce proprie della relativa copertura sedimentaria (come visibile nello schema della soprastante figura 3): esse sono sostanzialmente serpentiniti con associati metagabbri e corpi eclogitici, metasedimenti con associate metabasiti (calcescisti, quarzoscisti, micascisti, metagabbri, prasiniti), lherzoliti con subordinati lembi di pirossenite e dunite.

Successivamente, nel Terziario, si instaura nell'area in esame, come in tutto il margine tirrenico, un processo tettonico rigido distensivo che porta allo sprofondamento del golfo ligure. Il collasso avviene con la formazione di strutture a horst e graben orientate circa parallelamente alla costa.

Ciò determina una trasgressione marina che si spinge dentro nelle insenature e nelle valli longitudinali del margine tirrenico, dove avviene la deposizione di sedimenti marnosi, argillosi, sabbiosi e conglomeratici.

Sistemi successivi di faglie distensive plio-quaternarie vanno ad intersecare infine le strutture precedenti, generando sovente cattura e deviazione dei corsi d'acqua.

Da quanto detto, si delinea come il quadro tettonico dell'area in studio sia estremamente complicato, per il succedersi e l'intersecarsi di sistemi tettonici da prima prevalentemente compressivi e poi, successivamente, distensivi.

Conseguentemente, le unità del Gruppo di Voltri (come pure quelle della Zona Sestri-Voltaggio) appaiono sovente divise in singole scaglie tettoniche.

Secondo alcuni autori (Capponi, Crispini e Federico; 2007), sussisterebbero in corrispondenza del margine di giunzione alpino-appenninico evidenze di sistemi tettonici transpressivi che interesserebbero, in alcune zone, oltre al basamento anche le formazioni dell'Oligocene ma non quelle del Miocene.

Il sistema sarebbe principalmente rappresentato da una struttura transpressiva destra orientata circa in direzione NE-SW, centrata sul margine di giunzione fra il Gruppo di Voltri e la Zona Sestri-Voltaggio.

A tal proposito, è bene ricordare che, per la geologia strutturale, il confine fra Alpi e Appennini è rappresentato proprio dalla linea Sestri-Voltaggio, che quindi è riconosciuta come

l'elemento di sutura tra le unità alpine e quelle a vergenza appenninica. Le Unità geologiche che costituiscono la Zona Sestri-Voltaggio risultano appoggiate tettonicamente ad ovest sul Gruppo di Voltri, mentre ad est (Val Polcevera) su di esse si accavalla il Supergruppo Antola-Zatta costituito prevalentemente da flysch originatisi in seguito a torbide marnoso-calcaree di facies distale.

In linea generale, possiamo dire che le strutture legate alla tettonica compressiva cretacica-eocenica hanno direzione prevalentemente N-S (NNW-SSE e NNE-SSW) con immersione verso est, e sono caratterizzate da faglie inverse, sovrascorrimenti e strutture plicative duttili; queste ultime, da alcuni studi svolti su scistosità, lineazioni ed assi sarebbero associabili ad almeno tre fasi di deformazione (Capponi, Pacciani et alii, 1987).

Altresì, il sistema delle strutture tettoniche distensive (horst e graben) plioceniche avrebbe una direzione prevalente E-W (ENE-WSW e WNW-ESE).

In corrispondenza delle faglie si rinvengono sovente materiali decisamente cataclasati o addirittura milonitizzati, che bene testimoniano l'entità degli stress generatisi in corrispondenza delle aree tettonizzate.

4 STRATIGRAFIA

L'area oggetto di studio interessa in superficie terreni sciolti o scarsamente cementati appartenenti sia a riporti artificiali e colmate, eseguite in tempi recenti in ambiente costiero, che ad alluvioni quaternarie. All'interno della coltre terrigena sono rinvenibili anche depositi marini quaternari di spiaggia.

Lo spessore della coltre (riporti e depositi quaternari) è in genere variabile tra 7÷8 m e 13÷14 m.

In profondità questi terreni giacciono sopra un substrato litoide appartenente all'unità dei Calcescisti l.s. cretaceo-giurassici del Gruppo di Voltri rappresentato, nell'area in esame, da calcescisti s.s. e subordinati quarzoscisti e micascisti. Nella porzione sommitale il substrato presenta un cappellaccio di alterazione, continuo in senso areale, di spessore variabile da 1 a 10 m.

La coltre terrigena quaternaria si assottiglia progressivamente verso nord fino a scomparire a circa 100÷200 m di distanza dall'asse del progetto, dove l'unità dei Calcescisti l.s. viene a giorno in corrispondenza dei rilievi collinari che sovrastano i centri abitati di Prà e Voltri.

In queste zone i Calcescisti l.s. si trovano spesso in contatto tettonico con scaglie appartenenti all'unità delle Metabasiti l.s. cretaceo-giurassiche, anch'esse appartenenti al Gruppo di Voltri, suddivisibili in due sotto-unità: una costituita in prevalenza da metagabbri a scisti verdi e metabasalti, l'altra da metagabbri eclogitici e/o galucofaniti.

Per la rappresentazione delle unità geologiche si è fatto riferimento alla suddivisione adottata nell'Atlante cartografico geologico del Territorio del Comune di Genova – scala 1:10.000 edito dal Comune di Genova nel 1997, integrando le informazioni raccolte anche con i dati di lavori più recenti (Foglio n° 213-230 "Genova" della Carta Geologica d'Italia – scala 1:50.000 - APAT - Servizio Geologico - Progetto CARG).

Le unità geologiche dell'area in esame, dalla più recente alla più antica, sono rappresentate da:

Forme antropiche:

- Riporti artificiali e discariche. Depositi vari rimaneggiati (Ri): materiali di riporto eterogenei ed eterometrici costituiti in prevalenza da elementi lapidei e ciottoli inglobati in matrice di varia natura prevalentemente sabbiosa e limosa. Interessano l'intera area di progetto con spessori variabili da 2 a 10 m, a partire dal piano campagna. Sono distribuiti prevalentemente lungo la fascia costiera che è stata oggetto, nel corso degli anni '90, di una intensa attività di colmata durante la realizzazione del porto mercantile di Voltri.

Quaternario:

- Coltri detritico colluviali (De): accumuli di versante, a volte soggetti a fenomeni di instabilità, rinvenibili prevalentemente sulle alture poste ad est di Prà, fuori dell'area di progetto. Sono costituite da depositi sciolti eterogenei ed eterometrici, in prevalenza ghiaie poligeniche e ciottoli, con clasti angolosi o subarrotondati, in matrice sabbiosa e limosa.

- Spiagge (Sp): depositi marini attuali e antichi, localizzati lungo la fascia costiera, talora ricoperti da alluvioni recenti o coperture antropiche. Sono costituiti da sabbie di colore marrone poco addensate, fini o medio-fini, a luoghi ghiaiose e/o limose; localmente sono presenti clasti poligenici eterometrici con ϕ max. di $3 \div 4$ cm, di forma arrotondata o angolare. Nell'area di studio un lembo di spiaggia recente è stato cartografato nella porzione più occidentale, a sud della Stazione FS di Genova Voltri. Nella porzione orientale, in prossimità dello sbocco del Rio S. Pietro, è stato intercettato dai sondaggi geognostici un orizzonte sabbioso profondo (ubicato tra 8 e 15 m di profondità circa) corrispondente ad un deposito di spiaggia più antico, originatosi in presenza di un livello marino più basso dell'attuale.

- Alluvioni attuali (Al): costituite da materiale grossolano ciottoloso in matrice sabbiosa, si rinvengono esclusivamente negli alvei dei corsi d'acqua. Questi ultimi sono caratterizzati da un profilo longitudinale in massima parte particolarmente acclive, e da un'attività idraulica che risulta in genere particolarmente intensa, con portate solide elevate, solo in concomitanza di eventi meteorici importanti.

- Alluvioni antiche e recenti e depositi marini terrazzati (Aa): sedimenti alluvionali antichi e

recenti (cartografati nell'Atlante del Comune di Genova), e depositi marini terrazzati (cartografati a nord di Voltri nel Foglio "Genova" della Carta Geologica d'Italia – scala 1:50.000 - CARG). Questi sedimenti, di origine diversa, risultano spesso limitrofi e con caratteristiche granulometriche simili, al punto tale da essere difficilmente distinguibili. Si è deciso pertanto di accorparli in una unica unità geologica.

I depositi alluvionali sono ubicati sul margine interno di una antica linea di costa (Quaternario), e rappresentano il prodotto dell'erosione dei versanti causata dagli agenti atmosferici e del successivo trasporto ad opera dei corsi d'acqua.

I depositi marini terrazzati individuano il limite dell'antica linea di costa, a quote più elevate dell'attuale.

Da un punto di vista granulometrico, nel Profilo Geologico, allegato alla presente nota, l'unità Aa è stata suddivisa al suo interno in due sotto-unità G e L, sulla base delle informazioni derivanti dalle campagne d'indagine geognostica eseguite lungo il tracciato di progetto.

La prima è costituita da ghiaia eterometrica poligenica, con ciottoli e clasti da angolosi a subarrotondati e ϕ max di 4÷6 cm, da moderatamente addensata a molto addensata, in matrice limoso-argillosa, a luoghi sabbiosa e sabbioso limosa.

La seconda è formata da limo argilloso di colore marrone–grigio e limo sabbioso-ghiaioso di colore grigio, con locale presenza di clasti angolari poligenici.

L'unità Aa è collocata arealmente alla base dei rilievi che sovrastano gli abitati di Prà e Voltri, e si estende fino in prossimità del mare, dove fa da transizione ai depositi di spiaggia o viene ricoperta dalle colmate di origine antropica. In corrispondenza del progetto, tale unità si rinviene senza soluzione di continuità per tutta l'estensione del tracciato, a profondità comprese tra 2÷8 m e 10÷12 m dal p.c., quasi sempre al disopra del substrato litoide e ricoperta da una coltre superficiale di riporto antropico.

<u>Oligocene:</u>

- B.T.P. (Bacino Terziario Piemontese) – brecce e conglomerati poligenici ofiolitici (Bc): l'unità è costituita da conglomerati e brecce poligenici ad elementi di grandezza variabile,

spesso superiore ai 10 cm, di natura prevalentemente serpentinitica, prasinitica e calcescistosa, per lo più ben cementati, rossastri. Nell'area in esame ne affiora un lembo sulle alture a nord di Prà, al di fuori della zona di intervento.

Cretaceo-Giurassico:

Unità del Gruppo di Voltri: il Gruppo di Voltri è costituito da scaglie di litosfera oceanica e relativa copertura sedimentaria, originate nel bacino Ligure-Piemontese a partire dal Giurassico medio e successivamente coinvolte nell'orogenesi alpina. Si tratta di un'unità di tipo metamorfico di alta pressione le cui fasi sono attribuibili ad un'età compresa tra 110÷80 milioni di anni (fase Eoalpina) e 40÷30 milioni di anni (fase Mesoalpina).

Complessivamente, vi si rinvengono impilate unità appartenenti a crosta oceanica e relativi sedimenti pelagici, sedimenti di fossa, sedimenti di margine continentale e frammenti di mantello superiore sottocontinentale.

Le unità del Gruppo di Voltri che affiorano nell'area di studio sono:

- Unità dei calcescisti l.s. (Cs): trattasi di un'unità costituita da calcescisti s.s., micascisti e quarzoscisti che occupano generalmente le porzioni medio-basse delle vallate. In corrispondenza di zone tettonizzate, la qualità dell'ammasso roccioso decade decisamente, diventando molto alterato. Nella zona di progetto i calcescisti l.s. occupano tutto il substrato litoide mentre affiorano sui versanti a nord di Voltri e Prà. Dai sondaggi geognostici effettuati in asse al tracciato, risulta che il substrato è decisamente costituito da calcescisti s.s., con solamente subordinati micascisti e quarzoscisti, e presenta sempre un cappellaccio d'alterazione spesso cloritizzato e destrutturato con spessore variabile da 1 a 10 m. Pertanto, nel profilo geologico allegato al presente studio si è ritenuto utile suddividere l'unità dei calcescisti l.s. in due sotto-unità R1 (substrato alterato) e R (substrato) così di seguito descritte:

  Unità R1 (substrato alterato): Calcescisti, cloritoscisti ed argilloscisti intensamente alterati e fratturati, talvolta ridotti a frammenti angolari a pezzatura ghiaiosa in matrice fine limoso-sabbiosa di colore grigio e localmente marrone.

  Unita R (substrato): substrato roccioso costituito da calcescisti di colore grigio, cloritoscisti di

colore grigio-verde ed argilloscisti di colore grigio. Localmente si rinvengono livelli di talco e/o clorite. I giunti si presentano da ravvicinati a molto ravvicinati e talvolta sono impostati lungo i piani di scistosità. Le discontinuità spesso risultano riempite da materiale limoso-argilloso. Sono frequenti patine di ossidazione ocracee. L'andamento dei piani di scistosità varia da 20° a 80° rispetto all'asse della perforazione di sondaggio.

- Unità delle metabasiti l.s. (Mb): metagabbri a scisti verdi e metabasalti che affiorano con scaglie tettoniche sulle alture a nord-ovest di Prà, al di fuori dell'area di intervento.

- Unità delle metabasiti l.s. (Me): metagabbri eclogitici e/o galucofaniti e eclogiti che affiorano ad est di Prà e non interessano direttamente il progetto.

5 SISMICITA'

Alla luce della più recente classificazione sismica dei comuni italiani effettuata con l'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003, il territorio comunale di Genova, entro il quale si trovano i siti interessati dal progetto del Lotto 1, ricade in Zona 4.

6 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nel corso delle diverse fasi della progettazione sono state eseguite, in tempi diversi, 4 campagne d'indagini geognostiche, per un totale di 23 verticali:

- Campagna di indagini geognostiche per il Progetto Preliminare (anno 2001);
- Campagna di indagini geognostiche per il Progetto Definitivo (anni 2003÷2004);
- Campagna di indagini ambientali per il Progetto Definitivo (anno 2004);
- Campagna di indagini ambientali per il Progetto Definitivo (anno 2006).

I risultati delle perforazioni hanno consentito di ricostruire l'assetto geologico-stratigrafico e idrogeologico profondo, in asse al tracciato, rappresentato nei relativi elaborati di progetto (profilo geologico e profilo idrogeologico).

Di seguito si riportano le tabelle riassuntive dei sondaggi eseguiti, mentre per una visualizzazione di dettaglio delle stratigrafie e dei certificati di prova si rimanda alla documentazione delle indagini geognostiche allegata al progetto.

Campagna geognostica 2001 – Progetto Preliminare

N° sondaggio	Profondità (m) da piano campagna	Strumentazione installata
S1	23.20	
S2	25.00	
S3	30.00	Piezometro Norton
S4	38.20	Piezometro Norton
S5	25.00	
S6	40.00	Piezometro Norton

Campagna geognostica 2003÷2004 – Progetto Definitivo

N° sondaggio	Profondità (m) da piano campagna	Strumentazione installata
XNL1LOG01	25.00	Piezometro Norton
XNL1LOG02	25.00	Piezometro Norton
XNL1LFG03	25.00	Piezometro Norton
XNL1LFG04	25.00	Piezometro Norton
XNL1LFG05	25.00	Piezometro Norton
XNL1LUG06	25.00	Piezometro Norton
XNL1LOG07	25.00	Piezometro Norton
XNL1LOG08	25.00	Piezometro Norton
XNL1LUG09	25.00	Piezometro Norton
XNL1LFG10	25.00	Piezometro Norton
XNL1LFG11	25.00	Piezometro Norton

Campagna ambientale 2004 – Progetto Definitivo

N° sondaggio	Profondità (m) da piano campagna	Strumentazione installata
XNL1LPG32	15.00	Piezometro Norton
XNL1LPG33	15.00	Piezometro Norton
XNL1LBG34	15.00	Piezometro Norton
XNL1LBG35	10.00	Piezometro Norton

Campagna ambientale 2006 – Progetto Definitivo

N° sondaggio	Profondità (m) da piano campagna	Strumentazione installata
SV1	3.00	
SV2	3.00	

7 GEOMORFOLOGIA

In considerazione della complessità geodinamica che ha interessato l'area di studio, la morfologia risulta altrettanto complicata. Le condizioni litologiche, ma soprattutto quelle tettoniche, condizionano a tutte le scale l'orografia. L'andamento dell'idrografia e' controllato soprattutto dalle strutture distensive recenti con relitti di quelle primarie. Lo stato generale di intensa fratturazione, unito alla elevatissima energia del rilievo genera anche forme di instabilità antiche e recenti (per erosione e gravità), a volte quiescenti, che investono con grande evidenza tutta la zona montana del territorio, risparmiando solo parte delle zone pedemontane meridionali. Anche la costa non è esente da instabilità, prevalentemente in corrispondenza delle falesie.

La condizione climatica locale è altrettanto peculiare poiché, con i sensibili sbalzi di quota, alla piovosità ordinaria già mediamente elevata (oltre 2000 mm. annui sul M. Beigua, 1300 mm. in prossimità della costa) si aggiunge un importante contributo delle cosiddette "precipitazioni occulte", dovute alla condensazione diretta dell'umidità' atmosferica contenuta nelle masse d'aria, soprattutto di provenienza meridionale, che risalgono le pendici dei rilievi retrostanti il mare raffreddandosi e che spesso stazionano a lungo alle quote medio-alte. Di qui la relativa abbondanza di acque superficiali e la discreta intensità della circolazione ipodermica all'interno delle fratture della roccia, con una accentuata attività erosiva delle acque di ruscellamento e di quelle incanalate in solchi torrentizi fortemente incisi.

Il modellamento superficiale è accelerato dallo stato di degradazione delle rocce che risentono facilmente dei fenomeni termoclastici e crioclastici che generano o ampliano le fratture latenti o beanti degli ammassi rocciosi. Fattori fondamentali del clima locale sono l'immediato ed esteso contatto con un mare ampio, aperto e profondo, la sua esposizione a mezzogiorno, favorita dai venti umidi e tiepidi, la protezione orografica dai venti del nord, i quali giungono meno freddi per effetto "fohen" (riscaldamento dinamico dovuto alla discesa dal crinale al mare). Ne risultano pertanto condizioni climatiche privilegiate, con temperature invernali miti, ed escursioni termiche piuttosto limitate in tutte le stagioni.

Nell'area di pertinenza del Gruppo di Voltri, in dettaglio, risulta evidente come gli assi vallivi

principali e secondari e gli spartiacque siano impostati su lineazioni tettoniche con quattro direzioni principali: N-S, SW-NE, SE-NW, E-W.

Ciò non deve sorprendere visto che proprio in corrispondenza delle lineazioni tettoniche si concentra l'indebolimento degli ammassi rocciosi che li rende più facilmente aggredibili dagli agenti meteorici.

I letti dei corsi d'acqua sono sovente ingombri di elementi lapidei medio-grandi, dai ciottoli ai blocchi superiori al metro, a causa del trasporto solido notevolissimo ma saltuario legato sia alle notevoli pendenze in gioco sia, come già detto, alle peculiarità climatiche di quest'area che può facilitare, sui rilievi, la formazione di grosse nuvole cariche di umidità provenienti dal mare.

Diffuse in tutta la zona sono poi le forme di dissesto di versante sia quiescenti che attive (paleofrane, sovente riattivate, frane attive) ma anche fenomeni erosivi e coltri detritiche eluvio-colluviali.

Sulla presenza e l'entità del dissesto gioca un ruolo preponderante la litologia prevalente delle unità coinvolte; così, ad esempio, nelle poche zone interessate da formazioni metagabbriche, specie a scisti verdi, sono estremamente rari i fenomeni franosi, grazie alla roccia generalmente meno alterata, più massiva e quindi di migliore qualità.

Per quanto riguarda, invece, le testate dei bacini maggiori, che sono quasi sempre costituite da unità ultramafiche, queste presentano versanti molto acclivi, con suolo scarso o assente e cime rocciose e massive; in corrispondenza di questi versanti sono frequenti falde detritiche dovute al disfacimento dell'ammasso roccioso, profondamente alterato e fratturato al quale concorre la forte acclività, il ruscellamento e (alle quote più alte) il crioclastismo.

Il medio corso delle vallate ed i fondovalle sono invece impostati prevalentemente su rocce facilmente alterabili ed aggredibili come i calcescisti, con la conseguenza che si accumulano sovente potenti coltri eluvio-colluviali. Quando queste coltri sono curate e mantenute dall'attività antropica (col terrazzamento, le colture e la regimazione del ruscellamento) la stabilità globale non desta preoccupazioni. Ben diverso, invece, è il discorso laddove le coltri sono state abbandonate all'incuria, che, con l'incedere del dilavamento e del ruscellamento disordinato,

specialmente in concomitanza con eventi piovosi intensi, conduce spesso al riattivarsi di movimenti di versante quiescenti, sotto forma di nicchie di distacco sottese da scoscendimenti rototraslazionali innescati dalle acque di percolazione sottosuperfiale e dal dilavamento.

Non bisogna dimenticare la presenza sui versanti di terrazzi geomorfologici e marini (questi ultimi in particolare presenti sui versanti immediatamente prospicienti gli abitati di Voltri e Prà e cartografati nel foglio n° 213/230 "Genova" del progetto CARG).

Per quanto riguarda, infine, la fascia costiera, di maggiore pertinenza per il progetto in questione, essa risulta costituita da un'alternanza di porzioni strette, rocciose e strapiombanti sul mare, e di fasce più larghe in corrispondenza degli sbocchi fluviali principali, dove le alluvioni antiche hanno creato piane di una certa estensione e alcuni tratti di spiaggia (Voltri e Prà).

8 IDROGEOLOGIA

La ricostruzione del quadro idrogeologico nell'area di studio è stato effettuato attribuendo in primo luogo a ciascuna unità geologica cartografata un valore di classe di permeabilità, desunto sia da nozioni bibliografiche che da considerazioni di tipo litostratigrafico.

Successivamente, laddove possibile, si è proceduto a verificare tali assunzioni con i valori di permeabilità reali misurati in situ mediante prove di permeabilità eseguite nei sondaggi geognostici. Nel caso dell'unità Aa (Alluvioni antiche e recenti e depositi marini terrazzati) i due tipi di valori non risultavano corrispondenti e si è preferito privilegiare i valori di permeabilità misurati in situ modificando di conseguenza la classe di permeabilità dell'unità geologica.

L'effettuazione di cicli di monitoraggio delle quote di falda all'interno dei piezometri installati lungo il tracciato di progetto ha inoltre permesso di ricostruire l'andamento della superficie piezometrica appartenente al primo acquifero, quello contenuto all'interno dei depositi terrigeni quaternari.

8.1 CLASSI DI PERMEABILITA'.

Sulla base di considerazioni di tipo geostrutturale e litostratigrafico, sono state individuate 4 classi di permeabilità:

- A - Permeabilità alta: $k > 10^{-3}$ m/s;
- MA - Permeabilità medio-alta: 10^{-3} m/s $> k > 10^{-5}$ m/s;
- MB - Permeabilità medio-bassa: 10^{-6} m/s $> k > 10^{-7}$ m/s;
- B - Permeabilità bassa: $k < 10^{-7}$ m/s.

Delle unità geologiche individuate e cartografate nell'area di studio, nessuna appartiene alla classe di Permeabilità bassa (B).

Di seguito si elencano sinteticamente le unità idrogeologiche cartografate in funzione della classe

di permeabilità con indicato il tipo di permeabilità: per porosità (terreni sciolti) e/o per fratturazione (complessi litoidi).

Unità a Permeabilità Alta: $k > 10^{3-}$ m/s

Unità geologica ed idrogeologica	Sigla nella carta geologica e nella carta idrogeologica	Tipo di permeabilità
Spiagge	Sp	Porosità
Alluvioni attuali	Al	Porosità

Unità a Permeabilità Medio-alta: 10^{-3} m/s > k > 10^{-5} m/s

Unità geologica ed idrogeologica	Sigla nella carta geologica e nella carta idrogeologica	Tipo di permeabilità
Riporti artificiali e discariche - depositi vari rimaneggiati	Ri	Porosità
Alluvioni antiche e recenti e depositi marini terrazzati	Aa	Porosità
B.T.P. – Bacino Terziario Piemontese – brecce e conglomerati poligenici ofiolitici	Bc	Porosità e fratturazione

Unità a Permeabilità Medio-bassa: 10^{-6} m/s > k > 10^{-7} m/s

Unità geologica ed idrogeologica	Sigla nella carta geologica e nella carta idrogeologica	Tipo di permeabilità
Unità dei calcescisti l.s.	Cs	Fratturazione e carsismo
Unita delle metabasiti l.s. (a scisti verdi)	Mb	Fratturazione
Unità delle metabasiti l.s. (eclogitiche)	Me	Fratturazione

Nel corso della campagna d'indagine del Progetto Definitivo (anni 2003÷2004) sono state eseguite prove di permeabilità in foro di sondaggio dei seguenti tipi:

- Prove Lefranc a carico variabile (nei materiali prevalentemente terrigeni);
- Prove Lefranc a carico costante (nei materiali prevalentemente terrigeni);
- Prove Lugeon (nei materiali prevalentemente litoidi).

Di seguito si riassumono i valori di permeabilità registrati in sito:

Nota: **Cc** = Prova Lefranc a carico costante, **Cv** = Prova Lefranc a carico variabile, **Lu** = Prova Lugeon

N° del sondaggio	Profondità della prova di permeabilità (m da p.c.)	Tipo di prova	N° della prova	Unità geologica ed idrogeologica nel tratto di prova	Litologia nel tratto di prova	Valore di permeabilità K (m/s)
XNL1LOG01	9.00÷12.00	Lu	1	Cs	Calcescisti fratturati	N.D.
XNL1LOG01	18.30÷21.30	Lu	2	Cs	Calcescisti fratturati	$2{,}81 \times 10^{-8}$
XNL1LOG02	5.00÷7.10	Cc	1	Aa	Ghiaia sabbiosa-limosa	$1{,}48 \times 10^{-4}$

XNL1LOG02	13.40÷16.40	Lu	1	Cs	Calcescisti con intervalli cloritico-talcosi	$5,57 \times 10^{-7}$
XNL1LFG03	6.00÷7.00	Cc	1	Aa	Ghiaia sabbiosa	$3,3 \times 10^{-5}$
XNL1LFG03	15.50÷18.50	Lu	1	Cs	Calcescisti e cloritoscisti	N.D.
XNL1LFG04	12.00÷14.70	Lu	1	Cs	Calcescisti fratturati	N.D.
XNL1LFG04	22.00÷25.00	Lu	2	Cs	Calcescisti fratturati	N.D.
XNL1LFG05	9.40÷12.40	Lu	1	Cs	Cloritoscisti talcosi	$8,03 \times 10^{-8}$
XNL1LFG05	19.00÷22.00	Lu	2	Cs	Calcescisti	N.D.
XNL1LUG06	5.50÷6.00	Cv	1	Aa	Ghiaia debolmente sabbiosa	$2,10 \times 10^{-5}$
XNL1LUG06	13.50÷15.50	Lu	1	Cs	Argilloscisti fratturati	$4,15 \times 10^{-8}$
XNL1LOG07	7.00÷8.00	Cc	1	Aa	Ghiaia con sabbia	$1,56 \times 10^{-4}$
XNL1LOG07	18.70÷21.70	Lu	1	Cs	Cloritoscisti talcosi	$1,09 \times 10^{-8}$
XNL1LOG08	7.50÷8.50	Cv	1	Ri ÷ Aa	Riporto ÷ sabbia fine	$1,14 \times 10^{-7}$
XNL1LOG08	16.50÷20.00	Lu	1	Cs	Calcescisti con cloritoscisti	$8,22 \times 10^{-8}$
XNL1LUG09	7.50÷8.50	Cv	1	Cs	Cappellaccio di alterazione dei calcescisti	$3,81 \times 10^{-8}$
XNL1LUG09	19.00÷22.30	Lu	1	Cs	Cloritoscisti	N.D.
XNL1LFG10	7.00÷8.00	Cc	1	Aa	Ghiaia sabbiosa	$2,35 \times 10^{-4}$
XNL1LFG10	22.00÷25.00	Lu	1	Cs	Argilliti fratturate	$1,32 \times 10^{-7}$
XNL1LFG11	5.00÷6.00	Cc	1	Aa	Ghiaia sabbiosa	$2,38 \times 10^{-4}$
XNL1LFG11	14.00÷16.80	Lu	1	Cs	Calcescisti fratturati	N.D.

8.2 PIEZOMETRIA E CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA.

Tramite le varie campagne di indagine geognostica svolte tra il 2001 ed il 2006 in prossimità del tracciato di progetto, sono stati installati in totale 18 piezometri Norton le cui caratteristiche sono di seguito elencate:

N° del piezometro	Profondità del tratto fenestrato (m da p.c.)	litologie intercettate dal tratto fenestrato	Minima soggiacenza della falda (m da p.c.)	Quota assoluta della falda riferita al valore minimo di soggiacenza (m s.l.m.)
S6	1.00÷13.00	Riporto e coltre terrigena quaternaria	4.50	0.00
S4	12.00÷38.00	Substrato litoide	4.65	- 2.65
S3	12.00÷30.00	Substrato litoide	4.35	- 1.35
XNL1LFG11	3.00÷25.00	Coltre terrigena e substrato litoide	3.94	0.86
XNL1LFG10	3.00÷25.00	Coltre terrigena e substrato litoide	4.49	0.61
XNL1LUG09	3.00÷25.00	Coltre terrigena e substrato litoide	4.40	0.20
XNL1LBG34	3.00÷15.00	Coltre terrigena e substrato litoide	4.20	0.80
XNL1LOG08	3.00÷25.00	Riporto, coltre terrigena e substrato litoide	4.50	0.40

XNL1LOG07	3.00÷25.00	Coltre terrigena e substrato litoide	4.35	0.45
XNL1LBG35	3.00÷10.00	Coltre terrigena	4.27	0.53
XNL1LUG06	3.00÷25.00	Coltre terrigena e substrato litoide	4.04	0.66
XNL1LFG05	3.00÷25.00	Riporto e substrato litoide	3.92	0.48
XNL1LFG04	3.00÷25.00	Riporto e substrato litoide	3.84	0.56
XNL1LFG03	3.00÷25.00	Coltre terrigena e substrato litoide	4.78	0.62
XNL1LOG02	3.00÷25.00	Coltre terrigena e substrato litoide	4.21	0.39
XNL1LPG32	6.00÷15.00	Substrato litoide	2.17	8.23
XNL1LOG01	3.00÷25.00	Riporto e substrato litoide	4.26	0.84
XNL1LPG33	3.00÷15.00	Coltre terrigena e substrato litoide	4.25	0.75

I piezometri sono stati sottoposti a cicli di monitoraggio del livello di falda protratti nel tempo, come si può evincere dalla tabella riassuntiva contenuta nel profilo geologico ed in quello idrogeologico allegati al presente studio.

Elaborando le letture, è stato individuato un valore di minima soggiacenza della falda da piano campagna per ciascun piezometro (livello massimo della falda) che è stato utilizzato per ricostruire nel profilo geologico ed in quello idrogeologico l'andamento altimetrico della superficie piezometrica.

E' opportuno precisare che per le modalità con cui sono stati realizzati i piezometri, il livello piezometrico massimo registrato è relativo alla prima falda, la più superficiale, contenuta nella coltre terrigena quaternaria, con l'esclusione di due soli piezometri (S3 e S4) che invece danno letture relative alla falda contenuta nel substrato litoide.

In sostanza, nell'area direttamente interessata dal progetto del Lotto 1 sono presenti due falde

sovrapposte, di cui una contenuta nell'acquifero mediamente-permeabile corrispondente ai depositi quaternari, ed una più profonda e, dai dati disponibili, dotata di propria prevalenza, sita nel substrato litoide dei calcescisti.

La prima falda, assume caratteristiche di falda freatica, con un livello massimo ubicato generalmente a 4÷4,5 m di profondità da piano campagna, contenuta nel materasso ghiaioso-sabbioso quaternario, con permeabilità compresa fra valori di 10^{-3} m/s e 10^{-5} m/s, talora superiore a 10^{-3} m/s. Longitudinalmente al progetto, la superficie piezometrica si mantiene sostanzialmente sub-orizzontale a quote medie di 0.40÷0.60 m s.l.m., mentre si presuppone che trasversalmente ad esso tenda ad assumere un debole gradiente da monte verso mare.

Della falda contenuta invece nel substrato litoide sono disponibili solamente due dati puntuali misurati in corrispondenza dei piezometri S3 e S4 che evidenziano come localmente essa presenti piezometrie superiori come quota di 5÷6 m rispetto al tetto del substrato litoide che la contiene. Ciò fa presupporre che si tratti di una falda in pressione. Il materiale litoide in cui è contenuta sono i calcescisti s.s. dell'unità Cs, spesso fratturati e soggetti, nei primi metri di profondità dal tetto, ad un'alterazione diffusa con ricristallizzazioni a clorite. I valori di permeabilità spaziano generalmente fra 10^{-6} m/s e 10^{-7} m/s; localmente, laddove verosimilmente i processi di alterazione hanno contribuito allo sviluppo di materiale argilloso, i valori di permeabilità scendono a 10^{-8} m/s.

Non esistono dati in merito alla morfologia assunta dalla superficie piezometrica di questa falda in asse al tracciato di progetto.

Non è da escludere che tra le due falde sussistano scambi di deboli quantitativi d'acqua, alquanto contrastati dalla continua presenza, come già detto, a tetto del substrato di un considerevole cappellaccio d'alterazione spesso ridotto a matrice argillosa a bassa permeabilità.

9 CONDIZIONI GEOLOGICHE E IDROGEOLOGICHE ATTESE LUNGO IL TRACCIATO

A livello generale, come già detto nei capitoli precedenti, l'area interessata dagli interventi previsti nel progetto del Lotto 1 è caratterizzata da una struttura litostratigrafica suddivisibile dall'alto verso il basso in tre orizzonti principali:

- Riporto superficiale (corrispondente all'unità geologica Ri);
- Depositi terrigeni quaternari di varia natura (corrispondenti alle unità geologiche Aa e Sp);
- Substrato litoide cretaceo-giurassico (corrispondente all'unità geologica Cs).

Questo assetto si presenta senza soluzione di continuità per tutta l'estensione del Lotto 1. Nel dettaglio, però, cambiano lungo la sua estensione le profondità e gli spessori delle varie unità, così come la loro tessitura granulometrica.

Pertanto, in questo studio, si è ritenuto utile suddividere il progetto in porzioni omogenee dal punto di vista stratigrafico ed idrogeologico, così come segue:

- Da progr. 0+460 a 1+450 (km da Bivio Castelluccio): in quest'area la coltre di riporto superficiale assume spessori considerevoli (5÷7 m) e localmente anche 12 m come in corrispondenza dell'inizio intervento ubicato alla progr. 0+914 da Bivio Castelluccio. Tali spessori sono da imputare alle ingenti opere di colmata che sono state effettuate negli anni '90 a ridosso della vecchia linea di costa e che ne hanno determinato lo spostamento verso mare di circa 100÷120 m. Si tratta di materiali caratterizzati da una notevole eterogeneità tessiturale e litologica (vi si rinvengono elementi lapidei di varia natura mescolati a ghiaie e resti di demolizioni in matrice sabbiosa-limosa). Sono da considerarsi terreni di cattiva qualità geotecnica, aventi permeabilità medio-alta (10^{-3}÷10^{-5} m/s).

  Al di sotto si rinvengono terreni appartenenti all'unità Aa (alluvioni antiche e recenti) a tessitura prevalentemente ghiaiosa grossolana in matrice limosa-sabbiosa, con locale presenza di ciottoli. A letto dell'unità Aa è presente in modo continuo un orizzonte sabbioso ascrivibile all'unità Sp dei depositi marini quaternari di ambiente di spiaggia, con

spessori variabili da 1,5 m a 4 m.

Come già detto, è qui presente una falda freatica la cui superficie si trova a 6÷7 m di profondità dal piano campagna. E' bene precisare che nel tratto compreso fra il sondaggio S4 ed il sondaggio S1, a causa dell'assenza di letture di falda, la superficie piezometrica è stata ipotizzata come un piano blandamente discendente dalla progressiva 1+550 verso il Rio S. Pietro, dove si presuppone che essa assuma la quota del livello marino. I terreni hanno permeabilità variabile da medio alta ad alta a seconda che predomini la componente ghiaiosa in matrice limosa dell'unità Aa o la componente sabbiosa ben selezionata dell'unità Sp.

A letto, infine, a profondità di 10÷14 m, giace il substrato litoide dell'unità dei calcescisti l.s., qui costituiti prevalentemente da calcescisti s.s. con un cappellaccio di alterazione di spessore pari mediamente a circa 2÷3 m e solo localmente spesso anche 7÷8 m.

Il contatto fra il substrato litoide e la soprastante coltre detritica è più profondo in asse allo sbocco del Rio S. Pietro (progr. 0+600÷0+800 circa), mentre tende a risalire in quota spostandosi verso occidente.

Contemporaneamente alla risalita del substrato verso ovest, si assottiglia progressivamente l'orizzonte di sabbie dell'unità Sp, tanto da scomparire a partire dalla progressiva 1+450 circa.

- Da progr. 1+450 a 3+150 (km da Bivio Castelluccio): in questa porzione di tracciato, il riporto superficiale ha spessori variabili tra 4 e 6 m e ricopre una coltre terrigena quaternaria costituita solamente da terreni dell'unita Aa (Alluvioni antiche e recenti) a granulometria ghiaiosa grossolana in matrice limosa-sabbiosa. Il progetto, oltrepassato il torrente Branega, dalla progr. 1+550 circa si allontana dal mare spostandosi topograficamente lungo la fascia in cui in superficie si ha il passaggio dalle alluvioni alle imponenti colmate che hanno portato alla costruzione del porto di Voltri. Tuttavia, come già detto, i sondaggi geognostici eseguiti nelle immediate vicinanze del progetto delineano sempre una potente coltre di riporto che ricopre le alluvioni.

Per le alluvioni sottostanti, vale la pena sottolineare come predomini nettamente la componente ghiaiosa grossolana con subordinata la componente fine (solo tra le progressive 1+550 e 1+800 è stata rilevata la presenza all'interno delle alluvioni di una lente di terreno pseudo-coesivo limoso-argilloso di potenza intorno al metro).

La falda freatica contenuta nelle alluvioni ha una superficie superiore giacente mediamente a profondità di 5÷6 m da piano campagna, con quote che tendono ad aumentare blandamente da est verso ovest e valori di permeabilità medio-alta (10^{-3}÷10^{-5} m/s).

Il tetto del substrato litoide (calcescisti) si rinviene a profondità di circa 6÷7 m da piano campagna e reca in sommità un cappellaccio d'alterazione di spessore molto variabile (talora un metro circa, in alcune porzioni di tracciato perfino 10÷12 m). A tal proposito, per l'analisi di dettaglio si rimanda all'allegato Profilo Geologico.

I sondaggi denotano come in alcune porzioni localizzate di progetto la coltre di riporto si spinga in profondità fino al tetto del substrato, venendo ad essere discontinuo l'orizzonte alluvionale, come tra le progressive 2+800 e 2+900 e tra le progressive 3+100 e 3+150. Per questa porzione di tracciato non esistono dati di dettaglio sulla falda contenuta nell'ammasso litoide.

- Da progr. 3+150 a 3+270 (km da Bivio Castelluccio): in questa porzione di tracciato l'aspetto più evidente è il notevole assottigliamento della superficie di riporto che scende a spessori inferiori al metro, mentre progressivamente al di sotto di essa prende corpo un pacco di terreni sabbiosi in probabile continuità laterale con i depositi di spiaggia posti a sud della stazione FS di Genova Voltri. Questi depositi, di spessore di circa 5 m, giacciono al di sopra delle alluvioni antiche e recenti dell'unità Aa, rispetto ai quali potrebbero essere considerati più recenti o al limite eteropici lateralmente.

  Le considerazioni granulometriche fatte per lo strato di riporto superficiale nelle sezioni precedenti possono essere assunte anche in questa porzione di tracciato, mentre per i depositi di spiaggia bisogna evidenziare come il sondaggio che li intercetta li descriva come sabbie grossolane in matrice debolmente limosa, pertanto terreni più grossolani e meno classati rispetto a quelli sabbiosi intercettati nella porzione più orientale del progetto

(vicino al Rio S. Pietro). Ciò avvalora la tesi che nella porzione in esame i terreni di spiaggia intercettati siano di passaggio eteropico fra l'ambiente alluvionale e quello di costa.

Le alluvioni antiche e recenti sottostanti ai depositi di spiaggia hanno granulometria ghiaiosa grossolana in matrice limosa-sabbiosa e si spingono fino a profondità di 8÷10 m da piano campagna.

La falda freatica, contenuta sia nell'unità Sp che nell'unità Aa (tra le quali si ribadisce che in questa zona il confine è labile) ha un tetto a 4 m circa di profondità. I valori di permeabilità oscillano verosimilmente tra alti (> 10^{-3} m/s) e medio-alti (10^{-3}÷10^{-5} m/s) a seconda che predomini più la componente sabbiosa o più quella ghiaiosa con matrice limosa.

Il substrato litoide dei calcescisti, sottostante all'unità alluvionale Aa, ha connotati del tutto similari dal punto di vista geologico e tessiturale a quelli presenti per tale complesso litoide nelle altre porzioni del tracciato. Anche per questa porzione di tracciato non esistono dati di dettaglio sulla falda contenuta nell'ammasso litoide.

10 BIBLIOGRAFIA

AA. VV., (1997) – *Atlante cartografico geologico del territorio del Comune di Genova – Cartografia geologica, geomorfologica ed idrogeologica in scala 1:10.000* – Comune di Genova.

AA. VV., (2007) – *Foglio n° 213/230 "Genova" della Carta geologica d'Italia in scala 1:50.000* – APAT - Servizio Geologico d'Italia - Progetto CARG.

Capponi G., (1991) – *Megastructure of the south-eastern part of the Voltri group (ligurian alps): a tentative interpretation* – Boll. Società geologica italiana, 110 (1991), 391-403.

Capponi G., (1994) - *Carta geologico-strutturale del settore centro-meridionale del Gruppo di Voltri (alpi liguri) e note illustrative* – Boll. Società geologica italiana, 113 (1994), 383-394.

Capponi G., Crispini L. e Federico L., (2007) - *Transpressional tectonics al the Apls/Appennine boundary (central Liguria, NW Italy)* – Rend. Società geologica italiana, 5 (2007), Nuova serie, 100.

Capponi G., Pacciani G., Rebora A., Amendolia M., (1987) - *Analisi e cartografia strutturale del settore centro meridionale del massiccio di Voltri (alpi liguri)* – Boll. Società geologica italiana, 106 (1987), 99-111.

Chiesa S., Cortesogno L., Forcella F., galli M., Messiga B., Pasquarè G., Pedemonte G.M., Piccardo G.B. e Rossi P.M., (1975) – *Assetto strutturale ed interpretazione geodinamica del Gruppo di Voltri* – Boll. Società geologica italiana, 94 (3), 555-582.

Crispini L., Capponi G., Federico L., (2007) – *The Genova quadrangle of the 1/50.000 geological map of Italy CARG Project* – Rend. Società geologica italiana, Nuova Serie, 122-123.

Haccard D., Lorenz C., e Grandjacquet C., (1972) - *Essai sur l'évolution tectogenetique de la liaison Alpes-Appennines (de la Ligurie a la Calabrie)* – Mem. Società geologica italiana, 11, 309-341.

http://www1.comune.arenzano.ge.it/il-comune/i-dati-ufficiali.htm – *I dati generali – geologia.*

http://www.molare.net/La_Diga_di_Molare/Geologia/Geologia.htm - *La geologia della diga di molare.*

Italferr S.p.A. – U.O. Geologia, (2004) - *Potenziamento infrastrutturale Voltri-Bignole - Completamento della variante di tracciato tra Genova Voltri e Genova Pegli, con sistemazione a PRG della stazione di Genova Voltri* – Progetto Definitivo.

Vanossi M., Cortesogno L., Galbiati B, Messiga B., Piccardo G.B. e Vannucci R., (1984) – *Geologia delle alpi liguri: dati, problemi, ipotesi* – Mem. Società geologica italiana, 28, 557.