Anas SpA

Direzione Centrale Progettazione

S.S. 1 "Nuova Aurelia"

Viabilità di accesso all'hub portuale di Savona

SVINCOLO DI MARGONARA

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE CENTRALE PROGETTAZIONE

I PROGETTISTI:
Ing. FULVIO MARIA SOCCODATO
Ordine Ing. di Roma n. 18861

Ing. ALESSANDRO MICHELI
Ordine Ing. di Roma n. 19654

IL GEOLOGO:
Geol. STEFANO SERANGELI
Ordine Geol. del Lazio n. 659

IL RESPONSABILE DEL S.I.A.
Ing. GINEVRA BERETTA
Ordine Ing. di Roma n. 20458

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE
Geom. FABIO QUONDAM

VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :
Ing. NICOLA DINNELLA

PROTOCOLLO | DATA

GRUPPO DI PROGETTAZIONE ANAS
Ing. Giuseppe Danilo Malgeri – Responsabile Progetto
Ing. Gianfranco Fusani – Strade
Ing. Francesco Primieri – Strade
Ing. Gabriele Giovannini – Cartografia
Ing. Attilio Petrillo – Idraulica
Ing. Pierluigi Fabbro – Interferenze
Geom. Valerio Altomare – Espropri
Ing. Luca Cedrone – Opere in sotterraneo
Ing. Rita Gandolfo – Opere in sotterraneo
Geom. Alessandro Cortese – Opere in sotterraneo
Ing. Pia Iasiello – Geotecnica
Ing. Francesco Bezzi – Impianti
Arch. Roberto Roggi – Computi
Geom. Marco Spinucci – Computi
Geol. Giuseppe Cardillo – Caratterizzazione ambientale

RESPONSABILI DI UNITA'
Ing. Fulvio Maria Soccodato – Ingegneria Territorio
Ing. Alessandro Micheli – Ingegneria Geotecnica e Impianti
Ing. Achille Devitofranceschi – Ingegneria Opere Civili
Geom. Fabio Quondam – Ingegneria Computi, Stime e Capitolati
Geol. Serena Majetta – Caratterizzazione ambientale

GEOLOGIA E GEOTECNICA

Relazione Geologica e Idrogeologica

CODICE PROGETTO			NOME FILE	REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00_GE00_GEO_RE01_A		
LO901A	D	1301	CODICE ELAB. T00GE00GEORE01	A	--

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
C					
B					
A	EMISSIONE	Ottobre 2013	S. SERANGELI	S. SERANGELI	A. MICHELI

INDICE

1. Premesse ____ 2
2. Riferimenti normativi ____ 4
3. Schema Geomorfologico ____ 6
3.1 Principali processi geomorfologici ____ 9
4. Schema Geologico ____ 11
4.1 Assetto geostrutturale ____ 14
4.2 Successione stratigrafica e caratteri delle unità geologiche ____ 14
5. Schema Idrogeologico ____ 18
6. Sismicità ____ 20
6.1 Sismicità storica ____ 20
6.2 Pericolosità sismica ____ 22
7. Indagini geognostiche ____ 26
8. Modello geologico-tecnico del tracciato ____ 27
9. Bibliografia ____ 31

1. Premesse

La presente relazione geologica fa parte della documentazione allegata al Progetto Definitivo dei lavori di costruzione della viabilità di accesso all'Hub portuale di Savona – Interconnessione tra i caselli della A10 di Savona ed Albissola ed i porti di Savona e Vado: variante alla S.S.1 Aurelia nel tratto tra Savona torrente Letimbro ed Albissola Superiore - Nuovo Svincolo di Margonara.

La relazione definisce i lineamenti geologici dell'area e delinea il modello geologico di riferimento in relazione agli interventi in progetto. Essa viene redatta sulla base dei contenuti definiti dall'art. 26, comma 1, lettera a del D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 "*Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163*", che ha sostituito la corrispondente declaratoria contenuta nel precedente Regolamento 21 dicembre 1999 n. 554. Tale articolo, con riferimento ai contenuti della Relazione Geologica del Progetto Definitivo, prevede che questa "*comprende, sulla base di specifiche indagini geologiche, la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché il conseguente livello di pericolosità geologica*".

Essa recepisce, inoltre, le indicazioni contenute nel par. 6.2.1: "Caratterizzazione e modellazione geologica del sito" del Decreto 14.01.2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" e della relativa circolare 02.02.2009 n. 617 C.S.LL.PP., nonché quelle contenute nel D. Lgs. n.163 del 12 aprile 2006: "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE".

Nella presente nota vengono inizialmente descritti i contesti geomorfologico, stratigrafico ed idrogeologico di riferimento; successivamente viene analizzato il tracciato in

progetto, per tratti omogenei, con riferimento alle relazioni prevedibili fra l'assetto del sottosuolo ed il suo comportamento conseguente alla costruzione delle principali opere previste.

Gli elementi necessari a tale scopo sono stati ricavati a seguito dell'esame della documentazione bibliografica disponibile per l'area in oggetto e dell'interpretazione dei dati geognostici esistenti.

In particolare, i dati geognostici presi in esame sono riferibili alle campagne d'indagine effettuate per la realizzazione dell'Hub di Savona:

- Campagna di Progetto Definitivo (2001);
- Campagna d'indagine integrativa (2008);
- Campagna di Progetto Esecutivo (2010);

ed alla campagna geognostica appositamente programmata (anno 2013).

La documentazione ad esse relativa è riportata negli allegati della "Documentazione indagini geognostiche" (Planimetria ubicativa, Schede stratigrafiche sondaggi, pozzetti, Documentazione fotografica, Certificati di Laboratorio).

La presente nota fa specifico riferimento agli elaborati: "Carta Geologica", "Carta Geomorfologica", "Profili Longitudinali", "Documentazione indagini geognostiche", ad essa allegati.

2. ***Riferimenti normativi***

- D.M. 14/01/2008 - "Nuove Norme tecniche per le costruzioni";
- Circolare Ministero dei LL.PP. 02/02/09 n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme tecniche per le costruzioni";
- D.M. 11/03/88 – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE»";
- D. Lgs. n.163 del 12 aprile 2006: "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE".
- Circolare ministeriale LL.PP. 24/09/88 n. 30483 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI): Interventi sulla rete idrografica e sui versanti. Legge 18 maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6, ter D.L. 180/98 e successive modifiche ed integrazioni. Variante adottata con deliberazione del Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino n. 2 del 25.02.2010;
- Eurocodice 7.1 (1997): Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali. UNI;
- Eurocodice 7.2 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI;

- Eurocodice 7.3 (2002): Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI;
- Eurocodice 8 (1998): Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture.

3. Schema Geomorfologico

Nel territorio in esame ricadono paesaggi con caratteristiche notevolmente differenziate.

Le piane alluvionali dei due grandi torrenti che delimitano l'area di studio sono caratterizzate, nel tratto di interesse, dalla presenza di un tessuto urbano continuo e da alcune aree industriali e artigianali in cui si inseriscono anche alcune infrastrutture principali, quali l'autostrada e le linee ferroviarie.

I versanti ai margini delle piane alluvionali sono anch'essi densamente insediati nella loro porzione più prossima al mare, mentre mantengono più a monte l'impronta data dagli originari caratteri rurali.

Il tratto costiero intermedio, posto tra il mare e le grandi infrastrutture (autostrada e galleria ferroviaria), è caratterizzato dalla presenza di un tessuto urbano continuo con presenza sporadica di aree dedicate a parco urbano e strutture sportive. Si tratta di un territorio con carattere di urbanizzazione discontinua per la presenza di edifici monumentali inseriti in un contesto di ampi spazi dedicati a parco e giardino, con aree di edificazione recente con edifici di minori dimensioni concentrati lungo i versanti.

Nel tratto a monte dell'area intermedia le valli secondarie sono caratterizzate dall'accentuata acclività dei versanti, da coperture ridotte a volte instabili e da interi comparti di versante con aree a bosco o con vegetazione rada o assente, una volta coltivate ma attualmente abbandonate e spesso coinvolte in incendi. Questo stato può provocare gravi rischi di erosione accelerata e dissesto gravitativo per assenza di manutenzione.

L'andamento planimetrico delle valli indica chiaramente un modellamento morfologico in grande scala associato alla presenza di almeno due sistemi di faglie, orientate NO-SE e OSO-ENE.

La forma dei bacini e il modellamento dei versanti risultano influenzati, oltre che dalla tettonica, dall'assetto strutturale e dalla litologia, in particolare dall'erodibilità dei diversi litotipi.

L'erosione è funzione dell'altitudine, dell'esposizione, del clima e della distribuzione e della intensità delle precipitazioni, dando luogo spesso ad associazione di morfotipi.

La formazione delle Argille di Ortovero si presenta con rilievi ad altitudine varia, con morfologia collinare a profilo dolce e con incisioni vallive lineari. Le valli sono incise da torrenti ad erosione incanalata con andamento curvilineo. La morfologia per gravità è modesta e relativa a fenomeni di franosità diffusa e superficiale.

I terreni dell'unità di Savona-Calizzano, che sono quelli a maggiore diffusione, presentano una morfologia con rilievi allungati con creste a sviluppo circolare; perpendicolarmente alle creste si sviluppano frequenti fratture parallele su cui sono impostati i fossi incanalati. Nel fondo delle valli si sono formati accumuli subpianeggianti prevalentemente di materiale grossolano. Le pendenze sono elevate nelle zone di affioramento del Cristallino mentre, dove affiorano le Argille di Ortovero, l'acclività è assai minore.

La percentuale di territorio coperta da coltri originate da fenomeni franosi è abbastanza estesa nelle aree di affioramento di filladi, di miloniti e, localmente di anfiboliti o gneiss. Si tratta comunque di situazioni legate alle fasce cataclasate delle formazioni, a cavallo delle principali faglie. Spesso tali coltri sono difficilmente rilevabili in quanto del tutto simili ai normali terreni di alterazione eluvio-colluviale legati alle litologie di substrato.

Nello sviluppo e nell'articolazione del reticolo idrografico è evidente il controllo litologico e tettonico-strutturale che le discontinuità riscontrabili in tutto il territorio operano sulle geometrie delle aste, deviando frequentemente la direzione di deflusso. Tale fenomeno

è riscontrabile anche lungo le aste minori che presentano caratteristiche similari ai corsi d'acqua principali.

Nel tratto costiero intermedio il reticolo idrografico è più sviluppato ed articolato nella parte alta del bacino, con la formazione di numerose valli secondarie che indicano una gerarchizzazione disordinata dei corsi d'acqua con aste brevi e poco ramificate che si sviluppano in direzioni subparallele dirette normalmente alla linea di costa.

Si distinguono in genere due ordini di terrazzi fluviali la cui estensione areale complessiva è piuttosto esigua; i terrazzi di 1° ordine sono posizionati ad una quota non molto elevata rispetto all'attuale alveo, mentre i terrazzi di secondo ordine sono presenti all'interno delle alluvioni antiche.

Siccome i terrazzi fluviali rappresentano una fra le poche aree pianeggianti in un ambiente generalmente molto acclive, sono stati interessati dall'espansione urbanistica e, in passato, per scopi agricoli. Conseguenza dell'intenso sfruttamento è stata la modificazione ed il mascheramento delle originarie caratteristiche morfologiche.

Sono stati distinti diversi ordini di terrazzi marini quaternari che si sviluppano tra i 100 ed i 120 metri di quota e corrispondente all'interglaciale Donaü-Günz, tra gli 80 ed i 90 metri s.l.m., corrispondente all'interglaciale Günz-Mindel e tra i 50 ed i 60 metri di quota ascrivibile all'interstadio Mindel II-III.

I terrazzi marini in alcuni casi evidenziano orlo e radice abbastanza netti, in altri casi uno o ambedue gli elementi morfologici appaiono difficilmente riconoscibili, a seguito di ulteriori fenomenologie di modellamento morfologico che ne hanno alterato le caratteristiche. Essi comunque danno luogo a superfici caratterizzate da acclività medio-bassa, a quote differenziate e presenti in maniera diffusa un pò su tutti i versanti.

3.1 Principali processi geomorfologici

- *Ruscellamento superficiale diffuso*

E' caratterizzato da un finissimo reticolato di rivoletti non individuabili singolarmente.

Si tratta di un fenomeno visibile soprattutto sulle foto aeree ed interessa esclusivamente lo strato superficiale del suolo. Il fenomeno è particolarmente ingente in corrispondenza di zone denudate in presenza di rocce affioranti o subaffioranti, su versanti a media-alta acclività, in sinistra idrografica del Rio Grana.

- *Erosione concentrata di fondo*

Interessa quei rii con incisioni particolarmente profonde. Tale fenomeno risulta intenso in corrispondenza di substrati a minore tenacità o quando le aste fluviali sono impostate su lineamenti tettonici.

- *Forme e processi dovuti alla gravità*

Nell'area di indagine, in corrispondenza del tracciato in progetto, non è stata rilevata la presenza di estesi movimenti franosi, come confermato dagli elaborati prodotti dal Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Liguria (PAI) e dagli studi dei Comuni per la redazione dei loro Piani Territoriali.

Sono spesso i corsi d'acqua in fase di forte erosione, con alvei molto incisi, a produrre i frequenti fenomeni di scalzamento della base dei versanti con conseguente predisposizione a determinare i dissesti gravitativi.

Un altro elemento che concorre all'instaurarsi di fenomeni gravitativi lungo i versanti è l'azione antropica. I numerosi sbancamenti e riporti, nonché l'edificazione su terreni detritici o la deviazione delle vie d'acqua naturali provocano infatti la rottura di un equilibrio statico formato nel corso di lunghi periodi, con il conseguente dissesto morfologico.

I processi che portano al movimento gravitativo di masse di materiale sono essenzialmente di due tipi: crollo e scorrimento/colamento.

I crolli sono legati alla presenza di pareti rocciose acclivi, in cui la presenza di discontinuità nell'ammasso crea solidi poligonali che possono cadere ai piedi del pendio. Nei litotipi cristallini si hanno numerosi casi di crollo di materiale fratturato, in genere di piccole dimensioni, ma che localmente, proprio negli ammassi meno fratturati, possono dare luogo a massi di alcuni metri cubi. Su gran parte del territorio urbanizzato le pareti con possibilità di distacco di blocchi rocciosi sono state sistemate mediante reti, chiodature e calcestruzzo proiettato, rendendo quindi stabile il versante.

I movimenti di tipo colamento-scorrimento avvengono invece in ammassi a litologia sciolta o comunque a matrice fine. Di questo tipo sono anche i grandi movimenti che avvengono lungo superfici di grandi dimensioni. In questo caso possono coinvolgere anche grandi masse di roccia all'apparenza stabili ma delimitate da tali superfici nascoste. Nell'area di indagine sono stati osservati esclusivamente fenomeni di limitata estensione che interessano le coltri superficiali o i livelli di maggiore alterazione del substrato litoide, sia attive che quiescenti con possibilità di riattivazione.

I fenomeni di instabilità gravitativa sia attivi che quiescenti (con possibilità di riattivazione) sono stati cartografati ed inseriti nell'elaborato specifico.

4. Schema Geologico

L'area di studio appartiene al grande edificio della catena alpina.

In particolare l'area in esame costituisce una porzione delle Alpi liguri, a loro volta suddivisibili in alcune falde o unità tettoniche, che da una posizione denominata per convenzione "interna" sono traslate ad una "esterna" rispetto all'area in cui si sono formate, con un movimento che grosso modo può essere indicato da Nord-Ovest a Sud-Est.

Tralasciando una ricostruzione completa della geologia delle Alpi, e focalizzando l'attenzione sull'area di studio, delle numerose grandi falde di ricoprimento che costituiscono la catena alpina sono presenti unità appartenenti al solo Dominio Brianzonese. Questi ammassi, dopo il movimento di traslazione che li ha spostati dove ora si trovano, sono stati innalzati ed erosi per un lungo periodo e, successivamente, su di essi si sono depositati sedimenti marini. Parte del territorio è infine stato coperto da sedimenti recenti frutto dell'erosione e della deposizione operata dal mare e dai corsi d'acqua.

Il dominio Brianzonese ligure rappresenta parte di un complesso che probabilmente proviene da una porzione dell'antico continente europeo prossima al margine continentale stesso. All'interno di tale dominio vengono definiti tre settori, che, procedendo verso l'avampaese, vengono denominati interno, intermedio ed esterno. La serie stratigrafica viene anch'essa suddivisa in tre componenti: basamento cristallino (interessato da una o più orogenesi prealpine), tegumento permo-carbonifero e copertura meso-cenozoica.

Il basamento cristallino è di età precedente al Carbonifero superiore. È costituito da masse alloctone, definite in letteratura come "massicci cristallini". Nell'area di studio affiora il "Massiccio di Savona-Calizzano", formato da un complesso polimetamorfico antico, in cui sono inclusi granitoidi a loro volta trasformati in ortogneiss.

Tra l'Ordoviciano e il Siluriano si ha un primo evento tettonico-metamorfico che crea la prima scistosità negli ammassi rocciosi e metamorfizza i sedimenti in paragneiss e micascisti, le rioliti e i graniti in Ortogneiss I e i basalti in anfiboliti ed eclogiti a seconda del gradiente geotermico.

Successivamente riprende la sedimentazione, con la deposizione di materiale terrigeno e assenza di carbonati. Verso il termine del Siluriano – Devoniano si ebbe la ripresa dell'attività magmatica, con la formazione di gabbri e migmatiti. Vennero intrusi nuovi granitoidi accompagnati dalla formazione di filoni negli ammassi incassanti.

Nel Carbonifero inferiore, con l'orogenesi ercinica, si ha la formazione di una nuova scistosità negli ammassi, con metamorfismo in facies anfibolitica, che determina la formazione nei granitoidi degli Ortogneiss II e altre trasformazioni nelle formazioni cambriane e ordoviciane.

Il tegumento permo-carbonifero è situato tra il basamento cristallino e le rocce sedimentarie mesozoiche. Si tratta di una serie di terreni di età compresa tra il Carbonifero superiore e il Permiano superiore, in parte di origine vulcanica in parte sedimentaria continentale.

Le coperture meso-cenozoiche comprendono sedimenti di età compresa tra il Trias e il Priaboniano (ultimo piano dell'Eocene). Queste unità stratigrafiche segnano l'ingressione marina sulla piattaforma continentale formata dalle rocce del basamento cristallino e dal sovrastante tegumento paleozoico. Durante questo lungo intervallo di tempo si hanno variazioni di facies e periodi di emersione, legati alla storia geologica dell'oceano ligure - piemontese facente parte del mare tetideo.

Nell'area di studio non si hanno unità appartenenti a questo gruppo.

I depositi della trasgressione marina pliocenica sono costituiti nella loro parte inferiore da depositi marnosi e argillosi, noti in letteratura come "Argille di Ortovero", depositati in mare aperto. Questi sono sormontati da depositi arenacei e conglomeratici di origine deltizia noti come "Conglomerati di Monte Villa".

Nell'area di studio affiorano le Argille di Ortovero, costituite da argille giallastre con intercalazioni di sabbie e conglomerati, marne grigio azzurre, conglomerati minuti in matrice rossastra, argille gialle, marne grigie e conglomerati minuti in matrice rossastra.

I depositi quaternari comprendono i materiali detritici originati dalla dinamica fluviale, marina e di versante. Si hanno quindi i depositi di spiaggia, le alluvioni fluviali (antiche e recenti), gli accumuli di frana e i prodotti dell'alterazione del substrato roccioso, che possono essere sia in posto che spostati ad opera della normale dinamica di versante.

A questi depositi è da aggiungere il prodotto dell'azione antropica, che nei secoli ha modificato il paesaggio asportando materiale in alcuni punti e accumulandolo in altri.

4.1 Assetto geostrutturale

L'evoluzione della catena si è compiuta in numerosi eventi (ne sono stati riconosciuti sette) raccolti in tre tappe principali di seguito riassunte:

- Individuazione e traslazione delle falde verso l'esterno. Si tratta degli eventi principali che hanno portato alla formazione della catena alpina. Le falde che costituiscono l'edificio alpino si sono impilate a partire dal Cretaceo Superiore fino all'Eocene superiore.
- Retroflessioni e retroscorrimenti. Questo evento, datato Eocene superiore, ha portato ad una deformazione delle falde verso l'interno della catena. Il metamorfismo in questa fase si è sviluppato in condizioni di pressione minore rispetto alla precedente
- Fasi tardive. Si sono sviluppate dall'Oligocene al Miocene, con strutture blande e prive di metamorfismo, spesso difficilmente correlabili tra loro.

In generale i primi eventi deformativi sono documentati da pieghe o scistosità visibili solo alla meso- o microscala, mentre le megastrutture corrispondenti non sono note.

Alla fine dell'Eocene la struttura delle Alpi liguri era già costituita nelle sue linee essenziali e sostanzialmente emersa. Da allora il sollevamento è continuato più o meno costantemente ed il mare ha ricoperto solo alcune porzioni dell'edificio per periodi limitati. Le fasi tettoniche tardive hanno continuato ad agire sulla sedimentazione marina dei periodi oligo-mio-pliocenici.

4.2 Successione stratigrafica e caratteri delle unità geologiche

Di seguito verranno descritte le sole unità litologiche affioranti nell'area di progetto.

Unità di Savona-Calizzano (γ): Associazione di ortogneiss I e paragneiss, fortemente scistosi. Talora, aumentando il tenore di muscovite rispetto al plagioclasio, passano a micascisti polimetamorfici in facies anfibolitica.

L'ammasso roccioso è generalmente poco alterato e dall'aspetto massivo. Si presenta profondamente disgregato o milonitizzato solo dove la scistosità è più marcata per la presenza di faglie e al contatto con le altre unità che compongono il massiccio savonese o lungo le fasce di sovrascorrimento.

Gli Ortogneiss I, corrispondenti in parte alla Formazione nota in letteratura come "Graniti del Torrente Letimbro", affiorano lungo un'ampia fascia costiera comprendente la parte meridionale del Comune di Savona, in particolare in sinistra idrografica del T. Letimbro, nel centro urbanizzato e proseguono lungo la costa fino alla valle del Rio Basci ad Albissola.

I paragneiss sono caratterizzati dall'alternanza di banderelle di spessore millimetrico di quarzo e feldspati e in particolare di miche (biotite e muscovite) che conferiscono una sensibile fissilità alla roccia.

Non sempre i paragneiss sono facilmente distinguibili sul terreno dagli ortogneiss a grana fine dai quali si differenziano per l'abbondante contenuto di miche. In affioramento l'ammasso roccioso si presenta in genere facilmente disgregabile per alterazione profonda, mentre in profondità le caratteristiche meccaniche tendono a migliorare, anche se la fratturazione rimane persistente per la complessa storia tettonica che l'ammasso ha subito.

La cartografia geologica meno recente, considera questa unità come facente parte della Formazione degli "Gneiss di Albissola".

Argilla di Ortovero (aO): Sono depositi sabbiosi, marnosi-limosi-argillosi grigio-azzurri di mare aperto con livelli arenaceo-marnosi di giacitura suborizzontale o debolmente inclinati e limitati da sottili livelli conglomeratici o, in corrispondenza delle principali linee tettoniche, da accumuli caotici di frana sottomarina. A volte si osservano sottili livelli sabbiosi e passaggi con elevata presenza di sostanza organica.

Depositi di spiaggia (ds): I depositi di spiaggia attuali sono costituiti, oltre che dall'attuale arenile, dalla fascia immediatamente alle spalle dello stesso, oggi non più mobilizzabile e fortemente antropizzata. Essi si estendono a partire dal mare verso l'interno per 70-80 metri, sfumando in una fascia costituita da materiali di origine mista, provenienti da deposizione marina e fluviale.

Sono costituiti prevalentemente da sabbie a granulometria da fine a grossolana, pur essendo presenti livelli più decisamente grossolani, ghiaiosi; derivano direttamente dalla rielaborazione ad opera del mare dei sedimenti fluviali e dei materiali provenienti dalle falesie retrostanti, anche se almeno negli ultimi decenni, tali apporti risultano essersi decisamente attenuati, a seguito della realizzazione delle opere portuali.

Alluvioni attuali (a): sono presenti nelle aree immediatamente adiacenti a zone di erosione concentrata, in cui il corso d'acqua ha inciso il substrato ricoprendolo con limitati spessori di depositi alluvionali. Sono costituiti da sabbie e ghiaie con clasti poligenici subarrotondati.

Coperture sciolte (c): le coltri di detrito eluviale, colluviale e di frana sono distribuite in tutto il territorio esaminato, in genere sui medi e bassi versanti.

Le coltri eluvio-colluviali derivano dall'alterazione e disfacimento dei vari litotipi. Queste litologie, quando sono particolarmente alterate, come nei pressi di lineazioni tettoniche o contatti, assumono di fatto le caratteristiche di una copertura per cui la distinzione fra roccia e coltre non è sempre agevole ed il passaggio fra l'una e l'altra risulta sfumato. In talune zone, questa coltre ha una potenza superiore ai tre metri.

Nelle aree in cui il substrato è costituito da termini granitici, da gneiss o da anfiboliti, le coltri sono di natura prevalentemente granulare, con resistenza al taglio per attrito interno

o per leggera cementazione. Su tali litotipi comunque, fatte salve le fasce pedemontane dei versanti o zone a bande cataclasate, le coltri sono in genere di spessore modesto.

Riporti (r): i principali riporti sono presenti nei centri abitati, in corrispondenza delle zone urbanizzate e delle infrastrutture **(*"rilevato stradale esistente"*)**, e lungo i corsi d'acqua, laddove le esigenze antropiche lo richiedevano, come la realizzazione di insediamenti produttivi o vie di comunicazione.

Il bacino del T. Podestà e degli altri rii minori tra il Torrente Sansobbia e il Torrente Letimbro è caratterizzato dalla presenza di un grande riporto (colmata a mare) corrispondente all'area portuale di Savona e alle infrastrutture portuali costiere fino a punta Garbasso in prossimità del confine comunale con Albissola Marina.

Dal punto di vista litologico si tratta di materiale a granulometria eterogenea, proveniente dalla escavazione degli stessi versanti montuosi, che localmente può presentare fenomeni di instabilità dovuta in genere allo scalzamento al piede ad opera dei corsi d'acqua canalizzati.

5. Schema Idrogeologico

Il territorio interessato dal tracciato costituisce un insieme di differenti ambienti sia naturali che antropizzati. Convivono infatti le piane alluvionali, i massicci cristallini di tipo alpino, importanti centri abitati con edifici antichi e moderni multipiano.

Le aree urbanizzate, ad elevata densità, sono praticamente impermeabili a causa dell'alto grado di pavimentazione dei suoli e la scarsa presenza di aree a verde o di superfici esposte che, permetterebbero la filtrazione nel sottosuolo.

Le coltri di copertura sono, per loro natura, permeabili per porosità, così come gli accumuli detritici, quali i depositi di frana.

Le aree di affioramento della maggior parte delle formazioni rocciose cartografate possono essere considerate permeabili per fratturazione e/o fessurazione, anche se la conducibilità idraulica è bassa.

La maggiore estensione del territorio corrisponde dunque a quella delle rocce permeabili per fratturazione, anche se la complessità geologica e geomorfologica porta ad una frammentazione delle aree con conseguenti frequenti variazioni laterali di permeabilità.

Nell'area è possibile riconoscere i seguenti complessi idrogeologici:

Complesso idrogeologico del "*Massiccio Cristallino Savonese*"*:* si tratta di rocce granitoidi con evidenti fasce cataclastiche, migmatiti, andesiti con fasce laminate, porfiroidi, rioliti, gneiss a biotite, anfiboliti. Come tipologia di acquifero si è in presenza di ammassi litoidi con permeabilità generalmente bassa, però la fratturazione spinta e l'alterazione possono condurre al formarsi di zone preferenziali con permeabilità più alta e in corrispondenza delle quali si ha una discreta circolazione idrica. Si tratta di un acquifero di ridotta importanza per l'utilizzo a fini civili, irrigui o industriali.

Complesso idrogeologico delle "*Argille di Ortovero*"*:* è costituito da litologie differenti, in quanto si va dalle argille marnose ai conglomerati, alle sabbie poco cementate.

Data la limitata estensione dell'unità, che interessa solo alcune aree separate tra loro, in genere morfologicamente depresse, si è in presenza di acquiferi poco sviluppati e poveri di acqua per la bassa permeabilità.

La formazione può invece costituire un aquiclude o comunque un aquitardo per le acque presenti sia nei sovrastanti depositi detritici e alluvionali sia per le sottostanti formazioni cristalline del Massiccio Savonese. Infatti, durante l'esecuzione del sondaggio SG-11 (campagna di PE), è stata intercettata una falda in pressione, con risalita di acqua oltre il piano campagna (misurati 30 centimetri), situata nelle formazioni cristalline sormontate da circa 20 metri di depositi principalmente argillo-limosi appartenenti alle Argille di Ortovero.

Complesso idrogeologico dei depositi di spiaggia e delle alluvioni: localizzato lungo la fascia costiera occupata dai depositi di spiaggia precedentemente descritti, e lungo il fosso inciso dal Rio Termini. La loro permeabilità risulta essere alta per porosità, variabile a seconda della granulometria e del grado di addensamento.

Complesso idrogeologico dei depositi superficiali: I depositi superficiali sono costituiti da coperture sciolte e riporti di natura antropica, caratterizzati da una permeabilità per porosità medio-bassa. La permeabilità varia notevolmente a seconda della granulometria e del grado di addensamento del materiale costituente l'acquifero.

6. Sismicità

6.1 Sismicità storica

Nell'intorno dell'area studiata la maggior parte dei sismi registrati presenta magnitudo inferiore a 4 e profondità ipocentrale compresa entro i primi 18 km, con un massimo di concentrazione intorno ai 12 km. I sismi registrati nell'area di interesse hanno quindi, in generale, un carattere abbastanza superficiale.

Dall'analisi dei dati di sismicità storica presenti nel "Database Macrosismico Italiano 2011" sul sito dell'INGV (DBMI11), utilizzato per la compilazione del CPTI11 (Catalogo Parametrico dei terremoti italiani), si rileva che, dal 1537 al 1989, si sono verificati 38 eventi sismici le cui caratteristiche sono sintetizzate nell'immagini seguenti:

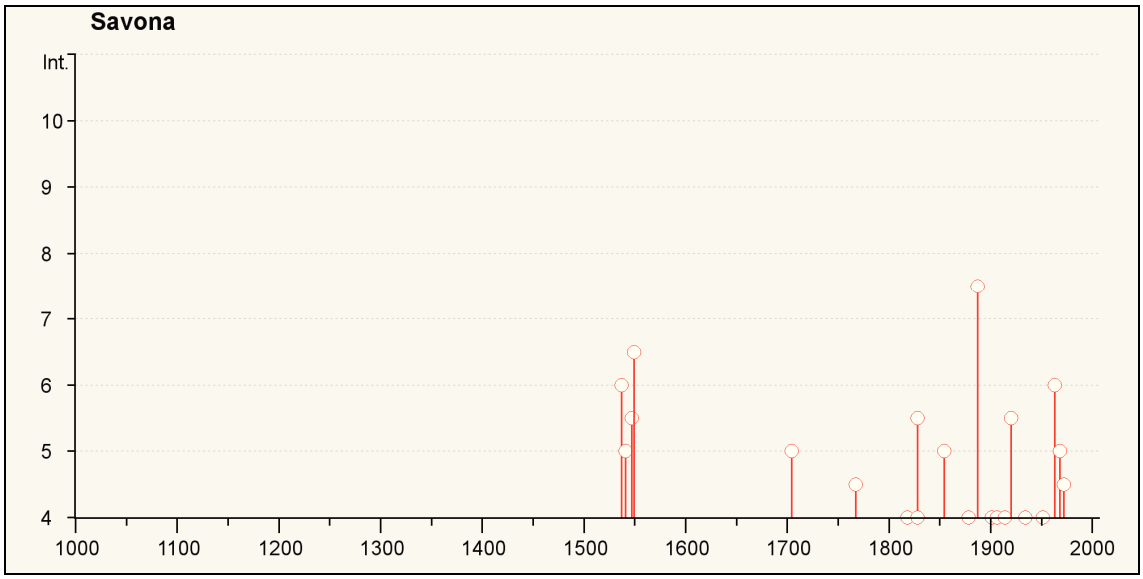


Figura 1. Storia sismica di Savona

Storia sismica di Savona
[44.307, 8.480]

Numero di eventi: 38

Effetti		In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Au	Np	Io	Mw
6	1537 11	SAVONA	1	6	4.72 ±0.34
5	1541 10 22 18:00	VALLE SCRIVIA	9	7	5.24 ±0.60
5-6	1547 07 31	SAVONA	1	5-6	4.51 ±0.34
6-7	1549 05 03	SAVONA	1	6-7	4.93 ±0.34
5	1704 05 13 12:15	Finale Ligure (SV)	2	5	4.30 ±0.34
5	1704 05 15 00:45	Finale Ligure (SV)	2		
4-5	1767 02 07 03:45	GENOVA	10	6	5.16 ±0.39
2	1802 05 12 09:00	VALLE DELL'OGLIO	85	8	5.64 ±0.22
F	1808 04 02 16:48	Valle del Pellice	107	8	5.69 ±0.15
4	1818 02 23 18:10	Liguria occidentale-Francia	46	7	5.45 ±0.22
5-6	1828 10 09 02:20	Valle Staffora	114	8	5.76 ±0.15
4	1828 10 10 01:30	Valle Staffora	18		
F	1831 05 26 10:30	Liguria occidentale	33	8	5.46 ±0.36
5	1854 12 29 01:45	Liguria occidentale-Francia	86		6.73 ±0.16
4	1878 06 07 22:25	Cuneese	34	6	4.89 ±0.22
3	1884 11 27 22:15	Alpi Cozie	63	6-7	5.33 ±0.20
F	1886 09 05	VAL DI SUSA	102	7	5.25 ±0.17
7-8	1887 02 23 05:21	Liguria occidentale	1516		6.97 ±0.15
F	1896 10 16	ALBENGA	60	6	4.92 ±0.21
4	1901 05 25 03:59	Torinese	35	5-6	4.81 ±0.34
4	1901 10 30 14:49	Salò	190	8	5.70 ±0.10
4	1906 08 11 10:00	TAGGIA	82	5	4.52 ±0.18
2-3	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	799	6-7	5.53 ±0.09
F	1914 10 26 03:43	TAVERNETTE	67	7	5.41 ±0.16
4	1914 10 27 09:22	Garfagnana	618	7	5.76 ±0.09
3-4	1919 11 28 21:38	Alpi marittime	24	5-6	4.90 ±0.25
5-6	1920 09 07 05:55	Garfagnana	756	10	6.48 ±0.09
4	1934 06 13 09:06	BORGO VAL DI TARO	29	6	4.99 ±0.24
3	1947 02 17 00:12	Alpi occidentali	283		5.03 ±0.37
4	1951 05 15 22:54	LODIGIANO	154	6-7	5.39 ±0.14
6	1963 07 19 05:45	Mar Ligure	463		6.02 ±0.14
5	1968 06 18 05:27	BARD	60	6	5.08 ±0.17
3	1971 07 15 01:33	Parmense	229	8	5.64 ±0.09
4-5	1972 01 18 23:26	RIVIERA DI PONENTE	41	6-7	4.78 ±0.24
F	1980 12 23 12:01	Piacentino	38	6-7	4.60 ±0.09
2-3	1983 11 09 16:29	Parmense	850	6-7	5.06 ±0.09
NF	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09
3	1989 12 26 19:59	Mar Ligure	290		4.60 ±0.22

Figura 2. Storia sismica di Savona – elenco terremoti

Località vicine (within 10km)

Località	Stato	NMD	Distanza
Albisola Superiore	IT	5	4km
Albissola Marina	IT	5	3km
Bergeggi	IT	3	7km
Celle Ligure	IT	3	6km
Quiliano	IT	3	6km
Stella (San Giovanni)	IT	3	10km
Vado Ligure	IT	4	6km
Varazze	IT	9	10km

Figura 3. Terremoti storici nel raggio di 10 km.

6.2 Pericolosità sismica

Esaminando gli aspetti relativi alla pericolosità sismica, essa può definirsi come "*grado di probabilità che si verifichi, in una determinata area ed in un determinato periodo di tempo, un evento sismico dannoso con l'insieme degli effetti geologici e geofisici ad esso connessi, senza alcun riguardo per le attività umane*". L'analisi del livello di pericolosità distingue quindi due fasi: la definizione della pericolosità sismica di base, in condizioni di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), in assenza di discontinuità stratigrafiche e/o morfologiche; l'analisi della pericolosità locale, ossia della modificazione locale dello scuotimento sismico prodotta dalle reali caratteristiche del terreno, dalla successione litostratigrafia locale, dalle condizioni morfologiche, unitamente alla possibilità di sviluppo di effetti cosismici: fagliazione superficiale, fenomeni di densificazione, fenomeni di liquefazione, cedimenti differenziali, instabilità dei pendii e frane indotte dal sisma, movimenti gravitativi profondi, tsunami, ecc.

Negli ultimi anni si sono succeduti provvedimenti normativi ed amministrativi per la definizione delle caratteristiche di pericolosità sismica locale. Con l'ordinanza del Presidente

del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003 "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*", che rispondeva alla necessità di aggiornare gli strumenti normativi per la riduzione del rischio sismico, si stabiliscono i criteri per l'individuazione delle zone sismiche e la nuova classificazione sismica dei comuni italiani, successivamente integrati e aggiornati dall'OPCM 3519/06. L'intero territorio nazionale viene suddiviso in 4 zone sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco a_g su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Gli intervalli di accelerazione (ag) con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni sono stati rapportati alle 4 zone sismiche indicate dall'OPCM 3519/06 (tab. 1).

ZONA SISMICA	ACCELERAZIONE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g)
1	a_g >0.25
2	0.15 <a_g≤ 0.25
3	0.05 <a_g≤ 0.15
4	a_g ≤ 0.05

Tabella 1 - Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido.

L'area interessata dal tracciato in progetto è classificata appartenente alla zona sismica n°4, mentre in precedenza era inserita nelle aree non classificate (N.C.).

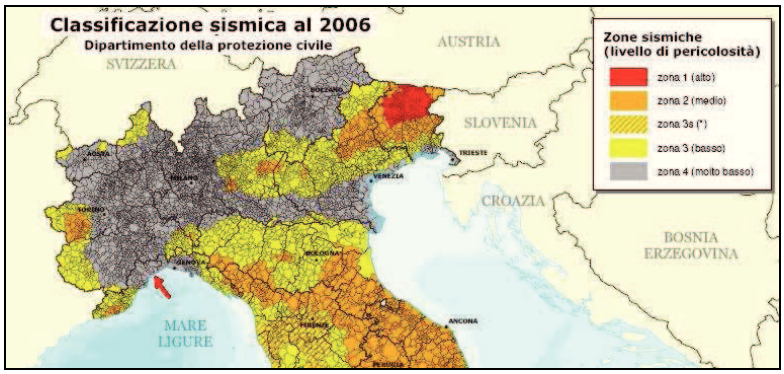


Figura 4. Classificazione Sismica Nazionale dei comuni italiani con evidenziata l'area di studio (appartenente alla zona sismica 4, livello di pericolosità molto basso)

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), recependo i suggerimenti della Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile, ha coordinato la redazione della mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche, richiesta dall'ordinanza del P.C.M. n. 3274 citata precedentemente.

A scala nazionale l'INGV ha quindi provveduto a stimare l'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante $a_{(g)}$, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA, che costituisce il principale parametro descrittivo della pericolosità di base.

Tale parametro, la cui unità di misura è l'accelerazione di gravità g = 9.8 m/s^2, utilizzato anche per la definizione dell'azione sismica di riferimento per opere ordinarie (Classe II delle Norme Tecniche per le Costruzioni), convenzionalmente rappresenta l'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido e pianeggiante che, in un intervallo di tempo di 50 anni, ha una probabilità del 10% di superare il valore indicato, per effetto di sismi di intensità maggiore rispetto a quelli considerati per la classificazione del territorio.

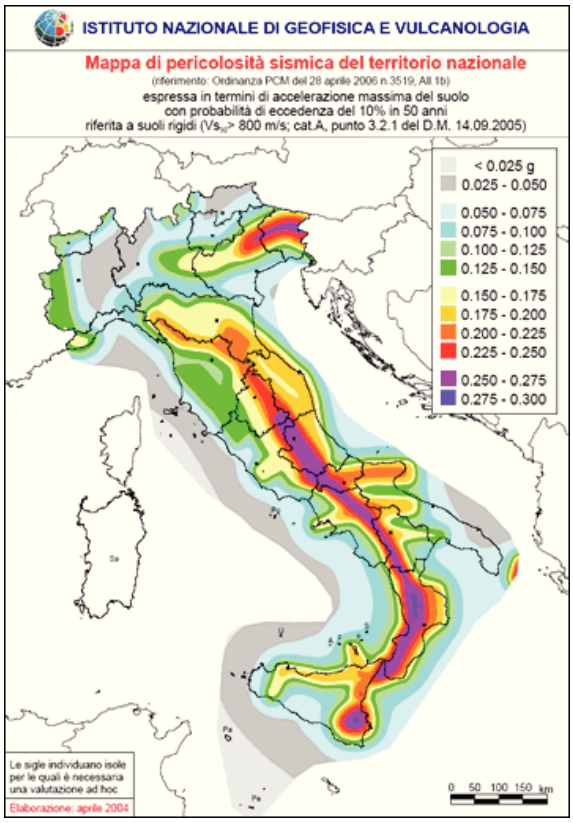


Figura 5. Mappa della pericolosità sismica in Italia (redatta da INGV)

7. Indagini geognostiche

Come citato in premessa, l'area di progetto è stata investigata attraverso quattro diverse campagne d'indagine geognostica, che, in anni diversi, hanno indagato con dettaglio sempre crescente l'area in esame:

- Campagna d'indagine geognostica per la redazione del Progetto Definitivo dell'Hub di Savona (anno 2001);
- Campagna d'indagine geognostica integrativa per le aree critiche individuate nel Progetto Definitivo dell'Hub di Savona (anno 2008);
- Campagna d'indagine geognostica per la redazione del Progetto Esecutivo dell'Hub di Savona (anno 2010);
- Campagna d'indagine geognostica per la redazione del Progetto Definitivo dello "Svincolo di Margonara" (anno 2013).

Tali indagini, opportunamente georeferenziate, hanno consentito di definire con chiarezza il quadro geologico-tecnico di riferimento e le conseguenti interazioni con il progetto. La planimetria ubicativa distingue, con colorazione diversa per ogni singola campagna, le diverse verticali d'indagine. Per tutti gli aspetti di dettaglio ad esse relativi si farà riferimento alla documentazione specifica.

8. Modello geologico-tecnico del tracciato

Rampa Immissione

Per la descrizione della rampa di immissione verrà considerato il suo sviluppo progressivo partendo dalla pk 0+000 fino ad arrivare alla pk 675+399, con direzione SSW-NNE.

La rampa parte da una rotatoria, nella quale confluisce la rampa di uscita, impostata in prossimità della linea di costa, lungo la quale sono presenti sabbie eterometriche con livelli ghiaiosi, appartenenti ai depositi di spiaggia. Al di sopra di tali depositi, in corrispondenza dell'area su cui verrà ubicata la rotatoria, è presente del riporto antropico, circostante il rilevato stradale esistente, che verrà interessato dalle lavorazioni.

L'intera estensione della rampa, che si sviluppa in galleria con punti anche a basse coperture, insiste su un'area caratterizzata, dal punto di vista litologico, prevalentemente dall'Unità di Savona-Calizzano, costituita da paragneiss e micascisti polimetamorfici in facies anfibolitica. Tale unità risulta, però, disarticolata in più punti da elementi tettonici principalmente intraformazionali.

Analizzando il tracciato della galleria dal principio, si osserva la presenza costante, fino a pk 414.000 circa, del substrato metamorfico sopra descritto, su cui insistono in due tratti (pk 98.000 ÷ 107.000 ca. e pk 146.000 ÷ 186.000 ca.) rilevati dovuti all'antropizzazione dell'area di progetto.

In corrispondenza di pk 227.000 ca. è segnalata una faglia presunta, il cui andamento è seguito dal Rio Termine sovrastante, le cui alluvioni sabbiose e ghiaiose, seppur di modesto spessore, ricoprono il substrato gneissico.

A partire dalla pk 320.000 e fino a fine tracciato, in superficie vi è un susseguirsi di depositi di riporto antropico e coperture sciolte, costituite da coltri eluvio-colluviali, che mascherano il substrato sottostante.

L'andamento geologico relativamente monotono è interrotto, tra le pk 414.000 e pk 540.000 ca. da una struttura tettonica delimitata da due faglie, che vanno a costituire un piccolo *graben* il cui substrato gneissico risulta ribassato di circa 20 ÷ 40 m rispetto alle zone limitrofe. In questo graben, al di sopra, degli gneiss, i sondaggi hanno incontrato argille giallastre e marne grigio-azzurre, riconducibili alla Formazione delle Argille di Ortovero, che risultano avere spessori variabili tra 20 e 40 m.

Dal punto di vista progettuale, l'asse della galleria, in questo tratto, risulta attraversare tale unità litologica in maniera disomogenea. A partire dalla porzione superiore dello scavo, interessata dalla calotta della galleria, le argille coinvolgono man mano una porzione di scavo sempre maggiore.

La restante parte del tracciato in galleria in affiancamento all'asse principale, attraversa esclusivamente gli gneiss, aventi diversi gradi di fratturazione.

Di seguito viene proposta una tabella riassuntiva, riportante le indicazioni geologiche principali utili a fini progettuali.

	Tratto	
Indagini di riferimento:		Sondaggi geognostici: S20 – S21 – S22 – SG10 – SG11 – SG12; basi sismiche: N16 – N17 – N18 – N27 – N28 – N29 – T6 – T7 – T8.
Previsione litologica:	0.000÷ 413.700	Unità di Savona-Calizzano: Paragneiss e micascisti polimetamorfici in facies anfibolitica; gneiss di Albissola e Ortogneiss I – Graniti del T. Letimbro.
	413.700÷ 540.075	Unità di Savona-Calizzano: Paragneiss e micascisti polimetamorfici in facies anfibolitica; gneiss di Albissola e Ortogneiss I – Graniti del T. Letimbro. Argille di Ortovero: argille giallastre con intercalazioni di sabbie e conglomerati; marne grigio-azzurre.
	540.075÷ 675.399	Unità di Savona-Calizzano: Paragneiss e micascisti polimetamorfici in facies anfibolitica; gneiss di Albissola e Ortogneiss I – Graniti del T. Letimbro.

Faglie ed altri elementi tettonici	226.700	Discontinuità presunta nell'unità di Savona-Calizzano: lineamento individuato da fotointerpretazione; si suppone uno stato di ulteriore caoticizzazione dell'ammasso con sviluppo di una fascia cataclastica di spessore significativo. Il parallelismo fra asse di progetto e lineamento tettonico fa si che lo scavo avvenga per intero dentro la fascia cataclastica.
	413.700	Discontinuità certa che coinvolge l'unità di Savona-Calizzano e le Argille di Ortovero, creando una struttura a *graben*. Si suppone uno stato di ulteriore caoticizzazione dell'ammasso con sviluppo di una fascia cataclastica di spessore significativo. L'estensione e l'orientazione della faglia fanno si che lo scavo avvenga per intero dentro la fascia cataclastica.
	540.075	Discontinuità certa che coinvolge l'unità di Savona-Calizzano e le Argille di Ortovero, creando una struttura a *graben*. Si suppone uno stato di ulteriore caoticizzazione dell'ammasso con sviluppo di una fascia cataclastica di spessore significativo. L'estensione e l'orientazione della faglia fanno si che lo scavo avvenga per intero dentro la fascia cataclastica.
	564.300	Discontinuità presunta nell'unità di Savona-Calizzano: lineamento individuato da fotointerpretazione; si suppone uno stato di ulteriore caoticizzazione dell'ammasso con sviluppo di una fascia cataclastica di spessore significativo. L'estensione e l'orientazione della faglia fanno si che lo scavo avvenga per intero dentro la fascia cataclastica.
	642.550	Discontinuità presunta nell'unità di Savona-Calizzano: lineamento individuato da fotointerpretazione; si suppone uno stato di ulteriore caoticizzazione dell'ammasso con sviluppo di una fascia cataclastica di spessore significativo. L'estensione e l'orientazione della faglia fanno si che lo scavo avvenga per intero dentro la fascia cataclastica.
Problematiche relative agli afflussi idrici		Le formazioni interessate dallo scavo sono caratterizzate da permeabilità da bassissima a nulla, per cui non si prevede di incontrare problematiche relative ad afflussi idrici importanti. Nelle fasce tettonizzate, in corrispondenza delle faglie descritte, sarà possibile incontrare fenomeni di stillicidio e condizioni di eventuale umidità.
Condizioni dell'imbocco	Lato SE	L'imbocco intercetta per intero la formazione gneissica, che non presenta un particolare grado di fratturazione in questo tratto.

Rampa Uscita

La descrizione del modello geologico della rampa di uscita fa riferimento alla rappresentazione fatta nell'elaborato "Profilo Geologico", in cui lo sviluppo della rampa procede da NNE a SSW, per circa 510 m.

Nei primi metri di sviluppo del tracciato, tra le pk 00.000 ca. e 13.740 ca., è presente la struttura a *graben* descritta per la rampa di immissione. Anche in questo caso, l'asse della galleria, in corrispondenza della calotta, attraversa le argille di Ortovero poste al di sopra del substrato gneissico.

Tali argille non sono presenti in affioramento, in quanto risultano ricoperte da depositi di riporto antropico e coltri detritiche eluvio-colluviali.

La restante parte del tracciato attraversa per intero l'Unità di Savona-Calizzano, ricoperta in superficie, in diversi tratti, da riporti antropici e coltri eluvio-colluviali.

In corrispondenza del solco in cui scorre il Rio Termine, sono presenti depositi alluvionali, che ricoprono il substrato metamorfico, interessato, oltretutto, da una faglia presunta (pk 242+500 ca.).

Anche per questa rampa viene proposta una tabella riassuntiva, riportante le indicazioni geologiche principali utili a fini progettuali.

	Tratto	
Indagini di riferimento:		Sondaggi geognostici: S22 – S21 – S16a – S16b – S20 – SG10; basi sismiche: N16 – N17 – N18 – T6.
Previsione litologica:	0.000÷ 73.740	Unità di Savona-Calizzano: Paragneiss e micascisti polimetamorfici in facies anfibolitica; gneiss di Albissola e Ortogneiss I – Graniti del T. Letimbro. Argille di Ortovero: argille giallastre con intercalazioni di sabbie e conglomerati; marne grigio-azzurre.
	73.740÷ 509.284	Unità di Savona-Calizzano: Paragneiss e micascisti polimetamorfici in facies anfibolitica; gneiss di Albissola e Ortogneiss I – Graniti del T. Letimbro.
Faglie ed altri elementi tettonici	73.740	Discontinuità certa che coinvolge l'unità di Savona-Calizzano e le Argille di Ortovero, creando una struttura a *graben*. Si suppone uno stato di ulteriore caoticizzazione dell'ammasso con sviluppo di una fascia cataclastica di spessore significativo. L'estensione e l'orientazione della faglia fanno si che lo scavo avvenga per intero dentro la fascia cataclastica.
	242.500	Discontinuità presunta nell'unità di Savona-Calizzano: lineamento individuato da fotointerpretazione; si suppone uno stato di ulteriore caoticizzazione dell'ammasso con sviluppo di una fascia cataclastica di spessore significativo. L'estensione e l'orientazione della faglia fanno si che lo scavo avvenga per intero dentro la fascia cataclastica.
Problematiche relative agli afflussi idrici:		Le formazioni interessate dallo scavo sono caratterizzate da permeabilità da bassissima a nulla, per cui non si prevede di incontrare problematiche relative ad afflussi idrici importanti. Nelle fasce tettonizzate, in corrispondenza delle faglie descritte, sarà possibile incontrare fenomeni di stillicidio e condizioni di eventuale umidità.
Condizioni dell'imbocco	Lato SE	L'imbocco intercetta per intero la formazione gneissica, che non presenta un particolare grado di fratturazione in questo tratto.

9. Bibliografia

A.T.O. SAVONESE – Autorità d'Ambito per la gestione del Servizio Idrico Integrato. Piano d'ambito Provinciale in materia di organizzazione del Servizio Idrico Integrato *(2003)*

BERNASCONI M.P., ROBBA E.: The Pliocene Turridae from Western Liguria. I. Clavinae. Turrinae. Turriculinae, Crassispirinae, Borsoniinae, Clathurellinae. *Bollettino del Museo Regionale di Scienze Naturali – Torino, vol 2 N°1 (1984)*

BONI A.:Il Pliocene e la neotettonica nelle Alpi Liguri. Memorie della Società Geologica Italiana VOL n° 28 (1984)

COMUNE DI SAVONA – STUDIO geoSARC: Descrizione fondativa Piano Urbanistico Comunale. *(dal 1998 e aggiornamenti fino al 2008)*

PROVINCIA DI SAVONA – ASSESSORATO DIFESA DEL SUOLO: Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico. *(Approvazione 25/11/2003, aggiornamenti fino al 2008)*

REGIONE LIGURIA (direzione del rilevamento G. GABRIELE, commissione di collaudo L. CORTESOGNO, G. GIGLIA, G. FILIPPI, M. LOMBARDI, P. GERBINO, F. MAZZOLI, coordinamento regionale N. ROSSI, S. ODDONE, G. CIVANO) Carta Geologica con Elementi di Geomorfologia alla scala 1:25.000 - TAVOLETTE N° 229-1 "VARAZZE" e 229-4 "SAVONA". *Edizione sperimentale, stampa S.EL.CA. Firenze (1997)*

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (a cura di A. ALLASINAZ, R. GELATI, M. GNACCOLINI, B. MARTINIS, G. OROMBELLI, G. PASQUARE', P.M. ROSSI) Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Fogli n°82 (Genova) *con Note illustrative. (1971).*

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (a cura di A. GONI, A. CERRO,C. GIANOTTI, M. VANOSSI) Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, Fogli n°92 (Albenga) e 93 (Savona) *con Note illustrative. (1971).*

SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA (coordinatore del volume M. VANOSSI): Guide Geologiche Regionali, Volume n°2 – Alpi Liguri. *Be-Ma Editrice (1991)*

VANOSSI M. & GOSSO G.: Introduzione alla geologia del Brianzonese Ligure. *Memorie della Società Geologica Italiana VOL n° 26 (1983)*

VANOSSI M., CORTESOGNO L., GALBIATI B., MESSIGA B., PICCARDO G. & VANNUCCI R.: Geologia delle Alpi liguri: dati, problemi, ipotesi. *Memorie della Società Geologica Italiana VOL n°28 (1984)*