

Accordo con Regione Liguria, Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale e Comune di Genova del 14/10/2021

SVINCOLO DI PEGLI ADEGUAMENTO VIABILITA' DI COLLEGAMENTO CON S.S.1

PROGETTO DEFINITIVO


DOCUMENTAZIONE GENERALE

GEOLOGIA

Relazione geologica

IL GEOLOGO Dott. Enrico Maranini Ord. Geol. Emilia Romagna N. 1056 Responsabile Geologia	IL RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Stefano Francia Ord. Ingg. Genova N. 5895	IL DIRETTORE TECNICO Ing. Piero Bongio Ord. Ingg. Sondrio N. A538 T.A. - Geologia e Geotecnica
--	---	--

CODICE IDENTIFICATIVO											ORDINATORE
RIFERIMENTO PROGETTO			RIFERIMENTO DIRETTORIO				RIFERIMENTO ELABORATO				
Codice Commessa	Lotto, Sub-Prog. Cod. Appalto	Fase	Capitolo	Paragrafo	W B S	Parte d'opera	Tip.	Disciplina	Progressivo	Rev.	
T0903	LL02	PD	DG	GEO	00000	00000	R	GEO	0001	-0	SCALA

	ENGINEER COORDINATOR: Ing. Stefano Francia Ord. Ingg. Genova N. 5895	SUPPORTO SPECIALISTICO:	REVISIONE	
			n.	data
			0	FEBBRAIO 2023
REDATTO:		VERIFICATO:		

	VISTO DEL COMMITTENTE  IL RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Luciano Bertilone	VISTO DEL CONCEDENTE  Ministero delle Infrastrutture e della mobilità sostenibili <small>DIPARTIMENTO PER LA PROGRAMMAZIONE, LE INFRASTRUTTURE DI TRASPORTO A RETE E I SISTEMI INFORMATIVI</small>
--	--	--

Sommario

PREMESSA	4
1 INQUADRAMENTO NORMATIVO	5
2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	6
3 INDAGINI GEOGNOSTICHE	8
3.1 INDAGINI BIBLIOGRAFICHE E PREGRESSE	8
3.2 INDAGINI DI PROGETTO	11
4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	13
4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	13
4.2 ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE	14
4.2.1 <i>Cartografia geologica CARG</i>	14
4.2.2 <i>Cartografia geologica del Comune di Genova</i>	16
4.2.3 <i>Ricostruzione stratigrafica nell'area di progetto</i>	17
4.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	23
4.4 COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA CON CARTOGRAFIE DI ENTI E ISTITUZIONI	25
4.4.1 <i>Verifica delle criticità geomorfologiche con la cartografia dell'Autorità di Bacino del Torrente Varenna e Ambiti 12-13</i>	25
4.4.2 <i>Verifica delle criticità geomorfologiche con la cartografia del progetto IFFI</i>	30
4.4.3 <i>Verifica delle criticità geologiche con la cartografia delle Pietre Verdi (Regione Liguria)</i>	31
4.5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	33
4.5.1 <i>Inquadramento idrogeologico generale</i>	33
4.5.2 <i>Reticolo idrografico</i>	35
4.5.3 <i>Piezometria</i>	35
5 INQUADRAMENTO SISMICO	37
5.1 SISMICITÀ STORICA (DAL 1000 AL 2021)	37
5.2 SISMICITÀ RECENTE (DAL 1985 AL 2021).....	39
5.3 FAGLIE CAPACI.....	39
5.4 SORGENTI SISMOGENETICHE.....	40
5.5 CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	42
5.6 CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO	43
5.6.1 <i>Categoria di sottosuolo e frequenza di risonanza dei depositi</i>	45
5.6.2 <i>Microzonazione sismica</i>	46
6 CONCLUSIONI	48
7 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	49

LISTA DELLE FIGURE

FIGURA 2.1:	AREA DI INTERVENTO (IMMAGINE DA GOOGLE EARTH).....	6
FIGURA 2.2:	AREA DI INTERVENTO (DA CTR REGIONALE SCALA 1:10000)	7
FIGURA 2.3:	PROFILO LONGITUDINALE DI PROGETTO E STRALCIO PLANIMETRICO DEL PROGETTO.....	7
FIGURA 3.1.	STRALCIO DI PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI DAL DATABASE REGIONALE – ZONA CASELLO GENOVA PEGLI – VIA REGGIO.....	9
FIGURA 3.2.	STRALCIO DI PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI DEL DATABASE REGIONALE – ZONA STABILIMENTO “ATTILIO CARMAGNANI AC”	9
FIGURA 3.3.	STRALCIO DI PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI DEL DATABASE REGIONALE – ZONA VIA AURELIA – VIA S. PACORET DE SAINT BON – VIA RONCHI.....	10
FIGURA 3.4.	TRACCIA DEL MICROTUNNEL DI COLLEGAMENTO PORTO PETROLI DI GENOVA MULTEDO – DEPOSITO ENI “FONDEGA”	10
FIGURA 3.5.	SEZIONE GEOLOGICA DEL MICROTUNNEL DI COLLEGAMENTO PORTO PETROLI DI GENOVA MULTEDO – DEPOSITO ENI “FONDEGA” (ESTRATTO DA OLCESE ET AL., 2005)	11
FIGURA 3.6.	PLANIMETRIA DI UBICAZIONE DELLE INDAGINI, DI PROGETTO E BIBLIOGRAFICHE	12
FIGURA 4.1.	SCHEMA TETTONICO DELL’AREA GENOVESE (CAPPONI E CRISPINI, 2008; SCALA GRAFICA).....	14
FIGURA 4.2.	CARTA GEOLOGICA DELL’AREA VASTA (DA CARTA GEOLOGICA D’ITALIA ALLA SCALA 1:50000). AREA DI PROGETTO CERCHIATA IN ROSSO	15
FIGURA 4.3.	CARTA GEOLOGICA DELL’AREA DA PUC DEL COMUNE DI GENOVA (AREA DI PROGETTO CERCHIATA IN ROSSO)	17
FIGURA 4.4.	INDAGINI DISPONIBILI NEI PRESSI DELL’AREA DI PROGETTO, SETTORE SETTENTRIONALE PROSSIMITÀ CASELLO AUTOSTRADALE, SIA DI PROGETTO CHE BIBLIOGRAFICHE. È CERCHIATO IL SUBSTRATO (AZZURRO – CALCESCISTI), CON RELATIVA PROFONDITÀ DA P.C., IN BLU È INDICATA LA PROFONDITÀ DELLA FALDA, QUALORA DISPONIBILE.	18
FIGURA 4.5.	INDAGINI DISPONIBILI NEI PRESSI DELL’AREA DI PROGETTO, SETTORE CENTRALE AREA STABILIMENTO CHIMICO CARMAGNANI, SIA DI PROGETTO CHE BIBLIOGRAFICHE. È CERCHIATO IL SUBSTRATO (AZZURRO – CALCESCISTI), CON RELATIVA PROFONDITÀ DA P.C., IN BLU È INDICATA LA PROFONDITÀ DELLA FALDA, QUALORA DISPONIBILE.	19
FIGURA 4.6.	INDAGINI DISPONIBILI NEI PRESSI DELL’AREA DI PROGETTO, SIA DI PROGETTO CHE BIBLIOGRAFICHE. CON DIVERSO COLORE È CERCHIATO IL SUBSTRATO (GIALLO - ARGILLE DI ORTOVERO; AZZURRO – CALCESCISTI; VERDE - BRECCIE), CON RELATIVA PROFONDITÀ DA P.C., IN BLU È INDICATA LA PROFONDITÀ DELLA FALDA, QUALORA DISPONIBILE.	20
FIGURA 4.7.	ESTRATTO DELLA CARTA GEOLOGIA DEL SUBSTRATO SOTTOSTANTE LE COPERTURE DETRITICHE E ANTROPICHE	22
FIGURA 4.8.	ESTRATTO DELLA SEZIONE GEOLOGICA IN ASSE AL TRACCIATO DI PROGETTO.....	23
FIGURA 4-9 –	BACINO DEL TORRENTE VARENNA	24
FIGURA 4.10.	ESTRATTO DELLA CARTA GEOMORFOLOGICA DELL’AREA DA PUC. DEL COMUNE DI GENOVA (2014). AREA DI PROGETTO EVIDENZIATA IN CERCHIO ROSSO	25
FIGURA 4.11.	ESTRATTO DELLA CARTA DEL RISCHIO GEOLOGICO DEL T. VARENNA. AREA DI PROGETTO EVIDENZIATA IN CERCHIO ROSSO ..	26
FIGURA 4.12.	ESTRATTO DELLA CARTA DEL RISCHIO GEOLOGICO DEGLI AMBITI 12-13. AREA DI PROGETTO EVIDENZIATA IN CERCHIO ROSSO ..	27
FIGURA 4.13.	ESTRATTO DELLA CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO GEOLOGICO DEL T. VARENNA. AREA DI PROGETTO EVIDENZIATA IN CERCHIO ROSSO	28
FIGURA 4.14.	ESTRATTO DELLA CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ AL DISSESTO GEOLOGICO DEGLI AMBITI 12-13. AREA DI PROGETTO EVIDENZIATA IN CERCHIO ROSSO	28
FIGURA 4.15.	ESTRATTO DELLA CARTA DELLA FRANOSITÀ DAI PDB DEL VARENNA E DEGLI AMBITI 12-13. AREA DI PROGETTO EVIDENZIATA IN QUADRATO ROSSO.....	29
FIGURA 4.16.	ESTRATTO DELLA CARTA DELLE AREE INONDABILI E STORICAMENTE INONDATE (PDB T. VARENNA, 2017). AREA DI PROGETTO EVIDENZIATA IN CERCHIO ROSSO.....	29
FIGURA 4.17.	ESTRATTO DELLA CARTA DELLE AREE INONDABILI E STORICAMENTE INONDATE (PDB AMBITI 12 E 13, 2022). AREA DI PROGETTO EVIDENZIATA IN CERCHIO ROSSO.....	30
FIGURA 4.18.	ESTRATTO DELLA CARTA DELLA FRANOSITÀ (IFFI, 2017). AREA DI PROGETTO EVIDENZIATA IN CERCHIO ROSSO	31
FIGURA 4.19.	ESTRATTO DELLA CARTOGRAFIA PIETRE VERDI (REGIONE LIGURIA, 2017)	32
FIGURA 4.20.	PERMEABILITÀ DELL’AREA DI PROGETTO DA PUC GENOVA (2014). AREA DI PROGETTO EVIDENZIATA DA CERCHIO ROSSO. .	34
FIGURA 4.21:	IDROGRAFIA DELL’AREA DI PROGETTO (AREA DI PROGETTO CERCHIATA IN ROSSO).....	35
FIGURA 5.1.	MAGNITUDO DEI TERREMOTI IN LIGURIA ESTRATTI DAL CPTI15.....	37
FIGURA 5.2.	INTENSITÀ MASSIMA RISENTITA DEI TERREMOTI IN UN RAGGIO PARI A 40 KM DAL SITO, ESTRATTI DAL CPTI15.....	38
FIGURA 5.3.	INTENSITÀ MASSIME (MCS) DEI TERREMOTI RISENTITI A GENOVA, ESTRATTE DAL CPTI15, SULLA BASE DELLA SISMICITÀ ...	38
FIGURA 5-4 –	DATABASE ISIDE - PERIODO 1985 – DICEMBRE 2021. MAPPATURA DEI SISMI CON MAGNITUDO > 3	39
FIGURA 5.5.	MAPPA DELLE FAGLIE CAPACI NELL’INTORNO DELL’AREA DI PROGETTO (SGI-ISPRA, 2020)	40

FIGURA 5.6.	MAPPA DELLE SORGENTI SISMOGENETICHE NELL'AREA DEL MAR LIGURE (DISS WORKING GROUP, 2018)	41
FIGURA 5.7:	CLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE LIGURIA (DA WWW.REGIONE.LIGURIA.IT)	43
FIGURA 5.8:	ANALISI DI DISAGGREGAZIONE DI A(G) CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO DEL 10% IN 50 ANNI – Tr 1000 ANNI, SECONDO LA MAPPA INTERATTIVA DI PERICOLOSITÀ SISMICA PER L'AREA DI INTERESSE (INGV, 2022 – MPS04-S1)	44
FIGURA 5-9 -	RAPPRESENTAZIONE DELLE VELOCITÀ VS CON LA PROFONDITÀ CALCOLATE DALLA PROVA MASW (INTERPRETAZIONE AKRON SRL, 2021).....	45
FIGURA 5-10 –	RESTITUZIONE DELLA PROVA HVSR (INTERPRETAZIONE AKRON SRL, 2021).....	46
FIGURA 5.11.	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA” ASSOCIATA AL PUC DEL COMUNE DI GENOVA.....	47

PREMESSA

La presente relazione geologica è stata redatta a corredo del progetto di nuova viabilità che permetterebbe il collegamento diretto tra il casello autostradale di Pegli e la SS1 Aurelia, mediante un tracciato da realizzarsi prevalentemente in galleria artificiale, con arrivo in rotonda sulla SS1 Aurelia, in prossimità della costa.

Scopo della relazione è l'analisi delle caratteristiche geologiche geomorfologiche e idrogeologiche della zona di interesse progettuale al fine di valutare la compatibilità dell'opera con le caratteristiche geologiche geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche del sito.

Nei riguardi dell'inquadramento geologico e geomorfologico il lavoro definisce l'assetto strutturale e litostratigrafico, la morfologia evolutiva del territorio e la verifica degli elementi di rischio esistenti, soprattutto in relazione agli strumenti di pianificazione emessi dagli Enti competenti.

Nei riguardi dell'inquadramento idrogeologico il lavoro definisce i complessi idrogeologici identificati nell'area di studio e la ricostruzione della superficie piezometrica.

Infine, nei riguardi dell'inquadramento sismico il lavoro identifica la sismicità storica e recente e la pericolosità sismica e la categoria sismica di suolo derivabile dalle indagini geofisiche disponibili.

Si rimanda agli elaborati geotecnici e strutturali per la definizione dei parametri caratteristici di calcolo e verifica per il progetto, comprese le eventuali verifiche di liquefazione dei terreni, se dovute, una volta verificate le possibili condizioni predisponenti e scatenanti individuate dalla normativa. Agli stessi elaborati geotecnici si rimanda anche per la definizione dei parametri sismici di progetto.

Le indagini geognostiche di riferimento sono contenute in fascicoli a parte allegati al progetto.

1 INQUADRAMENTO NORMATIVO

Lo studio è stato realizzato nel rispetto e in ottemperanza alla normativa vigente, ed elencata di seguito.

- Legge 464/84. Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio geologico (Dipartimento Difesa del Suolo dell'APAT) della Direzione generale delle miniere del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale.
- Ministero delle Infrastrutture e degli Interni (2008). NTC 2008: Norme Tecniche delle Costruzioni
- Ministero delle Infrastrutture e degli Interni (2018). NTC 2018: Norme Tecniche delle Costruzioni
- Ministero delle Infrastrutture e degli Interni (2019). Circolare n.7 C.S.LL.PP: Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri (2003). Ordinanza OPCM 3274/2003: Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- Presidenza del Consiglio dei Ministri (2006). Ordinanza OPCM 3519/2006: Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
- Presidenza della Repubblica (2001). DPR 380/2001: Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- Regione Liguria (2017). DGR 216/2017. Aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Liguria.
- Regione Liguria (2018). DGR 962/2018. Aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Liguria.
- Regione Liguria (2010). DGR 471/2010. Criteri e linee guida regionali, ai sensi dell'art.1, comma 1 della l.r. 29/83, per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale
- Regione Liguria (2011). DGR 714/2011. Specifiche tecniche relative ai criteri e linee guida regionali, ai sensi dell'art.1, comma 1 della l.r. 29/83, per l'approfondimento degli studi geologico-tecnici e sismici a corredo della strumentazione urbanistica comunale, ad integrazione della DGR n.471/2010

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di intervento è ubicata nel quartiere genovese di Pegli Multedo, in prossimità dello svincolo autostradale di Pegli.

In particolare, il tracciato stradale di progetto si snoda tra l'uscita dello stesso svincolo sopra citato, ad una quota di circa 23 m s.l.m. alla Strada Statale Aurelia SS1, ad una quota di circa 6 m, in prossimità del ponte sul Torrente Varenna.

Il tracciato prevede, dopo un primo tratto di raccordo con la rampa di svincolo autostradale, la realizzazione dell'imbocco nord del tratto in sotterraneo in prossimità dei Giardini John Lennon in Via dei Reggio, e l'imbocco sud poco prima dell'attuale Via Aurelia, in adiacenza a Via S. Pacoret de Saint Bon, laddove si raccorda alla viabilità esistente tramite la realizzazione di una rotatoria. Nel tratto centrale del suddetto tunnel artificiale si prevede di sottopassare le aree di proprietà dello stabilimento chimico "Attilio Carmagnani AC" e la linea ferroviaria.

Si rimanda alla documentazione generale per una descrizione dettagliata dell'intervento.



Figura 2.1: Area di Intervento (immagine da Google Earth)

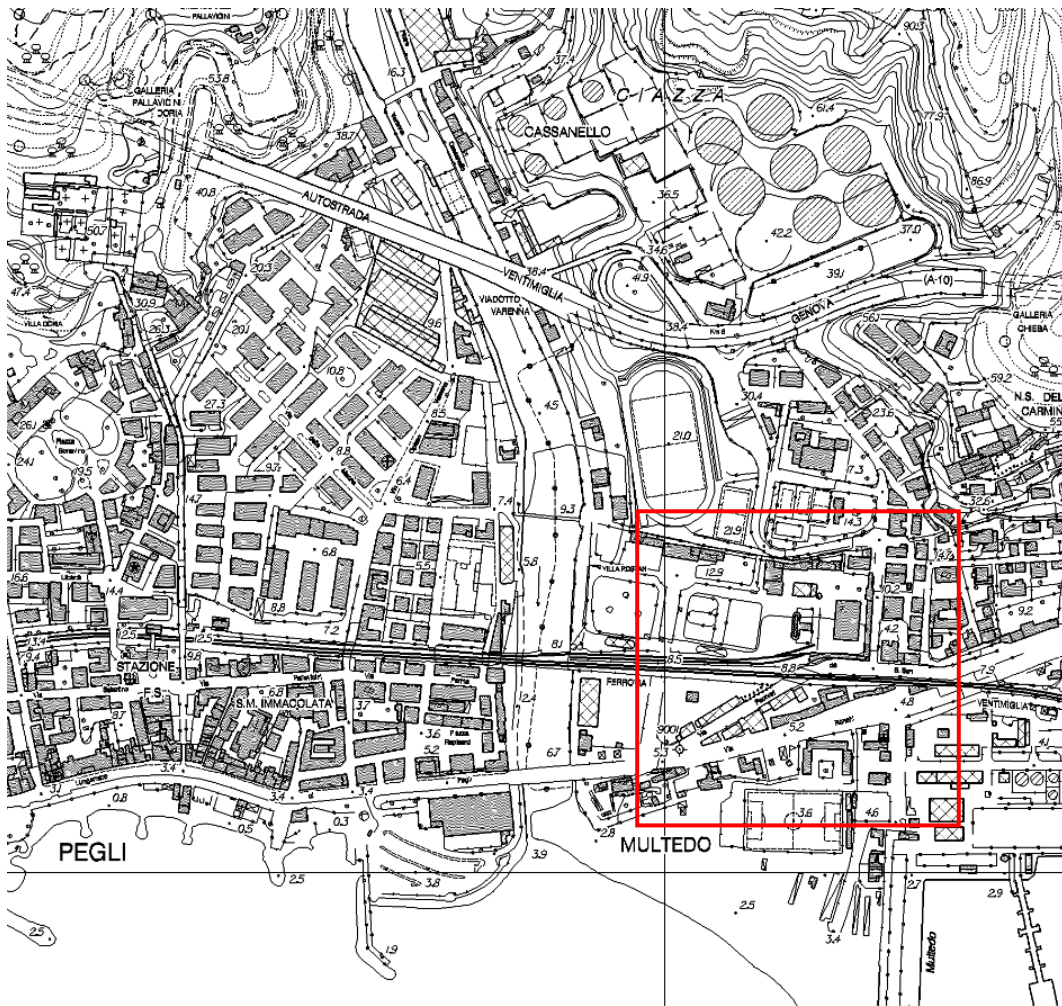


Figura 2.2: Area di Intervento (da CTR regionale scala 1:10000)

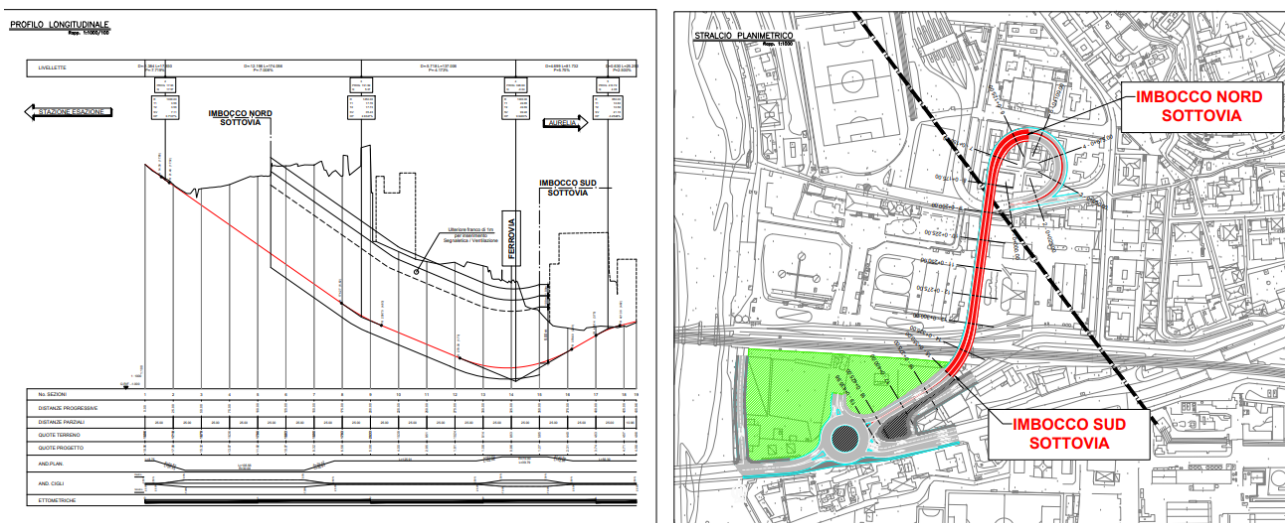


Figura 2.3: Profilo longitudinale di progetto e stralcio planimetrico del progetto

3 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per definire in via preliminare l'assetto geologico, stratigrafico ed idrogeologico dell'area in esame, sono state prese a riferimento sia informazioni bibliografiche sia dati geognostici di progetto.

3.1 INDAGINI BIBLIOGRAFICHE E PREGRESSE

Le indagini bibliografiche reperite sono costituite da:

- stratigrafie dei sondaggi del database della Regione Liguria (Repertorio Cartografico del Geoportale Regione Liguria: <https://srvcarto.regione.liguria.it/geoviewer2/pages/apps/geoportale/index.html>);
- dati contenuti nella pubblicazione riguardante la realizzazione del microtunnel di collegamento del nuovo fascio tubiero di collegamento tra il porto petrolio di Genova Multedo ed il deposito ENI 'Fondegà' di Pegli (Olcese et al.,2005);

Indagini del Geoportale della Regione Liguria

Dall'analisi del Database Regionale si sono individuati diversi sondaggi utili alla ricostruzione del modello stratigrafico per l'area in esame, di seguito elencati e rappresentati nelle relative figure.

Area settentrionale (zona casello Genova Pegli – Via dei Reggio)

- CGE 2378_4
- CGE 2378_6
- CGE 2055_1
- CGE 2055_2
- CGE 2055_3
- CGE 2055_4
- CGE 2055_5
- CGE 2048_1
- CGE 2048_2

Area centrale (zona stabilimento chimico "Attilio Carmagnani AC")

- CGE 2378_E
- CGE 2378_7
- CGE 2378_8

Area meridionale (zona Via Aurelia – Via S. Pacoret de Saint Bon)

- CGE 2452_A2
- CGE 2452_A3
- CGE 2452_A4
- CGE 2452_A5
- CGE 2452_A6
- CGE 2452_B1
- CGE 2452_B2
- CGE 2452_B3
- CGE 2452_B4

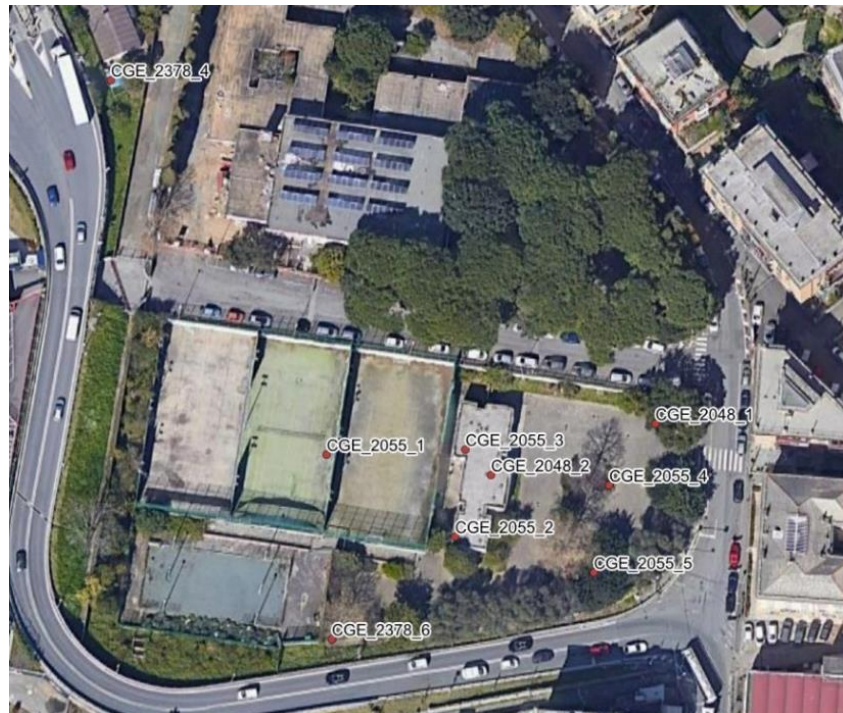


Figura 3.1. Stralcio di planimetria con ubicazione delle indagini dal database regionale – zona Casello Genova Pegli – Via Reggio

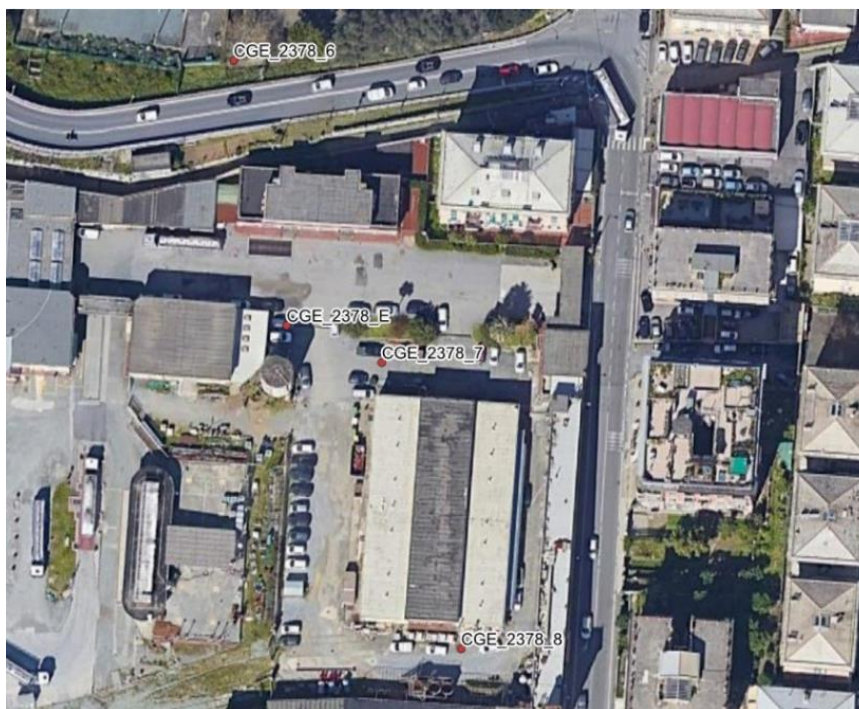


Figura 3.2. Stralcio di planimetria con ubicazione delle indagini del database regionale – zona stabilimento “Attilio Carmagnani AC”



Figura 3.3. Stralcio di planimetria con ubicazione delle indagini del database regionale – zona Via Aurelia – Via S. Pacoret de Saint Bon – Via Ronchi

Dati riferibili al microtunnel di collegamento tra il Porto Petroli di Genova Multedo ed il Deposito ENI “Fondega” di Pegli (Olcese et al., 2005)

Il microtunnel del nuovo fascio tubiero di collegamento tra il Porto Petroli di Genova Multedo ed il deposito ENI “Fondega” di Pegli, la cui traccia in superficie è rappresentata nella seguente figura, è lungo circa 1500 m ed attraversa nel suo tratto intermedio l’area del progetto stradale in oggetto.



Figura 3.4. Traccia del microtunnel di collegamento Porto Petroli di Genova Multedo – deposito ENI “Fondega”

Il rilevamento geologico e le indagini per la realizzazione del microtunnel hanno portato alla definizione di una sezione geolitologica in asse galleria, di seguito riportata ed estratta dalla pubblicazione citata.

Le formazioni interessate dal microtunnel sono le medesime che interessano il progetto in oggetto e che saranno descritte in dettaglio nei capitoli successivi, a meno di una formazione, i Calcescisti della Val Branega (Unità Tettonometamorfica Palmaro-Caffarella), che, nella pubblicazione di Olcese et al. sarebbero erroneamente identificati con la formazione del Turchino (Unità Tettonometamorfica Voltri).

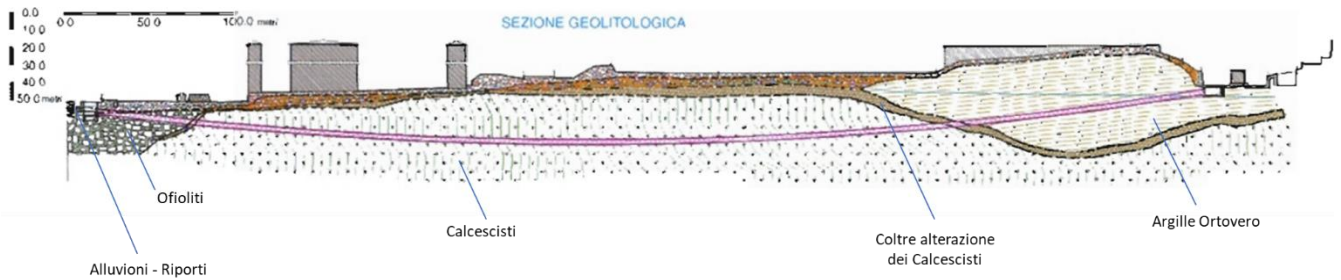


Figura 3.5. Sezione geologica del microtunnel di collegamento Porto Petroli di Genova Multedo – deposito ENI "Fondegà" (estratto da Olcese et al., 2005)

3.2 INDAGINI DI PROGETTO

Sono costituite dalle indagini geognostiche eseguite appositamente per la redazione del progetto di cui in argomento, nei mesi di settembre ed ottobre 2022.

Si sottolinea che per problemi autorizzativi in alcune aree di interesse progettuale (stabilimento chimico "Attilio Carmagnani AC") non tutte le indagini previste sono state eseguite secondo programma. In particolare, non è stato eseguito un sondaggio a carotaggio previsto proprio a margine del sottoattraversamento ferroviario, in corrispondenza del tratto in galleria più profondo e maggiormente critico. Inoltre, non è stata completata la caratterizzazione geofisica dei terreni, sia in foro che in superficie.

Ciò ha portato ad alcune indeterminanze e conseguenti assunzioni conservative che dovranno necessariamente essere risolte prima dell'emissione del progetto esecutivo.

Le indagini di progetto (Servizi Geotecnici Srl, Akron Srl, SGL Servizi Geotecnici Liguri Srl 2022) sono costituite da:

- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo (SVP1, SVP2, SPV4 e SVP5) spinti a profondità variabili tra 25 e 40 m dal piano campagna locale (p.c.), con esecuzione di prove Standard Penetration Test (SPT), prove di permeabilità Lefranc, prove pressiometriche Menard, nonché il prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati rappresentativi dei terreni attraversati, sottoposti a prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche e meccaniche. Un foro di sondaggio è stato strumentato con tubazione cieca per geofisica in foro; tre fori di sondaggio sono stati strumentati con piezometro a tubo aperto per il rilievo della falda acquifera;
- n. 1 analisi sismica di superficie di tipo MASW, per la determinazione del profilo Vs con la profondità, determinazione delle Vs.equiv. e classificazione del sottosuolo ai sensi delle NTC 2018;
- n. 1 analisi di sismica passiva di superficie di HVSr, per la valutazione dei rapporti spettrali H/V e determinazione della frequenza di risonanza dei depositi.

La seguente figura mostra l'ubicazione delle indagini eseguite. La medesima planimetria delle indagini è riportata in scala nel relativo elaborato allegato al progetto.

I certificati delle indagini sono allegati al progetto in un fascicolo a parte.

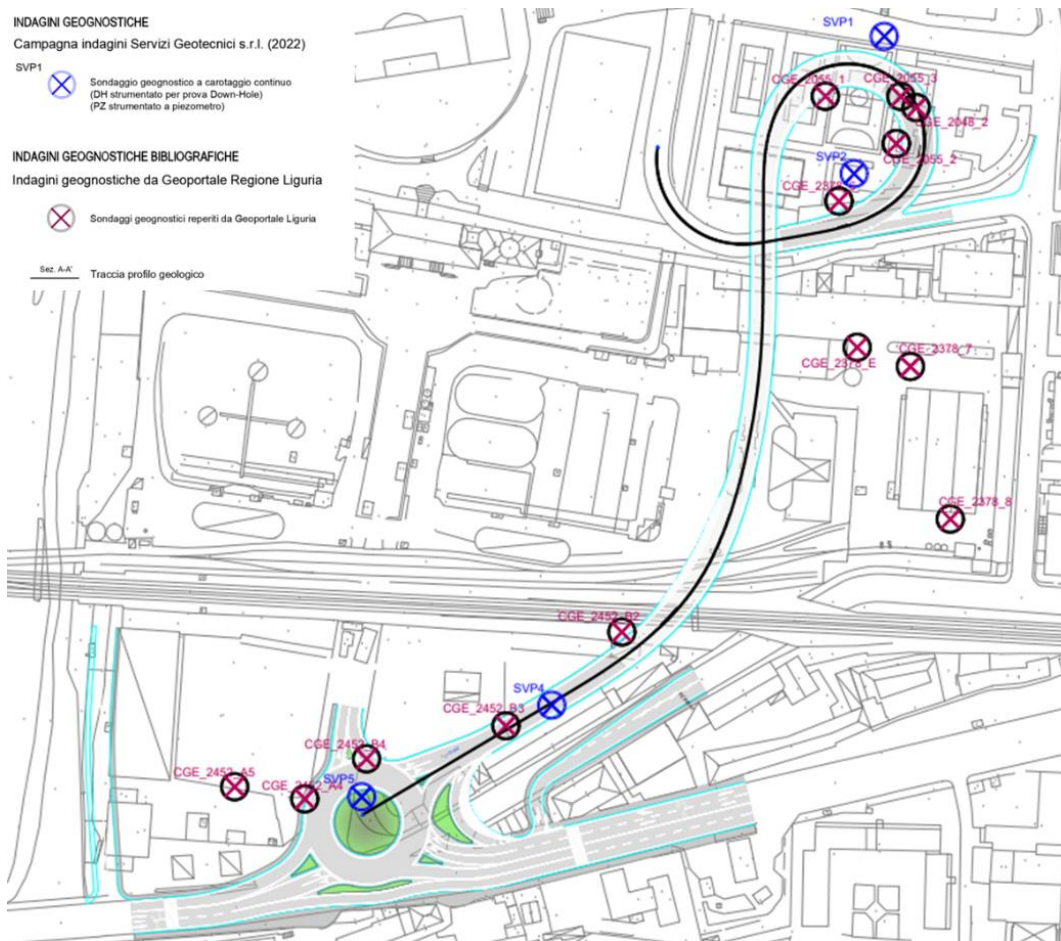


Figura 3.6. Planimetria di ubicazione delle indagini, di progetto e bibliografiche

Devono ancora essere realizzati, seppure previsti progettualmente:

- un sondaggio (SPV3) a profondità presunta di 40 m, previsto in un'area interna al perimetro dello stabilimento Carmagnani, appena più a nord del sottoattraversamento ferroviario
- una prospezione sismica di superficie a rifrazione, in onde P ed S, da eseguirsi parallelamente al tracciato di progetto in un'area interna al perimetro dello stabilimento Carmagnani, non distante dal suddetto sondaggio
- una prova sismica in foro di tipo Down-Hole, da eseguirsi all'interno del foro SVP2, per l'intera profondità di perforazione (40 m)

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area in esame si inserisce in un settore di grande complessità strutturale, di transizione tra la catena alpina e quella appenninica. L'area infatti comprende unità delle Alpi liguri che sono state dapprima coinvolte nell'evoluzione alpina a livelli più o meno profondi e che, successivamente, sono state interessate da una tettonica attribuibile all'evoluzione appenninica.

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, 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.

Il risultato finale della dinamica strutturale vede la creazione nell'area centro occidentale della città di Genova di due complessi geologici, uno occidentale, in cui ricade l'area di progetto a Pegli-Multedo, ed uno orientale, rispetto all'asse della Val Polcevera (Figura 5.1):

- il complesso occidentale è caratterizzato dalla sovrapposizione di unità di mantello e crosta oceanica e delle sue relative coperture sedimentarie, rappresentate dall'Unità Figogna, Palmaro-Caffarella, Cravasco-Voltaggio e Voltri. Queste unità risultano riequilibrata metamorficamente a differenti profondità, e quindi a diverse condizioni di pressione e temperatura, per gradienti termici da bassi a molto bassi. La similitudine nell'evoluzione tettono-metamorfica indica che alle unità di crosta oceanica sono state precocemente associate unità le cui caratteristiche litologiche suggeriscono derivazione da un margine continentale, rappresentate dalle Unità Gazzo-Isoverde e Angassino-Terma (Capponi & Crispini, 2008). Tutte queste unità sono state progressivamente esumate ed accavallate strutturalmente le une sulle altre e sull'avampaese europeo che, nell'area genovese, è rappresentato dalla poco estesa unità di Arenzano;
- il complesso orientale vede l'affioramento di unità costituite da flysch (Unità Antola, Unità Ronco, Unità Montanesi e Unità Mignanego), non metamorfiche o di basso grado metamorfico. Il ridotto grado di metamorfismo indica che durante le fasi orogenetiche sono rimaste sempre a livelli strutturali piuttosto superficiali (Capponi & Crispini, 2008), essendo principalmente interessate e strutturate durante le fasi appenniniche a seguito della rotazione del blocco Sardo-Corso.

SCHEMA TETTONICO

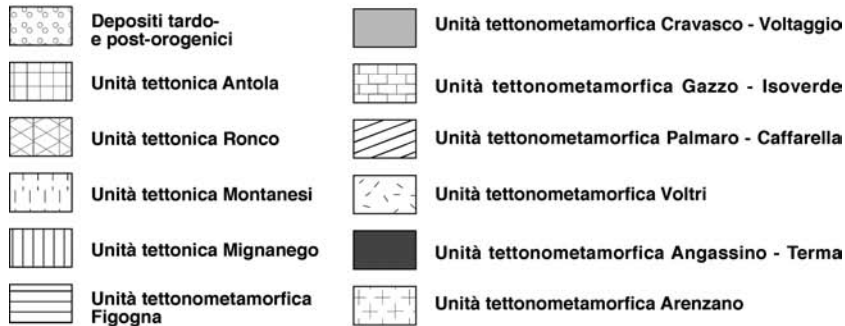
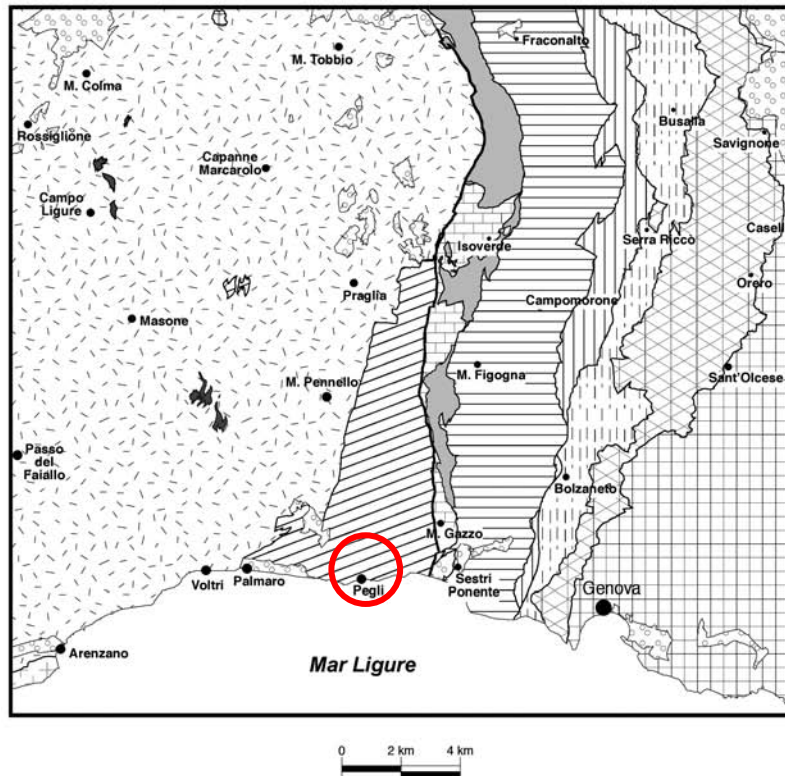


Figura 4.1. Schema tettonico dell'area genovese (Capponi e Crispini, 2008; scala grafica)

4.2 ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE

4.2.1 Cartografia geologica CARG

Sulla base della cartografia geologica CARG (Foglio n. 213-230, 1:50'000) nell'area in esame affiora la formazione dei Calcescisti della Val Branega, in contatto tettonico-stratigrafico con le sottostanti serpentiniti di San Carlo; entrambe le formazioni appartengono alla cosiddetta 'Unità Tettonometamorfica Palmaro-Caffarella', insieme ai metagabbri del Bric.

A tali formazioni si associano, in superficie, in direzione della costa e a ridosso dei corsi d'acqua, i depositi quaternari alluvionali, terrazzati e recenti.

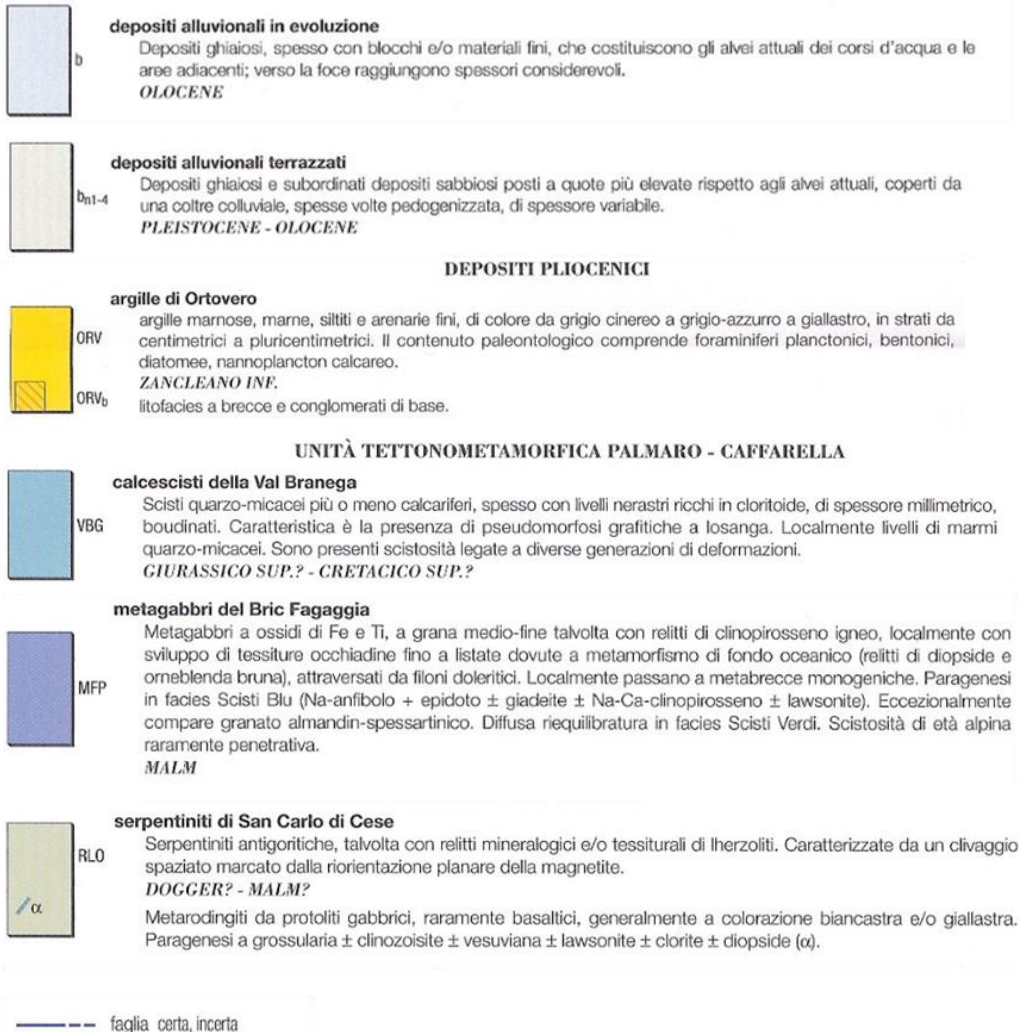


Figura 4.2. Carta Geologica dell'area vasta (da Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50000). Area di progetto cerchiata in rosso

Più in dettaglio di seguito sono riportate le caratteristiche peculiari delle formazioni che caratterizzano il substrato dell'area vasta circostante il sito in esame.

Calcescisti della Val Branega

Affiorano sui versanti a nord dell'area in esame. Sono costituiti da scisti quarzo-micacei più o meno calcariferi, calcescisti, micascisti e calcari cristallini, caratterizzati da alternanze di livelli pelitici e livelli quarzocarbonatici. Le variazioni nelle percentuali modali di calcite, quarzo e miche bianche determinano la transizione tra calcescisti, micascisti, calcari cristallini ("marmi") e i sottostanti quarzoscisti. Sono presenti scistosità legate a diverse generazioni di deformazioni. L'età presunta è compresa tra il Giurassico superiore e il Cretacico superiore.

Serpentiniti di San Carlo di Cese

Affiorano in corpi allungati in direzione N-S, a ridosso del contatto con le unità più orientali. Consistono di serpentiniti a lizardite e crisotilo, in coesistenza o completamente sostituiti da antigorite. Sono frequenti i relitti mineralogici e/o tessiturali di lherzoliti. Sono presenti anche alcuni affioramenti di metabrecce formate da clasti eterometrici di serpentinite, più o meno arrotondati, in una matrice a carbonati, talco e anfiboli. Queste breccie possono essere interpretate come metaoficalciti e rappresentano quindi gli equivalenti metamorfici di breccie originate durante l'evoluzione di fondo oceanico. L'età presunta è compresa tra il Dogger e il Malm.

Metagabbri del Bric Fagaggia

Affiorano ad Ovest del sito nella zona del Bric Fagaggia e in prossimità della costa, ove formano l'esteso affioramento del Castelluccio di Prà. Comprendono metagabbri di Fe e Ti, a grana medio-fine, talvolta con relitti di clinopirosseno augitico. L'età presunta è Malm.

4.2.2 Cartografia geologica del Comune di Genova

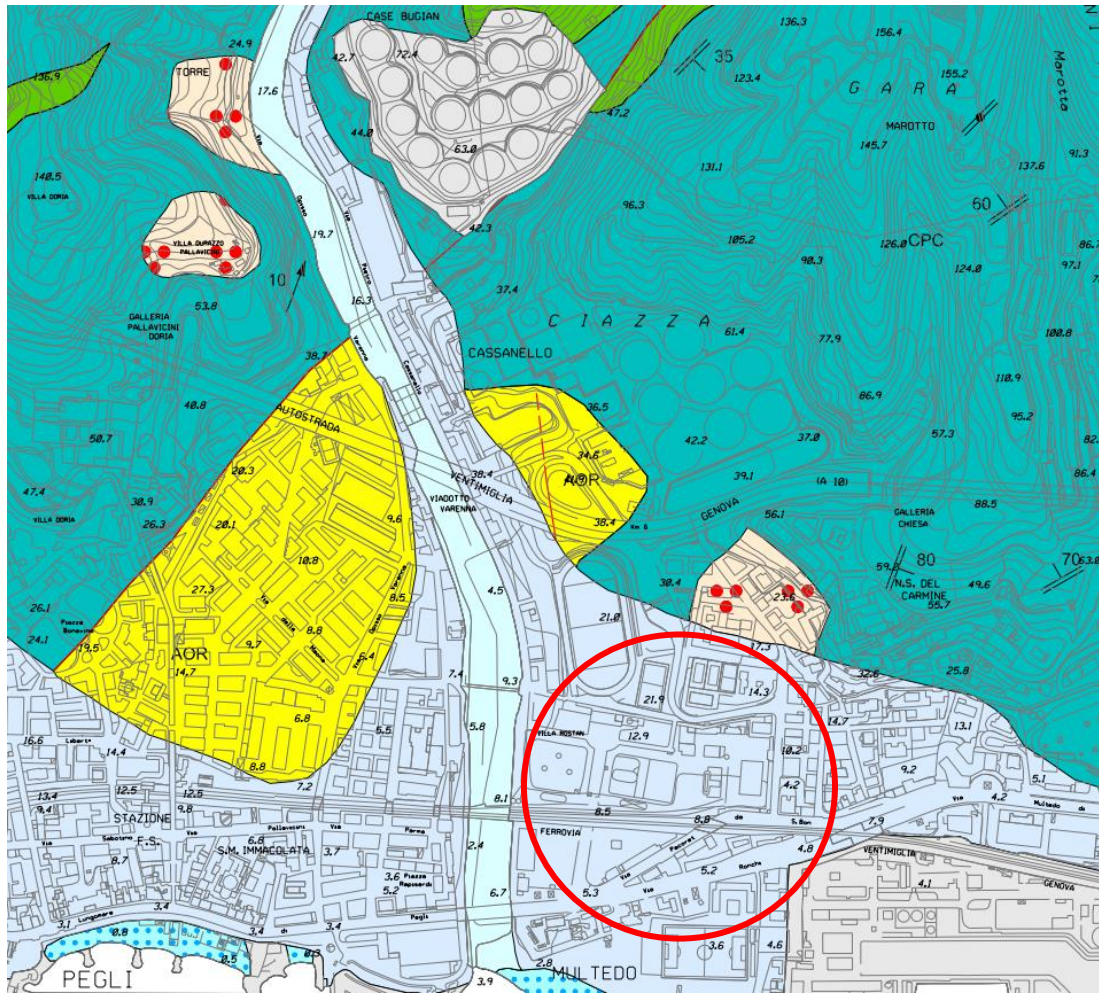
La Carta Geologica del P.U.C. del Comune di Genova 1:5'000, mostra le medesime formazioni già descritte precedentemente, con l'aggiunta della Formazione delle Argille di Ortovero, plioceniche, presenti in corrispondenza dello svincolo esistente e della parte urbanizzata in destra idrografica del Torrente Varena.

Questa formazione è in contatto tettonico/stratigrafico con i calcescisti della Val Branega; verso la costa sono sepolte dai sedimenti alluvionali quaternari e, in un'area circoscritta appena più a Sud dell'area di interesse progettuale, da una coltre eluvio-colluviale. Inoltre, si segnala la presenza di riporti antropici nella zona immediatamente a Sud-est dell'area di studio, legati alla presenza del porto petroli di Multedo.

Le Argille di Ortovero, del Piacene Inf., sono costituite da alternanze stratificate di argille sabbiose, argille azzurre e sabbie con micro-conglomerati. Il litotipo predominante è costituito da limi argillosi di colore grigio-azzurro o giallastro, caratterizzati da un modesto contenuto in CaCO₃, localmente ricchi in fossili. Localmente si osservano sottili livelli sabbiosi, o passaggi caratterizzati da presenza di sostanza organica. I livelli più alterati sono di colore ocraceo, e possono avere spessori significativi in relazione alle condizioni fisico-chimiche locali.

La cartografia geologica comunale riporta alcune linee tettoniche, solo parzialmente coerenti con quanto evidenziato nella cartografia CARG, sia al contatto tra le argille di Ortovero e i sottostanti calcescisti, a nord-ovest dell'area in esame, sia all'interno della medesima formazione argillosa, appena più a nord dell'area di progetto. Non evidenzia allineamenti tettonici in corrispondenza delle alluvioni quaternarie in prossimità dell'area di progetto.

Si sottolinea comunque che tale ultimo allineamento trova invece riscontro nella cartografie comunale delle MOPS relativa alla microzonazione sismica (v. capitolo di sismica).



FORME ANTROPICHE		RIP	Riporti artificiali e discariche Depositi vari rimaneggiati
QUATERNARIO		CD	Coltri eluvio-colluviali di importanza particolare
QUATERNARIO		AM	Sedimenti alluvionali e marini Depositi ghiaiosi e sabbiosi posti a quota più elevata rispetto agli alvei attuali o all'attuale livello del mare, talvolta terrazzati e/o coperti da coltri eluvio-colluviali di spessore variabile
PLIOCENE		AOR	Argille di Ortovero Argille marnose, marne, siltiti e arenarie fini, di colore da grigio cinereo a grigio-azzurro a giallastro
CRETACEO – GIURASSICO		CPC	Calcescisti della Val Branega Scisti quarzo-micacel più o meno calciferi spesso con livelli nerastri

Figura 4.3. Carta Geologica dell'area da PUC del Comune di Genova (Area di progetto cerchiata in rosso)

4.2.3 Ricostruzione stratigrafica nell'area di progetto

Nelle zone più a nord e centrali dell'area di progetto, le stratigrafie riconducibili al database regionale mostrano una copertura di materiali incoerenti (generalmente depositi antropici, e subordinatamente alluvionali ed eluviali), sovrastanti il substrato dei Calcescisti della Val Branega.

Tali livelli superficiali di copertura sono costituiti da materiale eterogeneo di varia granulometria e composizione; nel caso di depositi antropici contengono anche laterizi, ciottoli, blocchi lapidei e resti di conglomerato cementizio.

La presenza del substrato dei Calcescisti della Val Branega, secondo l'interpretazione delle suddette indagini, si riscontra a profondità comprese tra 5.5 e 10 m, come rappresentato nella figura seguente.

I Calcescisti della Val Branega sono caratterizzati da una scistosità marcata, legata a diverse generazioni di deformazioni; talvolta sono associati a bande trasposte di metabasiti disposte parallelamente rispetto alla foliazione pervasiva principale. A livello di ammasso lapideo si presentano "straterellati", a bande monoclinali, talvolta sottilmente scistososi.

La formazione, qualora inalterata, è di consistenza decisamente lapidea; problemi di instabilità possono derivare prevalentemente dai significativi spessori di alterazione.

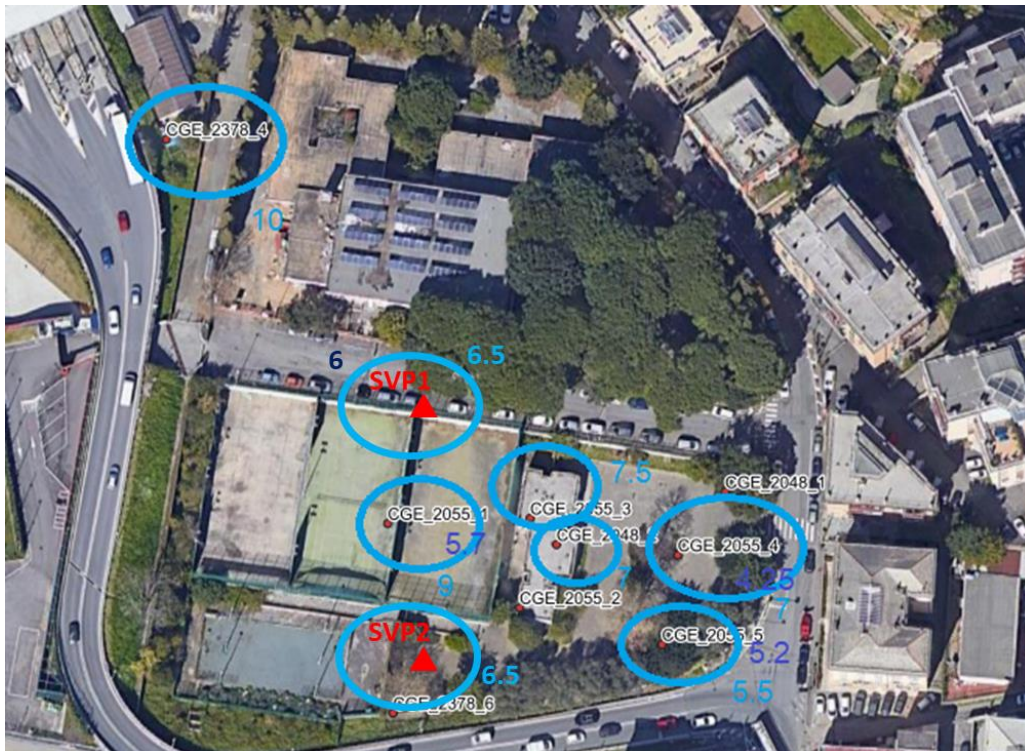


Figura 4.4. Indagini disponibili nei pressi dell'area di progetto, settore settentrionale prossimità casello autostradale, sia di progetto che bibliografiche. È cerchiato il substrato (AZZURRO – Calcescisti), con relativa profondità da p.c., in blu è indicata la profondità della falda, qualora disponibile.



Figura 4.5. Indagini disponibili nei pressi dell'area di progetto, settore centrale area stabilimento chimico Carmagnani, sia di progetto che bibliografiche. È cerchiato il substrato (AZZURRO – Calcescisti), con relativa profondità da p.c., in blu è indicata la profondità della falda, qualora disponibile.

Nella zona meridionale dell'area in esame, a sud della linea ferroviaria, tra lo stabilimento chimico “Attilio Carmagnani AC” e la rotonda sulla SS1 Aurelia, le stratigrafie del database regionale mostrano che il substrato, al di sotto delle coperture alluvionali ed eventuali depositi antropici di riporto, è costituito da breccie prevalentemente ofiolitiche, sub-affioranti nella porzione più prossima all'area di interesse progettuale.

In prossimità della futura rotatoria presso la SS1 Aurelia si individuano invece, a profondità comprese tra 2.4 e 6.8 m da p.c. argille limose consistenti, debolmente sabbiose nel settore più occidentale, riconducibili alle Argille di Ortovero plioceniche.

Le breccie si presentano come ammasso roccioso cementato, seppure sovente allentato. Sono principalmente a supporto clastico, costituite da elementi poligenici, mal selezionati, di dimensioni da millimetriche a pluricentriche, con bordi da spigolosi a sub-arrotondati, immersi in matrice, in percentuali variabili, e in minor misura da cemento calcitico. La disposizione dei clasti è disomogenea e non sono presenti strutture. La composizione dei clasti deriva dalla natura litologica delle formazioni presenti nelle immediate vicinanze, in particolare dalle formazioni ofiolitiche e dai calcescisti.

Le argille e limi argillosi grigi azzurri riconducibili alle Argille di Ortovero presentano al loro interno straterelli sabbiosi di spessore decimetrico. Sono generalmente sovraconsolidate, sia in profondità che in prossimità del piano campagna

Le Argille di Ortovero in generale affiorano in lembi isolati in vari punti della linea di costa ligure, sovente come riempimento di fosse tettoniche plioceniche (graben).



Figura 4.6. Indagini disponibili nei pressi dell'area di progetto, sia di progetto che bibliografiche. Con diverso colore è cerchiato il substrato (GIALLO - Argille di Ortovero; AZZURRO – Calcescisti; VERDE - Brecce), con relativa profondità da p.c., in blu è indicata la profondità della falda, qualora disponibile.

Le risultanze delle indagini di progetto (2022) sono in accordo con quanto osservabile dall'analisi delle stratigrafie reperite dal database del Geoportale regionale. Nello specifico, i sondaggi SVP1 e SVP2, eseguiti nel settore più a nord della zona di studio, nei pressi del casello autostradale, hanno riscontrato la presenza di Calcescisti della Val Branega a costituire il substrato.

Il sondaggio SVP4, realizzato a sud della linea ferroviaria, in prossimità della stessa, ha mostrato la presenza di brecce poligeniche al di sotto dei depositi antropici ed alluvionali. Tali brecce contengono clasti, aventi dimensioni da millimetriche a centimetriche, di ofiolitici, calcescisti e serpentiniti.

Il sondaggio SVP5, prossimo all'area di futura realizzazione della rotonda sulla SS1 Aurelia, vede la presenza, al di sotto dei depositi antropici ed alluvionali superficiali, dapprima di materiali limoso-argillosi, riconducibili alla formazione delle Argille di Ortovero, e successivamente delle brecce poligeniche già rinvenute all'interno del sondaggio SVP4.

In particolare, i sondaggi geognostici in precedenza parzialmente descritti, mostrano le seguenti stratigrafie:

- **Sondaggio SVP1** (profondità 30m):
 - da p.c. a 4.9 m: riporto antropico e terreno di copertura costituito da alternanze di limi sabbiosi ghiaiosi a tratti argillosi colore avana/marrone chiaro;
 - da 4.9 m a 6.5 m: sabbia limosa di colore marrone chiaro con intercalazioni limose argillose, riconducibili a depositi alluvionali;
 - da 6.5 m a 18,0 m: calcescisti alterati di colore grigio scuro nerastro; destrutturati; presenti numerose intercalazioni da millimetriche a centimetriche di argilla limosa con all'interno scaglie di calcescisti;
 - da 18 m a 30 m: calcescisti di colore grigio nerastro, a struttura scagliosa, con inclinazione della scistosità da subverticale a verticale; più tenaci in profondità; presenti intercalazioni da centimetriche a decimetriche di argilla limosa con all'interno scaglie di calcescisti. Diffusa presenza di vene di calcite e grafite sparsa.
- **Sondaggio SVP2** (profondità 40m):

- da p.c. a 3,5 m; riporto antropico e terreno di copertura costituito da alternanze di limi sabbiosi ghiaiosi, a tratti argillosi, colore avana/marrone chiaro;
 - da 3,5 m a 6,5 m: ghiaia in matrice argillosa limosa sabbiosa di colore marrone, riconducibili a depositi alluvionali;
 - da 6,5 m a 9,5 m: calcescisti alterato e frammentato di colore grigio e localmente ocraceo; presenti numerose intercalazioni da millimetriche a centimetriche di argilla limosa con all'interno scaglie di calcescisti;
 - da 9,5 m a 30 m: calcescisti di colore grigio nerastro, a struttura scagliosa, con inclinazione della scistosità da subverticale a verticale; compatti; fratture aperte e riempite tra 10m e 18m di profondità; presenti intercalazioni da centimetriche a decimetriche di argilla limosa con all'interno scaglie di calcescisti. Da circa tra 36m a 40m si presenta altamente destrutturato e foliato con le superfici di discontinuità riempite di argilla.
- **Sondaggio SVP4** (profondità 30m):
 - da p.c. a 2,9 m; riporto antropico e terreno di copertura costituito da ghiaie limo-argillose debolmente sabbiosa di colore marrone chiaro;
 - da 2,9 m a 5 m: deposito alluvionale formato da limo con sabbia o sabbioso ghiaiosa colore beige;
 - da 5 m a 24,6 m: breccia a granulometria ghiaiosa in matrice limosa colore da grigio a bruno rossastra. Tra 14 m e 15,1 trovante di calcescisto compatto grigio con scistosità a basso angolo;
 - da 24,6 m a 30 m: breccia grigio verdastra, scagliosa e con struttura scistosa.
 - **Sondaggio SVP5** (profondità 25m):
 - da p.c. a 2,3 m di terreno di riporto a granulometria argilloso limosa di colore marrone chiaro beige;
 - da 2,3 m a 4,2 m: deposito alluvionale formato da limo argilloso sabbioso di colore marrone chiaro beige;
 - da 4,2 m a 14 m: limo argilloso di colore grigio azzurro, riconducibile alla formazione della Argille di Ortovero;
 - da 14 m a 25 m: breccia a granulometria ghiaiosa in matrice limosa, di colore da grigio a bruno rossastra. Probabile presenza di clasti ofiolitici, oltre che di calcescisto.

Attraverso l'analisi delle stratigrafie dei sondaggi eseguiti nel 2022 (SVP1, SVP2, SVP4 e SVP5), congiuntamente ai dati geognostici del database regionale, si è potuto ricostruire un modello geologico del sottosuolo dell'area di progetto, seppure con alcuni ulteriori elementi da approfondire una volta eseguite le indagini mancanti.

In superficie si ha uno spessore significativo di riporti antropici e di depositi alluvionali, eluvio-colluviali e detritici, giacenti sulle differenti tipologie di substrato.

Nella zona settentrionale e centrale il substrato è riconducibile alla formazione di Calcescisti della Val Branega, caratterizzato da differente grado di alterazione e fratturazione lungo le verticali investigate.

Passando al settore meridionale dell'area di studio, un probabile elemento tettonico, sito in prossimità della linea ferroviaria, mette a contatto la formazione suddetta con un substrato differente, costituito da breccie poligeniche contenenti clasti ofiolitici, frammenti di calcescisti e, più in profondità, anche serpentinitici.

Lungo l'elemento tettonico ipotizzato potrebbe essersi verificato un dislocamento tale da determinare la formazione di una depressione, che si sarebbe via via riempita per deposizione e accumulo in ambiente subaereo (fluviale costiero), di depositi provenienti dalle formazioni vicine (Calcescisti della Val Branega e

Serpentiniti di San Carlo di Cese). La successiva diagenesi dei materiali depositati, in un contesto tettonico attivo, avrebbe portato alla formazione delle attuali breccie.

Secondo le attuali ricostruzioni litostratigrafiche le breccie potrebbero attribuirsi alla formazione delle Breccie di Costa Cravara (Eocene sup. (?) – Oligocene inf. (?)), riconducibili alla successione del Bacino Terziario Piemontese.

Nel Pliocene, nella zona già occupata dalla breccie, la deposizione potrebbe essere proseguita in ambiente marino, previa deposizione dei sedimenti appartenenti alla formazione delle Argille di Ortovero.

In epoca più recente si è avuto il colmamento dell'intera piana ad opera dei depositi alluvionali e costieri.

Di seguito si riportano la ricostruzione planimetrica del substrato al di sotto delle coperture detritiche, coltri antropiche e depositi alluvionali, in un intorno del tracciato di progetto, ed il profilo geologico sviluppato lungo l'asse dello stesso tracciato di progetto.

Si rimanda alla cartografia geologica specialistica allegata al progetto per una visione di dettaglio dei rapporti stratigrafici e tettonici.

Le figure seguenti riportano uno estratto della suddetta documentazione.

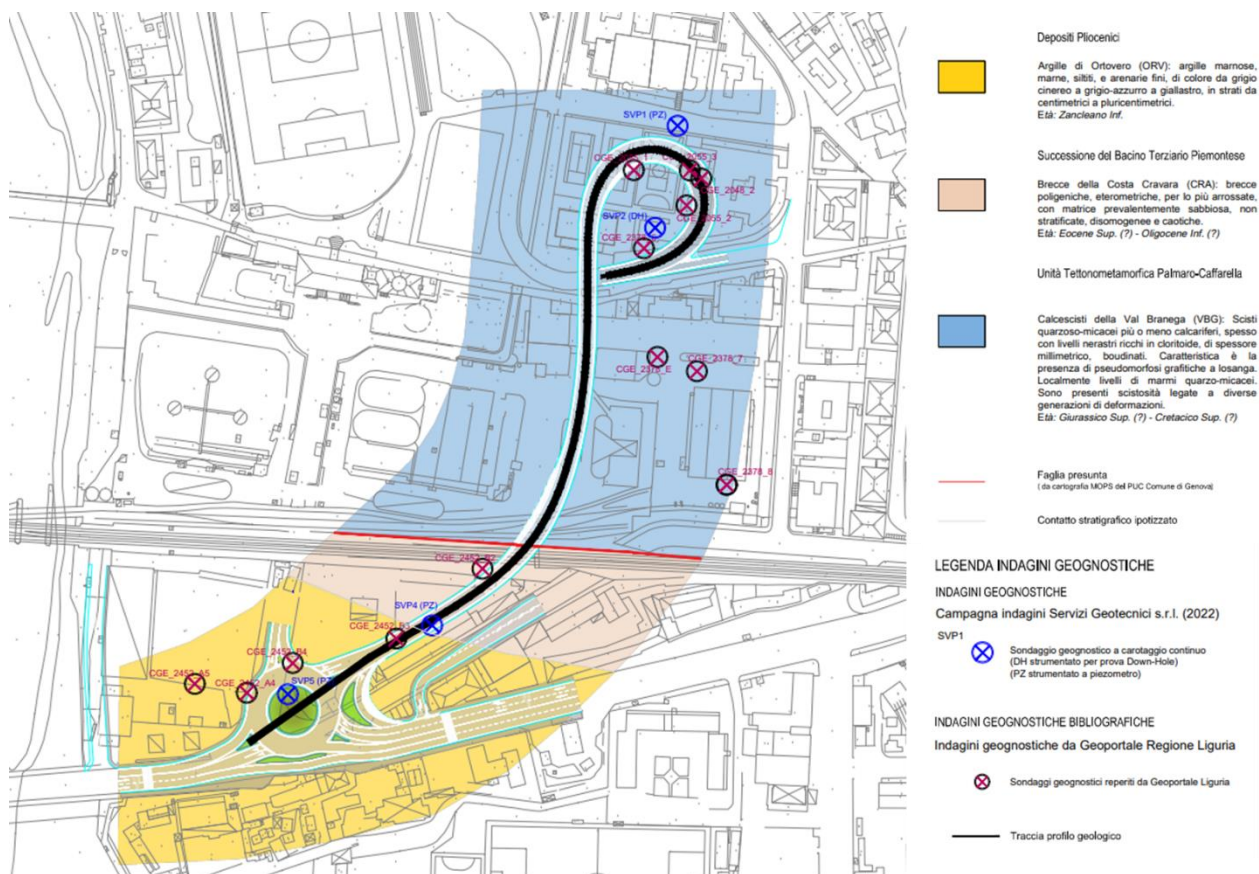


Figura 4.7. Estratto della carta geologia del substrato sottostante le coperture detritiche e antropiche

La Val Varena occupa un settore centrale a nord del Golfo di Genova e si estende alle spalle di Genova-Pegli. Essa si inserisce tra il bacino del T. Chiaravagna ad E, la Val Polcevera a NE e le valli dei torrenti Branega, Fagaggia e S.Pietro ad W, con uno sviluppo prevalentemente N-S di circa 9 km e ampiezza massima di 4,5 km. Il massimo dislivello fra testata e foce è di circa 950 m.

In generale la Val Varena presenta un profilo trasversale fortemente asimmetrico, con il versante occidentale più esteso ed il versante orientale caratterizzato da una morfologia più recente, con pendii piuttosto ripidi.

Fattori caratterizzanti della conformazione del bacino, che si sviluppa lungo una direttrice Nord-Sud con chiusura ad imbuto verso il mare, sono le caratteristiche fisico strutturali delle litologie prevalenti.

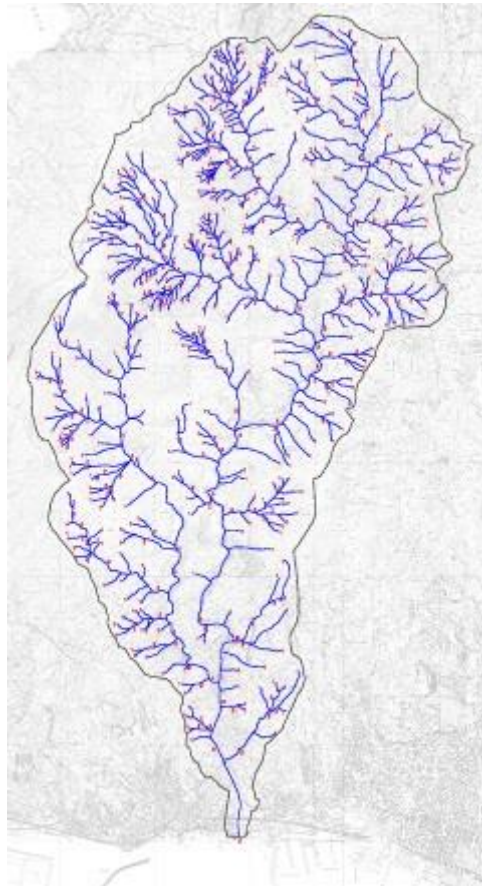


Figura 4-9 – Bacino del Torrente Varena

In tutta la valle è evidente il controllo tettonico, per la presenza di linee di discontinuità orientate prevalentemente NE-SO, e N-S, lungo le quali si trovano impostati i numerosi corsi d'acqua, a percorso breve e rettilineo.

Ciò ha condizionato la dinamica evolutiva della valle, determinando vasti fenomeni di erosione areale intensa e favorendo il trasporto di grandi quantità di materiale solido da parte degli stessi corsi d'acqua.

La predisposizione all'instabilità, prevalentemente a carico delle rocce serpentitiche, è molto spinta sulle pendici del settore occidentale del bacino, in corrispondenza dell'allineamento N-S tra Scogli Neri, Monte Riondo, Monte Pennello, Monte Foscallo. Tale area è caratterizzata dalla estesi fenomeni di erosione superficiale e franosità diffusa, con formazione di accumuli di detrito grossolano in corrispondenza delle principali rotture di pendenza.

Nella zona di progetto, prospiciente alla fascia costiera, la pendenza è molto ridotta (2%). Riguardo alle coperture alluvionali terrazzate che caratterizzano l'area, è evidente il terrazzo morfologico tra la rampa dello svincolo autostradale a monte e la via pedonale Via Antica Romana di Pegli a valle.

A monte si sviluppano rilievi importanti, dai pendii acclivi, su cui si ritrovano spesse coltri di detritazione eluviale, accumuli di frane antiche. Più a valle domina l'estesa urbanizzazione territoriale.

La stessa area di studio presenta evidenti testimonianze di tale antropizzazione, essendo interessata dalla presenza di linee ferroviarie adibite al trasporto civile e per trasporto merci, stabilimenti chimici, impianti sportivi e zone residenziali, mentre immediatamente a Nord della zona di interesse si segnala la presenza di un'area adibita al deposito per idrocarburi ENI di Fondegas sud, di cui esistono tutt'ora i relitti delle fondazioni dei serbatoi, ormai dismessi.

La seguente figura mostra l'estratto della carta geomorfologica del PUC di Genova.

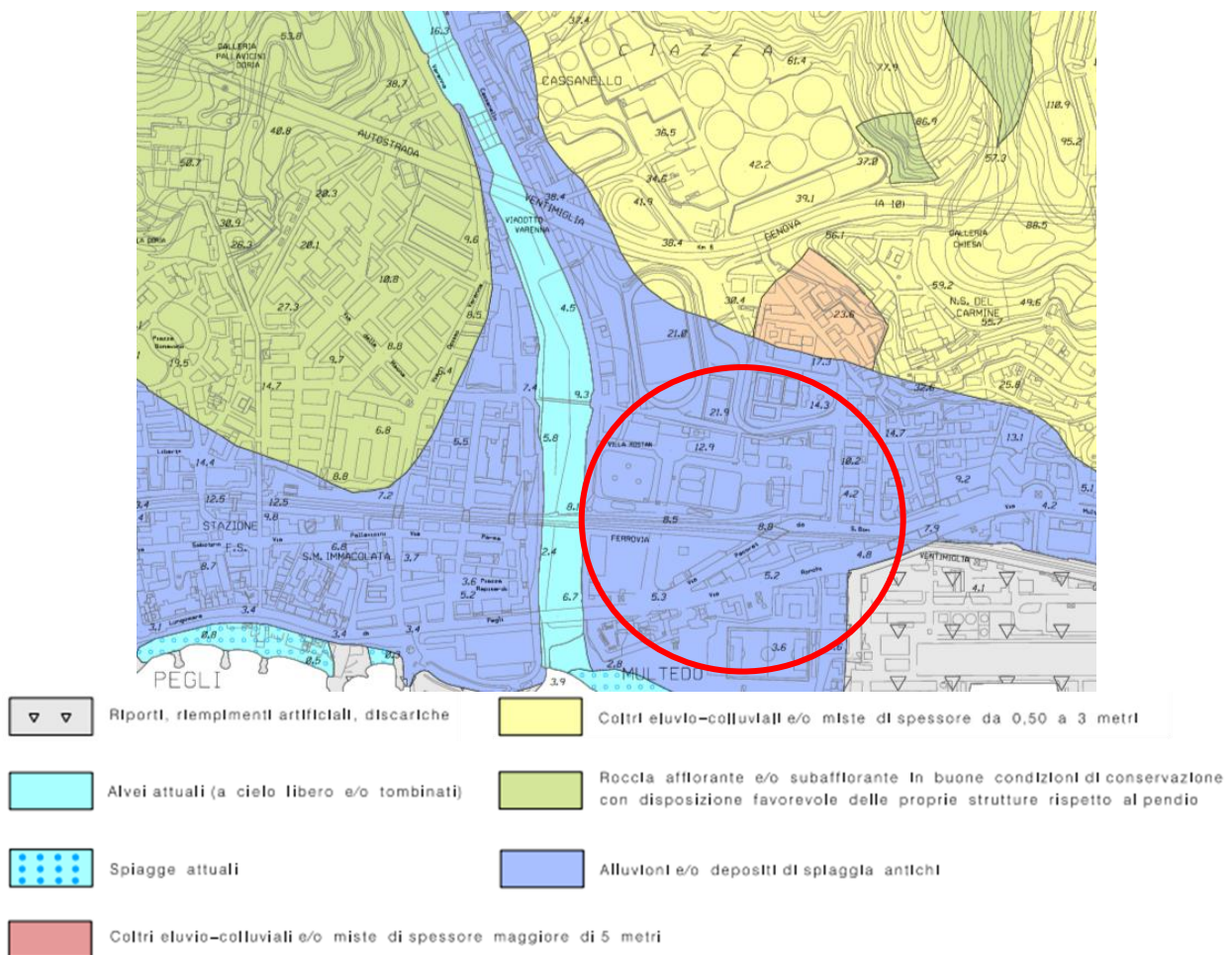


Figura 4.10. Estratto della Carta Geomorfologica dell'area da PUC. del Comune di Genova (2014). Area di progetto evidenziata in cerchio rosso

4.4 COMPATIBILITÀ GEOMORFOLOGICA CON CARTOGRAFIE DI ENTI E ISTITUZIONI

4.4.1 Verifica delle criticità geomorfologiche con la cartografia dell'Autorità di Bacino del Torrente Varena e Ambiti 12-13

La Direttiva 2007/60/CE, relativa alla valutazione e alla gestione del rischio di alluvioni e recepita nell'ordinamento italiano con il Decreto Legislativo 23 febbraio 2010 n. 49 in analogia a quanto predispone la Direttiva 2000/60/CE in materia di qualità delle acque, vuole creare un quadro di riferimento omogeneo a scala europea per la gestione dei fenomeni alluvionali e si pone l'obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze

sfavorevoli derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture. Tali normative privilegiano un approccio di pianificazione a lungo termine, scandito in tre tappe successive tra loro concatenate: nella prima fase è prevista la valutazione preliminare del rischio di alluvioni, nella seconda vengono elaborate le pertinenti mappe della pericolosità e del rischio, mentre nell'ultima vengono definite la predisposizione e l'attuazione di piani di gestione del rischio stesso.

L'area di progetto ricade all'interno delle perimetrazioni del PdB degli Ambiti 12-13 (2022), immediatamente ad est del confine con la perimetrazione del PdB del T. Varenna (2017), motivo per cui, per completezza di valutazione, le verifiche di compatibilità geomorfologica hanno preso in considerazione anche gli elaborati cartografici di quest'ultimo piano di bacino.

Con riferimento alla Carte del Rischio Geologico allegate ai suddetti Piani di Bacino, l'area in esame presenterebbe un rischio trascurabile nella parte settentrionale e centrale del tracciato stradale, mentre è indicato un rischio moderato nella parte meridionale dell'area di progetto, a sud della linea ferroviaria ed a ridosso della SS 1 Aurelia e della costa.

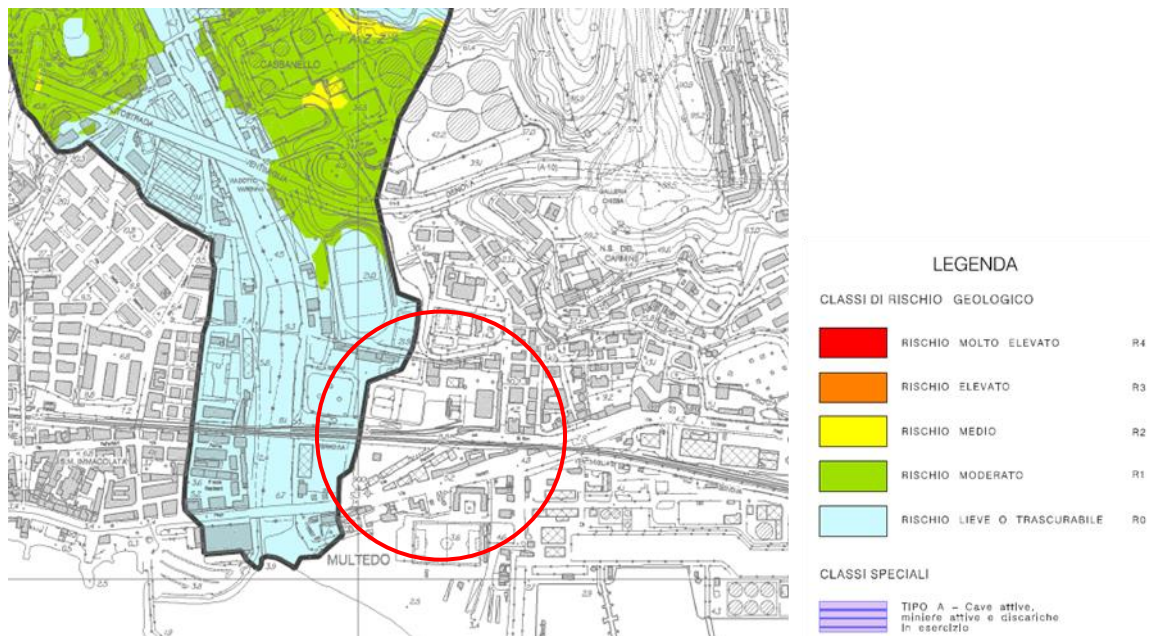


Figura 4.11. Estratto della Carta del Rischio Geologico del T. Varenna. Area di progetto evidenziata in cerchio rosso

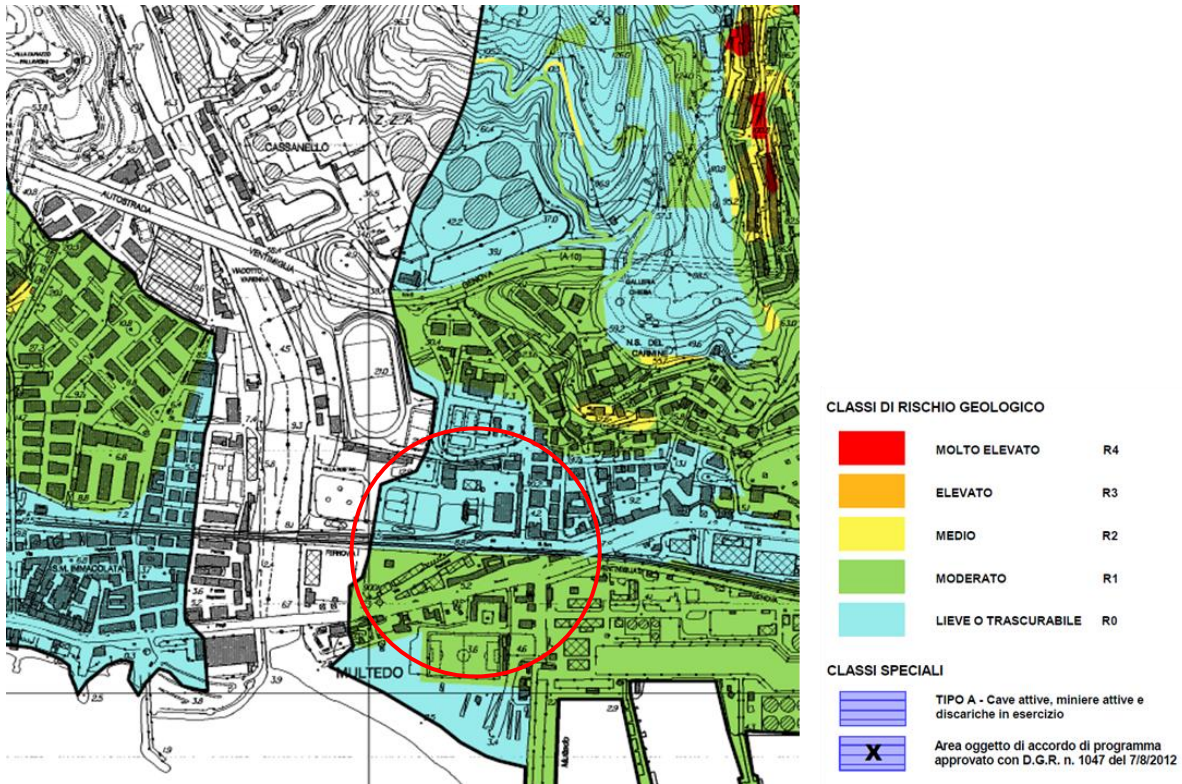


Figura 4.12. Estratto della Carta del Rischio Geologico degli Ambiti 12-13. Area di progetto evidenziata in cerchio rosso

Analogamente alle carte del rischio, le carte della suscettività al dissesto dei PdB del T. Varenna (2017) e del PdB degli Ambiti 12-13 (2022) presentano, per l'area in esame, condizioni di suscettività molto bassa per la parte centro settentrionale dell'area, a nord della linea ferroviaria, e bassa in classe speciale B2 "Discariche dismesse e riporti antropici" per i settori a sud della suddetta ferrovia.

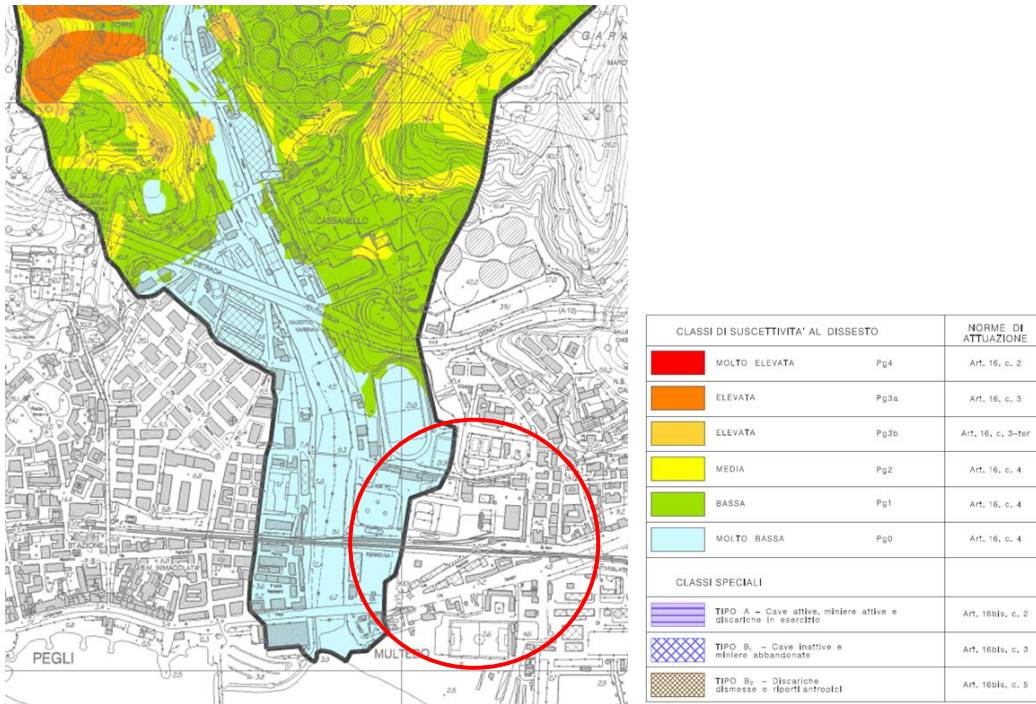


Figura 4.13. Estratto della Carta della Suscettività al Dissesto Geologico del T. Varena. Area di progetto evidenziata in cerchio rosso

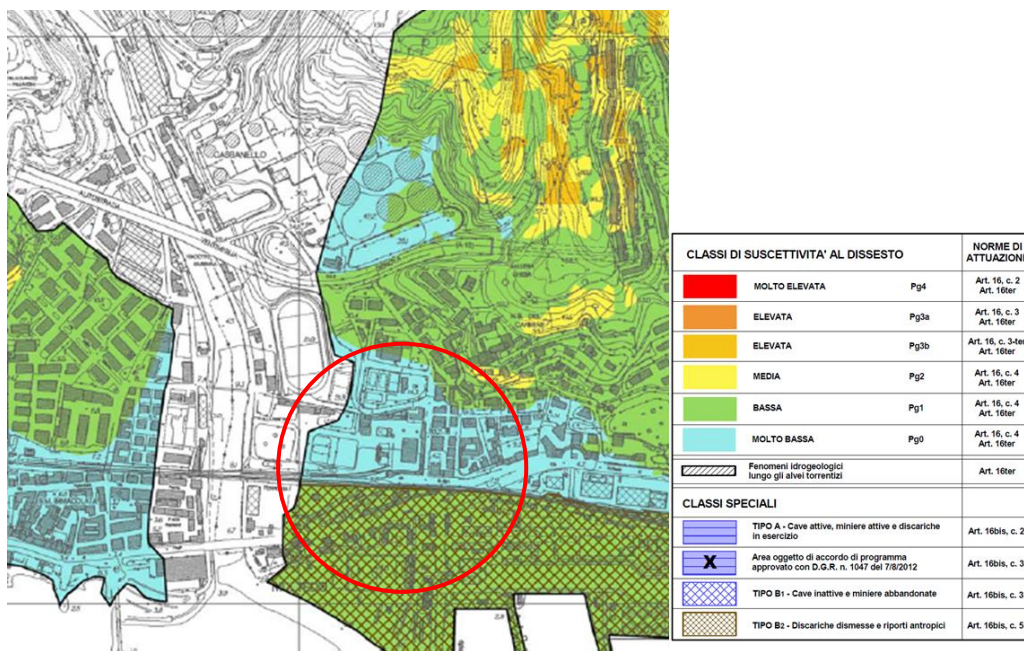


Figura 4.14. Estratto della Carta della Suscettività al Dissesto Geologico degli Ambiti 12-13. Area di progetto evidenziata in cerchio rosso

Si riporta inoltre la carta della franosità del PdB degli Ambiti 12 e 13, con assenza di instabilità nell'area di progetto.

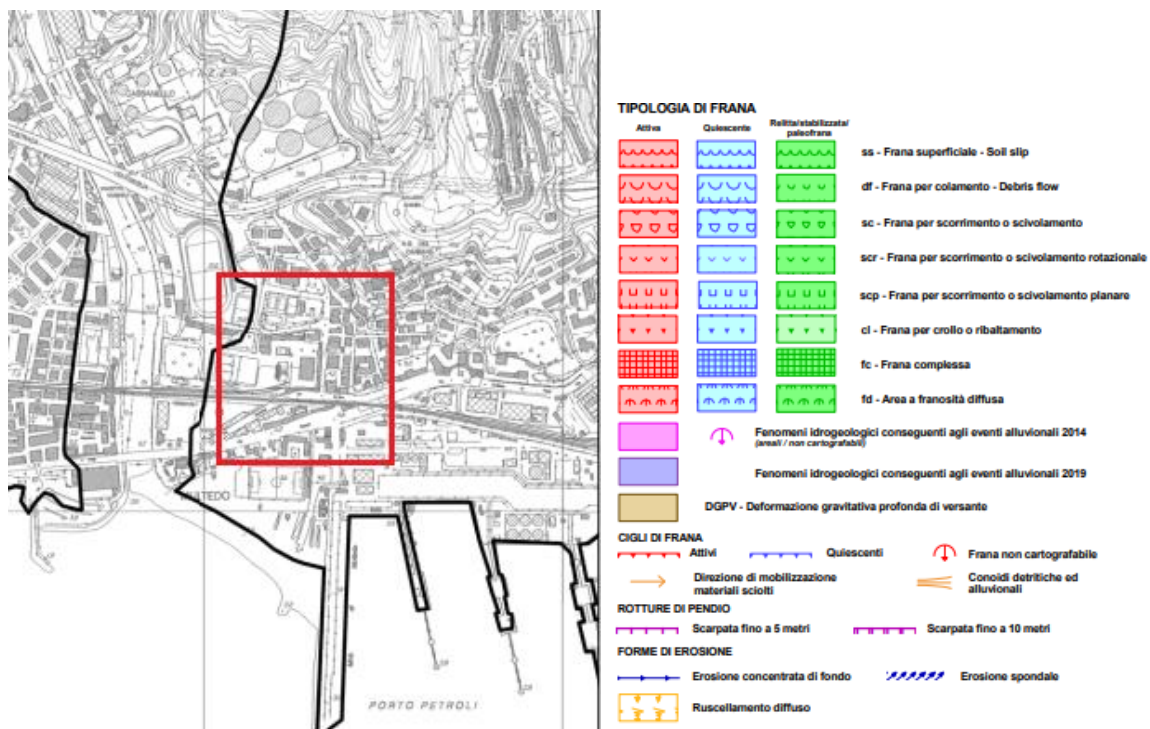


Figura 4.15. Estratto della Carta della Franosità dai PdB del Varenna e degli Ambiti 12-13. Area di progetto evidenziata in quadrato rosso

Per quanto concerne il rischio idraulico, una porzione delle aree di progetto, più precisamente quella ricadente lungo il bordo meridionale dell'area di studio coincidente con Via S. Pacoret de Saint Bon, risulterebbe all'interno di aree inondabili per il Piano di Bacino degli Ambiti 12 e 13.

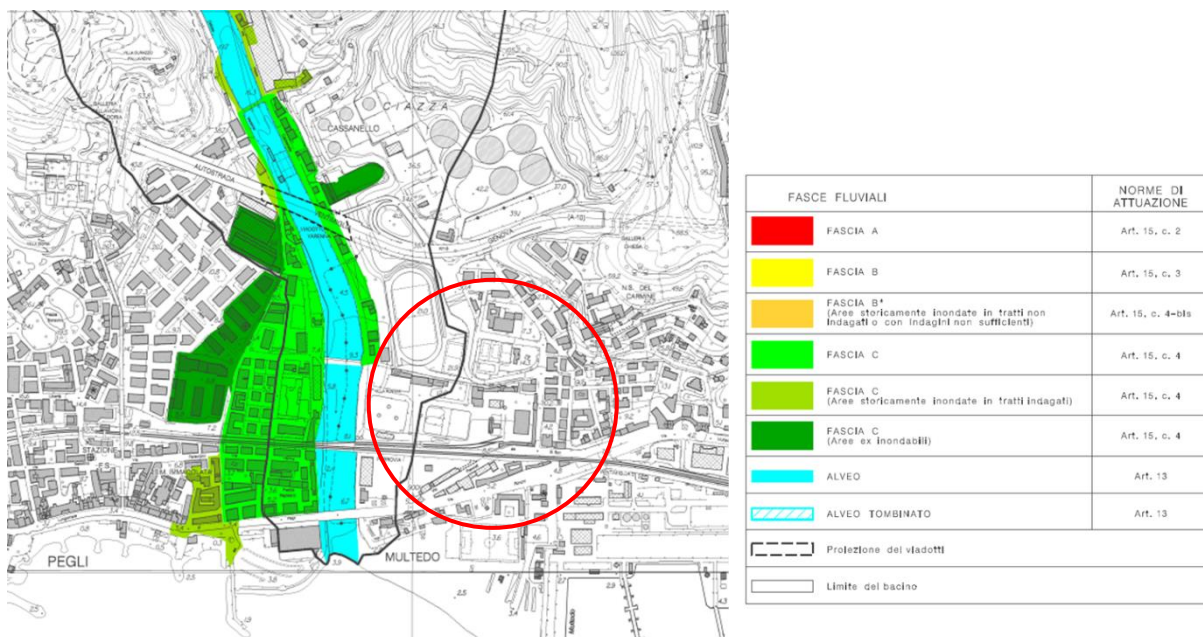


Figura 4.16. Estratto della Carta delle Aree Inondabili e Storicamente Inondate (PdB T. Varenna, 2017). Area di progetto evidenziata in cerchio rosso

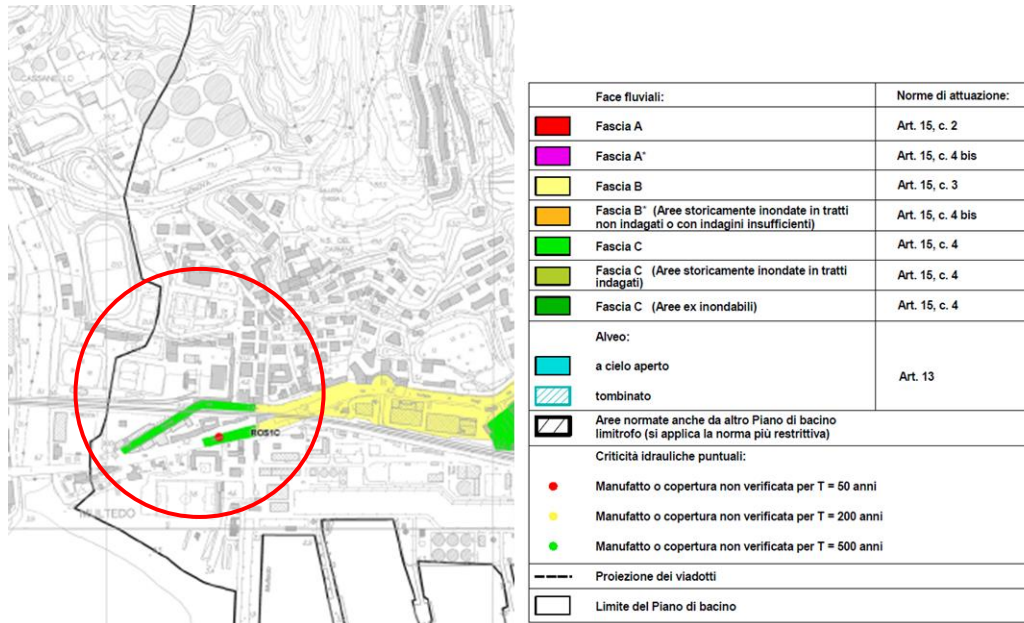


Figura 4.17. Estratto della Carta delle Aree Inondabili e Storicamente Inondate (PdB Ambiti 12 e 13, 2022). Area di progetto evidenziata in cerchio rosso

4.4.2 Verifica delle criticità geomorfologiche con la cartografia del progetto IFFI

Il progetto I.F.F.I. - Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (ISPRA 2021) è stato realizzato nel 2005 per conto del Servizio Geologico Nazionale, oggi facente parte di ISPRA, con l'ausilio delle Regioni e Province autonome. Questo data-base costituisce il primo inventario omogeneo e aggiornato dei fenomeni franosi sull'intero territorio nazionale e costituisce lo strumento conoscitivo di base utilizzato per la valutazione della pericolosità da frana dei Piani di Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

La banca dati I.F.F.I. è consultabile on line sulle piattaforme dedicate riconducibili all'ISPRA. La carta della franosità del Progetto IFFI conferma l'assenza di dissesti nell'area di progetto.

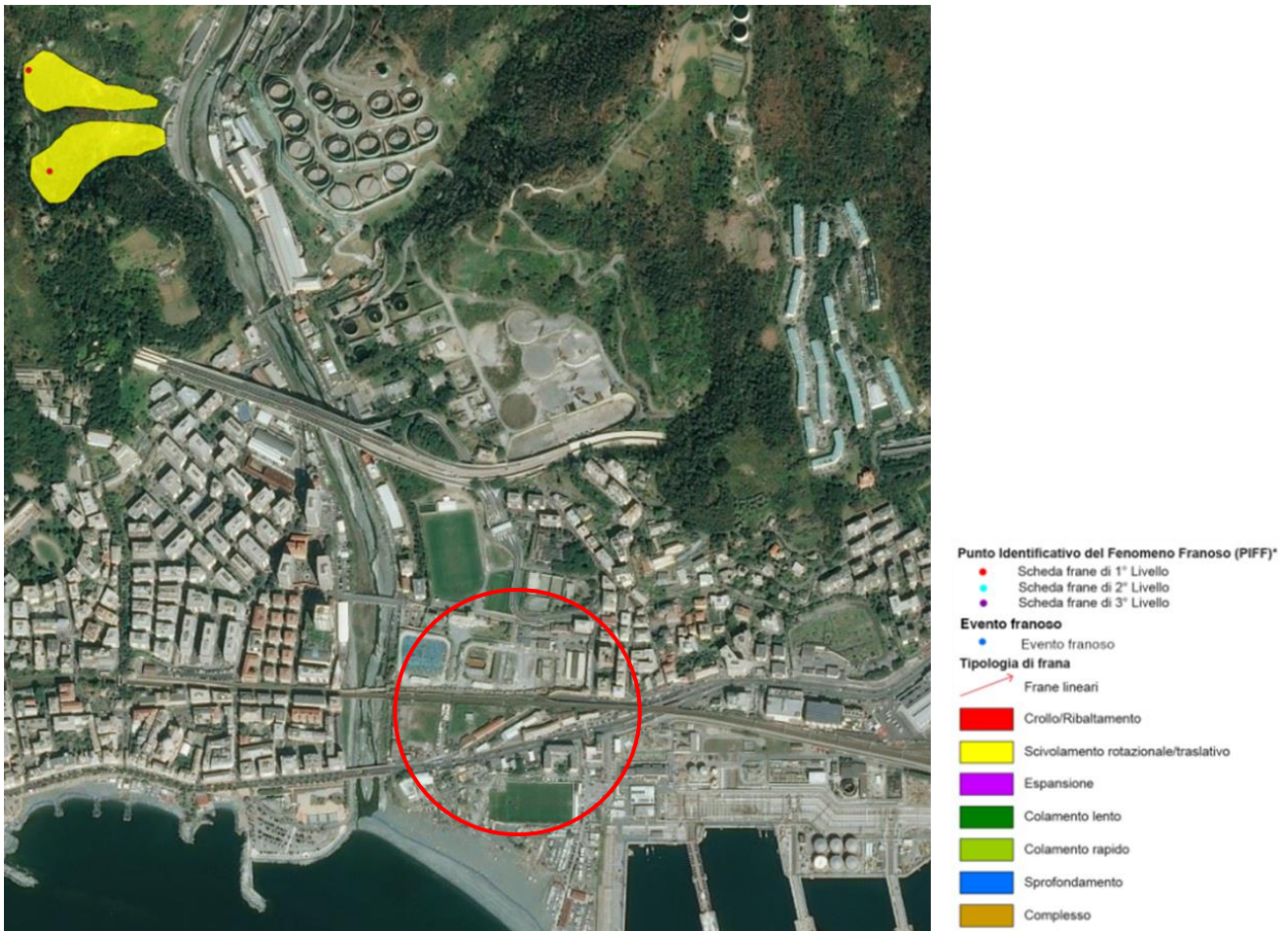


Figura 4.18. Estratto della Carta della Franosità (IFFI, 2017). Area di progetto evidenziata in cerchio rosso

4.4.3 Verifica delle criticità geologiche con la cartografia delle Pietre Verdi (Regione Liguria)

Con il termine Pietre Verdi comunemente si identificano le ofioliti suscettibili di contenere minerali amiantiferi; di conseguenza risulta di fondamentale importanza la conoscenza delle aree in cui tali rocce sono presenti, sia in tema di gestione ed utilizzo delle terre e rocce da scavo che in tema legato prettamente al garantire la sicurezza delle lavorazioni. A tale scopo è stato consultato il relativo livello informativo “Pietre Verdi” del Geoportale della Regione Liguria, estrapolato dai dati ufficiali dei più recenti rilevamenti geologici realizzati nell'ambito di progetti nazionali e regionali (progetto CARG e CGR).

Per la realizzazione della cartografia delle pietre verdi della Liguria l'attenzione si è concentrata sulle litologie elencate dalla normativa nazionale all'allegato n.4 del decreto ministeriale n.178 del 1996 caratterizzate da una composizione mineralogica idonea a sviluppare i minerali asbestiformi di crisotilo, tremolite, actinolite, glaucofane, antofillite. Le rocce che possono contenere tali minerali sono: serpentiniti s.l., prasiniti, eclogiti, anfiboliti, scisti actinolitici, scisti cloritici, talcosi e serpentinosi ed oficalciti.

Si rileva, in ogni caso, che, generalmente, lo sviluppo e le concentrazioni di minerali asbestiformi all'interno delle rocce in questione sono essenzialmente legati alla presenza di vene, zone cataclastiche, fratture e faglie. La ragione principale di queste concentrazioni è sostanzialmente legata alla quantità di fluidi presenti durante il processo di serpentizzazione delle rocce ultrabasiche (Deer et al., 1997; Robinson et al., 1982), le superfici disgiunte indotte dalle deformazioni per taglio diventano sede preferenziale di circolazione di fluidi. Tale situazione, associata a condizioni metamorfiche di pressione e temperatura, costituisce un ambiente ideale per la cristallizzazione di importanti concentrazioni di minerali asbestiformi. A scala mesoscopica la frequenza di tali strutture risulta pertanto irregolare e non relazionata all'entità degli affioramenti.

La cartografia regionale segnala, pertanto, gli areali a "probabile" presenza di mineralizzazioni amiantifere all'interno dei quali sono necessari ulteriori approfondimenti geologici per la caratterizzazione specifica in sede locale.

In linea generale è comunque da evidenziare che le analisi ed i dati disponibili in letteratura rilevano statisticamente maggiori probabilità di contenere mineralizzazioni asbestosi nelle serpentiniti e nei serpentinosciti ofiolitici, mentre nei basalti, evidenziati in cartografia come aree di attenzione, non risultano rilevate, al momento, nel territorio regionale particolari presenze di tali mineralizzazioni, se non eventuali evidenze nelle aree di contatto con gli altri litotipi ofiolitici.

Un quesito ancora aperto è costituito dalla mappatura o meno delle formazioni che appartengono alle successioni terziarie comprendenti rocce derivanti dallo smantellamento di rocce basiche ed ultrabasiche. Questi litotipi sono rappresentati da conglomerati poligenici, arenarie conglomeratiche, breccie a clasti eterometrici, prevalentemente di natura ofiolitica.

La scala di output è 1:25.000, ed i litotipi potenzialmente a rischio amianto sono distinti in tre gruppi, a differente potenziale di pericolosità e, oltre a quanto indicato nel precitato allegato 4 del decreto ministeriale n.178 del 1996, comprendono anche i basalti che sono stati campiti in giallo, per segnalare all'utilizzatore della carta la necessità, comunque, di una particolare attenzione anche all'interno di tali formazioni rocciose.

La cartografia regionale analizzata non segnala, per l'area in esame, la presenza di un substrato direttamente riconducibile alle pietre verdi o a litotipi basaltici ed affini segnalati con eventuali minerali amiantiferi, seppure durante la campagna di indagini geognostiche di progetto si sia rilevata la presenza di clasti ofiolitici e serpentinitici, e quindi con possibile presenza di minerali amiantiferi, all'interno della formazione delle breccie poligeniche, rinvenute all'interno del sondaggi SVP4 e SVP5.



Figura 4.19. Estratto della Cartografia Pietre Verdi (Regione Liguria, 2017)

4.5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

4.5.1 Inquadramento idrogeologico generale

L'area di progetto si trova in area urbanizzata, in cui coperture di materiali incoerenti (coperture antropiche, alluvionali, eluviali e antropiche), permeabili per porosità, sovrastano tipologie di substrato tra loro differenti, ma poco permeabili, rappresentati dai Calcescisti della Val Branega (nella zona centrale e settentrionale dell'area di studio), dalle brecce poligeniche e dalle Argille di Ortovero (nell'area più occidentale dell'area di progetto e più a sud nei pressi della strada statale SS1 Aurelia).

Secondo la carta delle permeabilità de PUC del Comune di Genova, l'area di progetto interessa zone permeabili per porosità su substrati permeabili o semipermeabili (coltri sciolte, ammassi detritici), tuttavia non va trascurato il fatto che vaste zone dell'area risultano antropizzate e ricoperte da estese superfici pseudo impermeabili (aree pavimentate).

I dati acquisiti in letteratura, con l'aggiunta delle risultanze delle prove di permeabilità in foro eseguite nel corso delle indagini geognostiche, indicherebbero per le diverse formazioni le seguenti classi indicative di permeabilità:

- Coperture detritiche, alluvionali ed eluviali: 10^{-4} - 10^{-5} m/s;
- Strati molto fratturati ed alterati dei Calcescisti della Val Branega: 10^{-4} - 10^{-5} m/s;
- Calcescisti della Val Branega: 10^{-6} m/s;
- Brecce poligeniche: 10^{-6} ;
- Alternanze di siltiti, arenarie e sabbie presenti nella Formazione delle Argille di Ortovero: 10^{-4} - 10^{-5} m/s.
- Sedimenti fini della Formazione delle Argille di Ortovero: $<10^{-6}$.

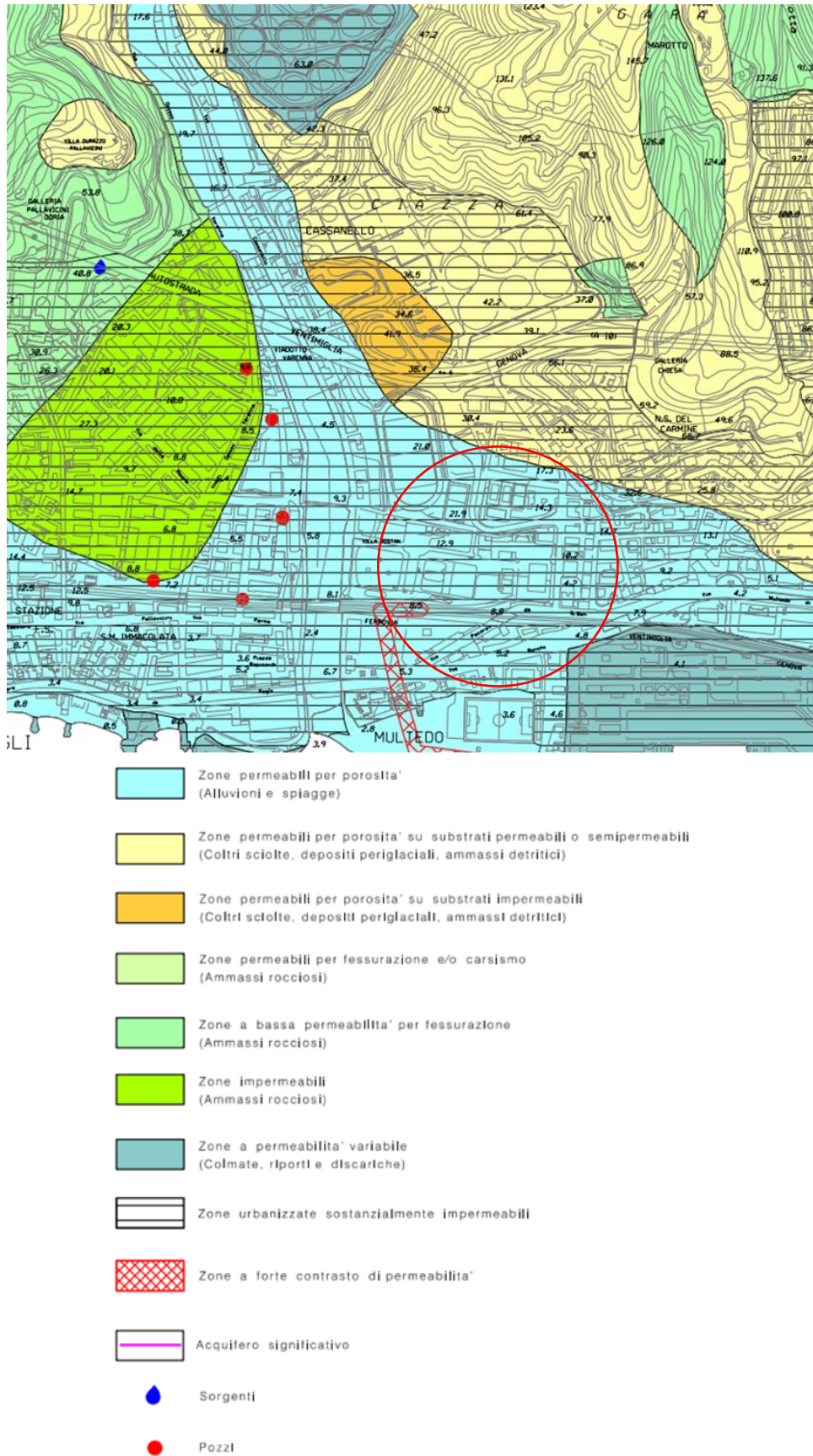


Figura 4.20. Permeabilità dell'area di progetto da PUC Genova (2014). Area di progetto evidenziata da cerchio rosso.

4.5.2 Reticolo idrografico

Riguardo l'idrografia della zona, la principale asta fluviale è costituita dal torrente Varena, che scorre con direzione Nord Sud nelle immediate vicinanze dell'area di progetto, circa 100 m ad ovest del tracciato di progetto, per poi sfociare direttamente in mare poco più a sud. Si segnala inoltre la presenza del Rio Rostan, un rio minore tombinato proveniente dai versanti dei rilievi collinari di Cassanello, il quale fiancheggia ad est l'area di progetto, scorrendo al di sotto di Via dei Reggio per poi sfociare in mare in prossimità del Porto Petrolì.

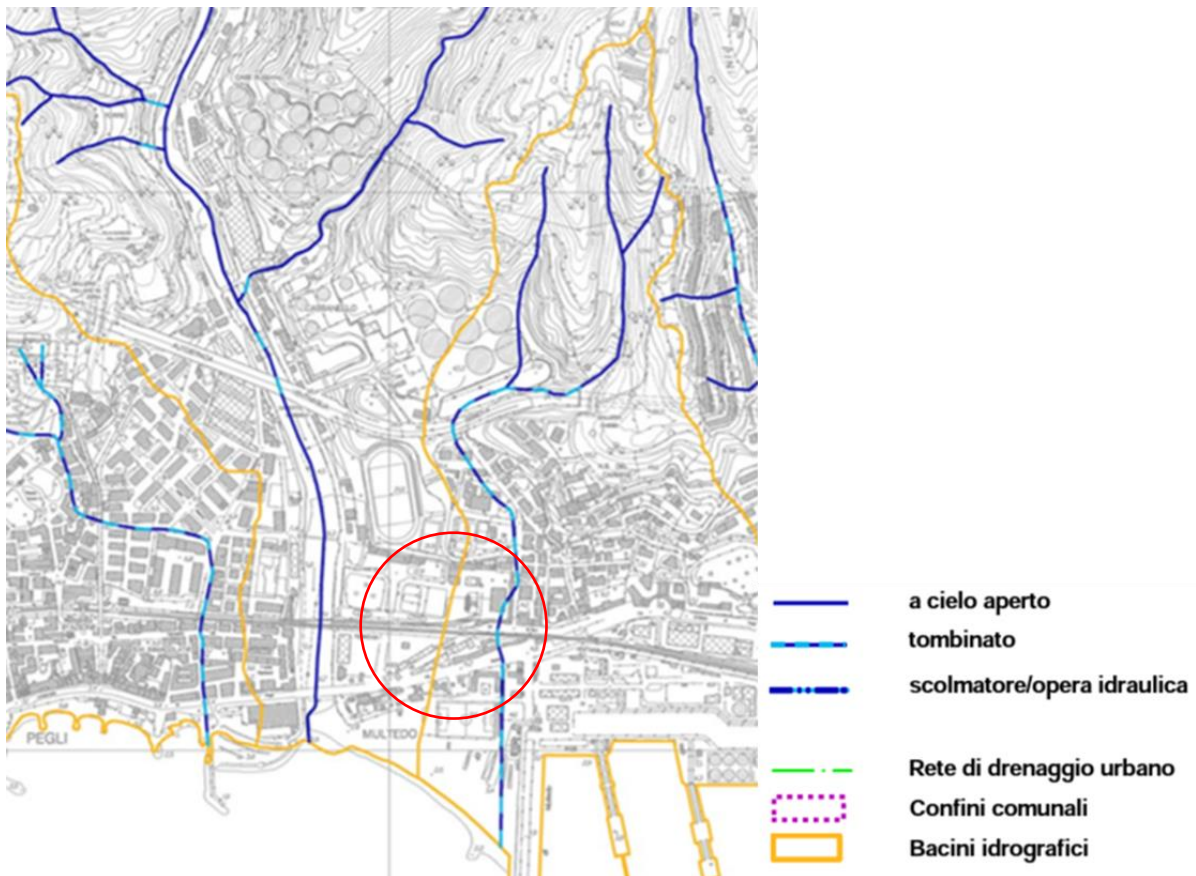


Figura 4.21: Idrografia dell'area di progetto (area di progetto cerchiata in rosso)

4.5.3 Piezometria

Non sono evidenziate emergenze idriche nei dintorni dell'area di progetto.

Relativamente ai livelli di falda, di seguito si riportano le misure piezometriche eseguite in data 30/09/2022 all'interno dei piezometri installati nelle perforazioni di progetto:

Sondaggio	Data di misura	Quota boccaforo (m.s.l.m.)	Soggiacenza falda (m. da p.c.)	Quota falda (m.s.l.m.)
SVP1	18/10/2022	19,884	6,30	13,58
	01/12/2022		6,03	13,85
SVP4	18/10/2022	5,335	3,35	1,99
	01/12/2022		2,80	2,54
SVP5	01/12/2022	4,962	0,90	4,06

Dai dati suddetti emerge che, compatibilmente con il sensibile abbassamento di quota morfologica, procedendo dal margine nord dell'area (SVP1), sita al di sopra del terrazzo della Via Antica Romana di Pegli, in direzione Sud (SVP4 e SVP5), verso la costa, la falda risale sensibilmente presso la superficie.

Si tratta in ogni caso di dati indicativi, relativi a misure puntuali, che non tengono conto delle variazioni stagionali, né di possibili differenti circolazioni idriche sotterranee in unità differenti.

5 INQUADRAMENTO SISMICO

5.1 SISMICITÀ STORICA (DAL 1000 AL 2021)

Con riferimento all'analisi della sismica storica del territorio interessato, vengono esaminati i dati riportati nel DBMI15 (INGV, 2021), che contiene i dati dei terremoti storici in territorio italiano. L'ultima versione del Database Macrosismico Italiano è stata rilasciata a gennaio 2021 (ver.3) e aggiorna e sostituisce la precedente, DBMI15 ver. 2.

DBMI fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani nella finestra temporale 1000-2021, le cui fonti provengono da studi di autori ed enti diversi.

La figura seguente riporta la sismicità della Liguria dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI15) in termini di Magnitudo (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>). Il catalogo CPTI15 fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima risentita ($I_{max} \geq 5$ o magnitudo momento ($M_w \geq 4.0$) d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2021.



Figura 5.1. Magnitudo dei Terremoti in Liguria estratti dal CPTI15

La mappa non evidenzia una sismicità significativa nell'immediato intorno del sito. Si osservano due terremoti storici di magnitudo M_w stimata intorno a 4 localizzati rispettivamente a 10 km ovest di Pegli ($M_w = 4.22$ del 6 Luglio 1897) e a 11 km sud-ovest di Pegli ($M_w = 4.16$ del 14 Maggio 1704).

Un terremoto storico di magnitudo M_w pari a 4.63 (10 Agosto 1536) è stato ubicato a circa 14 km est del sito, mentre un altro sisma storico di magnitudo stimata maggiore ($M_w = 4.98$) è stato ubicato nell'entroterra a circa 18 km nord del sito.

La figura seguente riporta la sismicità (in termini di intensità massima risentita in MCS) in un cerchio di 40 km di raggio dal sito dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI15) (Rovida et al., 2016).

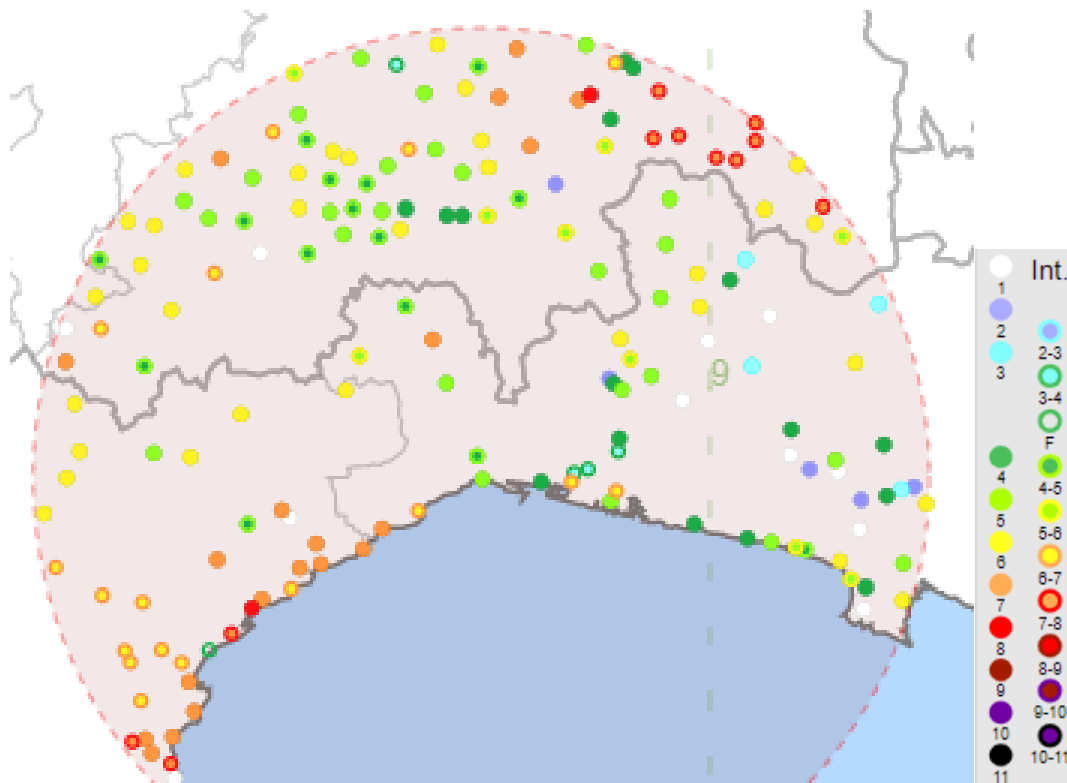


Figura 5.2. Intensità massima Risentita dei Terremoti in un raggio pari a 40 km dal sito, estratti dal CPTI15

Per i soli eventi registrati a Genova (numero di terremoti risentiti, EQs = 131) ed estratti da CPTI15, la intensità massima (Imax in MCS) è risultata essere pari a 6-7 per alcuni sismi avvenuti prima del 1950, come risulta dalla sequenza temporale delle massime intensità, riportata nel grafico sottostante.

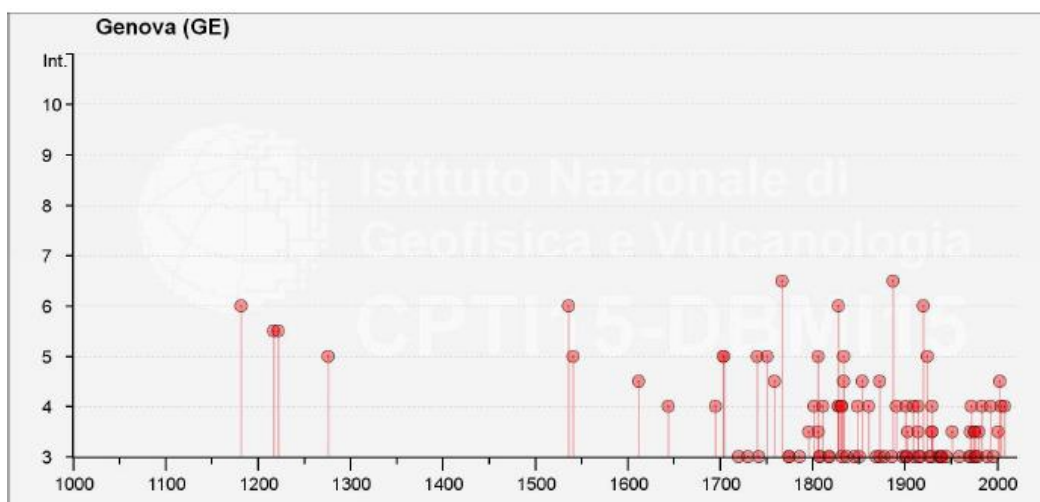


Figura 5.3. Intensità massime (MCS) dei Terremoti Risentiti a Genova, estratte dal CPTI15, sulla base della sismicità

5.2 SISMICITÀ RECENTE (DAL 1985 AL 2021)

Per quanto concerne i sismi che hanno interessato l'area di studio dal 1985 a fine 2022, i dati sono stati recuperati dal database ISIDE dell'INGV considerando un'area di raggio 70-80 km (che include le aree epicentrali dei terremoti più intensi di cui al paragrafo precedente) dal Comune di Genova.

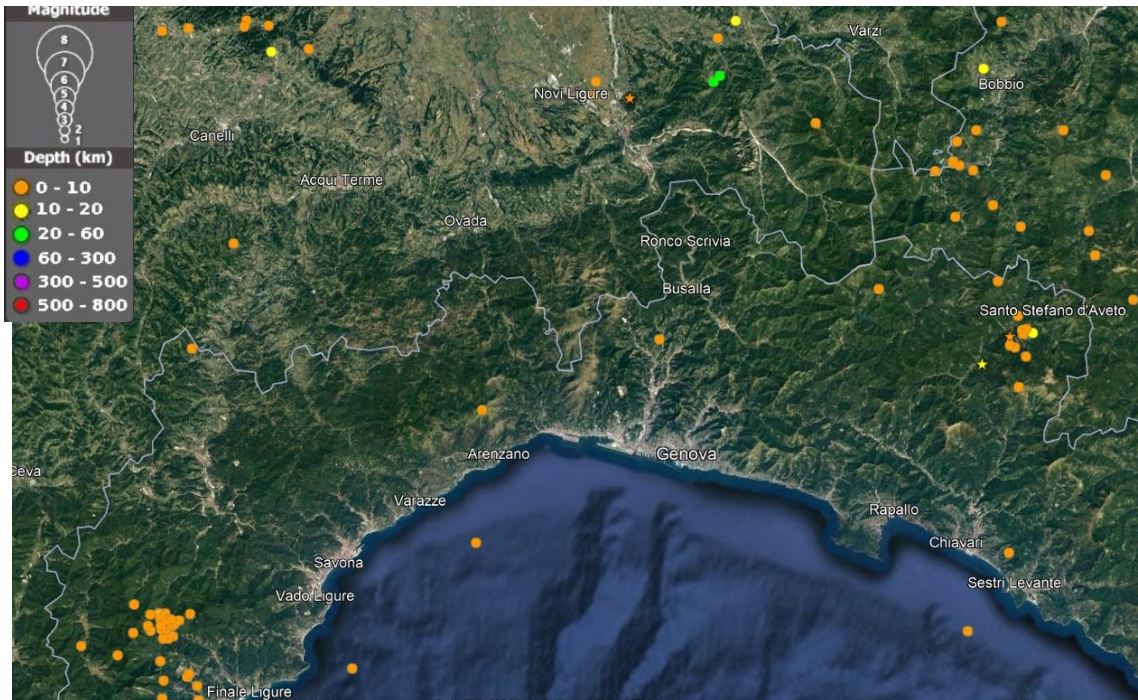


Figura 5-4 – Database ISIDE - Periodo 1985 – dicembre 2021. Mappatura dei sismi con Magnitudo ≥ 3

Dall'analisi dei dati rilevati si distinguono le seguenti aree sorgenti principali:

- numerosi sismi sono presenti in corrispondenza della val Bormida, circa 50 km più a Sud Ovest;
- aree sorgenti più estese e molto più distanti sono riconducibili all'arco alpino a ovest, e lungo il confine ligure a Est, tra Lunigiana e Garfagnana.

L'attività sismica nei dintorni di Genova è piuttosto contenuta; i sismi più prossimi si trovano a circa 15 km più a nord e a ovest dell'area di interesse.

5.3 FAGLIE CAPACI

Il termine "faglie capaci" è utilizzato per descrivere le faglie "sismiche" con indizi di attività negli ultimi 40.000 anni potenzialmente "capaci" di produrre deformazioni in superficie. La riattivazione di faglie capaci è in grado di produrre fenomeni di neoformazione (ecosismi) che possono formarsi in superficie nelle aree epicentrali, in concomitanza con eventi sismici di intensità elevata, in genere \geq VIII-IX grado della scala ESI2007. La presenza di faglie capaci nel territorio oggetto di studio è stata verificata consultando il catalogo delle faglie capaci ITHACA (INGV, 2022).



Figura 5.5. Mappa delle Faglie Capaci nell'intorno dell'area di progetto (SGI-ISPRA, 2020)

La faglia capace e attiva più vicina risulta la faglia diretta con direzione ovest-est, denominata come n. 94224 "Genova Marine Fault 5", ubicata in mare a circa 4 km a sud dell'area di progetto (Figura 6.4). Lo studio di identificazione e caratterizzazione della faglia è tuttavia classificato di bassa qualità

Nel seguito sono tabellate le principali caratteristiche di questa faglia capace (n. 94224) e delle altre due più distanti dal sito in esame (94225 e 94222)

Fault Code	94224	94225	94222
Fault Name	Genova Marine 5 Fault	Genova Marine 4 Fault	Genova Marine 3 Fault
Region Name	Liguria	Liguria	Liguria
Tectonic Environment	PLATE BOUNDARY	PLATE BOUNDARY	PLATE BOUNDARY
System Name	Upper and Lower Continental Margin	Upper and Lower Continental Margin	Upper and Lower Continental Margin
Rank	Primary	Primary	Primary
Average Strike (°)	90	85	80
Dip (°)	Steep	Steep	Steep
Dip Direction	S	S	SSE
Fault Length (km)	5.5	2.0	2.0
Fault Depth (m)			
Kinematics	Normal	Normal	Normal
Last Activity	Pleistocene generic	Pleistocene generic	Pleistocene generic

5.4 SORGENTI SISMOGENETICHE

Benché le moderne investigazioni della sismotettonica regionale siano iniziate più di 30 anni fa, la conoscenza delle sorgenti sismogenetiche è ancora incerta. Questo dipende soprattutto dal fatto che l'attività tettonica è collegata ai movimenti di sistemi di faglie cieche, le cui caratteristiche (es. lunghezza del singolo segmento, entità dello scivolamento ecc.) non può essere definita solamente attraverso la classica analisi geomorfologica ma derivano dall'applicazione di algoritmi che permettono di definire la geometria della sorgente dai dati puntuali di distribuzione dell'intensità dei terremoti storici.

L'identificazione di tali sorgenti, concisamente definite silenti, permette di definire le aree potenzialmente affette da un alto livello di pericolosità sismica.

Con riferimento al catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane (Database of Individual Seismogenic Sources, DISS Version 3.2.0; <http://diss.rm.ingv.it/diss/> dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), l'area di progetto non ricade all'interno di strutture sismogenetiche singole (ISS) o composite (CSS) (DISS Working Group, 2018).

In base alla mappa di inquadramento sotto riportata si evidenzia che la struttura sismogenetica più prossima all'area di progetto si sviluppa a mare, ad almeno 32 km a sud della città di Genova, ed è la CSS classificata come ITCS022 "Imperia Promontory".

Tale struttura consiste di un sistema di faglie inverse, orientate NE-SW, e immergenti a N, che si sviluppano pochi chilometri a mare della linea di costa della Liguria Occidentale e Costa Azzurra, a profondità comprese tra i 2,5 e 15 km.

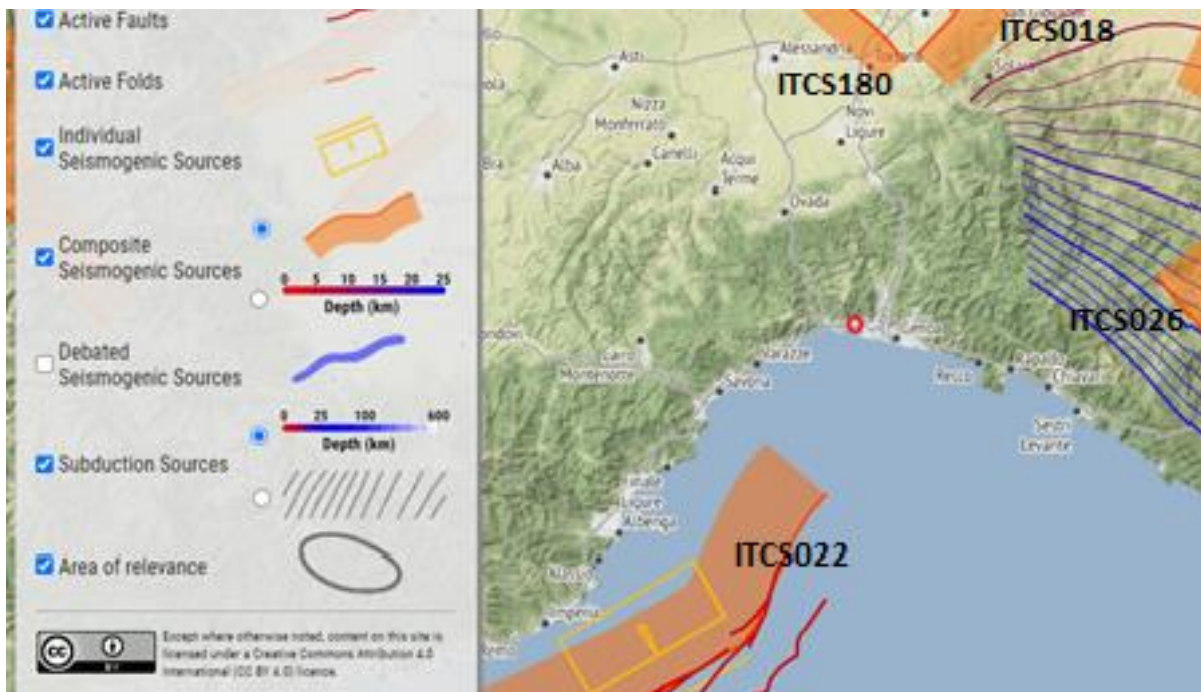


Figura 5.6. Mappa delle Sorgenti Sismogenetiche nell'Area del Mar Ligure (Diss Working Group, 2018)

Nel seguito sono tabellate le principali caratteristiche di questa faglia sorgente sismogenetica (ITCS22) e delle altre tre più distanti (ITCS180, ITCS018 eTCS026).

ITCS022		ITCS180		ITCS018		ITCS026	
Min depth [km]	2.5	Min depth [km]	1.0	Min depth [km]	2.0	Min depth [km]	1.0
Max depth [km]	15.0	Max depth [km]	8.0	Max depth [km]	8.0	Max depth [km]	10.0
Strike [deg] min... max	200...250	Strike [deg] min... max	115...150	Strike [deg] min... max	30...50	Strike [deg] min... max	310...330
Dip [deg] min... max	25...50	Dip [deg] min... max	40...50	Dip [deg] min... max	20...45	Dip [deg] min... max	30...45
Rake [deg] min... max	80...100	Rake [deg] min... max	80...120	Rake [deg] min... max	60...90	Rake [deg] min... max	260...280
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 0.2500	Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 0.5000	Slip Rate [mm/y] min... max	0.2000... 0.5400	Slip Rate [mm/y] min... max	0.1000... 1.0000
Max Magnitude [Mw]	7.4	Max Magnitude [Mw]	6.4	Max Magnitude [Mw]	6.8	Max Magnitude [Mw]	7.0

5.5 CLASSIFICAZIONE SISMICA

Negli ultimi anni si sono succeduti diversi provvedimenti normativi ed amministrativi per la definizione delle caratteristiche di pericolosità sismica locale.

Dal 1999 al 2003, la classificazione sismica del territorio nazionale era riconducibile alla mappa di classificazione sismica prodotta dal Gruppo di Lavoro (GdL, 1999), istituito dal Servizio Sismico Nazionale su indicazione della Commissione Grandi Rischi della Protezione Civile.

L'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri OPCM 3274/2003 ha rappresentato una prima risposta alla necessità di aggiornare gli strumenti normativi per la riduzione del rischio sismico. Con tale strumento si sono stabiliti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche introducendo la nuova classificazione sismica dei comuni italiani (successivamente integrati e aggiornati dall'OPCM 3519/2006) ed abbandonando così la precedente terminologia di "categorie sismiche".

L'intero territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone sismiche sulla base di un differente valore dell'accelerazione di picco a_g su terreno a comportamento rigido, derivante da studi predisposti dall'INGV-DPC. Uno dei cambiamenti fondamentali apportati dalla normativa è stata l'introduzione della zona 4; procedendo in questo modo tutto il territorio italiano viene definito come sismico, poiché di fatto, sparisce il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.

	Caratteristiche	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g)
Zona 1	È la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g > 0.25$
Zona 2	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0.15 < a_g \leq 0.25$
Zona 3	I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.	$0.05 < a_g \leq 0.15$
Zona 4	È la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g \leq 0.05$

Con la successiva ordinanza OPCM 3519/2006 è stata adottata la mappa di pericolosità sismica di riferimento nazionale (INGV, 2004), e sono state stabilite nuove disposizioni per l'individuazione a livello regionale delle zone sismiche su base probabilistica. I nuovi criteri per la determinazione della classificazione sismica individuano 12 fasce e sono basati, (innovando le disposizioni del precedente OPCM 3274/2003) su valori delle accelerazioni massime al suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi. Tale classificazione è quindi basata su un'approssimazione dei valori e della distribuzione del parametro a_g secondo i limiti amministrativi (criterio "zona dipendente").

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, le Regioni hanno inoltre riclassificato il proprio territorio in termini di livello di pericolosità, o mantenendo le quattro zone nazionali o adottando tre sole zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido (ag).

A seguito dell'emanazione dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche da parte dello Stato, inseriti prima nell'Allegato 1, punto 3 dell'Opcm 3274/2003 e in seguito aggiornati con l'Opcm 3519/2006, la Regione Liguria ha individuato le zone sismiche e ha stilato un elenco regionale dei comuni in zona sismica (DGR n.530/2003).

Attualmente la vigente suddivisione delle zone sismiche in Liguria è definita dalla DGR 216/2017, con l'aggiornamento dato dalla DGR 962/2018.

In conformità alla suddetta normativa, il comune di Genova, in cui è ubicata l'area interessata dal progetto, ricade in **zona sismica 3** (Bassa) per la quale le accelerazioni attese al suolo sono comprese 0.05÷0.15g (secondo i criteri dell'allegato 1 dell'Opcm 3274/2003).

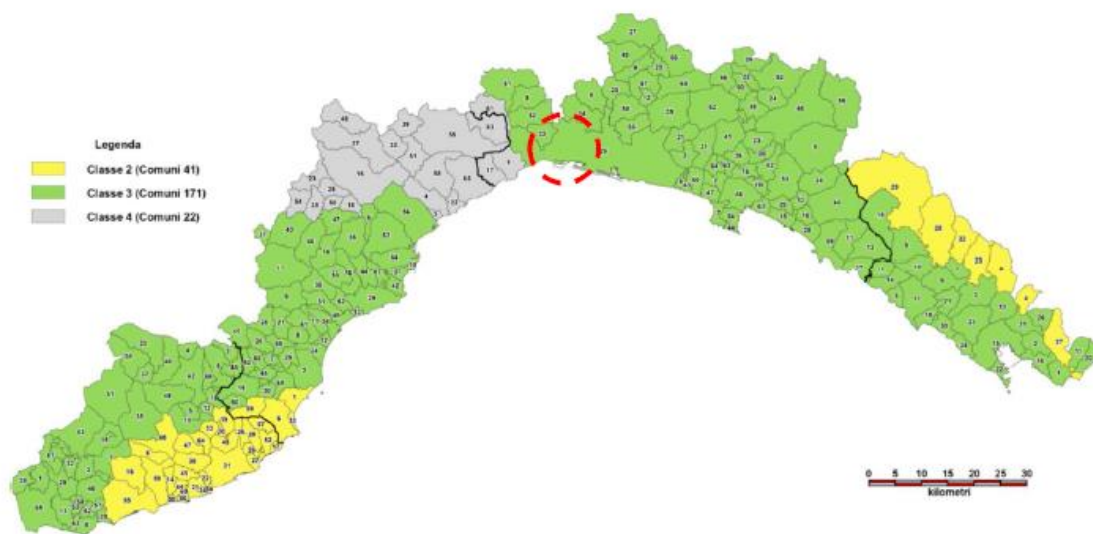


Figura 5.7: Classificazione sismica della Regione Liguria (da www.regione.liguria.it)

5.6 CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO

Allo stato attuale, i valori di pericolosità di base associati alle zone o sottozone definite a scala regionale non hanno diretta influenza sulla progettazione. Le NTC 2018 stabiliscono infatti che i parametri sismici di progetto ed i relativi spettri di risposta siano calcolati direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento associati alla normativa.

La procedura di calcolo ammessa dalla normativa prevede che, attraverso gli allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (v. NTC 2018 par.3.2) sia possibile determinare, per il sito di interesse e per differenti periodi di ritorno (T_R), i parametri di riferimento del moto sismico in superficie: a_g (accelerazione orizzontale max al sito di rif.), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_c^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), necessari per la successiva definizione degli spettri di risposta elastici del terreno. Successivamente, sulla base della localizzazione geografica del sito di progetto, correlando i suddetti parametri di riferimento con la vita nominale dell'opera e la sua classe d'uso, si giunge al calcolo degli spettri di risposta per i diversi stati limite definiti dalla normativa; ciò al fine di definire gli obiettivi da raggiungere in termini di sicurezza e prestazioni a dell'opera o parte di essa.

Per il calcolo degli elementi suddetti si rimanda agli elaborati geotecnici e strutturali.

In via preliminare, con riferimento al sito di interesse progettuale, e utilizzando la mappa di pericolosità sismica fornita da INGV (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>), di seguito si definisce lo scuotimento $a(g)$ (accelerazione

orizzontale massima del suolo secondo OPCM 3519/2006) per uno dei punti della griglia di riferimento (disposti a passo 0.05°) ad esso più prossimi.

Considerando le seguenti coordinate geografiche dell'area di interesse, nel suddetto modello di pericolosità sismica (MPS04-S1, INGV). il punto più prossimo all'opera di progetto (nodo ID 16694) ricade nella fascia le cui accelerazioni massime attese (con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni su suoli rigidi (classe A) e pianeggiante, sono comprese tra $0,05 < a_g < 0,075$.

Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale MPS04-S1 (2004)
 Informazioni sul nodo con ID: 16694 - Latitudine: 44.442 - Longitudine: 8.799

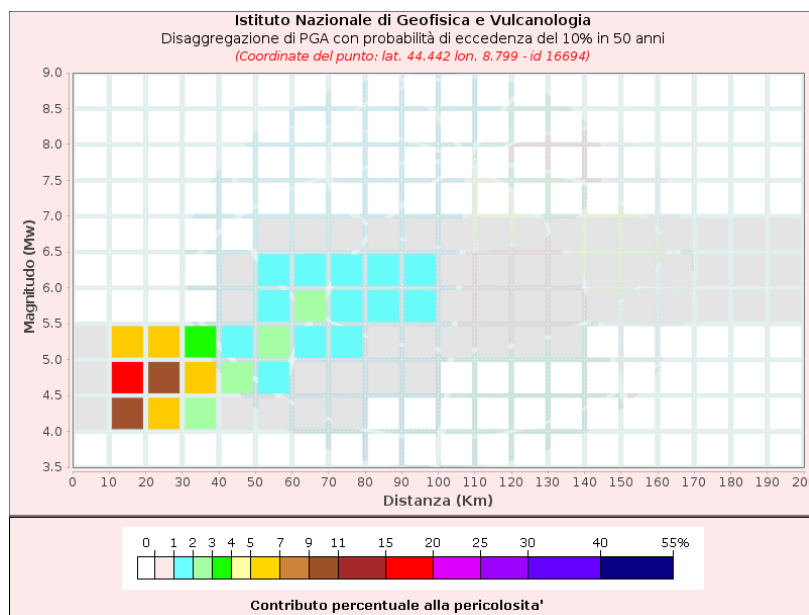
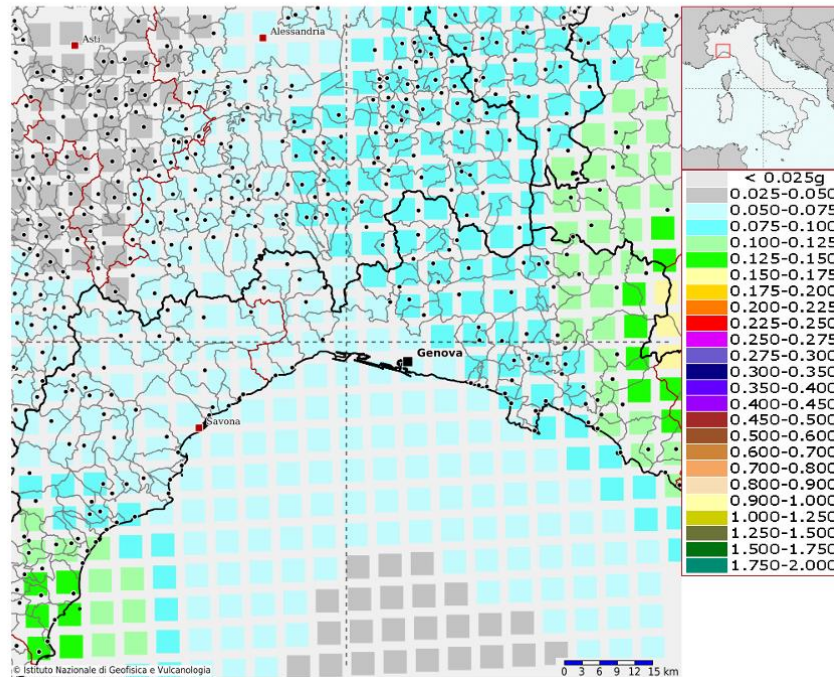


Figura 5.8: Analisi di disaggregazione di $a(g)$ con probabilità di superamento del 10% in 50 anni – T_r 1000 anni, secondo la mappa interattiva di pericolosità sismica per l'area di interesse (INGV, 2022 – MPS04-S1)

Secondo quanto risulta dall'analisi di disaggregazione, il valore medio di magnitudo atteso per eventi sismici (probabilità di superamento del 10% in 50 anni – $T_r = 1000$ anni), è pari a 5.06 Mw, ad una distanza di 39.7 km.

Più in dettaglio, per distanze variabili fino a 0-100 km dal sito di riferimento, il contributo percentuale complessivo della pericolosità per ogni classe di Magnitudo vale, rispettivamente:

- 18,74 % per magnitudo (M) comprese tra 4,0-4,5;
- 35,87 % per 4,5<M<5,0;
- 25,00 % per 5,0<M<5,5;
- 10,18 % per 5,5<M<6,0;
- 9,85 % per 6,0<M<6,5;
- 0,52% per 6,5<M<7,0;

5.6.1 Categoria di sottosuolo e frequenza di risonanza dei depositi

in prima ipotesi, l'identificazione della categoria di sottosuolo nei pressi dell'opera di progetto è resa possibile in base all'interpretazione delle onde di taglio calcolate nel corso di una Masw eseguite nel 2022 dal fornitore incaricato alla indagini (Akron Srl, 2022). Ulteriori risultati potranno aversi nelle fasi successive una volta restituite altre indagini dedicate ancora da realizzare (una prova DH, una stesa a rifrazione in onde S).

Il risultato della prova simica è sintetizzato nella figure successiva; si rimanda alla documentazione geognostica allegata al progetto per la visione completa del certificato.

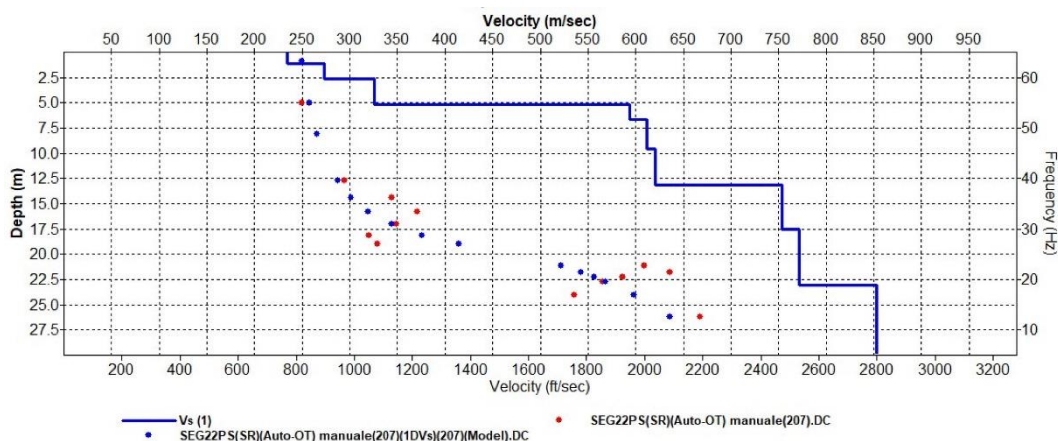


Figura 5-9 - Rappresentazione delle velocità Vs con la profondità calcolate dalla prova Masw (interpretazione Akron srl, 2021).

Dall'analisi delle risultanze della prova suddetta risulterebbe una Vs.equiv. pari a 574 m/s, con un substrato sismico individuato a 22,5 m di profondità (e valori di Vs già sensibilmente elevati già a 12 m di profondità circa).

I depositi risulterebbero essere in **categoria B** secondo quanto definito dalla normativa, ovvero "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".

Si rimanda in ogni caso agli elaborati geotecnici e strutturali per la scelta della categoria sismica di progetto più pertinente al sito in esame, nonché a tutto ciò che riguarda le risultanze dell'eventuale Studio di Risposta Sismica Locale, qualora eseguito.

Per quanto riguarda la frequenza fondamentale di risonanza del sito di studio si sono prese a riferimento le misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (HVSr), eseguite con tecnica Nakamura (tromografia) nei pressi delle suddetta prova masw.

Nella prova è stata individuata una frequenza caratteristica a 10.96 Hz, compatibile con una profondità contenuta del substrato sismico (< 10 m da p.c.). Ai sensi dei criteri Sesame (Sesame, 2005), la prova è stata classificata in classe A1 (ossia curva affidabile, che presenta comunque picchi chiari e significativi nell'intervallo di interesse ingegneristico (superamento di almeno 5 delle 6 condizioni richieste in *HVSR peak clarity criteria - Overall criteria fulfillment*)).

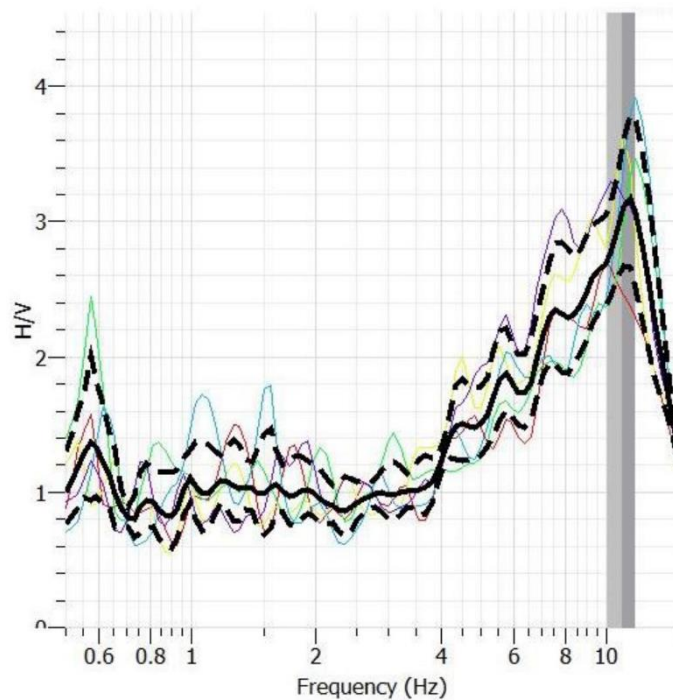


Figura 5-10 – Restituzione della prova HVSR (interpretazione Akron srl, 2021).

5.6.2 Microzonazione sismica

La Regione Liguria ha introdotto per le aree interessate dalla liquefazione, aggiornamenti normativi ai sensi della D.G.R. n. 535 del 18.06.2021, in cui vengono adottate le “*Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione (LQ)*” definendo i criteri tecnici e gli indirizzi per la pianificazione urbanistica comunale.

Nel Piano Urbanistico del Comune di Genova è contenuta la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), nella quale sono cartografate delle zonazioni del territorio su base stratigrafica, distinte in “*stabili – microzona del tipo A*”, “*stabili ma suscettibili di amplificazione locale - microzona del tipo B*” e “*zone suscettibili di instabilità - microzona del tipo C*.”

Dall’analisi della carta delle MOPS relativa all’area di interesse (Foglio 25, Scala 1: 5.000) si evince:

- che la totalità dell’area di progetto è compresa nella zona suscettibile di amplificazioni locali B7s “*sedimenti alluvionali e marini con spessore > 3 m*”, riconducibile a substrato coesivo sovraconsolidato affiorante o subaffiorante;
- la presenza di elementi tettonici appartenenti a due diversi set, uno con orientamento NNW-SSE, non intersecante direttamente l’area di studio, in parte dislocato da una seconda faglia, avente orientamento E-W, coincidente con lo sviluppo nella zona della linea ferroviaria ed interessante direttamente l’area in esame.

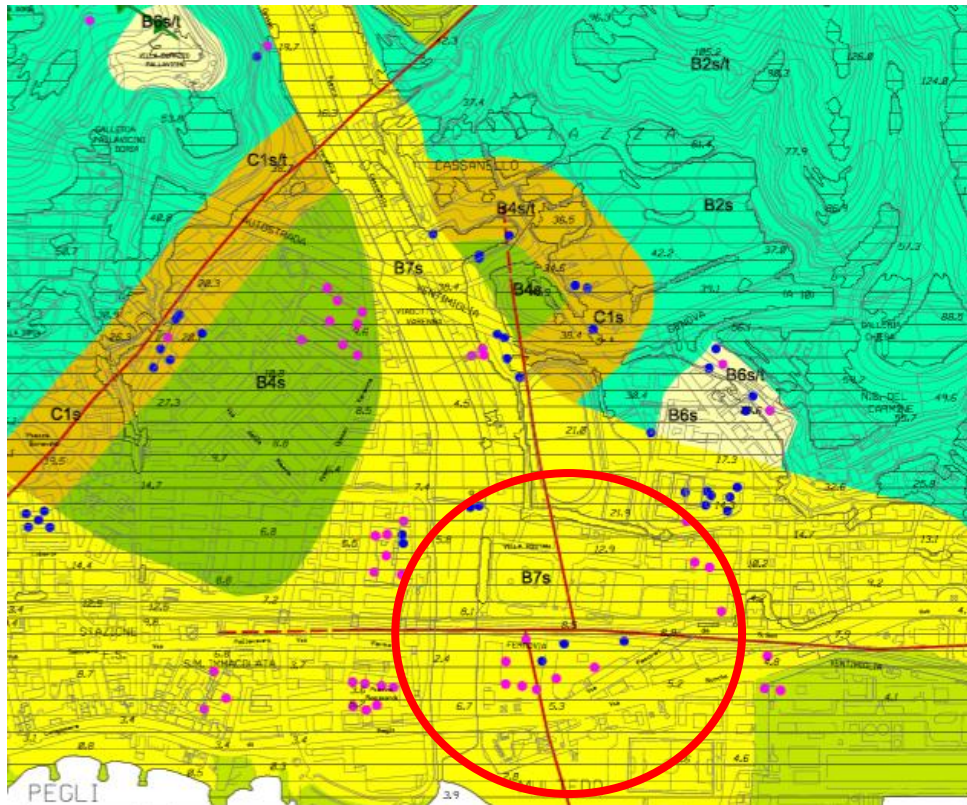


Figura 5.11. Carta delle microzone Omogenee in Prospettiva Sismica” associata al PUC del Comune di Genova

6 CONCLUSIONI

In questo capitolo conclusivo si sintetizzano le pericolosità geologiche identificabili nell'area interessata dal progetto; ciò nell'ottica di consentire la verifica della compatibilità dell'opera con le componenti geologiche, in accordo alla normativa vigente.

Il tracciato di progetto prevede delle opere di significativo impatto e complessità ingegneristica, per cui è importante che siano ben definite tutte le problematiche specialistiche geologiche e idrogeologiche pertinenti alla corretta progettazione e dimensionamento delle opere, nell'ottica di inserimento in un contesto già antropizzato. Di seguito si riassumono quindi gli elementi geologici di interesse ingegneristico desunti dallo studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico, integrati con le informazioni desumibili dagli studi sismotettonici e dalle cartografie di pericolosità redatte dagli Enti preposti al governo del territorio.

- Estrema variabilità delle caratteristiche e dello spessore del riporto antropico e difficoltà nella distinzione tra quest'ultimo e i depositi quaternari ove non siano chiaramente presenti elementi di origine antropica (es. laterizi). Gli spessori di riporto risultano attendibili solo dove siano state effettuate indagini dirette di progetto; sono già più dubbi laddove le informazioni sono attribuite sulla base delle indagini bibliografiche.
- Presenza, a quota di scavo, dei suddetti i materiali con scadenti caratteristiche meccaniche (depositi quaternari sabbiosi e ghiaiosi, argille plioceniche, coltri di alterazione del substrato, zone tettonizzate).
- Mancanza di indagini dirette nei pressi della parte centrale della galleria artificiale, proprio in corrispondenza del sottoattraversamento della ferrovia. La ricostruzione stratigrafica, in questa zona, si basa sulla proiezione delle sole indagini bibliografiche reperite sul database della Regione Liguria, mancando tutt'ora delle informazioni geognostiche dirette previste nel progetto. Le indagini bibliografiche sono caratterizzate da ampio margine di incertezza, e non possono ritenersi pienamente rappresentative della reale situazione stratigrafica, tanto in superficie quanto in profondità.
- Le formazioni del substrato attraversate dal tracciato in scavo sono differenti e con diverse caratteristiche: procedendo da nord verso sud si individuano i calcescisti della Val Branega, le Breccie (probabilmente ascrivibili a Costa Cravara), e le Argille di Ortovero. La parte superficiale del substrato è molto alterata e fratturata o, per propria natura, caratterizzata da caratteristiche meccaniche scadenti (v. Argille di Ortovero, breccie con elevata componente fine in matrice, ecc.). Pertanto, si ipotizza un importante abbattimento delle caratteristiche fisiche e meccaniche rispetto a quelle dell'ammasso roccioso compatto che si rinviene a maggiori profondità.
- Il profilo geologico ricostruito prevede una faglia presunta al contatto tra calcescisti e breccie, la cui presenza sarebbe segnalata dalla carta delle MOPS del PUC del Comune di Genova.
- Relativamente alle breccie poligeniche, si segnala al loro interno la diffusa presenza di clasti ofiolitici e serpentinitici, i quali potrebbero presentare dei minerali amiantiferi. A tal riguardo, seppure l'area di studio non sia segnalata a rischio nel portale della Regione Liguria relativo alla presenza di pietre verdi, si rimanda agli elaborati specifici per l'analisi di tale rischio e per le risultanze delle analisi chimiche eseguite sui campioni prelevati, oltre che per le eventuali procedure previste per la futura fase di esecuzione dei lavori
- Dalle misure di falda eseguite all'interno dei piezometri installati durante la campagna di indagini geognostiche di progetto, la soggiacenza è stata misurata a circa 6 m da p.c. nel settore settentrionale dell'area di progetto e tra 2,8 e 0,9 m nel settore meridionale. Seppure tali misure siano da considerarsi puntuali ed indicative, non rappresentative quindi delle variazioni stagionali e delle possibili differenti circolazioni idriche sotterranee in unità differenti, risulta evidente come la probabile presenza della falda in prossimità della superficie, specie nel settore meridionale dell'area di studio, sia da tenere in debita considerazione sia in fase di progettazione che di esecuzione dei lavori.
- la porzione più meridionale dell'area in esame, in adiacenza a Via S. Pacoret de Saint Bon risulta indicata come inondabile dalle cartografie del Piano di Bacino degli Ambiti 12 e 13.

7 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

APAT – ISPRA (2008). Carta geologica CARG Foglio 213-230 'Genova' - 1:50.000

Autorità di Bacino (AdB) Regionale, 2017, PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO. Elaborati di piano. Bacino: Varenna. Relazione illustrativa e carte tematiche

Autorità di Bacino (AdB) Regionale, 2022, PIANO DI BACINO STRALCIO SUL RISCHIO IDROGEOLOGICO. Elaborati di piano. Bacino: Ambiti 12 e 13

Capponil G. & Crispini L. (con la collaborazione di Bonci M.C., Cabella R., Cavallo C., Cortesogno L., Fabbri B., Federico L., Firpo M., Gaggero L., Nosengo S., Ottonello G., Piazza M., Perilli N., Piccazzo M., Ramella A., Spagnolo C., Vannucci G. & Vetuschi Zuccolini M.) (2008) - Note Illustrative del Foglio 213-230 "Genova" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000. Apat-Regione Liguria, Selca, Firenze.

Comune di Genova (2014). PUC. Piano Urbanistico Comunale. Relazione e tavole tematiche

Geoportale Nazionale (2022, website). Punto di accesso nazionale all'informazione ambientale e territoriale (<http://www.pcn.minambiente.it/mattm/>)

INGV (2021, web site). DBMI15: Database Macrosismico Italiano, versione 3.0: sismicità storica dal 1000 al 2021. (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

INGV (2021, web site). ISIDE (Italian Seismological Instrumental and Parametric Data-Base): Database dei dati parametrici dei terremoti avvenuti tra il 1° gennaio 1985 e data odierna: (<http://cnt.rm.ingv.it/>).

INGV (2021, web site) DISS3 (Database of Individual Seismogenic Sources). Strutture sismogenetiche. (<http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/DISS321>).

INGV (2021, web site). MPS04-S1. Modello di pericolosità sismica del territorio nazionale (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

ISPRA-SGI 2008, Carta Geologica d'Italia Foglio 213-230 Genova Sc. 1:50:000.

ISPRA (2021, web site). ITHACA (ITaly HAZard from Capable faults). Catalogo delle faglie capaci. (<https://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/cartella-progetti-in-corso/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci/default>).

ISPRA (2021, web site). Progetto IFFI: Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia. Cartografia tematica on line (<https://www.progettoiffi.isprambiente.it/>)

Olcese et al. (2005). Genoa debottlenecking project. Quarry and Construction, n. 507, 1-27.

Regione Liguria - Comune di Genova - AMGA (1998). Atlante Cartografico Geologico del Territorio del Comune di Genova alla scala 1:10000.

Repertorio Cartografico del Geoportale Regione Liguria: (<https://svcarto.regione.liguria.it/geoviewer2/pages/apps/geoportale/index.html>)

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>