Regione Liguria

Città Metropolitana di Genova

COMUNE DI GENOVA

OPERE DI ADEGUAMENTO IDRAULICO DEI TRATTI TOMBINATI DEI RIVI VEILINO E SANT'ANTONINO IN COMUNE DI GENOVA

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

RTP:

MANDATARIA

EDes Earth Design

Dott. Ing. Bartolomeo VISCONTI
Dott. Ing. Luca GATTIGLIA
Dott. Ing. Chiara PALESE
Dott. Geol. Mauro CASTELLETTO

EDes Ingegneri Associati P.IVA 10759750010
Via Postumia 49, 10142 Torino
Tel. +39 011.0262900 Fax. +39 011.0262902
www.edesconsulting.eu edes@edesconsulting.eu

MANDANTI

ENARCH S.r.l.
Dott. Ing. Paolo RUGGIERI
Dott. Arch. Grazia PRASSA

Dott. Ing. Andrea MASCARO

Dott. Ing. Silvia MATARRESE

Dott. Archeol. Fabrizio DEL PRETE

Elaborato		Codice	Revisione	Data
2		19037-DE17-0_GEO	0	MAR.2020
Scala	-			

COMMITTENTE:	Comune di Genova
R.U.P.:	Dott. Ing. Stefano PINASCO

Via Garibaldi 9, Palazzo Tursi,
16124 Genova

REGIONE LIGURIA

CITTA' METROPOLITANA DI GENOVA



COMUNE DI GENOVA

OPERE DI ADEGUAMENTO IDRAULICO DEI TRATTI TOMBINATI DEI RIVI VEILINO E SANT'ANTONINO

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

INDICE

1. PREMESSA 1

2. UBICAZIONE DELL'AREA 1

3. OPERE IN PROGETTO 3

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO 4

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE 9

5.1. GEOMORFOLOGIA DELLA VAL BISAGNO 9

6. ANALISI DEGLI STRUMENTI URBANISTICI E PERICOLOSITA' DEL SITO 10

6.1. PIANO DI BACINO 10

6.2. PIANO URBANISTICO COMUNALE (P.U.C.) 18

7. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO 22

7.1. GEOMORFOLOGIA 22
7.2. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE 24
7.2.1. Dati da sondaggi geognostici 26
7.3. IDROGEOLOGIA 27
7.4. PERICOLOSITA' SISMICA 28
7.5. SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE 34
8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO 35
8.1. PARAMETRI GEOTECNICI 35
8.1.1. Stima dell'angolo di resistenza al taglio 37

ALLEGATI

- **ALLEGATO 1: Stratigrafie e foto sondaggi geognostici S1-S2-S3 (gennaio 2020)**
- **ALLEGATO 2: Elaborati indagini sismiche M_A-M_B (Prove MASW, gennaio 2020)**
- **ALLEGATO 3: Planimetria con indicate le indagini eseguite (gennaio 2020) e quelle pregresse utilizzate**

R.T.P.:
Mandataria: Edes Ingegneri Associati
Mandanti: Enarch S.r.l.
Dott. Ing. Andrea Mascaro
Dott. Ing. Silvia Matarrese
Dott. Archeol. Fabrizio Del Prete

1. PREMESSA

Il presente documento viene redatto nell'ambito del progetto definitivo/esecutivo delle "Opere di adeguamento idraulico dei tratti tombinati dei rivi Veilino e Sant'Antonino" da realizzare a seguito dei nubifragi che si sono abbattuti sul capoluogo ligure nei mesi di ottobre e novembre 2014 causando gravi dissesti di natura idrogeologica nel territorio genovese.

Uno di tali eventi ha interessato il Rio Veilino, affluente di destra del Torrente Bisagno, che è esondato, allagando le strade vicine alle sponde del corso d'acqua e l'ingresso del Cimitero di Staglieno, causando gravi danni alla viabilità e alle attività produttive che gravitano nell'area cimiteriale.

Il Piano di Bacino, nelle linee generali di intervento nell'ambito delle criticità del bacino idrografico del Torrente Bisagno, affronta il problema della riduzione del rischio considerando congiuntamente, in sede di programmazione e di progettazione, le funzioni concorrenti di opere di difesa e di norme di uso del territorio. A tale scopo, nel piano, è stata redatta una lista di priorità degli interventi desunta sulla scorta della pericolosità idraulica e della pericolosità geomorfologica, individuando l'adeguamento delle sezioni idrauliche del Rio Veilino ai fini del deflusso della portata 200-ennale come intervento ad ALTA priorità, unitamente all'adeguamento delle sezioni idrauliche del Rio Sant'Antonino, affluente dello stesso Rio Veilino.

La presente relazione è stata redatta ai sensi del D.M. 17/01/2018: "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" e della Circolare C.S.LL.PP. n°7 del 21/01/2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018", secondo cui le scelte progettuali devono tener conto delle prestazioni attese alle opere, dei caratteri geologici del sito, della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle condizioni ambientali.

Scopo della seguente indagine è quello di redigere uno studio rivolto alla caratterizzazione e alla modellazione geologica col fine di determinare le principali caratteristiche meccaniche dei terreni costituenti l'immediato sottosuolo e di verificare la compatibilità dell'intervento in funzione dell'equilibrio idrogeologico dell'area circostante.

Si è proceduto mediante:

- raccolta ed organizzazione dei dati geologici esistenti;
- indagini in sito al fine di verificare l'assetto litostratigrafico e le principali caratteristiche meccaniche del materiale costituente l'immediato sottosuolo del sito interessato dalle opere in progetto, mediante:
  - sopralluoghi in sito;
  - esecuzione di n°3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo con prove Standard Penetration Test (SPT) in foro;
  - esecuzione di n°2 indagini sismiche del tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves);
  - esecuzione di n°3 campionamenti di terreno per analisi di laboratorio inerenti le terre e rocce da scavo.

2. UBICAZIONE DELL'AREA

L'area interessata dalle opere in progetto è ubicata nei pressi dello svincolo autostradale di Genova Est sull'Autostrada A12. Il tronco d'alveo del Rio Veilino oggetto di studio è quello del tratto tombinato di valle al di sotto del Cimitero di Staglieno, che inizia a monte della confluenza del Rio Briscata e termina con la confluenza del Veilino nel Bisagno, per una lunghezza complessiva di circa 420 metri, a quote topografiche comprese tra 25 m slm e 30 m slm (Figura 1 e Figura 2).



Figura 1*: foto aerea con localizzazione dell'area interessata dalle opere in progetto*

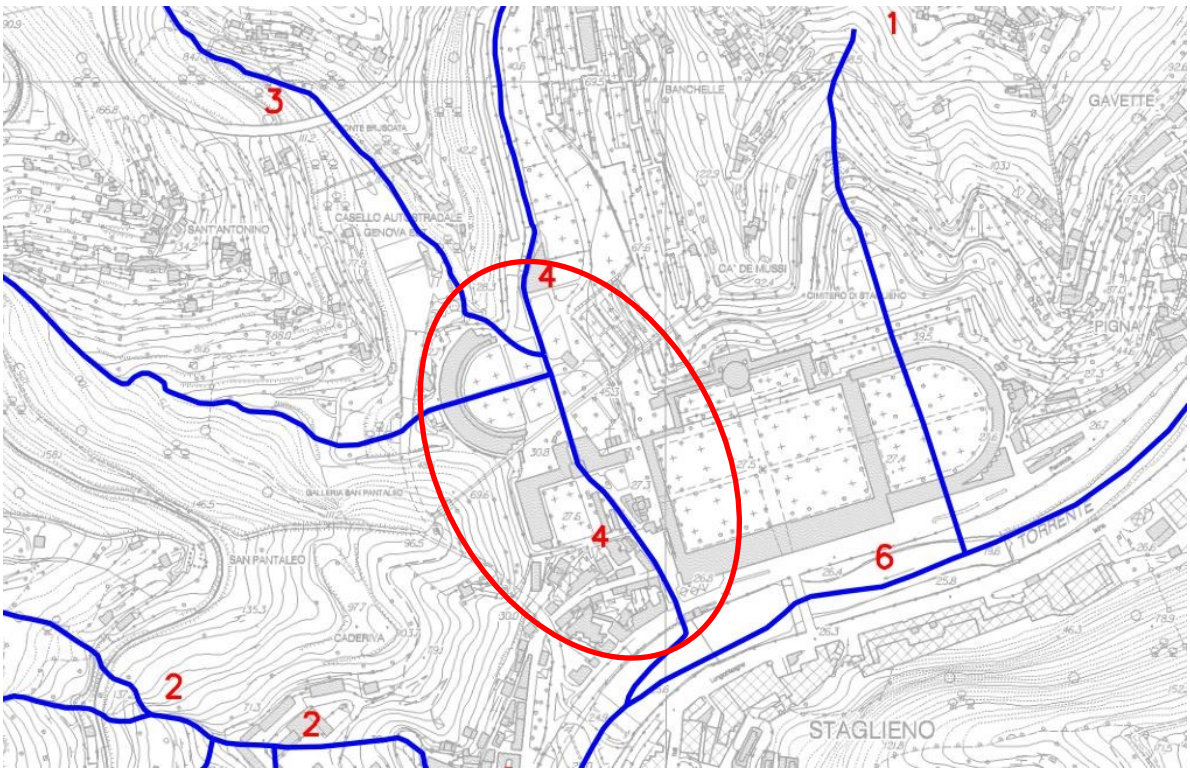


Figura 2: *stralcio Carta Tecnica della Regione Liguria con indicazione dell'area interessata dalle opere in progetto*

Le sezioni della tombinatura di questo tratto del Rio Veilino sono di forma regolare assimilabile a quella rettangolare con larghezze al fondo di circa 6 metri.

L'alveo risulta interamente plateato ma a valle delle briglie di maggiore altezza si possono notare elementi del fondo scalzati dalla corrente che ostacolano il regolare deflusso e in alcuni punti la presenza ai lati di depositi alluvionali e vegetazione. Entrambe le sponde sono arginate con muri in c.a. In particolare, in sponda destra orografica l'argine degrada lentamente verso valle, mentre in sponda sinistra presenta un andamento discontinuo.

Lungo il tratto tombinato oggetto di intervento sono presenti una serie di salti di fondo, mentre a monte di tale tratto (fino alla confluenza con il Rio Rovena) sono presenti altri manufatti rappresentati da una serie di briglie e una passerella pedonale a campata unica.

L'areale interessato dalle opere in progetto (alveo del Rio Veilino e alveo Rio Sant'Antonino nei settori interni all'area cimiteriale) risulta prevalentemente esterno alle aree sottoposte al vincolo idrogeologico ai sensi del R.D. n°3267 del 30/12/1923, come evidenziato dallo stralcio planimetrico di Figura 3. Rientrano tuttavia nell'area del vincolo idrogeologico le opere esterne all'areale cimiteriale (settore ad Ovest della Galleria di Sant'Antonino) comprese quelle ubicate in corrispondenza della Via Veilino Superiore.



Figura 3: *stralcio cartografico con indicazione delle aree sottoposte a vincolo idrogeologico (in colore verde) ai sensi del R.D. n°3267 del 30/12/1923*

3. OPERE IN PROGETTO

Le opere in progetto consistono, come indicato negli elaborati progettuali, nei lavori di adeguamento idraulico dei tratti tombinati dei rivi Veilino e Sant'Antonino, presso l'area cimiteriale di Staglieno, nel Comune di Genova, nell'ambito del progetto definitivo/esecutivo redatto dall'RTP "EDes Ingegneri Associati, Enarch srl, Ing. Andrea Mascaro, Ing. Silvia Matarrese".

I tratti oggetto di intervento presentano infatti situazioni di criticità idraulica per insufficienza della sezione utile, come evidenziato da ultimo nel corso dell'evento dell'ottobre 2014, ma già verificatosi in passato in più occasioni (il Piano di Bacino segnala ad esempio gli eventi dell'ottobre 1945 e dell'ottobre 1977).

In particolare, il progetto preliminare evidenzia come durante i violenti nubifragi che si sono abbattuti sul capoluogo ligure nei mesi di ottobre e novembre 2014 hanno prodotto sul territorio gravi dissesti di natura idrogeologica. Uno di tali eventi ha interessato il Rio Veilino, affluente di destra del Torrente Bisagno, che è esondato, allagando le strade vicine alle sponde del torrente e l'ingresso del cimitero di Staglieno, causando gravi danni alla viabilità e alle attività produttive che gravitano nell'area cimiteriale.

In particolare, l'intervento previsto in progetto preliminare, prevede la demolizione e l'adeguamento funzionale di parte della copertura del tratto terminale dei rii Veilino e Sant'Antonino in corrispondenza delle aree cimiteriali e la loro ricostruzione contestualmente all'ampliamento ed alla regolarizzazione delle sezioni trasversali dei rii stessi; questo in quanto i relativi manufatti non soddisfano i richiesti franchi idraulici di legge calcolati in corrispondenza della portata di progetto duecentennale, portata che determina allo stato attuale la messa in pressione del manufatto medesimo.

Ai sensi di quanto previsto nel disciplinare di gara per l'affidamento dei servizi di progettazione esecutiva, l'intervento, come meglio dettagliato nel progetto preliminare generale redatto nel 2017, prevede infatti:

- la demolizione parziale e risagomatura della soglia di sbocco nel Torrente Bisagno della tombinatura del Veilino;
- il rinforzo delle attuali fondazioni dei piedritti mediante esecuzione di micropali e la successiva risagomatura della platea di fondo della tombinatura del Veilino (da progr. 425,00 a progr. 261,00);
- la demolizione della copertura, il rinforzo delle attuali fondazioni dei piedritti mediante esecuzione di micropali, la successiva risagomatura della platea di fondo e la ricostruzione della copertura della tombinatura del Veilino da progr. 261,00 a progr. 0,00;
- la demolizione della copertura, il rinforzo delle attuali fondazioni dei piedritti mediante esecuzione di micropali, la successiva risagomatura della platea di fondo e la ricostruzione della copertura della tombinatura del Sant'Antonino nel tratto esterno al fabbricato cimiteriale;
- lo scavo in sottomurazione e la riprofilatura dei piedritti e della platea d'alveo della copertura della tombinatura del Sant'Antonino nel tratto sottostante il fabbricato cimiteriale;
- la demolizione e la ricostruzione integrale della tombinatura del Sant'Antonino nel tratto esterno al perimetro cimiteriale e l'adeguamento della vasca di imbocco.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Le più valide informazioni sull'assetto geologico locale sono state tratte dalle indagini eseguite per gli studi del "Piano di Bacino" del Torrente Bisagno (approvato con D.C.P. n°19 del 15/04/2009), del "Piano di Bacino" del Torrente Bisagno (approvato con D.C.P. n°40 del 11/12/2014), del P.U.C. (Piano Urbanistico Comunale) del Comune di Genova (recepimento della pianificazione di bacino al 31/05/2017) e della Carta Geologica d'Italia – Foglio n°213-230 Genova alla scala 1:50.000.

Dal punto di vista geologico-strutturale il territorio dell'area genovese ha caratteristiche del tutto peculiari in quanto è stato da sempre considerato come area di transizione tra la catena Alpina e quella Appenninica, comprendendo unità delle Alpi Liguri che sono state dapprima coinvolte nell'evoluzione alpina a livelli più o meno profondi e successivamente sono state interessate da una tettonica attribuibile all'evoluzione appenninica (Figura 4).

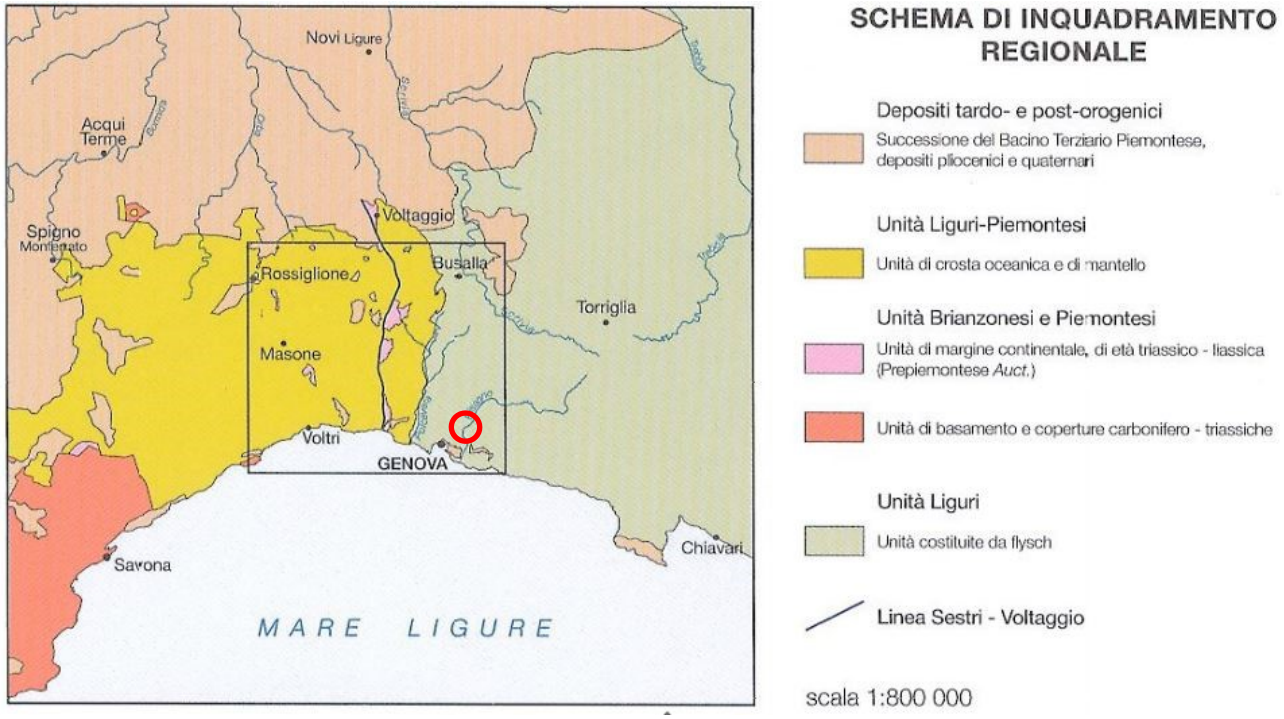


Figura 4: *schema di inquadramento geologico-geografico regionale*

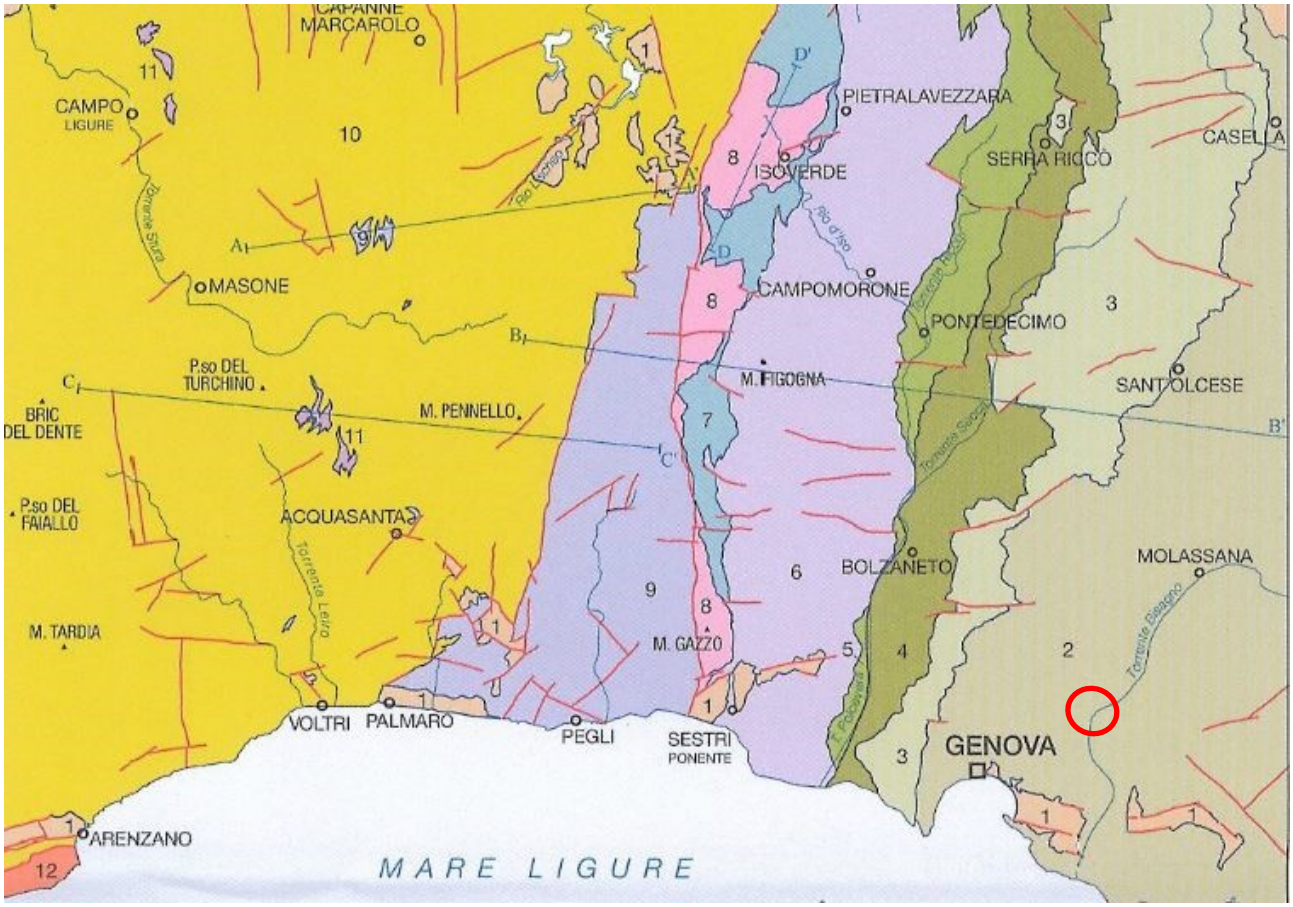
Le Alpi Liguri costituiscono la terminazione meridionale delle Alpi Occidentali e sono costituite da un impilamento complesso di unità tettoniche le cui caratteristiche litostratigrafiche e strutturali riflettono l'evoluzione geodinamica di questo settore di catena. Tale evoluzione inizia con le fasi di rifting e di spreading triassico-giurassiche che determinano l'individuazione del bacino oceanico Ligure-Piemontese, impostatosi tra i margini continentali assottigliati delle placche europea ed apula. A partire dal Cretaceo, l'inversione dei movimenti relativi determinano la convergenza dei margini e la subduzione di litosfera oceanica, fino alla chiusura del bacino Ligure-Piemontese e successivamente la collisione continentale e l'esumazione delle unità subdotte.

Le Alpi Liguri sono quindi caratterizzate dalla sovrapposizione di unità di crosta oceanica e di mantello, rappresentate dall'Unità Figogna, Palmaro-Caffarella, Cravasco-Voltaggio e Voltri, caratterizzate da un diverso gradiente metamorfico. La similitudine nell'evoluzione tettono-metamorfica indica che a tali unità è stata precocemente associata l'Unità Gazzo–Isoverde, le cui caratteristiche litologiche suggeriscono una derivazione da margine continentale (Figura 5).

Queste unità sono state esumate e accavallate le une sulle altre e sull'avampaese europeo (Figura 6).

Le unità costituite da flysch che affiorano nella parte orientale del territorio comunale di Genova (Unità Antola, Unità Ronco, Unità Montanesi e Unità Mignanego) sono non metamorfiche o di basso grado metamorfico, il che indica che durante l'orogenesi alpina sono rimaste sempre a livelli strutturali piuttosto superficiali. Queste unità sono a loro volta accavallate sulle unità di grado metamorfico più elevato.

Questo complesso impilamento di unità è ricoperto in discordanza dai depositi del Bacino Terziario Piemontese, una successione sedimentaria tardo eocenica-oligocenica che all'interno del territorio comunale affiora nell'immediato entroterra di Prà.



1 DEPOSITI TARDO- E POST-OROGENICI
Successione del Bacino Terziario Piemontese, depositi pliocenici e quaternari

2 UNITÀ TETTONICA ANTOLA
Unità costituita da flysch, non metamorfica

3 UNITÀ TETTONICA RONCO
Unità costituita da flysch, a metamorfismo di anchizona

4 UNITÀ TETTONICA MONTANESI
Unità costituita da flysch, a metamorfismo di anchizona

5 UNITÀ TETTONICA MIGNANEGO
Unità costituita da flysch, a metamorfismo di anchizona

6 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA FIGOGNA
Unità di crosta oceanica, a metamorfismo in facies pumpellyite-actinolite

7 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA CRAVASCO - VOLTAGGIO
Unità di crosta oceanica, a metamorfismo in facies Scisti Blu
(albite, clorite, Na-anfibolo, Na-pirosseno, lawsonite, pumpellyite, epidoto), con retrocessione moderata

8 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA GAZZO - ISOVERDE
Unità di margine continentale, a sovraimpronta metamorfica di alta pressione

9 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA PALMARO - CAFFARELLA
Unità di crosta oceanica, a metamorfismo in facies Scisti Blu (giadeite, Na-anfibolo, lawsonite), con retrocessione in facies Scisti Verdi più o meno pervasiva

10 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA VOLTRI
Unità di crosta oceanica e di mantello, a metamorfismo in facies Scisti Blu con eclogiti e riequilibratura in facies Scisti Verdi spesso pervasiva

11 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA ANGASSINO - TERMA
Unità di margine continentale, a sovraimpronta metamorfica di alta pressione

12 UNITÀ TETTONOMETAMORFICA ARENZANO
Costituita da un Complesso di margine continentale, monometamorfico, a sovraimpronta metamorfica alpina da alta pressione a Scisti Verdi e da un Complesso di margine continentale, polimetamorfico, a metamorfismo pre-alpino in facies Anfibolitica e sovraimpronta metamorfica alpina da alta pressione a Scisti Verdi

Limite stratigrafico — Contatto tettonico — Faglia — A — A' Traccia di sezione geologica

Figura 5: *schema tettonico e legenda dell'area oggetto di indagine*

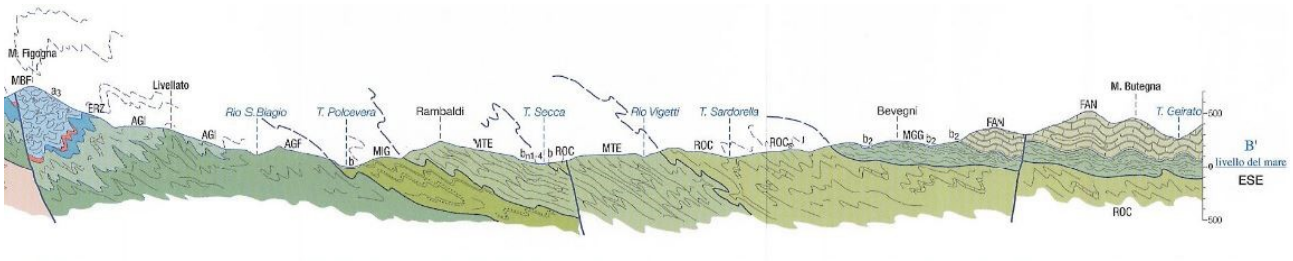


Figura 6: *porzione di profilo geologico tratto da Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:50.000, Foglio n°213-230 Genova*

Nell'area oggetto di indagine l'assetto geologico è caratterizzato in prevalenza da sequenze di natura flyschiode rappresentate dall'Unità tettonica Antola che è un'unità non metamorfica, costituita da flysch ad Helminthoidi Auctt. (formazione del Monte Antola) e dal relativo complesso di base (argilliti di Montoggio). L'età è attribuibile al Cretacico superiore. Essa affiora estesamente nella parte orientale e centrale del territorio comunale di Genova, come riportato nella Carta Geologica d'Italia – Foglio n°213-230 Genova alla scala 1:50.000 (Figura 7).

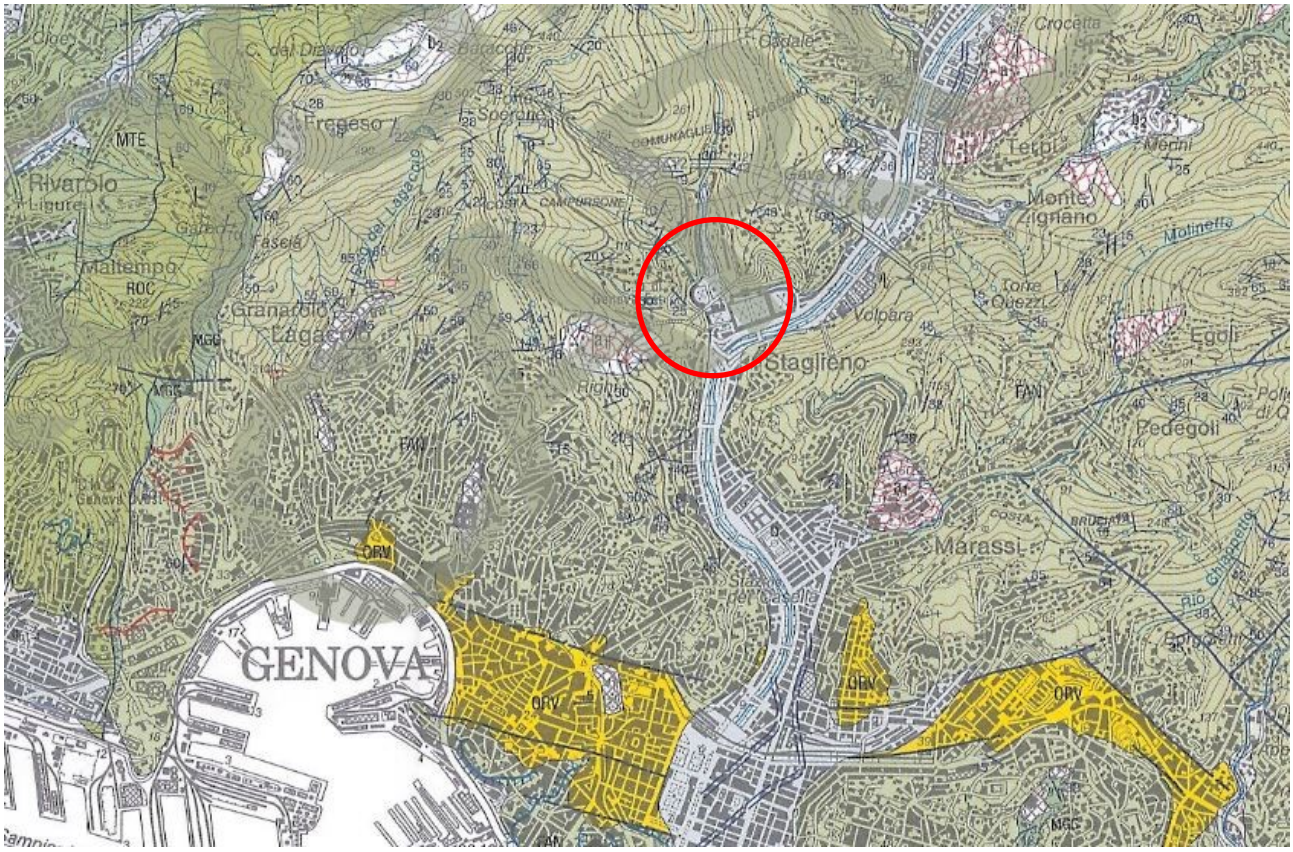


Figura 7: *stralcio Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:50.000, Foglio n°213-230 Genova*

L'Unità tettonica Antola rappresenta l'unità tettonica geometricamente più elevata, fra l'Unità Ronco alla base e la discordante successione del Bacino Terziario Piemontese al tetto, rappresentata dai conglomerati

di Savignone. L'assetto tettonico dell'unità è caratterizzato dalla sovrapposizione di diversi eventi plicativi: sono quindi presenti sia settori dove prevalgono superfici di strato a giacitura normale sia settori dove occorrono giaciture a polarità rovesciata.

All'interno di questa unità, dal basso verso l'alto, si distinguono la formazione delle argilliti di Montoggio e la formazione del Monte Antola.

Le argilliti di Montoggio affiorano limitatamente al bacino del Torrente Bisagno in corpi poco potenti e sottili orizzonti alla base dei calcari della formazione del Monte Antola. Sono costituite da argilliti emipelagiche di colore nero e verdastro, più o meno siltose, in strati da centimetrici a decimetrici, con rare intercalazioni di arenarie quarzose e di calcari arenacei e marnosi. Il tetto della formazione è caratterizzato da scisti policromi, spesso rosso-vinati.

L'ambiente deposizionale supposto corrisponde ad una piana di bacino sottoalimentata (Marini, 1998). La valutazione dello spessore è largamente ipotetica a causa delle deformazioni plicative e delle laminazioni tettoniche; uno spessore compreso tra i 40 e i 60 m è comunque ipotizzabile con una discreta approssimazione.

Nei rari affioramenti in cui è visibile il passaggio stratigrafico ai soprastanti calcari della formazione del Monte Antola il contatto è quasi sempre riattivato tettonicamente da zone di taglio, probabilmente a causa della disarmonia di comportamento delle due formazioni durante la deformazione. L'età è attribuita al Campaniano sulla base del nannoplancton calcareo presente.

La Formazione del Monte Antola affiora in potenti successioni costituendo il substrato della parte orientale della città di Genova. Si tratta di torbiditi calcareo-marnose con strati di spessore fino a plurimetrico di calcareniti, marne e marne calcaree, alternate ad argilliti emipelagiche in strati centimetrici.

Anche per questa formazione lo spessore originale è difficilmente quantificabile a causa di più deformazioni plicative sovrapposte ma è ipotizzato come non superiore ai 1000 metri.

Nella porzione superiore degli strati più calcarei è comune osservare piste di nutrimento e di locomozione di limivori (Helminthoidea labyrinthica e Chondrites), tanto che queste rocce sono da sempre conosciute anche come flysch ad Helminthoidi. Si ipotizza una deposizione da correnti di torbidità a bassa densità, in un ambiente deposizionale di piana abissale.

Le analisi paleontologiche eseguite permettono di datare le torbiditi calcareo marnose della formazione affioranti nel territorio genovese al Campaniano.

Dal punto di vista tettonico l'Unità Antola ha la posizione strutturale più elevata ed è sovrascorsa sulle Unità Liguridi Interne. Rispetto a quest'ultime, l'Unità Antola, presenta un grado minore di tettonizzazione nonostante siano presenti più fasi di piegamento (Marini, 1981). Le condizioni metamorfiche delle deformazioni sono confinate alla diagenesi. All'interno di questa unità è stata riconosciuta una storia plicativa polifasica caratterizzata da almeno due fasi deformative principali e due fasi secondarie.

Per quanto concerne i depositi di età quaternaria presenti nella zona oggetto di indagine si segnala la presenza di:

- depositi fluviali di origine alluvionale costituiti prevalentemente da materiale ghiaioso, lungo gli alvei dei corsi d'acqua principali (Torrente Bisagno e Rii Veilino e Sant'Antonino);
- depositi eluvio-colluviali che, in corrispondenza dei versanti, ricoprono le rocce del substrato di ettà cretaceca (Unità tettonica Antola).

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE

Il settore in esame durante il periodo Plio-Quaternario si inserisce in un unico schema evolutivo, in cui una tettonica disgiuntiva si sovraimpone alle strutture precedenti.

In particolare, gioca un ruolo fondamentale il sistema di faglie dirette, prevalentemente immergenti verso mare, attivo dal Miocene superiore a tutt'oggi. Oltre ai "graben" pliocenici importanti strutture distensive orientate circa E-W sono riscontrabili in Val Bisagno ed in Valle Sturla. L'azione geodinamica dovuta all'apertura del margine continentale condiziona il reticolo idrografico, favorendo l'impostarsi di nuovi bacini "costieri" e comportando un'azione di ringiovanimento del paesaggio.

L'adeguamento dei versanti al sollevamento del settore continentale si manifesta sotto forma di erosione regressiva, rimontante attualmente lungo le valli secondarie, oppure con movimenti gravitativi profondi in corrispondenza del contatto litologico tra materiali rigidi e duttili (es. calcari marnosi-argilliti), in cui strutture neotettoniche e deformazioni gravitative profonde si confondono.

Evidenze geomorfologiche, riferibili ad antichi livelli di base plio-quaternari, sono presenti invece lungo i versanti dei bacini principali sotto forma di superfici spianate in roccia. Di particolare significato ed interesse geomorfologico sono anche le superfici di abrasione marina, disposte su più quote, di cui si hanno numerosi esempi da Coronata a Nervi.

In Val Polcevera, dove prevalgono i litotipi argilloscistosi, è predominante la tipologia di frana di scorrimento, generalmente traslazionale, dovuta all'impregnazione e saturazione della coltre detritica superficiale; l'interfaccia tra la porzione alterata ed il substrato roccioso sano, reperibile solitamente a profondità variabili tra 1 e 2 metri, costituisce la superficie di scorrimento. Il comportamento geotecnico e geomeccanico degli argilloscisti e dei litotipi appartenenti alla Formazione di Ronco è pressoché omogeneo.

Nelle coltri di alterazione eluvio-colluviali si possono invece innescare frane di "prima generazione" di tipo traslazionale e di colata (debris flow e soil slip), soprattutto in corrispondenza di precipitazioni brevi e intense.

Nei calcari marnosi che sono presenti soprattutto in Val Bisagno e nei bacini minori (T. Sturla, T. Nervi) le tipologie di frana risultano condizionate dall'assetto giaciturale e strutturale della stratificazione e dei piani di fratturazione: si osservano scorrimenti traslazionali in roccia in condizioni a "franapoggio" e ribaltamenti e crolli in condizioni a "reggipoggio". Anche le coltri di copertura dei calcari marnosi sono soggette a tipologie di frana di prima generazione analoghe a quelle degli argilloscisti, mentre per coltri di grandi dimensioni la tipologia è di tipo più complesso. In quest'ultimo caso si tratta in genere di dissesti di ampia magnitudo che si innescano in prossimità del contatto litologico tra i calcari marnosi e le argilliti sottostanti. L'elevato contrasto di permeabilità fra le due formazioni, dà origine in prossimità del contatto a zone di saturazione ed impregnazione, provocando la colata degli argilloscisti impregnati ed il crollo o lo scorrimento dei calcari sovrastanti, soggetti anche ad espansione laterale.

Forme e processi fluviali predominano nei fondovalle, generalmente caratterizzati dalla presenza di depositi alluvionali grossolani.

Nell'insieme tutti i bacini presentano caratteristiche di torrenti montani, con forte acclività, breve distanza dallo spartiacque alla linea di riva e presenza di strette piane costiere, originatesi per progradazione delle foci torrentizie, intensamente urbanizzate ed esposte al rischio di esondazione.

5.1. GEOMORFOLOGIA DELLA VAL BISAGNO

L'asta principale della valle presenta un andamento a spezzata che si estende verso NNE-SSO lungo il centro cittadino e che descrive un'ampia deviazione in senso Est-Ovest in prossimità di Molassana fino al limite del confine comunale a Struppa per riprendere quindi la direttrice NNO-SSE.

Il reticolo idrografico è profondamente asimmetrico, con bacini secondari in sponda orografica destra più sviluppati in conseguenza sia del prevalente condizionamento neotettonico, sia dell'erosione differenziale tra calcari marnosi ed argilliti, queste ultime distribuite nelle depressioni.

Nell'area di pertinenza del territorio comunale della Città di Genova il substrato è rappresentato in prevalenza dall'Unità dell'Antola e solo nella zona di foce il bacino è delimitato in sponda destra dal terrazzo di Carignano, che rappresenta un ulteriore blocco in calcari marnosi ribassato della tettonica distensiva plio-quaternaria. La superficie di abrasione marina in questo caso modella, nella zona sommitale di Via Alessi e Mura di Santa Chiara, anche depositi pliocenici, presenti anche sotto le alluvioni quaternarie dalla Foce a Staglieno.

Nei settori di affioramento della Unità tettonica Antola la morfologia delle zone a substrato argillitico è più dolce, con vegetazione più lussureggiante a causa della presenza di acqua superficiale e di una maggiore evoluzione pedologica dei terreni, mentre i calcari favoriscono la presenza di pendenze elevate, sovente prossime alla verticalità. Tale differenza morfologica è dovuta alle caratteristiche geomeccaniche ed idrogeologiche molto diverse tra i calcari di Monte Antola e le argilliti di Montoggio, generalmente scadenti per queste ultime, che diventano pessime in concomitanza di condizioni geomorfologiche sfavorevoli.

La formazione calcarea ha una resistenza complessiva molto più elevata, sebbene le condizioni tettonico-strutturali possano localmente favorire movimenti franosi di grande importanza. In conseguenza di ciò le tipologie di frana nei calcari dipendono dalle condizioni giaciturali e possono dare origine a frane di crollo-ribaltamento oppure di scivolamento rispettivamente in condizioni a reggipoggio o a franapoggio e pseudofranapoggio.

Le diverse caratteristiche tra le due formazioni sono la causa della predisposizione al dissesto di numerosi settori della valle in cui le zone di contatto tra argilliti e calcari costituiscono spesso la superficie di scivolamento di frane di tipo complesso, anche di estese dimensioni, generalmente innescate in seguito ad erosione al piede dei versanti. Tali frane sono distribuite sia in prossimità degli attuali alvei torrentizi, sia sui medi versanti, rappresentando nel secondo caso paleofrane quiescenti, scollegate dall'attuale condizione dinamica e riattivabili solo in occasione di sbancamenti particolari.

Sulla base delle tipologie sopra descritte si riconoscono in sponda destra del Torrente Bisagno alcuni fenomeni franosi particolarmente significativi, tra cui occorre ricordare le frane complesse del Rio delle Casette, nel settore sommitale del Rio Torbido e quelle presenti in sponda sinistra nel bacino del Torrente Geirato, disposte sempre lungo il contatto calcari-argilliti, di cui alcune attive per cause naturali e altre che rappresentano la riattivazione di paleofrane.

In sponda sinistra appare più problematica la situazione, dal punto di vista ambientale, per la presenza delle cave ed ex cave di calcare.

6. ANALISI DEGLI STRUMENTI URBANISTICI E PERICOLOSITA' DEL SITO

Le principali informazioni relative agli strumenti urbanistici vigenti e al grado di pericolosità del sito oggetto di indagine sono state desunte dallo studio per il "Piano di Bacino" del Torrente Bisagno della Regione Liguria e dal "Piano Urbanistico Comunale" (PUC) del Comune di Genova.

6.1. PIANO DI BACINO

Il Piano di Bacino del Torrente Bisagno e del territorio comunale della Città di Genova è costituito da numerosi documenti ed elaborati.

In particolare, il "Piano di Bacino sul bilancio idrico" (L.R. 18/99 art.91) della Città di Genova (Approvato con D.C.P. n°19 del 15/04/2009) è costituito dai seguenti documenti ed elaborati (consultabili dal sito web):

- Carta geolitologica (Tav. 01-BIS);
- Carta conduttività idraulica (Tav. 02-BIS);
- Carta uso del suolo (Tav. 03-BIS);
- Carta acquifero alluvionale (Tav. 04-BIS1);
- Carta acquifero alluvionale (Tav. 04-BIS2);
- Carta sorgenti captate e non captate (Tav. 10-BIS).

Il "Piano di Bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico" del Torrente Bisagno approvato con DCP n°40 del 11/12/2014 è costituito dai seguenti documenti ed elaborati (consultabili dal sito web):

- Carta dell'acclività;
- Carta dell'esposizione dei versanti;
- Carta geolitologica;
- Carta idrogeologica;
- Carta dell'uso del suolo;
- Carta elementi a rischio;
- Carta dei principali vincoli territoriali;
- Carta della franosità reale;
- Carta geomorfologica;
- Carta delle aree inondabili e aree storicamente inondate;
- Carta del reticolo idrografico.

Il "Piano di Bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico" – Ambito 14 - del Torrente Bisagno approvato con D.G.R. n°97 del 08/02/2017 ed entrato in vigore il 28/06/2017 è costituito dai seguenti documenti ed elaborati (consultabili dal sito web):

- Relazione Generale;
- Norme di attuazione;
- Catalogo dei principali movimenti franosi;
- Piano interventi di mitigazione del rischio;
- Sottobacini e parametri caratteristici;
- Carta delle fasce di inondabilità e degli ambiti normativi;
- Carta degli interventi;
- Carta del rischio geologico;
- Carta del rischio idraulico;
- Carta della suscettività al dissesto.

In riferimento alla cartografia approvata in data più recente ("Piano di Bacino stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico" – Ambito 14 - del Torrente Bisagno approvato con D.G.R. n°97 del 08/02/2017) si evidenzia che il tratto di Rio Veilino interessato dalle opere in progetto ricade all'interno delle aree che definiscono la Fascia A, la Fascia B e la Fascia C delle fasce di inondabilità di cui alla lett. a), comma 2, dell'art. 12, delle N.T.A del Piano di Bacino del Torrente Bisagno, come evidenziato nella "Carta delle fasce di inondabilità e degli ambiti normativi" del Piano di Bacino, alla scala 1:5.000 (Figura 8).

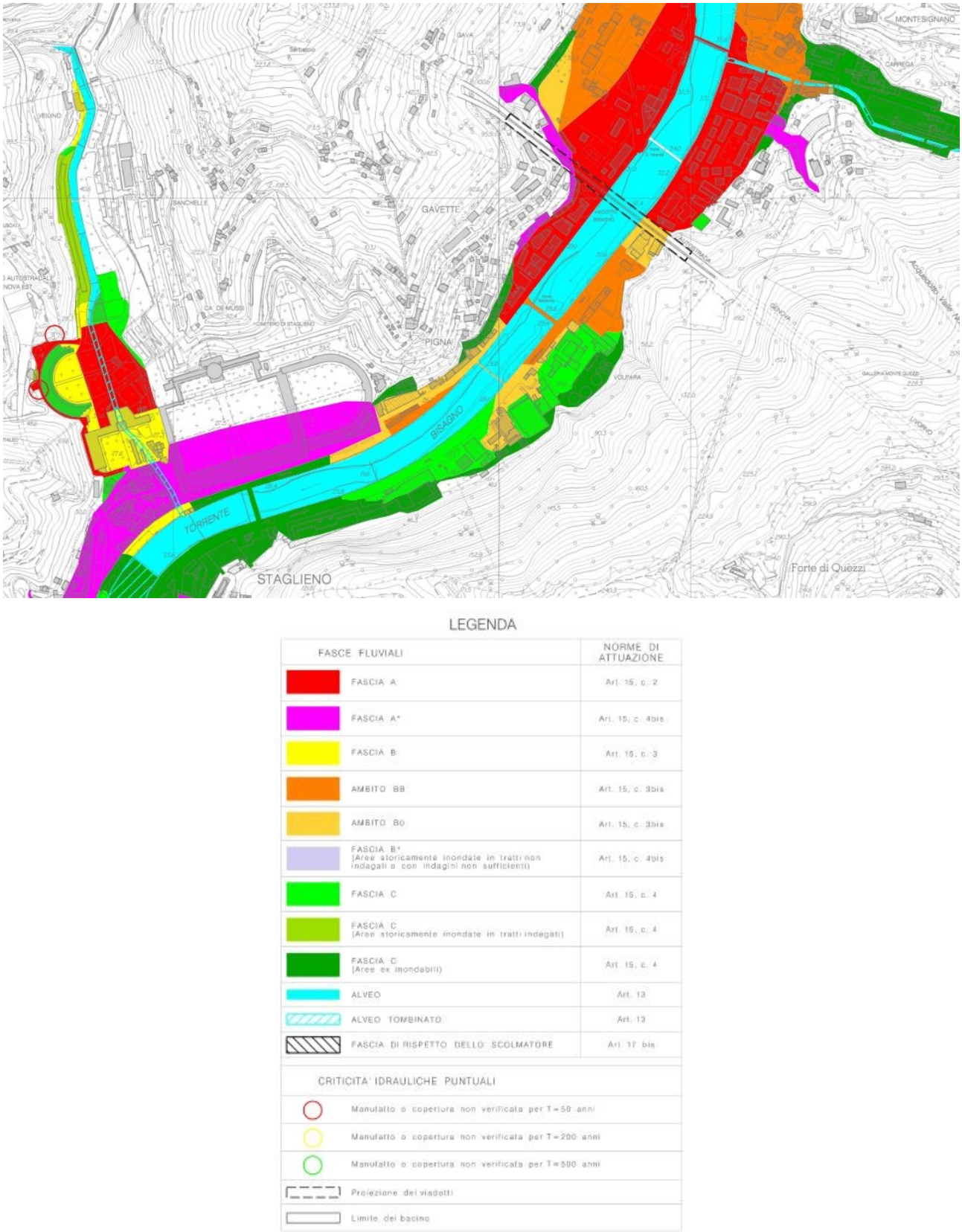


Figura 8: *stralcio "Carta delle fasce di inondabilità e degli ambiti normativi" del Piano di Bacino del Torrente Bisagno (2017)*

In particolare, l'esame della "Carta delle fasce di inondabilità e degli ambiti normativi" evidenzia che lungo i tratti di corsi d'acqua in oggetto:

- il settore centrale del Cimitero di Staglieno, in corrispondenza dell'inizio del tratto tombinato del Rio Veilino, ricade in fascia A rossa (area a pericolosità idraulica molto elevata (Pi3) cioè aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=50 anni);
- la Via Superiore del Veilino, che corre lungo il perimetro lato Ovest del Cimitero di Staglieno fino al piazzale Resasco antistante l'ingresso al Cimitero stesso, ricade interamente in fascia A rossa (area a pericolosità idraulica molto elevata (Pi3) cioè aree perifluviali inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=50 anni);
- le aree comprese tra le suddette aree ricadenti in fascia A, vista la sostanziale complanarità della zona (in leggero declivio verso il Torrente Bisagno), risentono inevitabilmente della relativa inondabilità e pertanto ricadono in fascia B gialla (pericolosità idraulica media (Pi2) cioè aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=200 anni) e fascia C verde storicamente inondate nei tratti indagati (aree perifluviali, esterne alle precedenti, inondabili al verificarsi dell'evento di piena con portata al colmo di piena corrispondente a periodo di ritorno T=500 anni, o aree storicamente inondate ove più ampie, laddove non si siano verificate modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento);
- il tratto lungo la sponda destra del Torrente Bisagno, sia a monte che a valle della confluenza con il Rio Veilino, ricade in fascia A* magenta (aree storicamente inondate, per le quali non siano avvenute modifiche definitive del territorio tali da escludere il ripetersi dell'evento, ovvero aree individuate come a rischio di inondazione sulla base di considerazioni geomorfologiche o di altra evidenze di criticità, in corrispondenza delle quali non siano state effettuate nell'ambito del Piano le adeguate verifiche idrauliche finalizzate all'individuazione delle fasce di inondabilità).

Le NTA del Piano di Bacino evidenziano che qualsiasi intervento realizzato nelle aree inondabili non deve pregiudicare la sistemazione idraulica definitiva del corso d'acqua, aumentare la pericolosità di inondazione ed il rischio connesso, sia localmente, sia a monte e a valle, costituire significativo ostacolo al deflusso delle acque di piena, ridurre significativamente la capacità di invaso delle aree stesse.

Sulla base delle perimetrazioni legate alle fasce di inondabilità nella "Carta del rischio idraulico" del Piano di Bacino, alla scala 1:5.000 (Figura 9), la sponda destra del T. Bisagno e l'intera area cimiteriale di Staglieno interessata dal tratto tombinato del Rio Veilino, compresa la perimetrale Via Superiore del Veilino (lato occidentale del cimitero), ricadono in area a "Rischio molto elevato R4", mentre l'area occupata dal porticato a forma di emiciclo di Sant'Antonino si trova in area a "Rischio medio R2".

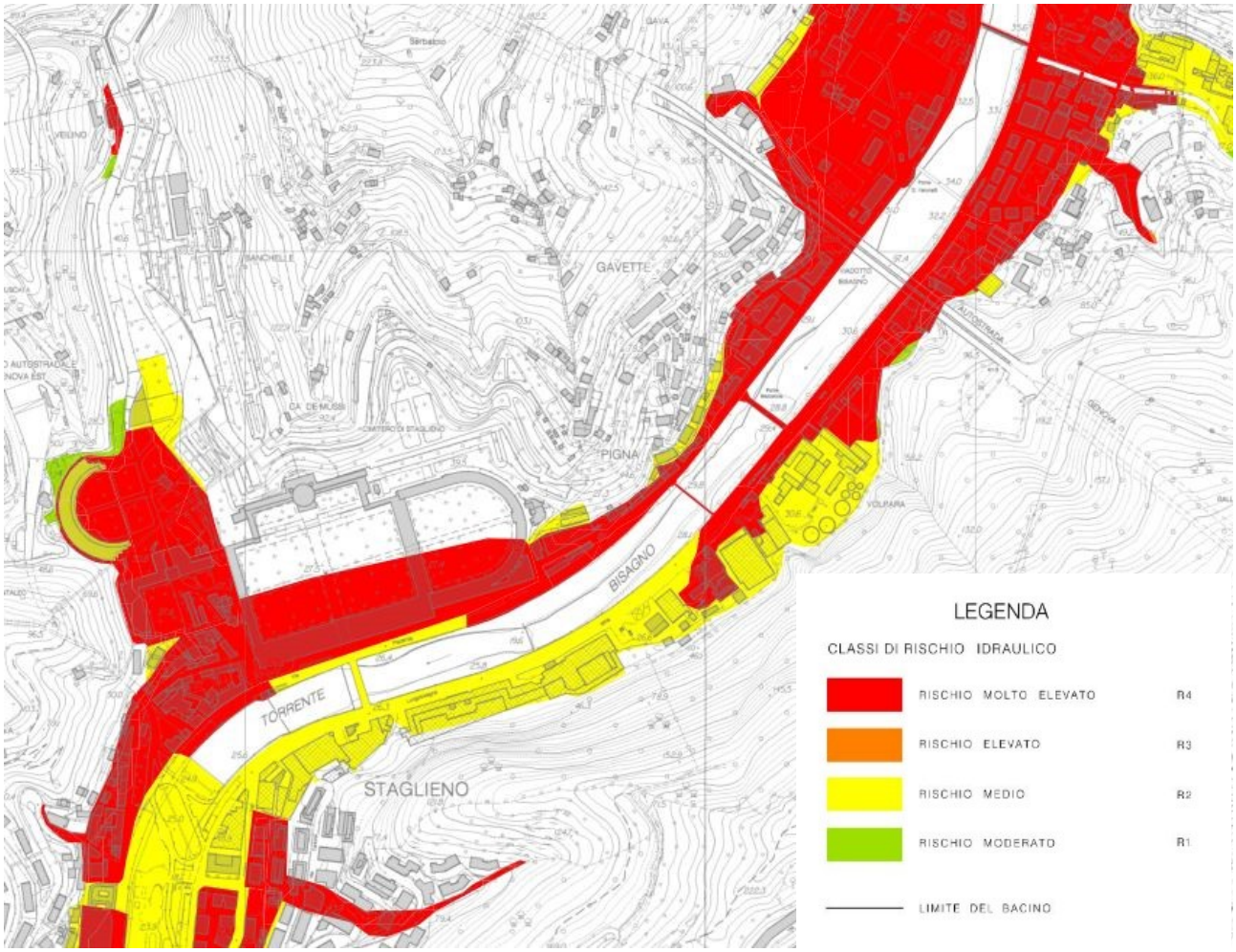


Figura 9: *stralcio "Carta del rischio idraulico" del Piano di Bacino del Torrente Bisagno (2017)*

I tatti tombinati terminali del Rio Veilino e dei suoi affluenti in destra orografica (Rio Sant'Antonino e Rio Briscata) non risultano idraulicamente adeguati e pertanto devono essere previsti interventi di rifacimento delle tombinature come evidenziato nella "Carta degli interventi" del Piano di Bacino, alla scala 1:5.000 (Figura 10) mentre i settori di testata dei bacini dei due affluenti sopra indicati risultano soggetti ad interventi selvicolturali.

In particolare, gli interventi idraulici con opere di adeguamento dell'alveo e di rifacimento di ponti e tombinature consistono in:

- intervento 5: "Adeguamento delle sezioni idrauliche del rio Veilino ai fini del deflusso della portata 200-ennale";
- intervento 6: "Adeguamento delle sezioni idrauliche del rio S. Antonino ai fini del deflusso della portata 200-ennale";
- intervento 7: "Adeguamento delle sezioni idrauliche del rio Briscata ai fini del deflusso della portata 200-ennale".

Le opere in progetto sul reticolo idrografico sono inoltre disciplinate dal Regolamento Regionale N.3 del 14 luglio 2011 redatto a cura della Regione Liguria e ss. mm. ii. Secondo la gerarchizzazione idrografica ivi contenuta, nel tratto in esame, il Rio Veilino appartiene al reticolo di 1° livello mentre il Rio Sant'Antonino ed il Rio Briscata appartengono al reticolo di 2° livello.

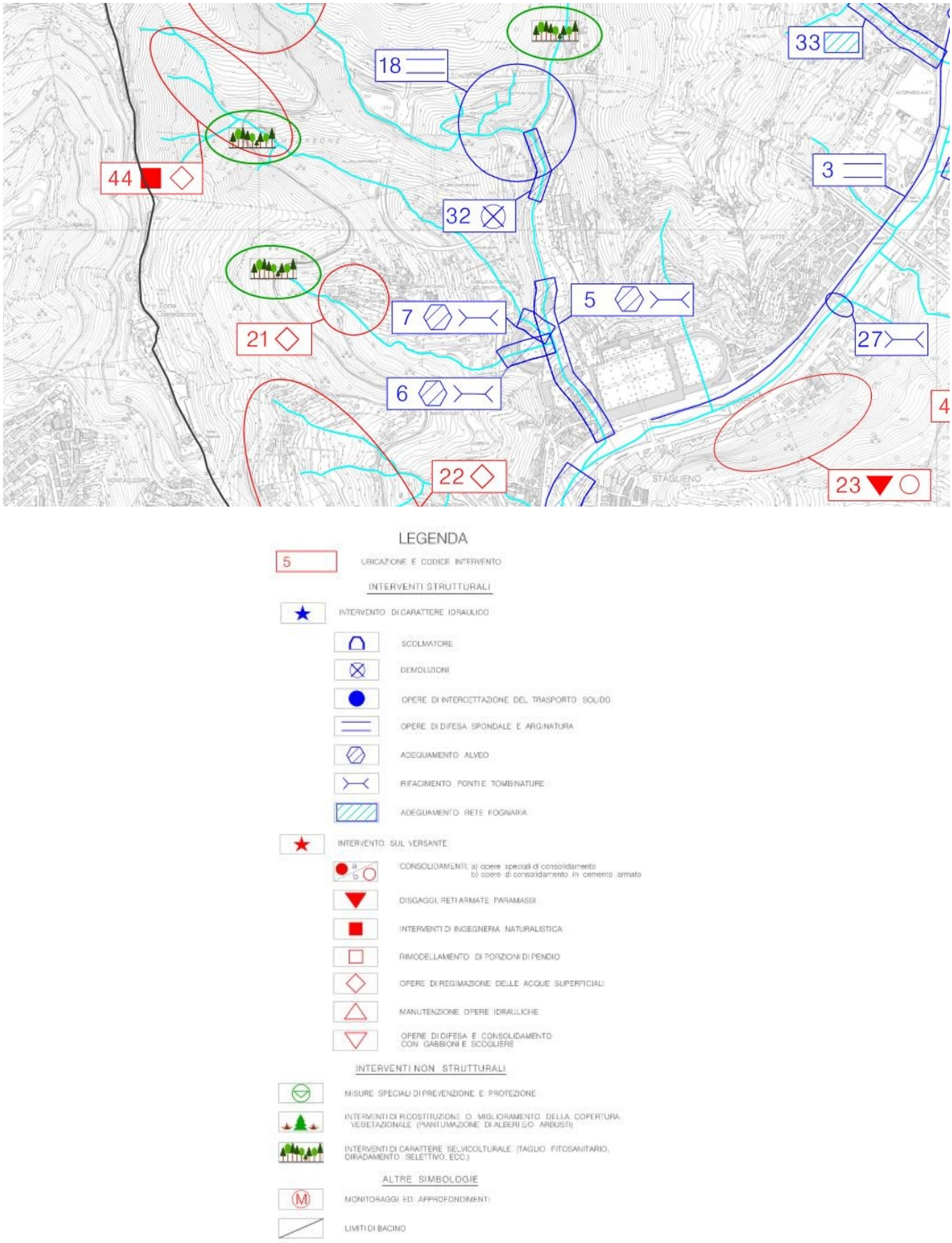
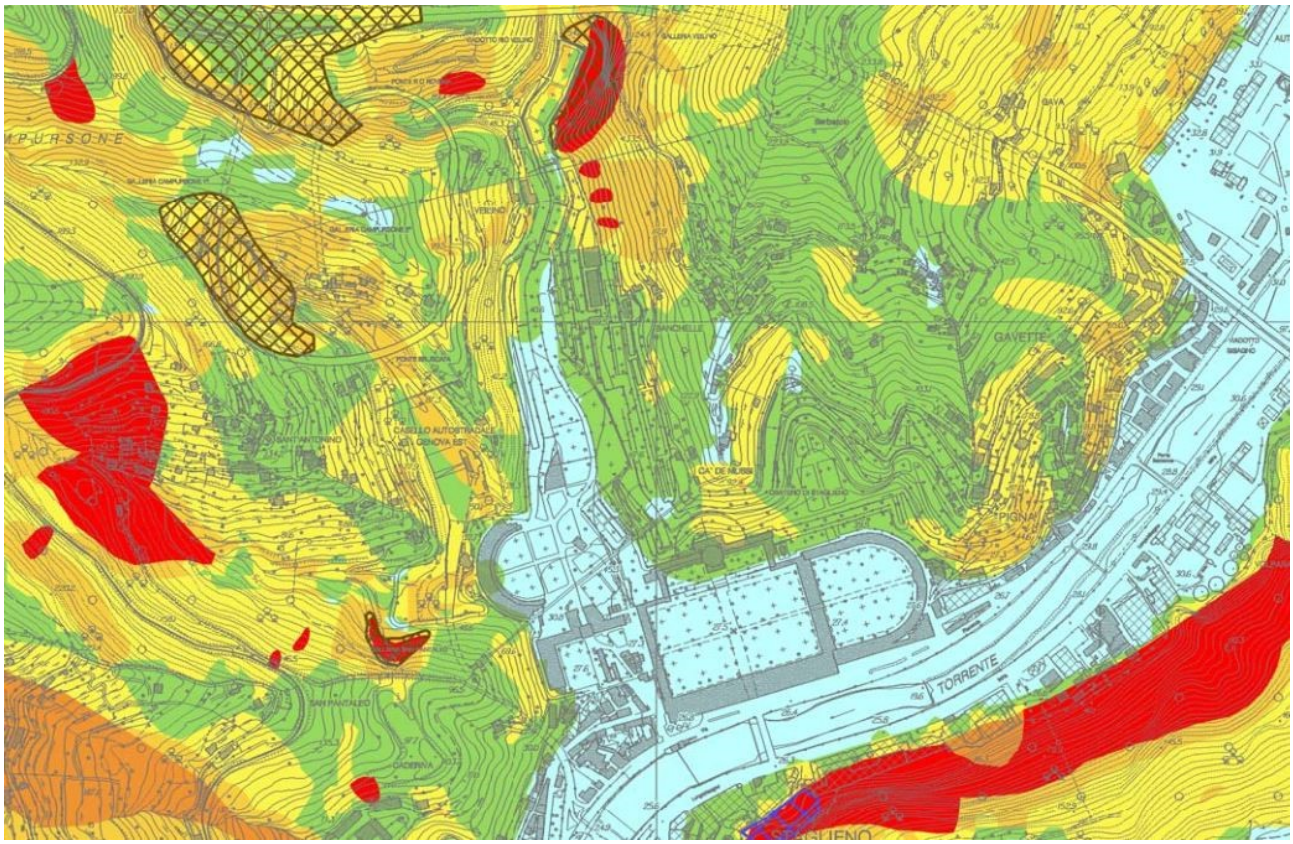


Figura 10: *stralcio "Carta degli interventi" del Piano di Bacino del Torrente Bisagno (2017)*

Dal punto di vista dei fenomeni di dissesto di versante si rileva che nella "Carta della suscettività al dissesto" del Piano di Bacino, alla scala 1:5.000 (Figura 11) la zona di intervento ricade pressoché interamente in area caratterizzata da suscettività al dissesto "molto bassa" (area Pg0) (aree, in cui i processi geomorfologici e le caratteristiche fisiche dei terreni non costituiscono, se non occasionalmente, fattori predisponenti al verificarsi di movimenti di massa).

Solo il tratto iniziale della tombinatura del Rio Sant'Antonino, al di sotto del porticato semi circolare, ricade in area caratterizzata da suscettività al dissesto "bassa" (area Pg1) (aree, in cui sono presenti elementi geomorfologici e di uso del suolo caratterizzati da una bassa incidenza sulla instabilità, dalla cui valutazione risulta una propensione al dissesto di grado inferiore a quelle con suscettività al dissesto "media" Pg2).

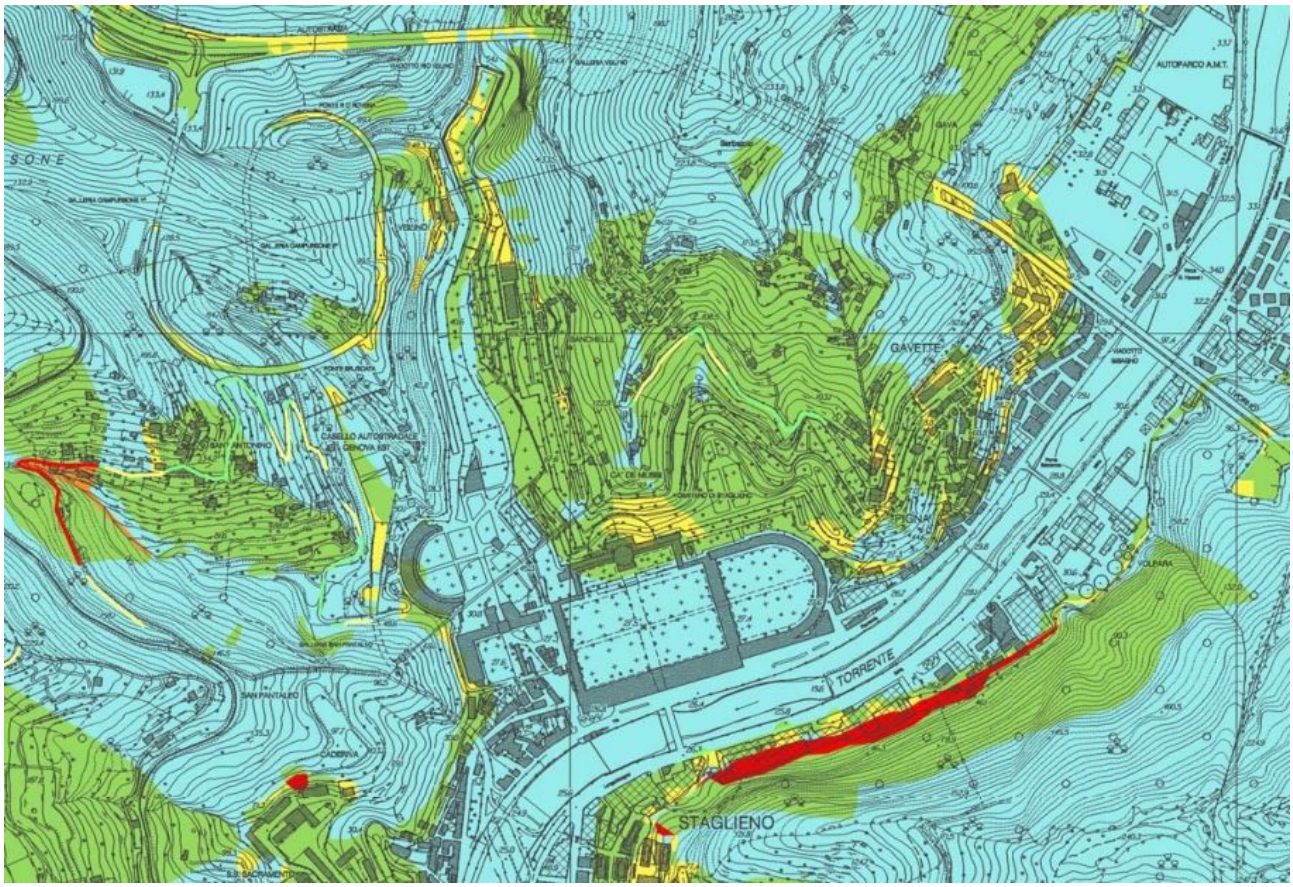


LEGENDA

CLASSI DI SUSCETTIVITA' AL DISSESTO		NORME DI ATTUAZIONE
MOLTO ELEVATA	Pg4	Art. 16, c. 2 Art. 16ter
ELEVATA	Pg3a	Art. 16, c. 3 Art. 16ter
ELEVATA	Pg3b	Art. 16, c. 3-ter Art. 16ter
MEDIA	Pg2	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
BASSA	Pg1	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
MOLTO BASSA	Pg0	Art. 16, c. 4 Art. 16ter
Fenomeni idrogeologici lungo gli alvei torrentizi		Art. 16ter
CLASSI SPECIALI		
TIPO A - Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio		Art. 16bis, c. 2
TIPO B1 - Cave inattive e miniere abbandonate		Art. 16bis, c. 3
TIPO B2 - Discariche dismesse e riporti antropici		Art. 16bis, c. 5

Figura 11: *stralcio "Carta della suscettività al dissesto" del Piano di Bacino del Torrente Bisagno (2017)*

Ne consegue che le classi di rischio riportate nella "Carta del rischio geologico" risultano "lieve o trascurabile (R0)" nel settore di fondovalle mentre risultano a rischio "moderato (R1)" e "medio (R2)" nel settore in prossimità del porticato di S. Antonino e lungo la Via Superiore del Veilino (Figura 12).



LEGENDA

CLASSI DI RISCHIO GEOLOGICO

	MOLTO ELEVATO	R4
	ELEVATO	R3
	MEDIO	R2
	MODERATO	R1
	LIEVE O TRASCURABILE	R0

CLASSI SPECIALI

Cave attive, miniere attive e discariche in esercizio

Limite del bacino

Figura 12: *stralcio "Carta del rischio geologico" del Piano di Bacino del Torrente Bisagno (2017)*

6.2. PIANO URBANISTICO COMUNALE (P.U.C.)

Sono stati anche consultati gli elaborati costituenti parte del Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.) del Comune di Genova (recepimento della pianificazione di bacino al 31/05/2017) e reperibili nel sito web del Comune di Genova.

I documenti consultati sono:

- "Carta dei vincoli ed idraulici", alla scala 1:5.000;
- "Carta geomorfologica", alla scala 1:5.000;
- "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica", alla scala 1:5.000;
- "Carta della zonizzazione geologica e suscettività d'uso del territorio", alla scala 1:5.000.

Nella "Carta dei vincoli geomorfologici ed idraulici" (Figura 13) il sito oggetto di indagine è soggetto esclusivamente a "vincoli idraulici imposti dai sovraordinati Piani di Bacino" in quanto ricade principalmente all'interno delle "aree inondabili con diversi tempi di ritorno". Nella "Carta Geomorfologica" (Figura 14) non sono evidenziati particolari elementi di carattere morfologico negativo nell'area oggetto di indagine. Tuttavia, nel settore di apice del Cimitero lungo il Rio Veilino (zona alla base del viadotto autostradale) sono presenti in prossimità della sponda sinistra orografica del corso d'acqua alcuni dissesti di tipo franoso riconducibili a "frana attiva".

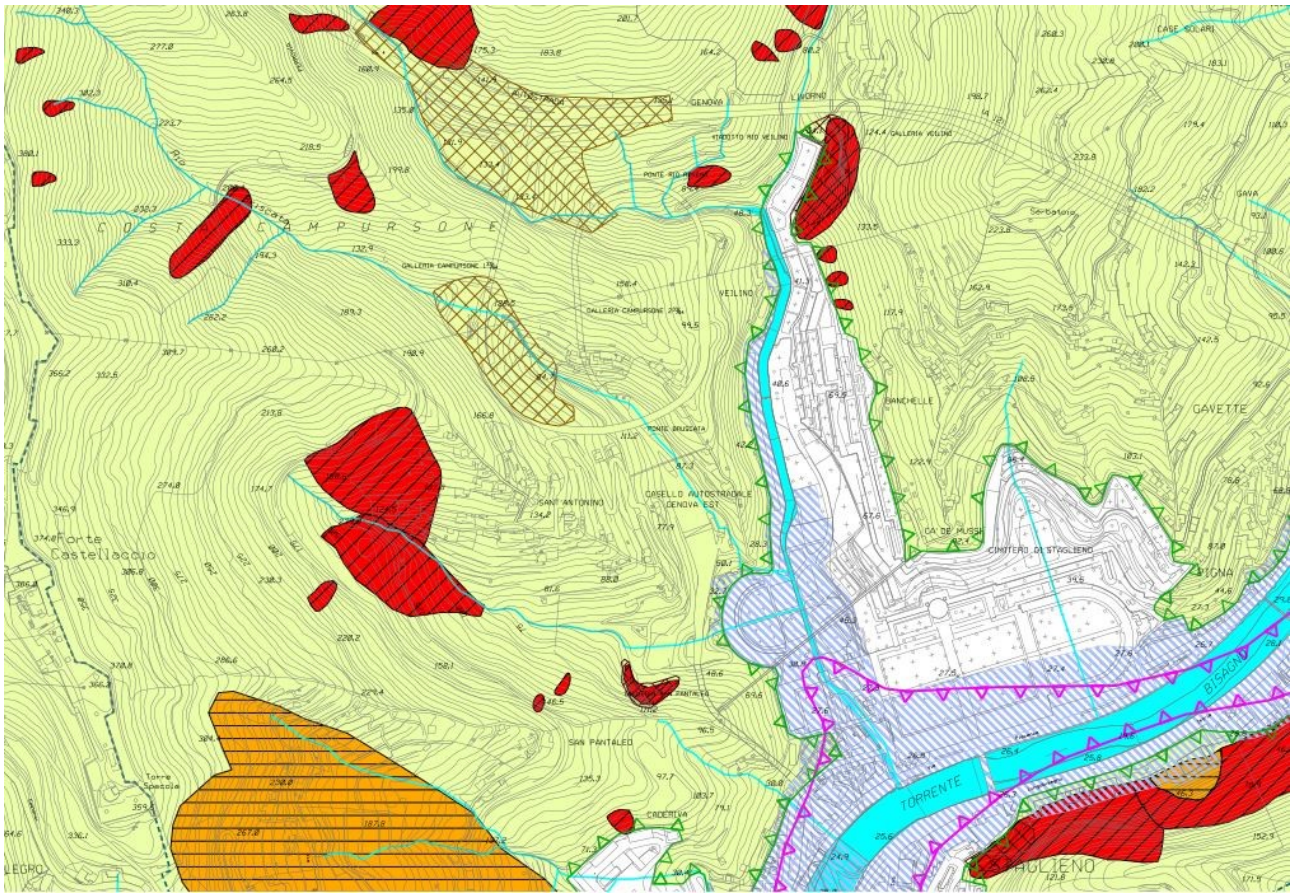




Figura 13: *stralcio "Carta dei vincoli geomorfologici ed idraulici" del Piano Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Genova (2017)*

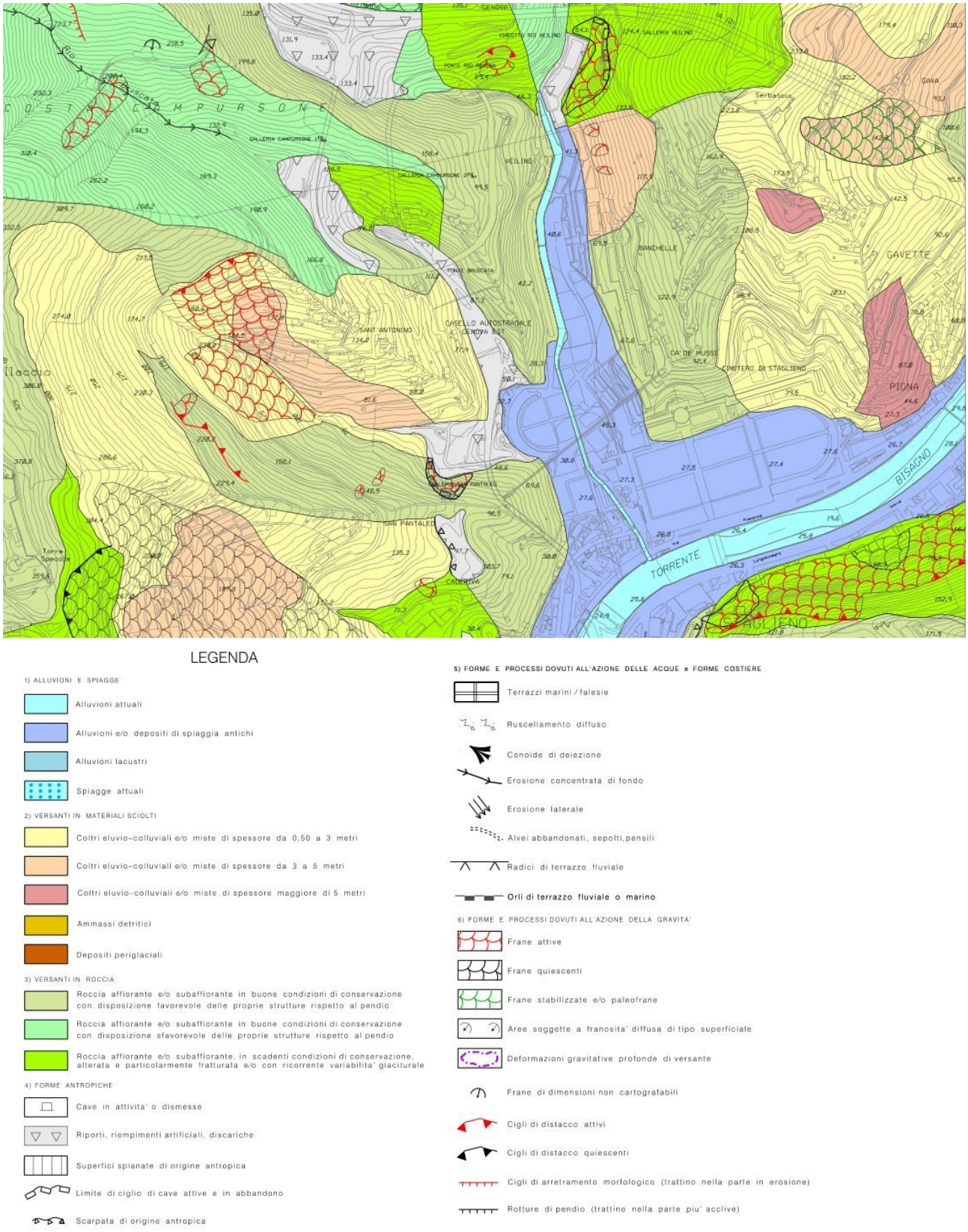


Figura 14: *stralcio "Carta geomorfologica" del Piano Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Genova (2017)*

La "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" (Figura 15) evidenzia che l'area in oggetto ricade completamente all'interno delle "Zone stabili suscettibili di amplificazione locale" ed in particolare all'interno della "Zona B7s" che caratterizza le aree rappresentate da sedimenti alluvionali e marini con spessore maggiore a 3 metri e con acclività minore di 15° (amplificazione stratigrafica).

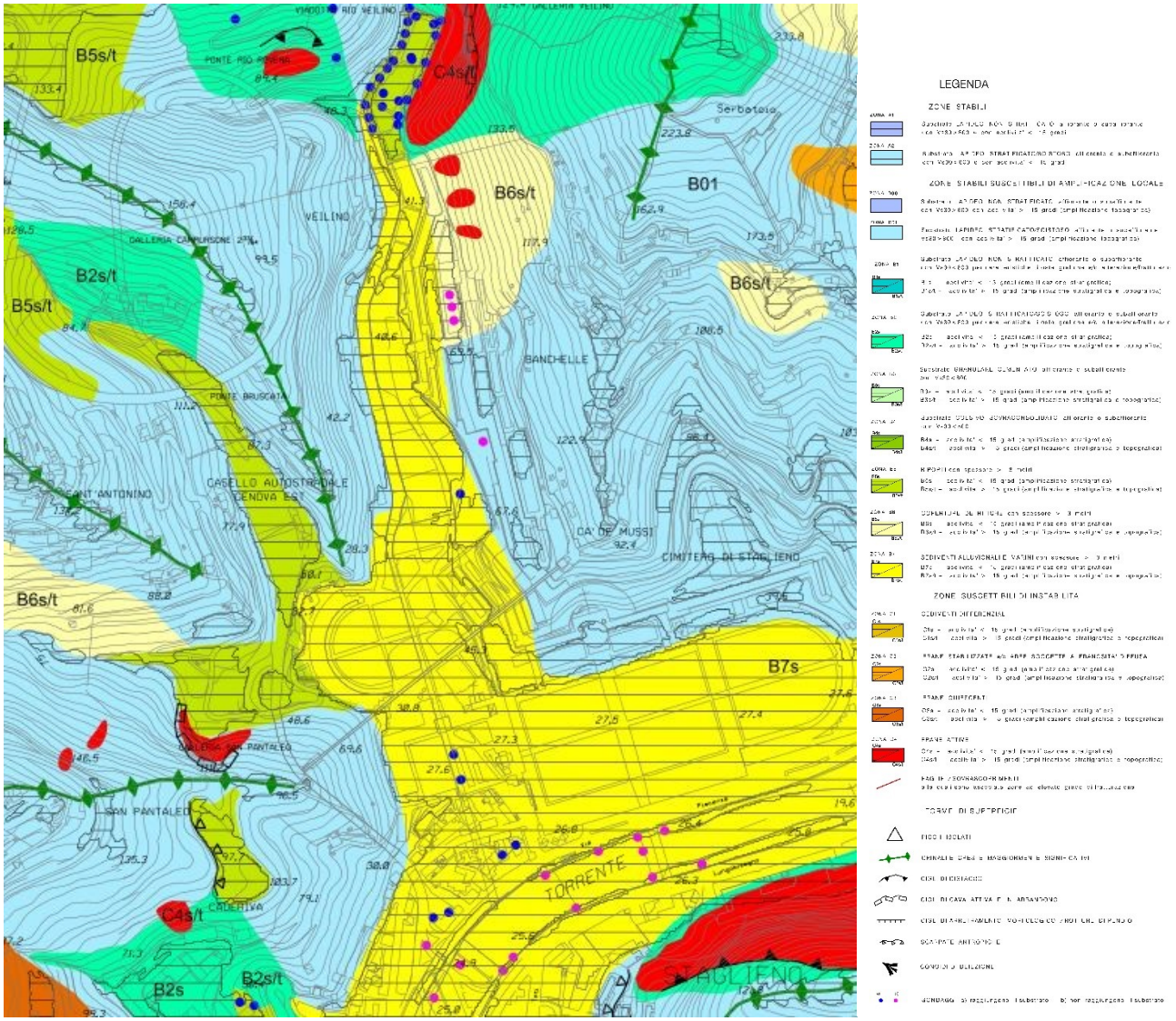


Figura 15: *stralcio "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica" del Piano Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Genova (2017)*

Il documento cartografico che riassume il grado di pericolosità e di "suscettività d'uso" del territorio è rappresentato dalla "Carta della zonizzazione geologica e suscettività d'uso del territorio" (Figura 16) redatta sulla base di cinque livelli di disposizioni corrispondenti alle diverse zone riportate in cartografia, in funzione della crescente complessità delle problematiche geologiche e geotecniche. Le cinque zone a diversa suscettività d'uso sono:

- area con suscettività d'uso non condizionata (zona A);

- area con suscettività d'uso parzialmente condizionata (zona B);
- area con suscettività d'uso limitata (zona C);
- area con suscettività d'uso limitata e/o condizionata all'adozione di cautele specifiche (zona D);
- area con suscettività d'uso fortemente condizionate (zona E).

Nella zona di fondovalle del Rio Veilino presso il Cimitero di Staglieno il territorio ricade all'interno della "Zona B: Aree con suscettività d'uso parzialmente condizionata", in accordo a quanto indicato nella "Carta della suscettività al dissesto" del Piano di Bacino, alla scala 1:5.000 (Figura 11).

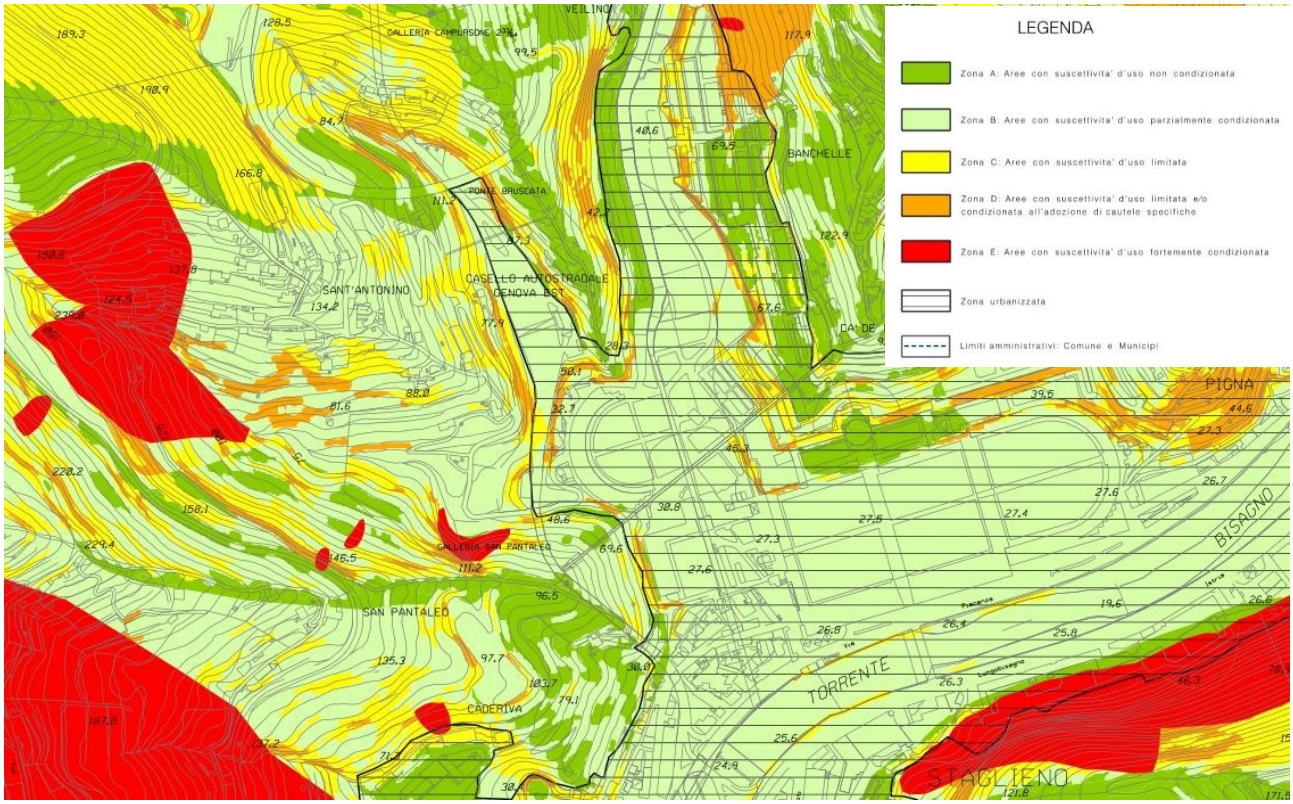


Figura 16: *stralcio "Carta della zonizzazione geologica e suscettività d'uso del territorio" del Piano Urbanistico Comunale (PUC) del Comune di Genova (2017)*

7. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO

Nei paragrafi seguenti saranno brevemente illustrate le principali caratteristiche geomorfologiche, litostratigrafiche, idrogeologiche e di pericolosità sismica del sito interessato dalle opere in progetto.

7.1. GEOMORFOLOGIA

L'area di studio si trova all'inizio della Val Bisagno, nel quartiere di Staglieno, presso lo svincolo autostradale di Genova Est al piede del versante che in sponda destra dei corsi d'acqua conduce al parco delle Mura e del Righi, nonché agli abitati di San Pantaleo e Sant'Antonino.

Tra i corsi d'acqua appenninici del versante ligure tirrenico, il torrente Bisagno presenta un bacino di dimensioni medio-piccole, con superficie complessiva di circa 95 kmq. Il torrente Bisagno ha inizio al Colle della Scoffera (675 m sul l.m.m.) e ha la sua foce all'estremità orientale del bacino portuale di Genova in prossimità del quartiere fieristico.

Il tratto medio inizia approssimativamente in corrispondenza dell'abitato di Prato, ed è caratterizzato da un particolare assetto: lungo la sponda sinistra del torrente i versanti costituiscono una sorta di striscia di larghezza costante, corrispondenti al prato di S. Eusebio, drenati da brevi incisioni perpendicolari all'asta principale, mentre per quanto riguarda il versante destro in località Doria confluisce il Rio Torbido e, dopo le pendici di S. Siro, il Torrente Geirato in Loc. Molassana. A valle della confluenza del T. Geirato, si presentano in sponda sinistra alcune aree drenate da brevi incisioni e quindi il Rio Montesignano, mentre in destra confluiscono a San Gottardo il Rio Trensasco e, dopo poche centinaia di metri, il Rio Cicala.

In prossimità del Cimitero di Staglieno confluisce in destra il Rio Veilino, che raccoglie le acque dei rii Rovena, Briscata e Sant'Antonino e, quindi, a Marassi il Rio Fereggiano.

Nel tratto inferiore del Torrente Bisagno hanno anche recapito le fognature bianche dell'area urbanizzata.

Il tronco d'alveo del Rio Veilino oggetto di studio è quello del tratto tombinato di valle al di sotto del Cimitero di Staglieno, che inizia a monte della confluenza del Rio Briscata e termina con la confluenza del Veilino nel Bisagno, per una lunghezza complessiva di circa 420 metri. Le sezioni sono di forma regolare assimilabile alla rettangolare con larghezze al fondo di circa 6 metri.

L'alveo risulta interamente plateato ma a valle delle briglie di maggiore altezza si possono notare elementi del fondo scalzati dalla corrente che ostacolano il regolare deflusso e in alcuni punti la presenza ai lati di depositi alluvionali e vegetazione. Entrambe le sponde sono arginate con muri in c.a. In particolare, in sponda destra orografica l'argine degrada lentamente verso valle, mentre in sponda sinistra presenta un andamento discontinuo. I versanti laterali si presentano asimmetrici: molto acclive il versante destro orografico, più dolce quello sinistro. Il tratto tombinato del Rio Veilino è situato in un'area prevalente pianeggiante formatasi per alluvionamento alla confluenza del Rio Veilino con il Torrente Bisagno.

Lungo il tratto tombinato oggetto di intervento sono presenti una serie di salti di fondo, mentre a monte di tale tratto (fino alla confluenza con il Rio Rovena) sono presenti altri manufatti rappresentati da una serie di briglie e una passerella pedonale a campata unica.

La criticità maggiore del tratto è costituita dalla tombinatura finale. Per portata cinquantennale il tratto tombinato non garantisce il franco adeguato e pertanto è stata mappata una fascia A di pericolosità residua; per portata con tempo di ritorno duecentennale la tombinatura lavora interamente in pressione, con valori elevati di carico totale. Per tale ragione, sebbene non si verifichi direttamente esondazione dall'imbocco della tombinatura in quanto profonda rispetto al piano campagna, è stata mappata una pericolosità di Fascia B nell'area cimiteriale di valle, fino a raggiungere la Via Piacenza.

Dal punto di vista geomorfologico l'assetto oroidrografico del bacino del Torrente Bisagno è fortemente condizionato da fattori geodinamici endogeni la cui influenza appare evidente soprattutto in relazione ad una serie di indicatori geomorfologici che testimoniano la rilevante correlazione tra attività tettonica quaternaria ed evoluzione morfologica del bacino stesso. La presenza, infatti, di superfici fossili, terrazzi morfologici, movimenti di massa e meandri, testimonia come l'assetto attuale sia stato raggiunto attraverso fasi successive d'erosione rapida avvenute in epoche relativamente recenti.

E' questo il caso delle frane e dei collassi di versante, delle esondazioni e dei processi erosivi lungo i corsi d'acqua laterali, fenomeni che prendono solitamente l'avvio dal convergere di più fattori. Molti sono determinati da cause naturali, altri vedono il contributo dell'azione dell'uomo. I fattori scatenanti possono

essere infatti legati a particolari aspetti geologici della zona, ad eventi idrometeorologici di eccezionale intensità.

In altri casi si osserva la marcata impronta dell'attività umana, con l'alterazione di equilibri a volte precari, l'eliminazione della vegetazione e di drenaggi naturali, l'edificazione in aree morfologicamente non idonee o la non corretta gestione del patrimonio forestale.

Per quel che riguarda l'erosione e il dilavamento dei versanti, si può ricordare che sono dovuti a più fattori, quali la natura del materiale, i fattori morfologici, i fattori climatici, il tipo di copertura vegetale e i fattori antropici. Nel territorio studiato sono intensi i processi erosivi dovuti alle acque dilavanti ed ai corsi d'acqua.

Il profilo longitudinale dei torrenti laterali del Torrente Bisagno, come ad esempio il Rio Veilino, in questo territorio non sembra aver raggiunto l'equilibrio ma pare essere ancora in una fase di evoluzione; si assiste infatti ad un'intensa erosione al piede, che è causa dell'instabilità nei versanti, dal momento che i corsi d'acqua incidono i propri depositi fluviali di fondovalle si può addirittura parlare di sovralluvionamento degli alvei.

Questo copioso alluvionamento, formato da ghiaie, ciottoli e blocchi di grandi dimensioni, è dovuto alla presenza nelle valli di grande quantità di detriti, di cui sono serbatoi le numerose frane e paleofrane. In effetti durante le piene si hanno eccezionali apporti di materiale con conseguente innalzamento dell'alveo e successivamente avviene una ripresa dell'erosione quando il regime del corso d'acqua è di nuovo normalizzato: poiché questo si verifica anche per i rii meno importanti, tale situazione sembra essere generale.

L'influenza di fattori geodinamici endogeni sull'evoluzione geomorfologica del bacino del Torrente Bisagno, comprese le valle minori laterali, risulta anche evidenziata dalla risposta dei versanti sui quali si riscontra un rilevante numero di movimenti di massa a scala di versante correlabili direttamente o indirettamente al sollevamento dell'area ovvero al ringiovanimento del ciclo di erosione.

Le forme dei versanti laterali al Rio Veilino sono soprattutto condizionate dall'assetto strutturale mentre, rispetto alle litologie presenti, differenze rilevanti d'andamento e forma dei versanti si riscontrano soprattutto in corrispondenza dei litotipi di natura prevalentemente argillosa.

Nel bacino del T. Bisagno, in relazione agli assetti litostrutturali ed ai caratteri morfologici presenti, sono riconoscibili tre principali configurazioni morfostrutturali tipiche dei versanti. In particolare, sono individuabili i seguenti morfotipi principali:

- un «sistema versante» il cui andamento è condizionato dalla presenza di fratture o faglie che hanno subito processi di regolarizzazione determinando la forma attuale dei versanti e che generalmente presentano accumuli detritici colluviali ubicati alla base dei versanti stessi ed in corrispondenza del fondovalle degli impluvi minori;
- un «sistema versante» in rocce a prevalente comportamento fragile caratterizzato da profili concavi-convessi ovvero gradonati riconducibili a fenomeni franosi di tipo complesso e a D.G.P.V.;
- un «sistema versante» la cui forma ed evoluzione sono influenzati dalla presenza di complessi rocciosi a prevalente comportamento fragile sovrapposti a complessi a comportamento prevalentemente duttile.

7.2. ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE

Per la caratterizzazione litostratigrafica dell'area oggetto di indagine sono stati utilizzati sia i dati reperiti in bibliografia ed in particolare le stratigrafie dei sondaggi reperibili nel portale web della Regione Liguria sia i

dati di nuove indagini eseguite nel mese di gennaio 2020 all'interno e all'esterno dell'area cimiteriale di Staglieno.

In particolare, le indagini eseguite nel mese di gennaio 2020, riportate in Figura 17, sono consistite in:

- n°3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, realizzati rispettivamente all'interno dell'area cimiteriale in prossimità della confluenza del Rio Sant'Antonino nel Torrente Veilino (sondaggio S1), in prossimità dell'alveo del Torrente Veilino (sondaggio S3), e esternamente all'area cimiteriale in prossimità del Rio Sant'Antonino (sondaggio S2);
- n°2 indagini sismiche del tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), realizzate sia all'interno che all'esterno dell'area cimiteriale (M_A e M_B);
- n°3 campionamenti di terreni per le terre e rocce da scavo, di cui n°2 campionamenti eseguiti al di sotto del piano della platea di fondo attuale del Rio Veilino e n°1 a monte del tratto tombinato del Rio Sant'Antonino (T1-T2-T3).

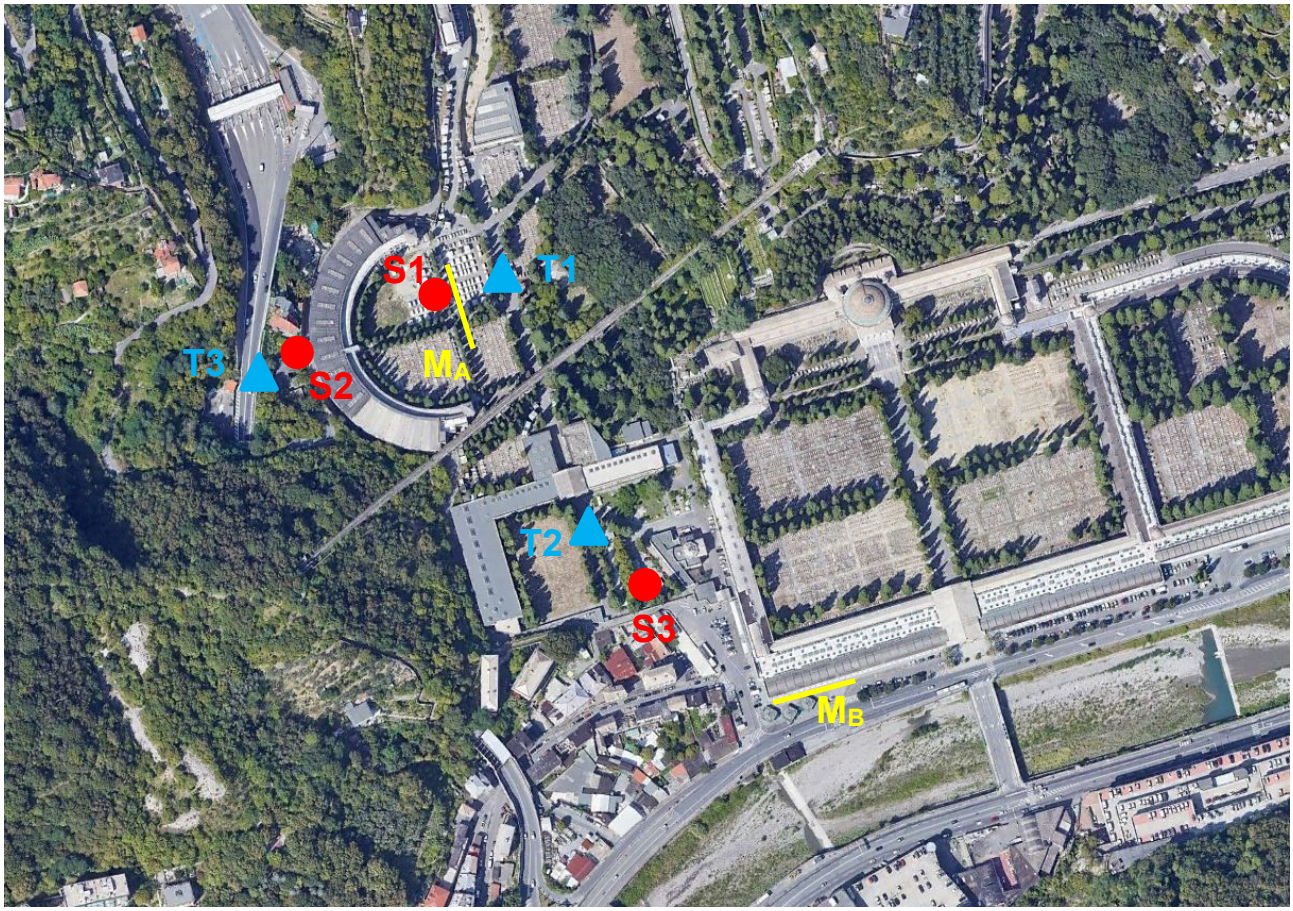


Figura 17: *stralcio fotoaerea con ubicazione delle indagini geognostiche eseguite nel mese di Gennaio 2020 (S1-S2-S3: sondaggi a carotaggio continuo; M_A-M_B indagini MASW; T1-T2-T3: campionamenti per terre e rocce da scavo)*

7.2.1.Dati da sondaggi geognostici

Dal punto di vista litostratigrafico, per la caratterizzazione dell'area oggetto di indagine, sono stati utilizzati i dati dei n°3 sondaggi geognostici realizzati. Le stratigrafie dettagliate dei sondaggi eseguiti sono riportate in Allegato 1 alla presente relazione.

Il sondaggio S1 è stato eseguito presso il campo sepolture ubicato vicino all'asta fluviale del Rio Sant'Antonino, in prossimità della confluenza con Rio Veilino ed è stato spinto fino alla profondità di circa 15 metri dal piano campagna. La testa del foro risulta essere circa 1 metro più elevata rispetto al piano calpestio della strada interna del cimitero che ricopre il Rio Sant'Antonino.

La stratigrafia semplificata del sondaggio S1 è riassunta nella seguente tabella:

Campagna di indagini del 2020

Sondaggio S1 (testa foro = piano campagna rialzato campo sepoltura ad Ovest della Galleria Sant'Antonino)

Profondità (m)	Materiale
0.00-2.00	Terreno di riporto: ghiaie eterometriche limoso-sabbiose e limoso-argillose
2.00-5.80	Ghiaia limoso sabbiosa, clasti poligenici
5.80-10.80	Ghiaia eterometrica con sabbia e trovanti, clasti prevalentemente calcareo marnosi
10.80-13.80	Trovanti in matrice sabbiosa
13.80-15.00	Ghiaia fine e sabbia in matrice limoso-argillosa

Risulta evidente dalla tabella sopra riportata che al di sotto di circa 2 metri di materiale di riporto costituito da ghiaie eterometriche in matrice limoso sabbiosa sono presenti dei depositi di origine fluviale di natura ghiaioso-sabbiosa con ciottoli fino alla profondità di circa 5.80 metri. Seguono fino a circa 10.80 metri di profondità dei depositi ghiaiosi con trovanti i cui clasti sono di natura calcareo marnosa. A profondità maggiori e fino a circa 13.80 risultano prevalenti dei depositi costituiti da trovanti in matrice ghiaiosa. Al fondo della perforazione, nell'intervallo compreso tra 13.80 e 15.00 metri, è stata rilevata la presenza di un livello di ghiaia fine e sabbia in matrice limoso-argillosa. Non è stato raggiunto durante la perforazione l'orizzonte costituente il substrato roccioso rappresentato in questa zona da depositi calcareo-marnosi appartenenti alla Formazione del Monte Antola (Campaniano – Cretaceo Sup.).

Il sondaggio S3, eseguito in prossimità dell'asta fluviale del Rio Veilino, prossimità dell'entrata del cimitero, è stato spinto fino alla profondità di circa 10 metri dal piano campagna.

La stratigrafia semplificata del sondaggio S3 è riassunta nella seguente tabella:

Campagna di indagini del 2020

Sondaggio S3 (testa foro = piano campagna zona camera mortuaria)

Profondità (m)	Materiale
0.00-2.50	Terreno di riporto: ghiaia in matrice sabbiosa e limoso-sabbiosa
2.50-4.00	Ghiaia limoso sabbiosa, clasti poligenici
4.00-7.00	Ghiaia eterometrica con sabbia e trovanti, clasti prevalentemente calcareo marnosi
7.00-10.00	Trovanti in matrice sabbiosa

La perforazione del sondaggio ha confermato la presenza delle unità litostratigrafiche osservate in corrispondenza del sondaggio S1 ed in particolare che al di sotto di circa 2.50 metri di materiale di riporto sono presenti dei depositi di origine fluviale di natura ghiaioso-sabbiosa con ciottoli fino alla profondità di circa 4 metri. Seguono fino a circa 7 metri di profondità dei depositi ghiaiosi con trovanti i cui clasti sono di

natura calcareo marnosa. A profondità maggiori e fino a circa 10 metri (fondo foro) risultano prevalenti dei depositi costituiti da trovanti in matrice ghiaiosa. Anche in questo sondaggio non è stato raggiunto durante la perforazione l'orizzonte costituente il substrato roccioso.

Il sondaggio S2, eseguito all'esterno dell'area cimiteriale in prossimità dell'asta fluviale del Rio Sant'Antonino, ad Ovest della Galleria Sant'Antonino, in corrispondenza del tornante che sale all'abitato di Sant'Antonino, è stato spinto fino alla profondità di circa 10 metri dal piano campagna.

La stratigrafia semplificata del sondaggio S2 è riassunta nella seguente tabella:

Campagna di indagini del 2020

Sondaggio S2 (testa foro = piano campagna Via Superiore del Veilino)

Profondità (m)	Materiale
0.00-0.80	Terreno di riporto: ghiaia e clasti in matrice sabbiosa
0.80-2.30	Ghiaia, in matrice sabbiosa e limoso-argillosa, rari clasti
2.30-8.80	Substrato roccioso costituito da calcari marnosi di colore grigio compatto, a tratti da mediamente a molto fratturato e con presenza di livelli argillosi
8.80-10.00	Substrato roccioso costituito da calcari marnosi di colore grigio, molto fratturati e degradati, in parte argillificati

La perforazione del sondaggio, essendo ubicato alla base del versante, ha evidenziato la presenza, alla profondità di circa 2.20 metri dal piano strada, del substrato roccioso costituito da calcari marnosi di colore grigio appartenenti alla Formazione del Monte Antola (Campaniano – Cretaceo Sup.), da fratturati a molto fratturati. Tra 8.80 metri e 10 metri (fondo foro) è presente un orizzonte di substrato roccioso molto fratturato e degradato, in parte argillificato.

Sulla base dei dati provenienti dai n°3 sondaggi eseguiti nella campagna del Gennaio 2020 e dei dati reperiti nel portale della Regione Liguria (stratigrafie dei n°4 sondaggi: 3087/S31 - 3087/S2 - 3696/S4 – 3348/S5), riportati in Allegato 3 alla presente relazione, è stato possibile redigere un profilo stratigrafico indicativo sia del tratto finale tombinato lungo l'asta del Rio Veilino sia del tratto tombinato finale lungo l'asta del Rio Sant'Antonino.

Le sezioni di progetto lungo le due aste dei corsi d'acqua con i relativi profili stratigrafici sono riportati e nell'Elaborato 2.1 in allegato ai documenti di progetto.

Le analisi delle stratigrafie dei n°2 sondaggi 3087/S31 - 3087/S2, reperibili nel portale della Regione Liguria, profondi circa 20 metri ed eseguiti all'interno dell'area cimiteriale evidenziano la presenza del substrato roccioso costituito da rocce calcareo-marnose e arenaceo di colore grigio, con livelli argillosi, alternati a calcari marnosi fortemente fratturati e degradati con argilla giallastra, a partire dalle profondità rispettivamente di 11.50 m (3087/S31) e di 13.00 metri (3087/S32).

7.3. IDROGEOLOGIA

Per il controllo del livello piezometrico della falda idrica di tipo freatico, presente nei depositi alluvionali costituenti il fondovalle del Rio Veilino, sono stati utilizzati i dati provenienti dalle misure effettuate durante la perforazione dei n°3 sondaggi eseguiti durante la campagna di indagine del Gennaio 2020.

Nella tabella seguente sono riportati i dati di soggiacenza della falda acquifera misurati durante l'esecuzione della perforazione dei sondaggi S1-S2-S3 realizzati nel 2020.

	Sondaggi Gennaio 2020		
Data	S1 Livello falda (m)	S3 Livello falda (m)	S3 Livello falda (m)
Gennaio 2020	5.40	4.55	6.30

I valori riportati nella tabella precedente fanno riferimento alla falda acquifera che interessa lo spessore di sedimenti alluvionali, con superficie freatica che si conforma come un regolare piano inclinato verso il Torrente Bisagno, che costituisce l'elemento di drenaggio principale in questo settore di territorio.

I sedimenti fluviali presenti lungo l'asta del Rio Veilino sono caratterizzati da una permeabilità primaria mediamente elevata ($K = 10^{-3} \div 10^{-5}$ m/sec).

La base di tale acquifero è rappresentata verosimilmente dal substrato roccioso, che come si è detto in precedenza è costituito dai litotipi afferenti alla Formazione del Monte Antola nella sua litofacies a componente prevalentemente calcareo-marnosa, che può essere considerato un elemento praticamente impermeabile o al massimo dotato di una permeabilità secondaria modesta lungo i giunti di fratturazione quando questi risultano aperti o caratterizzati da riempimenti di natura sabbioso-ghiaiosa.

Sulla base del livello di falda rilevato all'interno dei sondaggi geognostici realizzati è possibile stimare una pendenza della superficie piezometrica della falda di circa il 2%.

Si segnala che il livello della falda freatica può, in concomitanza di intensi eventi meteorici, risalire anche di oltre 1 metro rispetto ai valori rilevati nel mese di Gennaio 2020, che tendono a rifornire abbondantemente l'acquifero fortemente impoveritosi nei precedenti periodi siccitosi o di bassa intensità pluviometrica.

Per quanto concerne le possibili interazioni del livello della falda e delle sue escursioni con le nuove opere in progetto, si evidenzia che se ad oggi l'interferenza con il piano di scorrimento del Rio Veilino risulta essere almeno temporanea o stagionale. Il previsto abbassamento del piano di scorrimento in progetto del corso d'acqua di circa 2 metri potrebbe determinare una costante interferenza della falda con il piano scorrevole.

Anche i pali sui quali sarà intestata la nuova struttura prevista, saranno immersi all'interno della falda acquifera.

In particolare, l'interferenza della falda con le opere in progetto appare maggiore durante i mesi invernali immediatamente successivi a periodi caratterizzati da elevate precipitazioni. Durante il periodo estivo più siccitoso tale interferenza dovrebbe sostanzialmente ridursi e nella parte terminale della parte tombinata del Rio Veilino (settore prossimo allo sbocco nel Torrente Bisagno) dovrebbe tendere a quasi annullarsi.

Lungo l'asta del Rio Sant'Antonino non dovrebbero sussistere condizioni di interferenza tra falda acquifera e il nuovo piano di scorrimento dell'alveo del corso d'acqua, sia durante periodi di siccità che in occasione di intensi eventi meteorici vista l'elevata differenza di quote.

Le precedenti osservazioni valgono nei limiti di affidabilità di un modello idrogeologico ricostruito esclusivamente sulla base dei dati registrati durante la perforazione di n°3 sondaggi geognostici, non essendo disponibile una sequenza temporale di dati piezometrici nella zona.

7.4. PERICOLOSITA' SISMICA

Come definito nel testo unico allegato al D.M. del 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" (Capitolo 3.2 Azione Sismica), *"le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag …."*.

In relazione all'aggiornamento generale apportato dall'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri OPCM n°3274 del 20/03/2003 *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica"* recepita dalla Regione Liguria inizialmente con la D.G.R. n°1362 del 19/11/2010 e poi aggiornata con la D.G.R. n°216 del 17 marzo 2017: *"OPCM 3519/2006. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria"*, che la sostituisce, il territorio del **Comune di Genova** ricade all'interno della **Zona 3** nelle tabelle della zonazione sismica, cui corrisponde nell'Allegato 2 *"Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici"* dell'OPCM n°3274, un valore del parametro ag = accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A) pari a 0,15g (m/s^2), come riportato nella seguente tabella:

Zona	Valore di a_g
1	0,35 g
2	0,25 g
3	0,15 g
4	0,05 g

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 delle NTC del 17/01/2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II (di seguito indicata), si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo.

I valori di V_S sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^{N} \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

nella quale:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella (D.M. 17/01/2018, Tabella 3.2.II).

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	*Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per la definizione della categoria di sottosuolo sono stati utilizzati i dati provenienti da n°2 indagini sismiche del tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) realizzate rispettivamente all'interno (M_A) e all'esterno (M_B) dell'area cimiteriale di Staglieno, come riportato nella Figura 17. La velocità di propagazione delle onde sismiche V_s delle n°2 prove MASW, riepilogate nelle Figure 18 e 19, evidenziano rispettivamente una velocità V_{Seq} di 527 m/s (MASW M_A) e una velocità V_{Seq} di 517 m/s (MASW M_B), per cui è possibile classificare il sito in esame, in prima approssimazione, come suolo di **categoria B**.

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Strato	Profondità (m) da	a	Vs (m/s)
1	0.0	-2.0	240
2	-2.0	-5.0	310
3	-5.0	-8.0	450
4	-8.0	-12.0	570
5	-12.0	-16.0	650
6	-16.0	-21.0	710
7	-21.0	-26.0	740
8	-26.0	-30.0	760

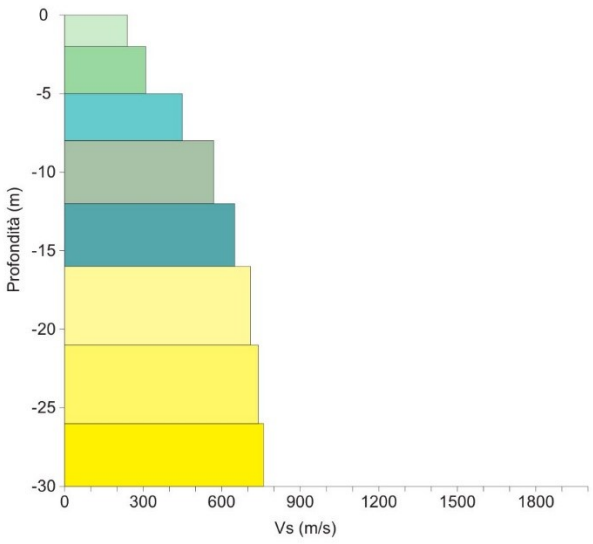


Figura 18: indagine MASW M_A (Gennaio 2020). *Schema riepilogativo della velocità sismica delle onde Vs (m/s) nei primi 30 metri di sottosuolo.*

CLASSIFICAZIONE SISMICA

Strato	Profondità (m) da	a	Vs (m/s)
1	0.0	-2.0	320
2	-2.0	-5.0	340
3	-5.0	-8.0	400
4	-8.0	-12.0	500
5	-12.0	-16.0	620
6	-16.0	-21.0	720
7	-21.0	-26.0	790
8	-26.0	-30.0	840

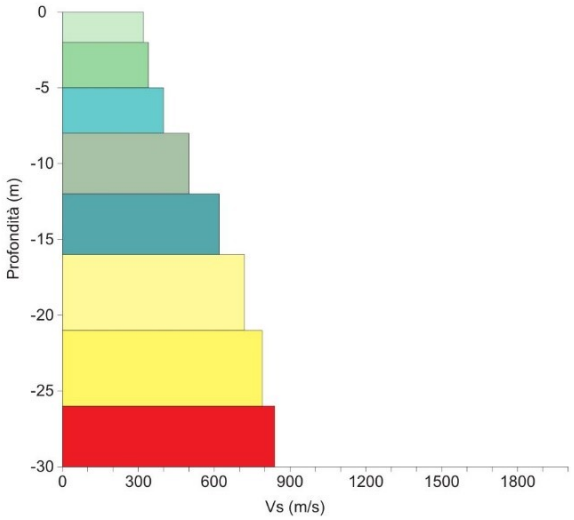


Figura 19: indagine MASW M_B (Gennaio 2020). S*chema riepilogativo della velocità sismica delle onde Vs (m/s) nei primi 30 metri di sottosuolo.*

In Allegato 2 alla presente relazione sono riportati gli elaborati relativi alle due prove MASW realizzate presso il Cimitero di Staglieno durante la campagna di indagini del Gennaio 2020.

Sulla base della classificazione sismica ottenuta e delle coordinate geografiche del sito in esame nonché delle caratteristiche topografiche, ed altri parametri relativi alla nuova costruzione in oggetto, è possibile definire gli spettri di risposta in accelerazione per ogni stato limite (di esercizio e ultimo) considerato. In funzione dello spettro di risposta sarà quindi possibile determinare l'azione sismica, ai sensi del D.M. 17/01/2018.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. (§ 3.2 NTC-18).

Individuata la categoria del sottosuolo, si procede alla valutazione delle condizioni topografiche al fine di valutare l'amplificazione sismica locale (tabella seguente).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15°$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15°$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15° \leq i \leq 30°$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30°$

Il sito in esame appartiene alla categoria T1.

E' necessario inoltre, al fine di valutare gli spettri di risposta per i diversi stati limite, fare alcune considerazioni di carattere generale sull'opera che si va a realizzare.

In primo luogo deve essere definita la vita nominale della struttura V_N: *"La vita nominale di un'opera strutturale V_N è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi di V_N da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella Tab. 2.4.I (§ 2.4.1 NTC-2018)".*

Si riporta di seguito la tabella utilizzata per la definizione di V_N.

Tab. 2.4.I – *Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni*

	TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

L'opera in progetto ricade nella seconda categoria, pertanto si considera una vita nominale pari a 50 anni.

Per valutare il periodo di riferimento per l'azione sismica è necessario definire il coefficiente d'uso funzione della classe di uso della struttura in progetto (§ 2.4.3 NTC-18).

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Le opere in progetto ricadrebbero in parte in Classe d'uso III (opere lungo la Via Piacenza) a cui corrisponde un coefficiente d'uso C_u=1,5 metre la parte restante parte in Classe d'uso II a cui corrisponde un coefficiente d'uso C_u=1.

In relazione alle considerazioni fino ad ora esplicitate, è possibile calcolare gli spettri di risposta partendo dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_c = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri sono forniti per una serie di punti sul territorio, e possono essere opportunamente interpolati. A tal proposito è stato utilizzato il supporto informatico denominato "Geostru PS" della Geostru Software che permette un calcolo agevole dei parametri a_g, F_o, T_c e degli stessi spettri di risposta.

Si riportano di seguito i parametri di progetto relativi all'azione sismica per i diversi stati limite, inerenti il sito indagato ubicato nel Comune di **Genova:**

Indirizzo

Cimitero Monumentale Staglieno - Genova (GE)

WGS84: Lat 44.429755 - Lng 8.947929

ED50: Lat 44.430717 - Lng 8.948975

Stati limite

Classe Edificio: III. Affollamento significativo...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1.5

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc^* [s]
Operatività (SLO)	45	0.030	2.526	0.206
Danno (SLD)	75	0.036	2.547	0.226
Salvaguardia vita (SLV)	712	0.085	2.518	0.288
Prevenzione collasso (SLC)	1462	0.110	2.502	0.295
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	75			

Coefficienti sismici

Tipo: Muri di sostegno NTC 2018

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 — us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: B

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,51	1,48	1,41	1,40
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.000	0.021	0.039	0.000
kv	--	0.010	0.019	--
Amax [m/s²]	0.349	0.428	1.003	1.297
Beta	--	0.470	0.380	--

Indirizzo

Cimitero Monumentale Staglieno - Genova (GE)

WGS84: Lat 44.429755 - Lng 8.947929

ED50: Lat 44.430717 - Lng 8.948975

Stati limite

Classe Edificio: II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.024	2.516	0.191
Danno (SLD)	50	0.031	2.530	0.210
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.073	2.528	0.284
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.095	2.510	0.292
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Tipo: Muri di sostegno NTC 2018

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m): 1 — us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: B

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,53	1,50	1,41	1,41
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]: 0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.000	0.018	0.033	0.000
kv	--	0.009	0.017	--
Amax [m/s²]	0.288	0.367	0.864	1.124
Beta	--	0.470	0.380	--

7.5. SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE

Per liquefazione si intende un processo di accumulo della pressione del fluido interstiziale che in un terreno saturo non coesivo (sabbia, ghiaia, limo non plastico) causa la diminuzione della resistenza e/o rigidezza a taglio a seguito della presenza di carichi superficiali o dello scuotimento del suolo (terremoti), potendo dar luogo a deformazioni permanenti significative. La liquefazione consiste quindi in una diminuzione della resistenza del terreno, a seguito del raggiungimento della condizione di fluidità. La perdita totale della resistenza viene raggiunta quando la pressione dell'acqua che riempie gli interstizi arriva a uguagliare la pressione di confinamento, rendendo nulle le tensioni efficaci trasmesse attraverso le particelle solide. Una volta che si è innescato il processo di liquefazione, la massa del suolo resta in movimento fino a che non raggiunge una nuova condizione di stabilità.

C'è da dire, inoltre, che tale fenomeno può manifestarsi in vari modi, principalmente:

- diffusione;
- scorrimento fluido;
- perdita di portanza.

La diffusione la si ha quando uno strato superficiale comincia a muoversi su quello sottostante a causa della liquefazione di quest'ultimo.

Lo scorrimento fluido lo si ha quando porzioni di terreno vengono letteralmente trasportati dalla massa liquefatta in movimento. E' un fenomeno che può verificarsi sovente in terreni costituiti da sabbie sciolte e, ovviamente, in siti sottofalda e sottomarini. Per quanto pericoloso, lo scorrimento fluido è un fenomeno meno devastante del precedente, dato che le forze impresse dal flusso sono minori di quelle che competono al terreno soggetto a diffusione.

La perdita di capacità portante è dovuta alla perdita di resistenza a taglio del terreno, la quale conduce a grandi deformazioni superficiali.

Sono suscettibili alla liquefazione:

- i suoli non coesivi e saturi (sabbie e limi, occasionalmente ghiaie) con contenuto di fini plastici relativamente basso (meno del 15%);
- i suoli costituiti da particelle relativamente uniformi (predomina una dimensione delle particelle);
- i depositi sabbiosi recenti (età Olocenica).

Le norme NTC del D.M. 17/01/2018 al Capitolo 7.11.3.4.2 indicano che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti quattro circostanze:

1. *accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;*
2. *profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;*
3. *depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata (N1)60 > 30 oppure qc1N > 180 dove (N1)60 è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc1N è il valore della*

resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. *distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc < 3,5 ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità Uc > 3,5. (Uc rapporto D60/D10, dove D60 e D10 sono il diametro delle particelle corrispondenti rispettivamente al 60% e al 10% del passante sulla curva granulometrica cumulativa).*

Quando la condizione 1 non risulti soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4.

8. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO

La caratterizzazione geomeccanica dei terreni è stata eseguita al fine di fornire dei parametri dei terreni per i calcoli geotecnici e per le verifiche strutturali delle opere in progetto.

8.1. PARAMETRI GEOTECNICI

I principali parametri utilizzati per caratterizzare i materiali presenti nell'immediato sottosuolo dell'area oggetto d'indagine ed interessati dalle opere fondazionali delle opere in progetto, sono stati stimati (stima cautelativa del valore del parametro appropriato) sulla base dei dati provenienti dalle prove SPT (Standard Penetration Test) eseguite all'interno dei sondaggi S1-S2-S3 realizzati nel mese di Gennaio 2020, in prossimità dell'alveo del Rio Veilino e del Rio Sant'Antonino.

Nella seguente tabella sono stati schematizzati i livelli litostratigrafici riscontrati durante la perforazione del sondaggio S1 e i relativi valori (numero di colpi) inerenti le prove SPT eseguite all'interno del foro.

Sondaggio S1 (testa foro = piano campagna rialzato campo sepoltura ad Ovest della Galleria Sant'Antonino)

Profondità (m)	Materiale	PROVA SPT		
		quota (m)	N	N_{SPT}
0.00-2.00	Terreno di riporto: ghiaie eterometriche limoso-sabbiose e limoso-argillose			
2.00-5.80	Ghiaia limoso sabbiosa, clasti poligenici	2.00 4.00	11-34-RIF 28-RIF	>50 >50
5.80-10.80	Ghiaia eterometrica con sabbia e trovanti, clasti prevalentemente calcareo marnosi	6.00	RIF	>50
10.80-13.80	Trovanti in matrice ghiaioso-sabbiosa			
13.80-15.00	Ghiaia fine e sabbia in matrice limoso-argillosa	15.00	4-6-5	11

L'analisi dei dati indicati nella precedente tabella evidenzia che i depositi fluviali costituiti da ghiaie limoso-sabbiose, con clasti e trovanti pluridecimetrici in matrice ghiaioso-sabbiosa presenti fino alla profondità di circa 13.80 metri dal piano campagna rialzato di circa 1 metro del campo sepoltura ad Ovest della Galleria sono caratterizzati da un ottimo grado di addensamento come testimoniato dagli elevati valori di N_{SPT} riscontati (N_{SPT} > 50, tendenti al rifiuto alla penetrazione).

Alla profondità di circa 13.80 metri e fino a fondo foro è stata riscontrata la presenza di un orizzonte costituito da ghiaia fine e sabbia in matrice limoso-sabbiosa, caratterizzato da un mediocre grado di addensamento

(N_{SPT} =11). Potrebbe trattarsi dell'orizzonte che caratterizza i depositi fluviali presenti al di sopra del substrato roccioso (calcari marnosi).

Nella seguente tabella sono stati schematizzati i livelli litostratigrafici riscontrati durante la perforazione del sondaggio S3 e i relativi valori (numero di colpi) inerenti le prove SPT eseguite all'interno del foro.

Sondaggio S3 (testa foro = piano campagna zona camera mortuaria)

Profondità (m)	Materiale	PROVA SPT		
		quota (m)	N	N_{SPT}
0.00-2.50	Terreno di riporto: ghiaia in matrice sabbiosa e limoso-sabbiosa	2.00	6-9-8	17
2.50-4.00	Ghiaia limoso sabbiosa, clasti poligenici	4.00	16-RIF	>50
4.00-7.00	Ghiaia eterometrica con sabbia e trovanti, clasti prevalentemente calcareo marnosi	6.00	24-36-RIF	>50
7.00-10.00	Trovanti in matrice ghiaioso-sabbiosa			

L'analisi dei dati indicati nella precedente tabella evidenzia che i depositi fluviali costituiti da ghiaie limoso-sabbiose, con clasti e trovanti pluridecimetrici in matrice ghiaioso-sabbiosa presenti fino alla profondità di circa 10 metri dal piano campagna sono caratterizzati da un ottimo grado di addensamento come testimoniato dagli elevati valori di N_{SPT} riscontati (N_{SPT} > 50, tendenti al rifiuto alla penetrazione), confermando quanto già verificato nel sondaggio S1.

Il livello superficiale costituito da materiale di riporto risulta invece caratterizzato da un mediocre grado di addensamento (N_{SPT} = 17).

Nella seguente tabella sono stati schematizzati i livelli litostratigrafici riscontrati durante la perforazione del sondaggio S2 e i relativi valori (numero di colpi) inerenti le prove SPT eseguite all'interno del foro.

Sondaggio S2 (testa foro = piano campagna Via Superiore del Veilino)

Profondità (m)	Materiale	PROVA SPT		
		quota (m)	N	N_{SPT}
0.00-0.80	Terreno di riporto: ghiaia e clasti in matrice sabbiosa			
0.80-2.30	Ghiaia, in matrice sabbiosa e limoso-argillosa, rari clasti	2.00	5-7-RIF	>50
2.30-8.80	Substrato roccioso costituito da calcari marnosi di colore grigio compatto, a tratti da mediamente a molto fratturato e con presenza di livelli argillosi			
8.80-10.00	Substrato roccioso costituito da calcari marnosi di colore grigio, molto fratturati e degradati, in parte argillificati			

L'analisi dei dati indicati nella precedente tabella evidenzia che i depositi fluviali costituiti da ghiaie limoso-sabbiose, con clasti e trovanti pluridecimetrici presenti fino alla profondità di circa 2.20 metri dal piano campagna sono caratterizzati da un mediocre grado di addensamento (valori N pari a 5-7 della prova).

Il substrato roccioso riscontrato nella parte finale della prova N_{SPT} ha invece fornito valori di elevati di N (che hanno raggiunto il rifiuto alla penetrazione), risultando pertanto caratterizzato da un elevato grado di compattazione.

8.1.1.Stima dell'angolo di resistenza al taglio

I dati relativi alle prove SPT eseguite all'interno dei sondaggi S1-S2-S3 (Gennaio 2020) permettono di stimare, mediante formule empiriche di letteratura, il valore dell'angolo di resistenza al taglio (ϕ') dal valore di N_{SPT}.

Per la valutazione di tale parametro geotecnico (ϕ') sono state utilizzate le seguenti formule:

- $\phi' = \sqrt{15N} + 15$ Road Bride Specification (1980);
- $\phi' = (0{,}3\ N) + 27$ Japanese National Railway (1974);
- $\phi' = 27{,}1+0{,}3\ N-0{,}00054\ N^2$ Peck-Hanson-Thorburn (1974) (approssimabile con l'equazione di Wolff, 1989).

Sulla base di tali relazioni sono stati stimati i valori dell'angolo di resistenza al taglio (ϕ') che sono riassunti nella seguente tabella, assumendo come valore di riferimento il valore medio ottenuto mediante le n°3 formule utilizzate. Nella stessa tabella sono stati anche indicati gli altri parametri geotecnici principali caratteristici stimati relativi ai terreni presenti nell'immediato sottosuolo e negli immediati dintorni dell'area interessata dalle opere in progetto.

Sulla base dei profili stratigrafici ricostruiti a seguito delle indagini eseguite sono stati individuati n°6 unità geotecniche (vedi Elaborato 2.1 di progetto).

Unità geotecnica	**Materiali**	**N_{SPT}**	**γ' (kN/m³)**	**ϕ' (°)**	**ϕ_{CV} (°)**	**c' (kPa)**	**c_u (kPa)**
U1	Terreno di riporto: ghiaie eterometriche limoso-sabbiose	17	18,5	28 (*)	25	0	-
U2	Ghiaia limoso sabbiosa, clasti poligenici	>50	19	41	36	0	-
U3	Ghiaia eterometrica con sabbia e trovanti, clasti prevalentemente calcareo marnosi	>50	19	41	36	0	-
U4	Trovanti in matrice sabbiosa	>50	20	41	36	0	-
U5A	Ghiaia fine e sabbia in matrice limoso-argillosa	11	18,5	29	26	-0	-
U5	Substrato roccioso (calcari marnosi)	>50	25	45	-	-	20

dove:

(*) Per quanto concerne il terreno di riporto il valore dell'angolo di resistenza al taglio è stato volontariamente sottostimato (ϕ' = 28°) rispetto a quanto ottenuto mediando i risultati utilizzando le n°3 formule sopra indicate (ϕ' = 30°). Si è ritenuto più corretto stimare il valore dell'angolo di resistenza anche sulla base delle osservazioni effettuate durante le operazioni di perforazione del sondaggio, in quanto si è evidenziata per i depositi costituenti il materiale di riporto una bassa resistenza alla perforazione dell'utensile di carotaggio.

γ': Peso di Volume

ϕ': Angolo di resistenza al taglio

ϕ_{cv}: Angolo di resistenza al taglio a volume costante (Lambe & Whitman, 1969)

c': Coesione drenata

c_u Coesione non drenata

Il valore dell'angolo di resistenza al taglio ϕ' stimato rappresenta un valore di picco che risulta non compatibile con i valori di Q_{limite} ottenibili. Infatti, secondo *Yamaguchi et al. (1977)*, il raggiungimento della Q_{limite} si ha in corrispondenza di elevate deformazioni, ovvero quando il comportamento del materiale incoerente risulta caratterizzato dall'assenza di variazioni di volume e la resistenza disponibile è quella corrispondente allo stato critico, individuato dall'angolo a volume costante (ϕ_{cv}). I valori dell'angolo a volume costante sono stati stimati sulla base di quanto indicato da *Lambe & Whitman (1969)*.

L'analisi dei parametri geotecnici caratteristici precedentemente stimati ed indicati nella tabella sopra riportata evidenzia che le unità geotecniche U1 (terreno di riporto) e U5A (ghiaia limoso sabbiosa, con clasti poligenici) sono caratterizzate da mediocri parametri geotecnici.

Le unità geotecniche U2-U3-U4 che rappresentano i depositi fluviali costituiti da ghiaia eterometrica con sabbia e trovanti, clasti prevalentemente calcareo marnosi e trovanti in matrice sabbiosa sono caratterizzati mediamente da buoni parametri geotecnici.

Il sottostante substrato roccioso (U5), costituito prevalentemente da calcari marnosi, sulla base di dati delle prove SPT nel sondaggio S2 del gennaio 2020 e di dati inerenti indagini pregresse, risulterebbe caratterizzato da buoni a ottimi parametri geotecnici.

ALLEGATI

- **ALLEGATO 1: Stratigrafie e foto sondaggi geognostici S1-S2-S3 (gennaio 2020)**
- **ALLEGATO 2: Elaborati indagini sismiche M_A-M_B (Prove MASW, gennaio 2020)**
- **ALLEGATO 3: Planimetria con indicate le indagini eseguite (gennaio 2020) e quelle pregresse utilizzate**
-

R.T.P.:
Mandataria: Edes Ingegneri Associati
Mandanti: Enarch S.r.l.
Dott. Ing. Andrea Mascaro
Dott. Ing. Silvia Matarrese
Dott. Archeol. Fabrizio Del Prete

ALLEGATO 1

Stratigrafie e foto sondaggi geognostici S1-S2-S3 (gennaio 2020)

STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Sigla sondaggio **S1**

Committente:	**Comune di Genova**
Cantiere:	**Adeguamento idraulico**
Località:	**Rii Veilino e S'Antonino**
Data:	**Inizio e fine 21/01/2020**
Quota:	**p.c.**

Dati di perforazione - computo metrico

Tipo e diametro di perforazione: *carotaggio continuo - 101 mm*
Rivestimento diam. 127 mm: *13.50 m* Casse: *n. 3*
Carotiere semplice: 15.00 *m*
Carotiere doppio: -
Corona diamantata: -
Strumentazione*:* -

Litologia	Profondità e potenza strato (m)	Descrizione litologica	% Carotaggio	Manovre % RQD	Campioni	Prove geotecniche in foro: Standard Penetration Test (prof. / Risutato / N_{spt})	Lefranc	Lugeon	Menard	Inclinometro	Piezometro a tubo aperto	Utensile: Carotiere semplice	Carotiere doppio	Corona Diamantata	Falda
	0,00		10 30 50 70 90	10 30 50 70 90		prof. / Risutato / N_{spt}				76 mm	2"				
		2.00	Terreno di riporto: ghiaie eterometriche limoso-sabbiose e limoso-argillose.												
	2.00	3.80	Ghiaia limoso-sabbiosa, clasti poligenici.			2.00 / 11 - 34 - R / R 2.45 4.00 / 28 - R / R 4.45									
	5.80	5.00	Ghiaia eterometrica con sabbia e trovanti, clasti prevalentemente calcareo-marnosi.	100		6.00 / R / R 6.45									21/01/2020 5.40
	10.80	3.00	Trovanti in matrice ghiaioso-sabbiosa.												
	13.80	1.20	Ghiaia fine e sabbia in matrice limoso-argillosa.			15.00 / 4 - 6 - 5 / 11 15.45						15.00			
	15.00 20,00														



Sondaggio S1: da 0.00 m a 5.00 m



Sondaggio S1: da 5.00 m a 10.00 m



Sondaggio S1: da 10.00 m a 15.00 m

STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Sigla sondaggio **S2**

Committente:	**Comune di Genova**
Cantiere:	**Adeguamento idraulico**
Località:	**Rii Veilino e S'Antonino**
Data:	**Inizio e fine 28/01/2020**
Quota:	**p.c.**

Dati di perforazione - computo metrico

Tipo e diametro di perforazione: *carotaggio continuo - 101 mm*
Rivestimento diam. 127 mm: *3.00 m* Casse: *n. 2*
Carotiere semplice: *2.40 m*
Carotiere doppio: *7.60 m*
Corona diamantata: *7.60 m*
Strumentazione*: -*

Litologia	Profondità e potenza strato (m)	Descrizione litologica	% Carotaggio	Manovre % RQD	Campioni	Prove geotecniche in foro: Standard Penetration Test (prof. / Risutato / N_{spt})	Lefranc	Lugeon	Menard	Inclinometro	Piezometro a tubo aperto	Utensile: Carotiere semplice	Utensile: Carotiere doppio	Utensile: Corona Diamantata	Falda
	0,00		10 30 50 70 90	10 30 50 70 90		prof. / Risutato / N_{spt}				76 mm	2"				
		0.80 Terreno di riporto: ghiaia e clasti in matrice sabbiosa.	100	0.70											
	0.80	1.50 Ghiaia in matrice sabbiosa e limoso-argillosa, rari clasti.		2.00		2.00 / 5 - 7 - R / R									
	2.30	6.50 Substrato roccioso costituito da calcari marnosi di colore grigio compatto, a tratti da mediamente a molto fratturato e con presenza di livelli argillosi.		2.40 (26) 3.70 (64) 5.00 5.60 6.30 (24) 7.20 (21) 8.40 (45) 8.80		2.45						2.40			28/01/2020 4.55
	8.80	1.20 Substrato roccioso costituito da calcari marnosi di colore grigio, molto fratturati e degradati, in parte argillificati.		10.00											
	10.00												10.00	10.00	
	20,00														



Sondaggio S2: da 0.00 m a 5.00 m



Sondaggio S2: da 5.00 m a 10.00 m

STRATIGRAFIA SONDAGGIO GEOGNOSTICO

Sigla sondaggio **S3**

Committente:	**Comune di Genova**
Cantiere:	**Adeguamento idraulico**
Località:	**Rii Veilino e S'Antonino**
Data:	**Inizio e fine 24/01/2020**
Quota:	**p.c.**

Dati di perforazione - computo metrico

Tipo e diametro di perforazione: *carotaggio continuo - 101 mm*
Rivestimento diam. 127 mm: *8.50 m* Casse: *n. 2*
Carotiere semplice: *10.00 m*
Carotiere doppio: -
Corona diamantata: -
Strumentazione*:* -

Litologia	Profondità e potenza strato (m)	Descrizione litologica	% Carotaggio	Manovre % RQD	Campioni	Prove geotecniche in foro: Standard Penetration Test (prof. / Risultato / N_{spt})	Lefranc	Lugeon	Menard	Inclinometro	Piezometro a tubo aperto	Utensile: Carotiere semplice	Carotiere doppio	Corona Diamantata	Falda
	0,00		10 30 50 70 90	10 30 50 70 90		prof. / Risultato / N_{spt}				76 mm	2"				
		Terreno di riporto: ghiaia in matrice sabbiosa e limoso-sabbiosa.		0.80		2.00 / 6 - 8 - 9 / 17									
	2.50 (2.50)			2.00		2.45									
		Ghiaia limoso-sabbiosa; clasti poligenici.		3.50											
	4.00 (1.50)			4.00		4.00 / 16 - R / R									
		Ghiaia eterometrica con sabbia e trovanti, clasti prevalentemente calcareo-marnosi.	100	4.30		4.45									
				5.70											
	7.00 (3.00)			6.00		6.00 / 24 - 36 - R / R									24/01/2020
		Trovanti in matrice ghiaioso-sabbiosa.		6.40		6.45									6.30
				7.40											
	10.00 (3.00)			8.00								10.00			
				8.50											
	20,00			9.20											
				10.00											



Sondaggio S3: da 0.00 m a 5.00 m



Sondaggio S3: da 5.00 m a 10.00 m

R.T.P.:
Mandataria: Edes Ingegneri Associati
Mandanti: Enarch S.r.l.
Dott. Ing. Andrea Mascaro
Dott. Ing. Silvia Matarrese
Dott. Archeol. Fabrizio Del Prete

ALLEGATO 2

Elaborati indagini sismiche M_A-M_B (Prove MASW, gennaio 2020)



Ubicazione indagine MASW M_A



Posizionamento indagine MASW M_A

EDes Ingegneri Associati
via Postumia 49
10142 TORINO

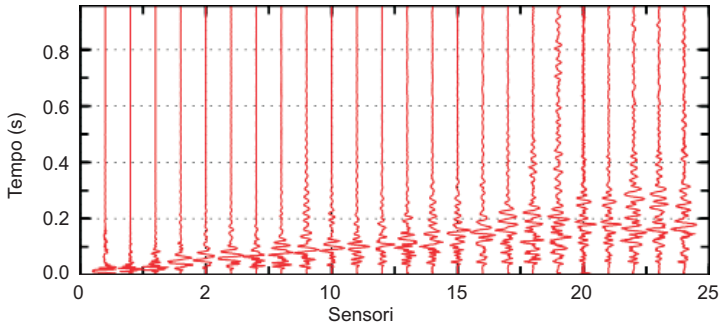
ELABORAZIONE PROVA MASW

COMMITTENTE: Comune di GENOVA
CANTIERE: Adeguamento idraulico Rivi Veilino e Sant'Antonino
LOCALITA': Genova
DATA: 22/01/2020

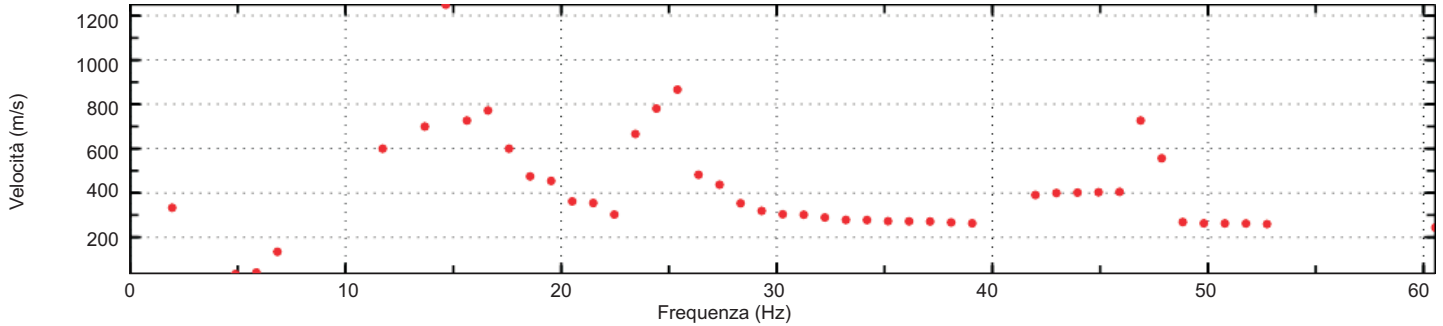
Lunghezza stesa: 48 m
Distanza intergeofonica: 2 m
N° geofoni: 24 a 4.5 Hz
Energizzazione: Mazza 10 Kg

STESA A

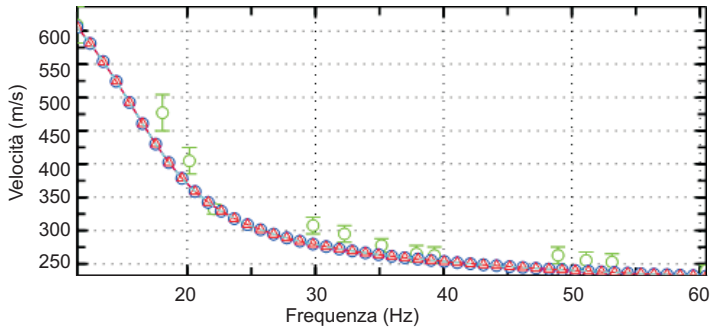
Tracce acquisizioni



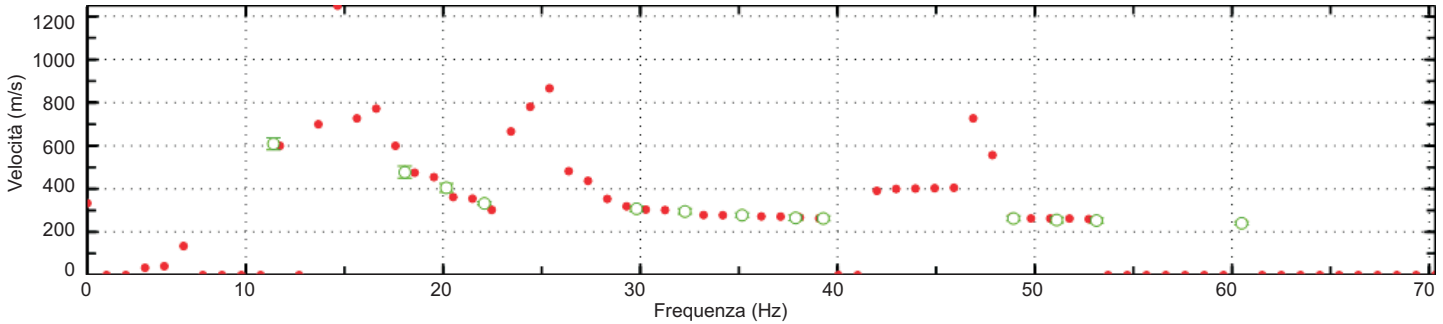
Curva di dispersione sperimentale



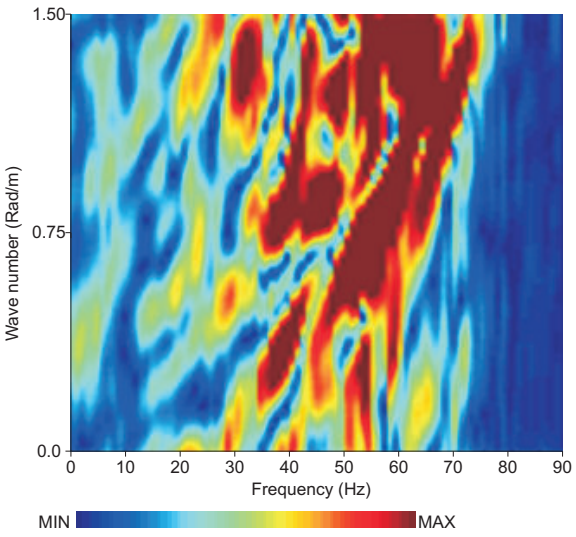
Curve di dispersione elaborate



Curva di dispersione

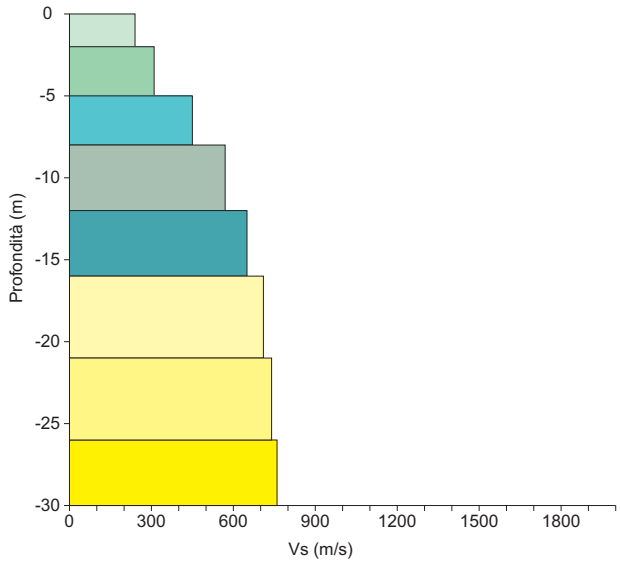


Spettro f/k



CLASSIFICAZIONE SISMICA

Strato	Profondità (m) da	a	Vs (m/s)
1	0.0	-2.0	240
2	-2.0	-5.0	310
3	-5.0	-8.0	450
4	-8.0	-12.0	570
5	-12.0	-16.0	650
6	-16.0	-21.0	710
7	-21.0	-26.0	740
8	-26.0	-30.0	760



Vs30 = 527 m/s
Vs,eq = 527 m/s
Categoria di sottosuolo B
D.M. 17/01/2018

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.



Ubicazione indagine MASW M_B



Posizionamento indagine MASW M_B

EDes Ingegneri Associati
via Postumia 49
10142 TORINO

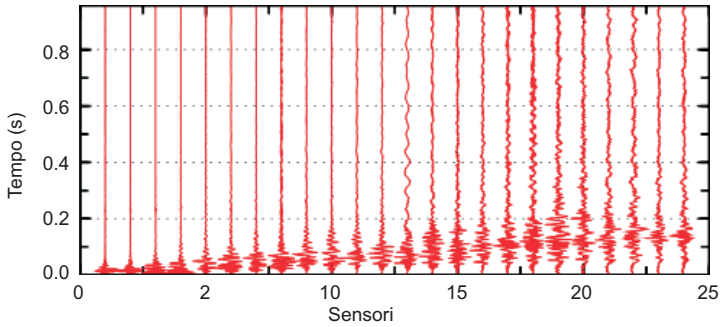
ELABORAZIONE PROVA MASW

COMMITTENTE: Comune di GENOVA
CANTIERE: Adeguamento idraulico Rivi Veilino e Sant'Antonino
LOCALITA': Genova
DATA: 22/01/2020

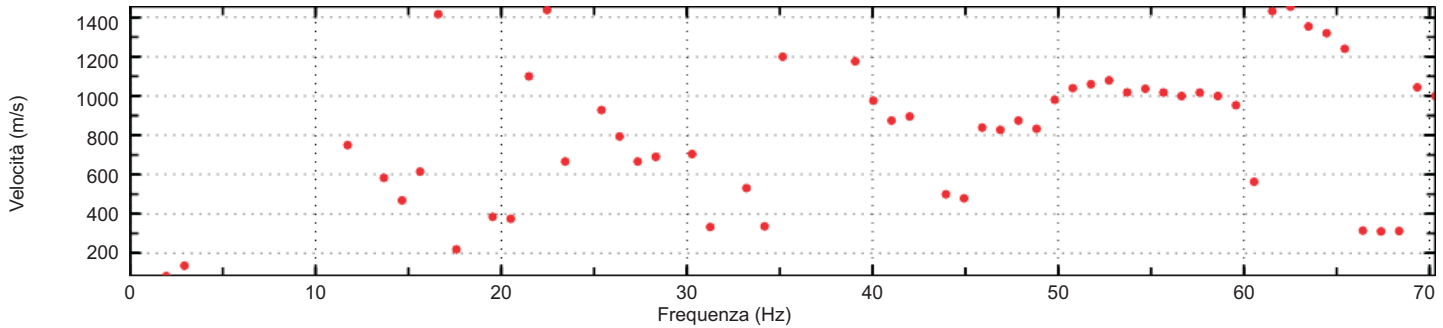
Lunghezza stesa: 48 m
Distanza intergeofonica: 2 m
N° geofoni: 24 a 4.5 Hz
Energizzazione: Mazza 10 Kg

STESA B

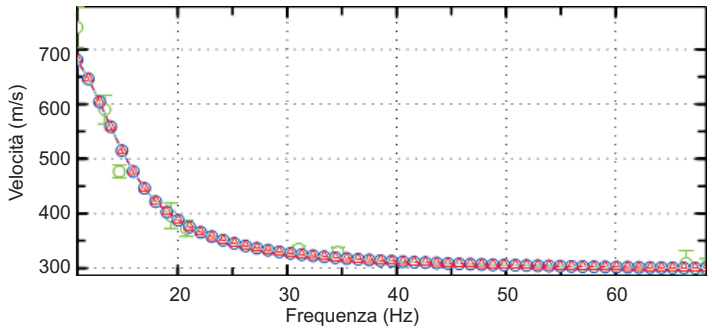
Tracce acquisizioni



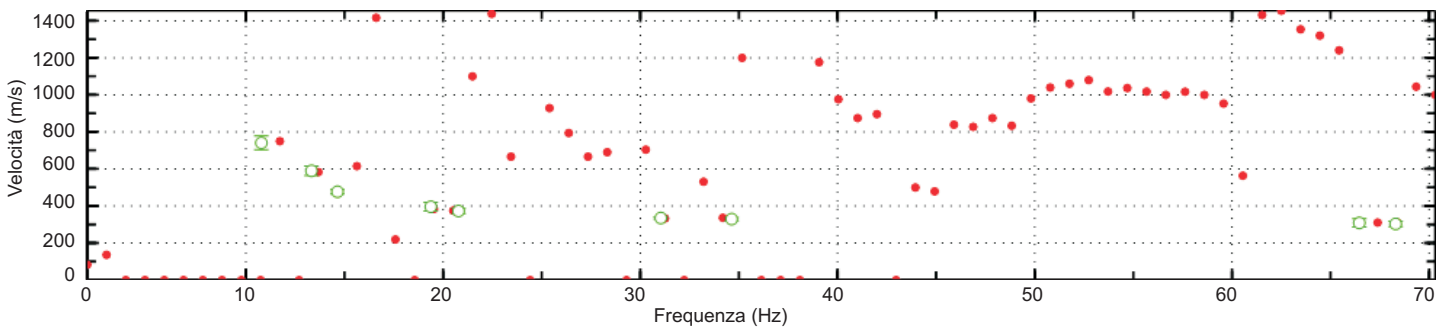
Curva di dispersione sperimentale



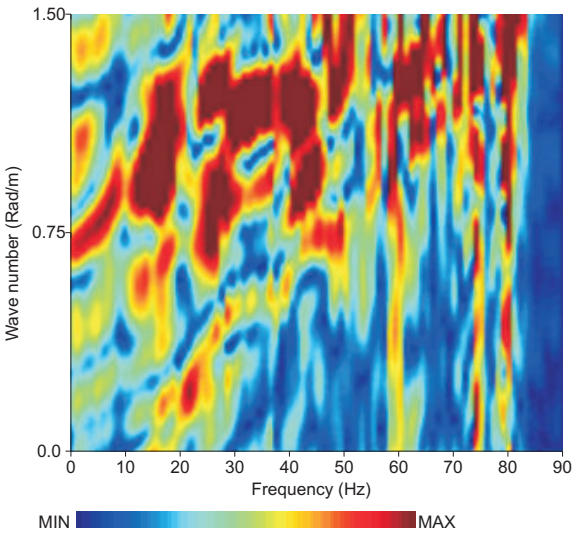
Curve di dispersione elaborate



Curva di dispersione

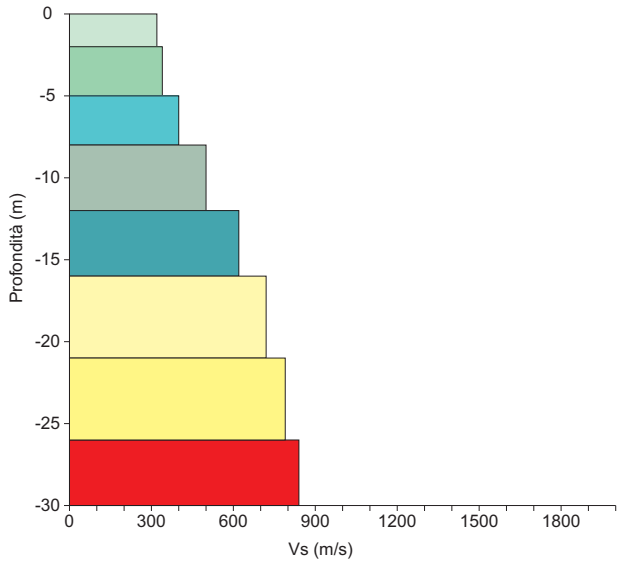


Spettro f/k



CLASSIFICAZIONE SISMICA

Strato	Profondità (m) da	a	Vs (m/s)
1	0.0	-2.0	320
2	-2.0	-5.0	340
3	-5.0	-8.0	400
4	-8.0	-12.0	500
5	-12.0	-16.0	620
6	-16.0	-21.0	720
7	-21.0	-26.0	790
8	-26.0	-30.0	840



Vs30 = 545 m/s
Vs,eq = 517 m/s
Categoria di sottosuolo B
D.M. 17/01/2018

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

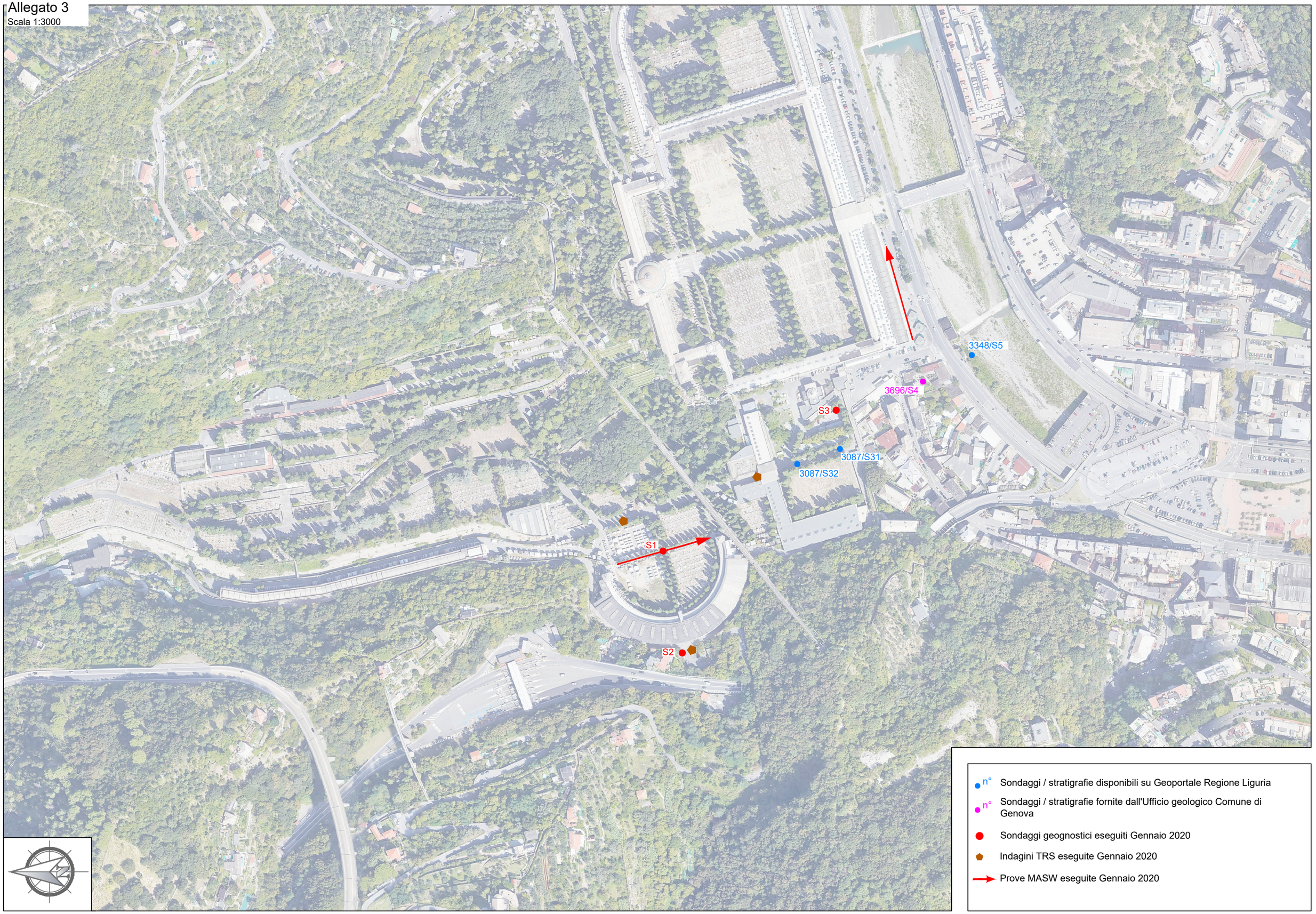
R.T.P.:
Mandataria: Edes Ingegneri Associati
Mandanti: Enarch S.r.l.
Dott. Ing. Andrea Mascaro
Dott. Ing. Silvia Matarrese
Dott. Archeol. Fabrizio Del Prete

ALLEGATO 3

Planimetria con indicate le indagini eseguite (gennaio 2020) e quelle pregresse utilizzate

Allegato 3

Scala 1:3000



- n° Sondaggi / stratigrafie disponibili su Geoportale Regione Liguria
- n° Sondaggi / stratigrafie fornite dall'Ufficio geologico Comune di Genova
- Sondaggi geognostici eseguiti Gennaio 2020
- Indagini TRS eseguite Gennaio 2020
- Prove MASW eseguite Gennaio 2020