

STUDIO ASSOCIATO GEOLOGIA TECNICA

dott. geol. MARCO CAVALIERI

dott. geol. STEFANO LOZZA

☎ 3356248609

☎ 3356248617

- Geologia applicata
- Idrogeologia
- Geofisica

via G. Grazioli, 61 - 38122 Trento

tel. 0461983294 - fax 0461091754 - Email: studio@geoltec.it

PEC: geologiatecnica@epap.sicurezzapostale.it p.iva / c.f. 01521040228



PROVINCIA DI TRENTO

COMUNE DI TRENTO



INDAGINE GEOLOGICA E GEOTECNICA RELATIVA ALLA LOTTIZZAZIONE "C3" P.F. 1104/3 C.C. TRENTO - VIA GRAMSCI.

Relazione geologica

sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geologica del sito
(contiene la relazione sulla modellazione sismica)

Relazione geotecnica

sulle indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica
(contiene le verifiche geotecniche del progetto definitivo)

Studio di compatibilità della pericolosità

L.P. 27 maggio 2008, n°5 - D.G.P. n° 1317 del 4/9/2020

Trento, ottobre 2022

Rel. 5577/22

il progettista


TRENTINO - ALTO ADIGE/SÜDTIROL
DOTT. GEOL.
N° 56 MARCO CAVALIERI

Questa relazione, se trasmessa in forma cartacea, costituisce copia dell'originale informatico firmato digitalmente e conservato presso lo studio, in conformità alle regole tecniche (art.3 bis e 71 D.Lgs. 82/05). La firma autografa è sostituita dall'indicazione a stampa del nominativo del responsabile (art. 3 D.Lgs. 39/1993).¶

**INDAGINE GEOLOGICA E GEOTECNICA RELATIVA
ALLA LOTTIZZAZIONE "C3" P.F. 1104/3 C.C. TRENTO
- VIA GRAMSCI - TRENTO.**

1. PREMESSA.....	2
2. RELAZIONE GEOLOGICA.....	8
2.1 PIANO DELLE INDAGINI	8
2.2 MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO	9
2.3 PARAMETRI SPETTRALI SISMICI	14
2.4 VINCOLO IDROGEOLOGICO <i>L.P. 23 MAGGIO 2007</i>	16
2.5 DISCIPLINA D'UTILIZZAZIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO (D.P.R. 13 GIUGNO 2017 N. 120).....	17
2.6 CONCLUSIONI GEOLOGICHE.....	20
3. RELAZIONE GEOTECNICA.....	27
3.1 SCELTA DELL'APPROCCIO PROGETTUALE.....	27
3.2 PARAMETRI GEOTECNICI DEL TERRENO	29
3.3 PARAMETRI GEOTECNICI DI PROGETTO	30
3.4 FRONTI DI SCAVO	32
3.5 SMALTIMENTI ACQUE METEORICHE.....	34
3.6 CONCLUSIONI GEOTECNICHE	37
4. STUDIO DI COMPATIBILITÀ DELLA PERICOLOSITÀ.....	40
4.1.1 INQUADRAMENTO GENERALE DEL BACINO	41
4.2 PORTATA DI MASSIMA PIENA LIQUIDA.....	48
4.3 VERIFICA DELLE SEZIONI D'ALVEO	53
4.4 CONCLUSIONI	55

Allegati

COROGRAFIA scala 1:5.000
ORTOFOTO scala 1:3500
ESTRATTO CARTA DI SINTESI PERICOLOSITÀ. scala 1:3500
ESTRATTO CARTA RISORSE IDRICHE scala a vista
ESTRATTO CARTA VINCOLO IDROGEOLOGICO scala 1:3500
ELABORATI PROGETTUALI – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

1. PREMESSA

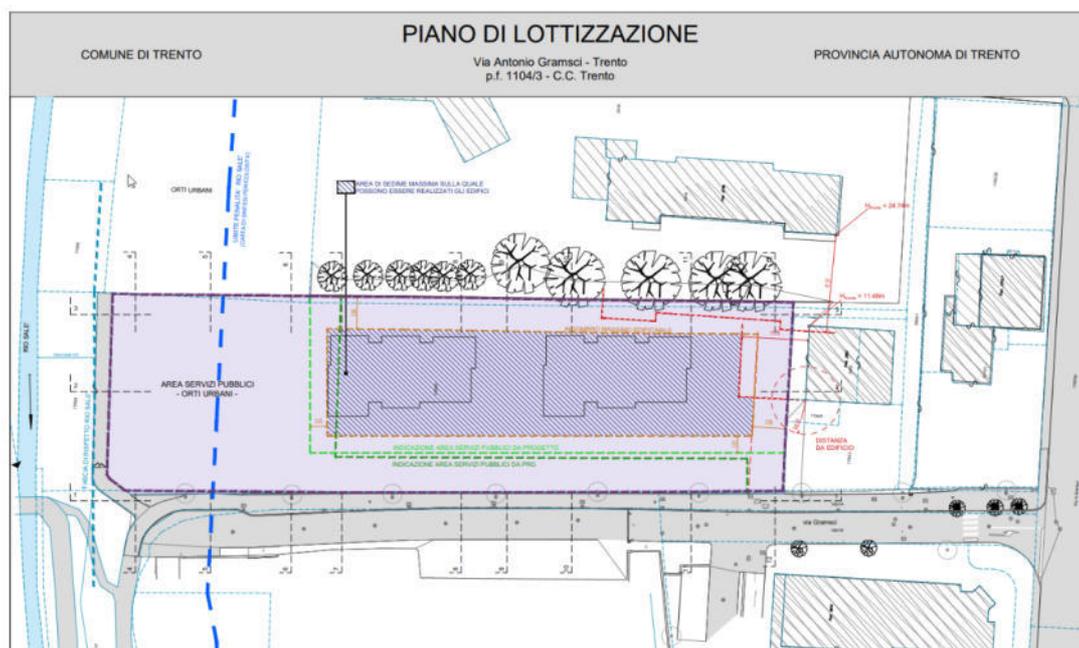
In relazione all'incarico conferito allo scrivente dal Progettista Ing. Adriano Battisti per conto della Committenza DENALI SRL, relativo alla stesura del progetto geologico di massima del Piano di lottizzazione "C3" in p.f. 1104/3 c.c. Trento - Via Gramsci, si sono predisposti nell'ordine:

- 1) studio di massima relativo alla fattibilità delle opere, in particolare degli interventi di urbanizzazione a servizio dei previsti edifici e sistemazione ed ampliamento di quelli esistenti (viabilità, reti tecnologiche, ecc..).
- 2) rilievo geologico di dettaglio con verifica di sbancamenti ed eventuali affioramenti presenti nel sito.
- 3) analisi dei risultati e previsione degli ulteriori rilevamenti necessari alla predisposizione del progetto geoesecutivo degli edifici.

I risultati fin qui desunti fanno parte integrante del procedimento di accertamento geologico di individuazione del problema e spianano la via alle ricerche più specifiche che dovranno seguire l'attuale fase preliminare e quindi rendere fattibile l'opera in tutti i suoi aspetti tecnici più specifici e particolari. Gli stessi, seppure preliminari, permettono di ipotizzare e ancora inquadrare gli ambiti progettuali geologici ed ingegneristici che dovranno soddisfare alla progettazione.

Il progetto dell'Ing. Adriano Battisti, consiste nella realizzazione di due edifici residenziali di due piani fuori terra, dello sviluppo planimetrico (tetto) di

circa 135 m²; a completamento del progetto, è prevista la sistemazione della superficie perimetrale all'edificio con realizzazione di aree tecnologiche e parcheggi pertinenziali e garage interrati.

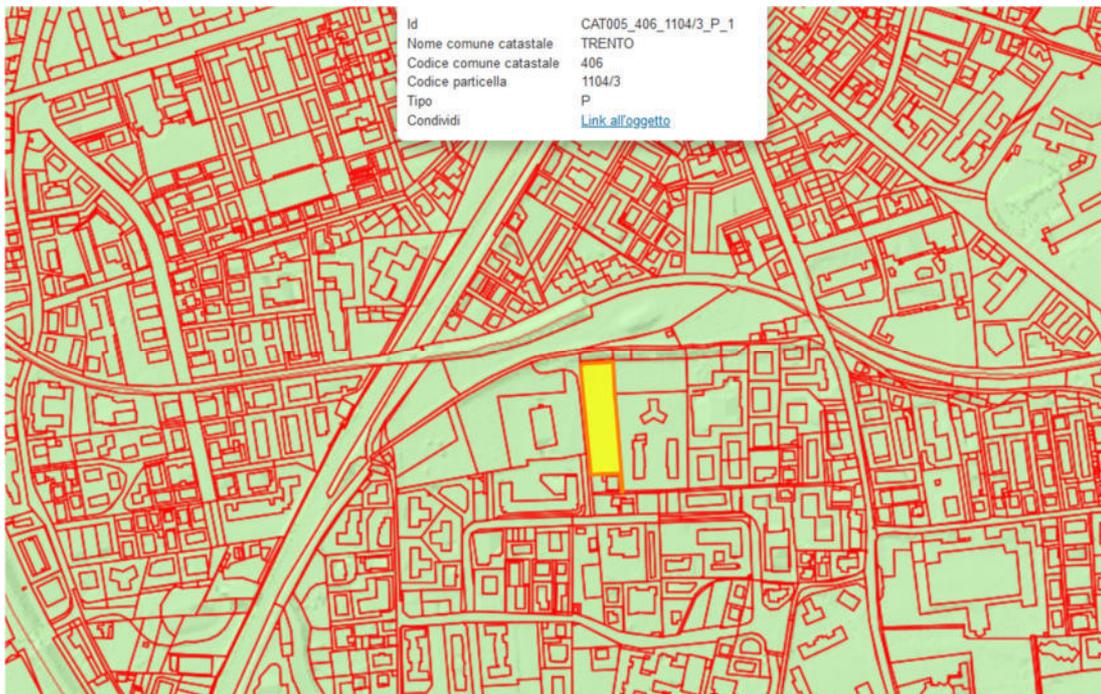


► La **Carta di sintesi della Pericolosità** (L.P. 27 maggio 2008, n°5 - D.G.P. n°379 del 18/3/2022) classifica gran parte dell'area con **Penalità Trascurabile o Assente P1** (Art. 18) e solo nel settore nord (non interessa da edificazioni) è classifica a **Penalità media P3 - torrentizia** (Art. 16).

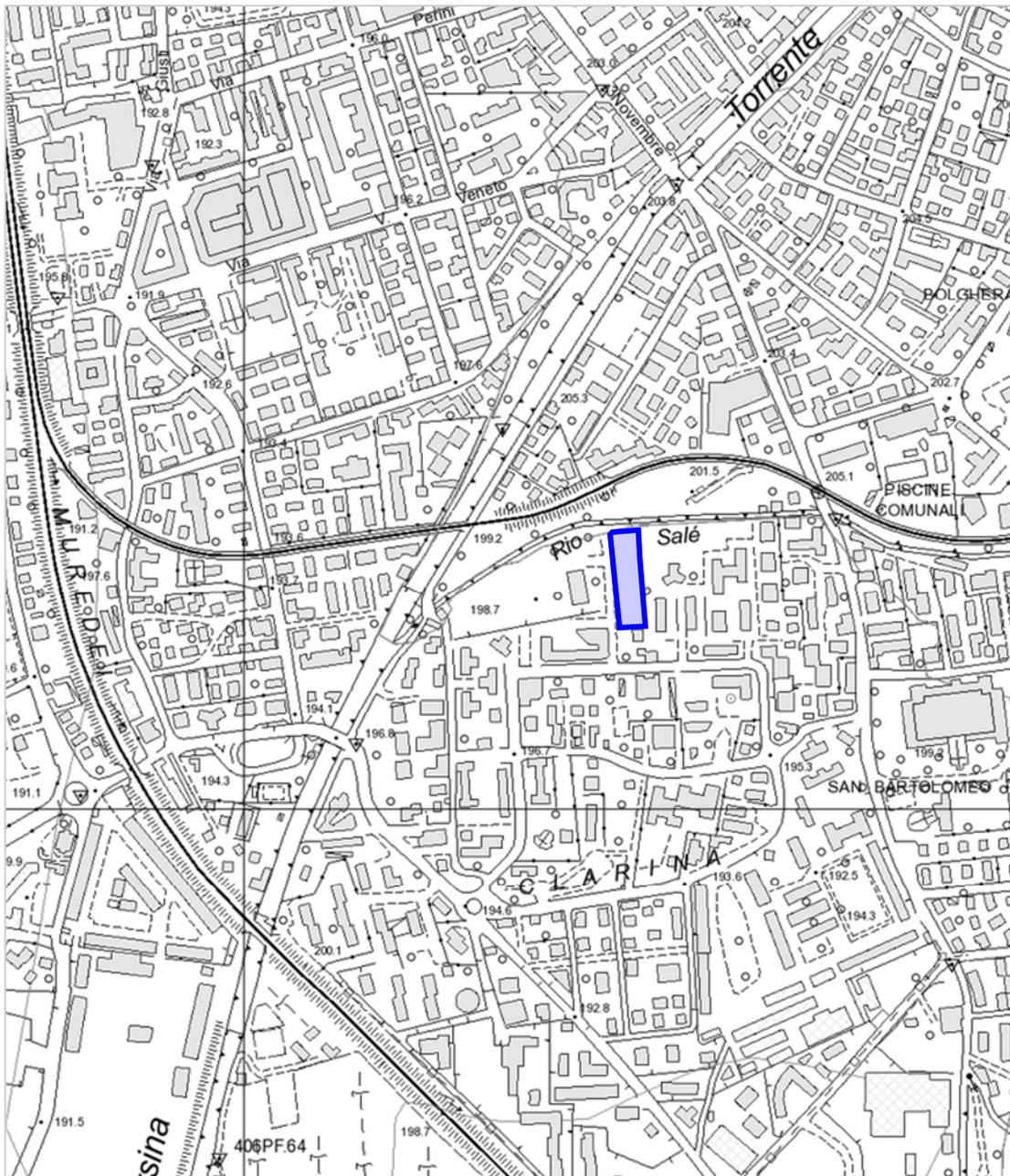
► La nuova **CARTA DELLE RISORSE IDRICHE** in vigore dal 17/09/2008 - 3° aggiornamento delibera 1941 28/12/2018, **non evidenzia** nell'area sorgenti, pozzi, e captazioni superficiali vincolanti.

► L'estratto della **CARTA DEL VINCOLO IDROGEOLOGICO** in vigore

dal 30 giugno 2010 (“Regolamento in materia di vincolo idrogeologico... della L.P. 23 maggio 2007 n. 11”), mostra che l’area interessata dall’intervento **NON rientra** in area a Vincolo Idrogeologico.



COROGRAFIA scala 1:10.000

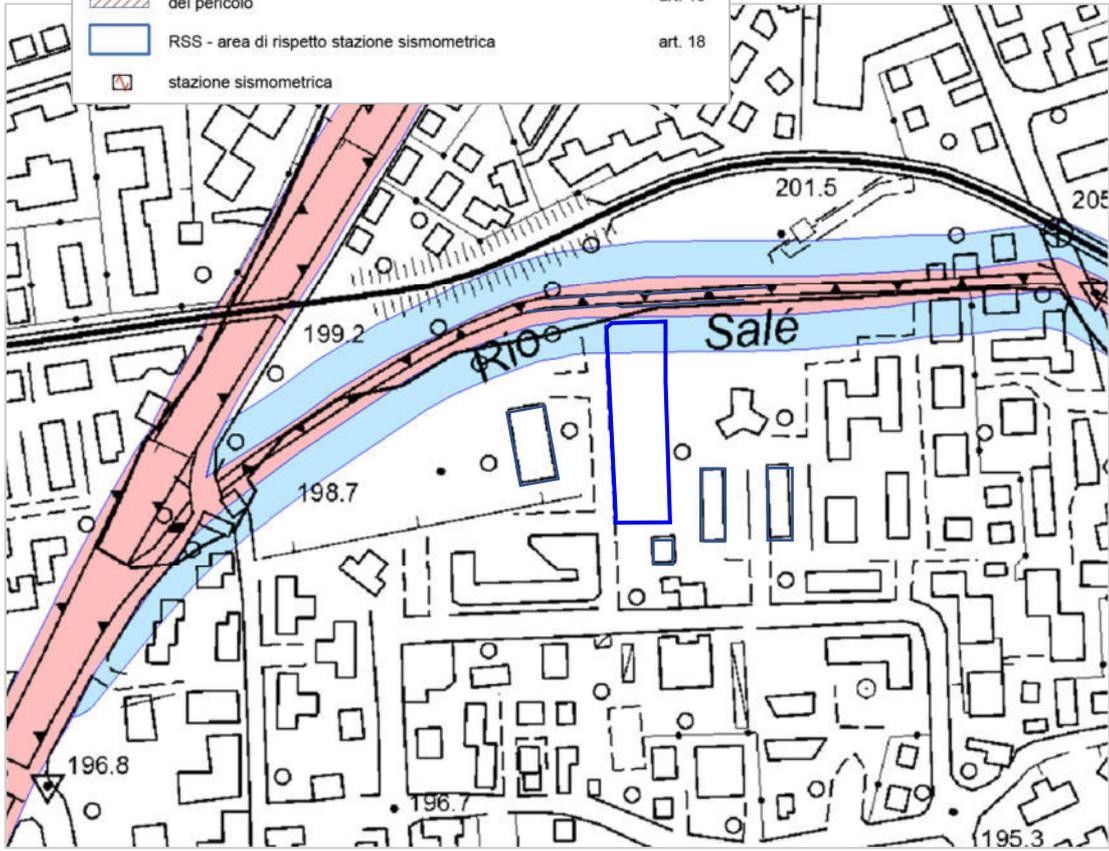


ESTRATTO CARTA PERICOLOSITÀ
L.P. 27 maggio 2008, n°5 - D.G.P. n°379 del 18/3/2022

Legenda - CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'

Classi di Penalità
Con riferimenti alle norme di attuazione del Piano Urbanistico Provinciale (L.P. 27 maggio 2008, n. 5)

penalità ordinarie		
	P4 - elevata	art. 15
	P3 - media	art. 16
	P2 - bassa	art. 17
altri tipi di penalità		
	APP - aree da approfondire	art. 18
	PRV - residua da valanga	art. 18
	P1 - trascurabile o assente	art. 18
tutele speciali		
	AFI - ambiti fluviali di interesse idraulico previsti dal Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche	art. 14
	IMP - aree riservate a interventi di mitigazione del pericolo	art. 18
	RSS - area di rispetto stazione sismometrica	art. 18
	stazione sismometrica	



Art. 21 - Norme di attuazione P.U.P. - 2008
ESTRATTO CARTA UTILIZZO RISORSE IDRICHE
3° aggiornamento - D. G. P. n. 1941 di data 12/10/2018

Legenda

Zona di Tutela Assoluta

-  Sorgenti
-  Sorgenti Minerali
-  Acque Superficiali
-  Pozzi

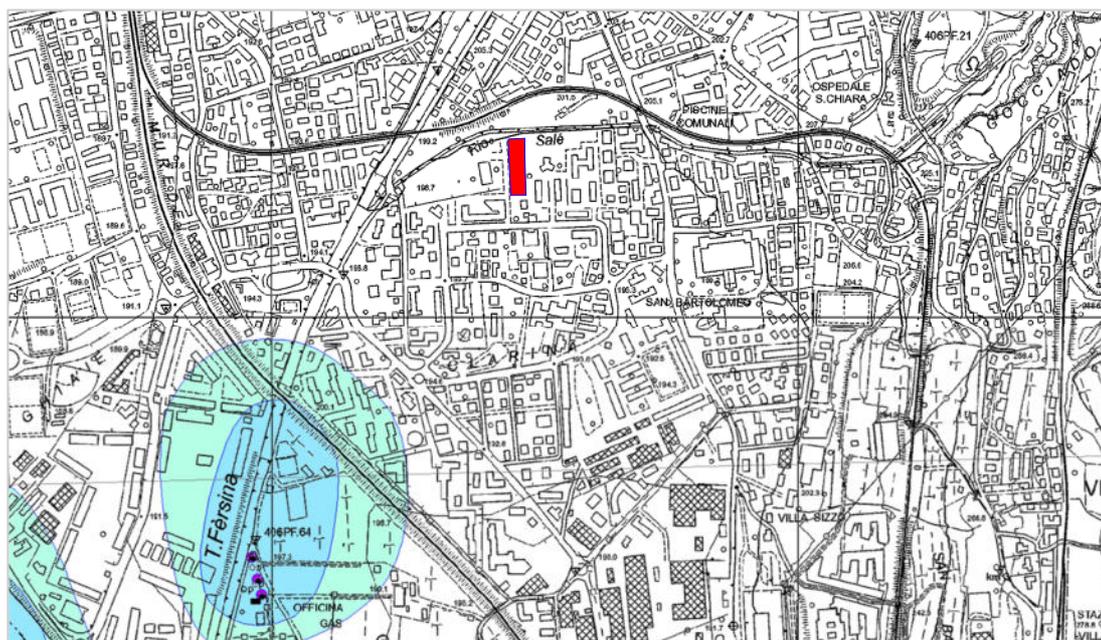
Zona di Rispetto Idrogeologico

-  Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi

Zona di Protezione Idrogeologica

-  Sorgenti, Sorgenti Minerali, Acque Superficiali e Pozzi

 altre sorgenti non disciplinate dall'art.21 del P.U.P.



2. RELAZIONE GEOLOGICA

2.1 Piano delle indagini

In considerazione di tipologia ed entità degli interventi previsti, sono stati realizzati approfondimenti geognostici in sito, basando l'analisi al rilevamento geologico generale di superficie e alla rielaborazione critica dei dati derivanti da indagini e osservazioni dirette condotte in passato in aree limitrofe.

In particolare per definire puntualmente la situazione litostratigrafica locale e per caratterizzare dal punto di vista geomeccanico il sottosuolo dell'area interessata dagli interventi in progetto sono stati verificati alcuni scavi esplorativi spinti fino a - 3,0 ÷ 3,5 metri dal locale p.c. nonché una serie di sondaggi meccanici realizzati in zona e reperibili in bibliografia (banca dati P.A.T.).

Relativamente ai terreni sciolti superficiali, sono costituiti da depositi quaternari (d'origine glaciale rimaneggiate in ambiente fluviale) d'ambiente continentale, quindi con intrinseche disomogeneità spaziali e tessiturali; pertanto il livello di conoscenza acquisita non preclude l'esistenza di *“eventuali incertezze nella ricostruzione geologica del sito che in ogni caso non potranno risultare significative ai fini dello sviluppo del progetto”*.

Le numerose indagini presenti nell'intorno soddisfano, anche se non puntualmente, i requisiti normativi attuali e hanno permesso di verificare

arealmente la natura litologica, le caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti in profondità al di sotto delle nuove fondazioni.

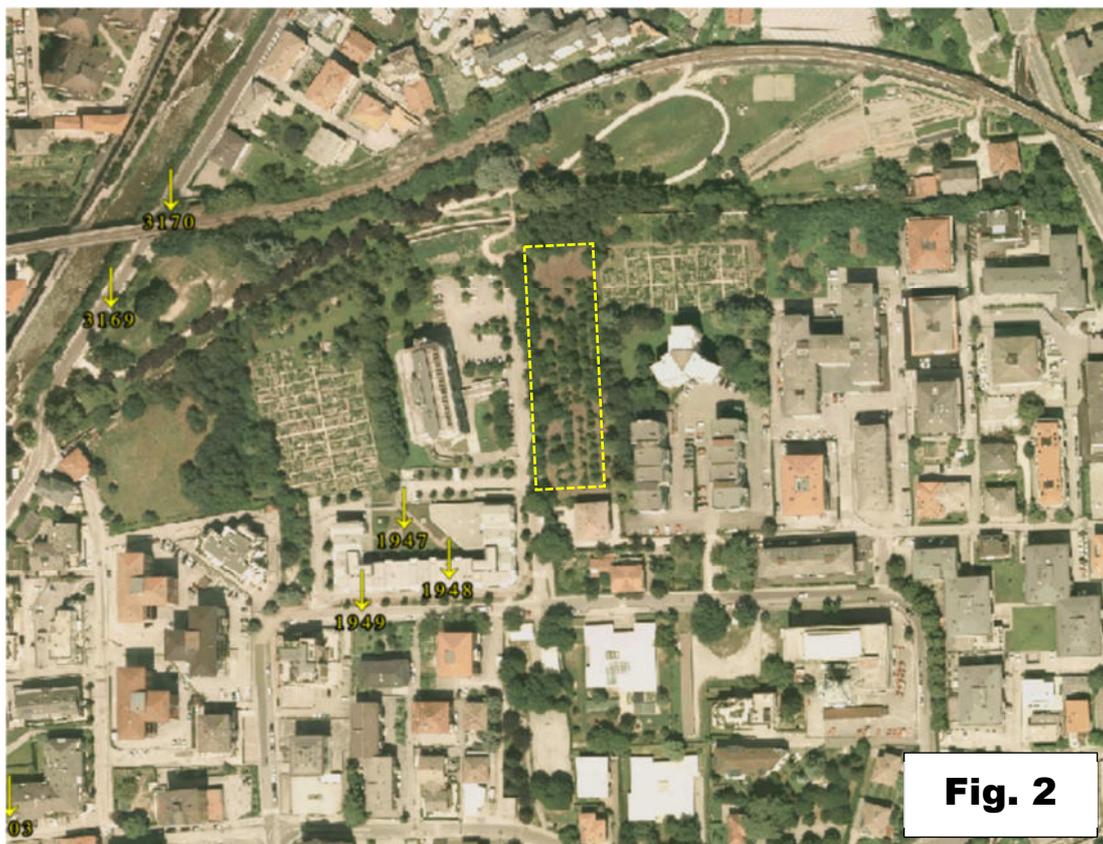
2.2 Modello geologico del sottosuolo

Dal punto di vista morfologico, l'area in esame è situata a quota 198,5 m.slm, nel settore mediano dell'ampia conoide alluvionale formata dal T. Fersina sulla quale è insediata quasi tutta la città di Trento.

L'area in oggetto, inquadrata nell'estratto topografico [Fig. 1], si trova in località Clarina a sud di Trento; si tratta di un'area pianeggiante, in una zona molto urbanizzata, localizzata nel tratto distale dell'ampia conoide del torrente Fersina.



Sondaggi meccanici presenti in bibliografia (catasto sondaggi PAT) in aree strettamente limitrofe [Fig. 2] hanno rivelato la prevalenza litologica di depositi a taglia ghiaioso sabbiosa in corpi lentiformi interdigerati tra loro, a formare una struttura in grado di autosostenersi in virtù dell'addensamento e del mutuo incastro tra i granuli; i vuoti della struttura sono riempiti dalla frazione limosa nettamente subordinata, episodicamente concentrata in lenti e tasche.



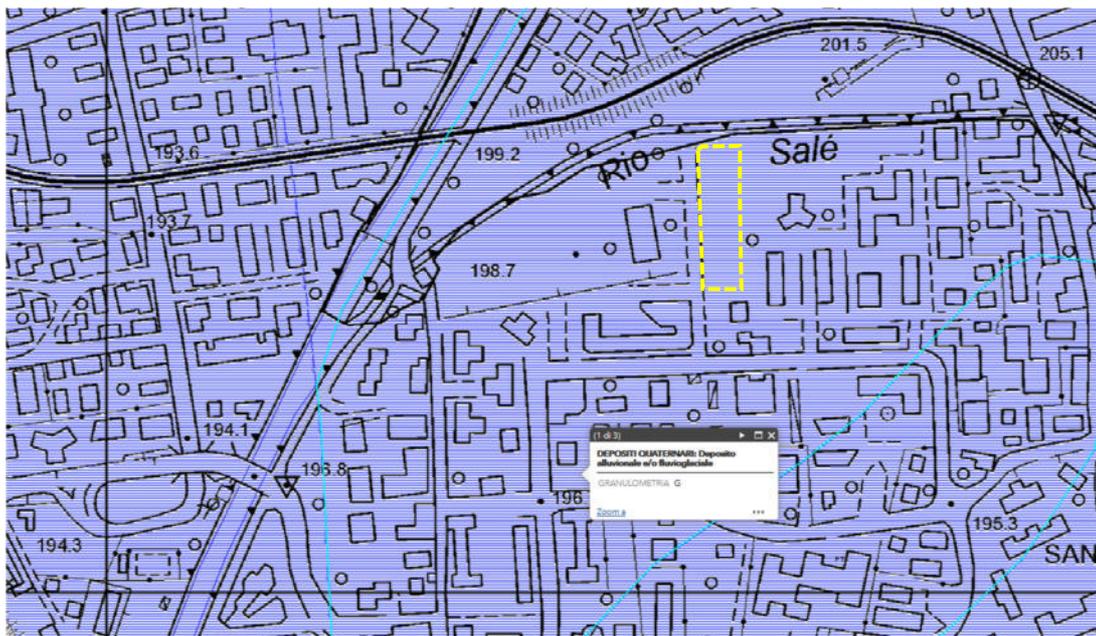
ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAggi				località: Trento, Via Grazioli		foglio n° 1	
ID sondaggio: 1947				prof. sondaggio (m): 10,5		prof. falda (m): 0	
n° sondaggio: 1				bedrock (m): 0		quota pc (m): 195	
data: 17/05/1993				tipo falda: inclinazione: Verticale (0°-20°)			
completamento completamento	n°	profondità	stratigrafia	note:		S.P.T.	
				descrizione litologica	prof.	N°	
		0,0	0,0-0,5	macca			
		0,0	0,0-10,5	sabbia con ghiaia e ciottoli			
					4,5		20
					7,5		20
					10,5		

ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAggi				località: Trento, Via Grazioli		foglio n° 1	
ID sondaggio: 1948				prof. sondaggio (m): 10,5		prof. falda (m): 0	
n° sondaggio: 2				bedrock (m): 0		quota pc (m): 195	
data: 18/05/1993				tipo falda: inclinazione: Verticale (0°-20°)			
completamento completamento	n°	profondità	stratigrafia	note:		S.P.T.	
				descrizione litologica	prof.	N°	
		0,0	0,0-0,5	macca			
		0,0	0,0-10,5	sabbia con ghiaia e ciottoli			
					3		20
					4,5		20
					8,5		
				ghiaia fine con sabbia e limo			
				sabbia con ghiaia e ciottoli			
					9		20
					10,5		

ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAggi				località: Trento, Via Grazioli		foglio n° 1	
ID sondaggio: 1949				prof. sondaggio (m): 9		prof. falda (m): 0	
n° sondaggio: 3				bedrock (m): 0		quota pc (m): 195	
data: 21/05/1993				tipo falda: inclinazione: Verticale (0°-20°)			
completamento completamento	n°	profondità	stratigrafia	note:		S.P.T.	
				descrizione litologica	prof.	N°	
		0,0	0,0-0,5	macca			
		0,0	0,0-9	sabbia con ghiaia e ciottoli			
					4		20
					6,5		20
					9		

ESTRATTO DALLA BANCA DATI SONDAggi				località: Trento, Via Grazioli		foglio n° 1	
ID sondaggio: 1949				prof. sondaggio (m): 9		prof. falda (m): 0	
n° sondaggio: 3				bedrock (m): 0		quota pc (m): 195	
data: 21/05/1993				tipo falda: inclinazione: Verticale (0°-20°)			
completamento completamento	n°	profondità	stratigrafia	note:		S.P.T.	
				descrizione litologica	prof.	N°	
		0,0	0,0-0,5	macca			
		0,0	0,0-9	sabbia con ghiaia e ciottoli			
					4		20
					6,5		20
					9		

La natura grossolana del detrito garantisce un'elevata permeabilità sia verticale sia orizzontale, cosicché non si ha notizia né evidenza diretta di fenomeni di ristagno superficiale.



Per quanto riguarda la circolazione idrica nel sottosuolo, è nota anzitutto la presenza di una falda freatica il cui asse di drenaggio principale è orientato verso SO parallelamente all'alveo attuale del T. Fersina in direzione del F. Adige. Misure freaticometriche effettuate durante passate campagne geognostiche, illustrate della carta riportata di seguito [Fig. 3], nonostante la loro incompletezza i dati esposti confermano l'ipotesi circa la presenza di una falda freatica defluente in direzione SSE verso il F. Adige, che nell'area di interesse sale a profondità di 9÷10 metri dal p.c.

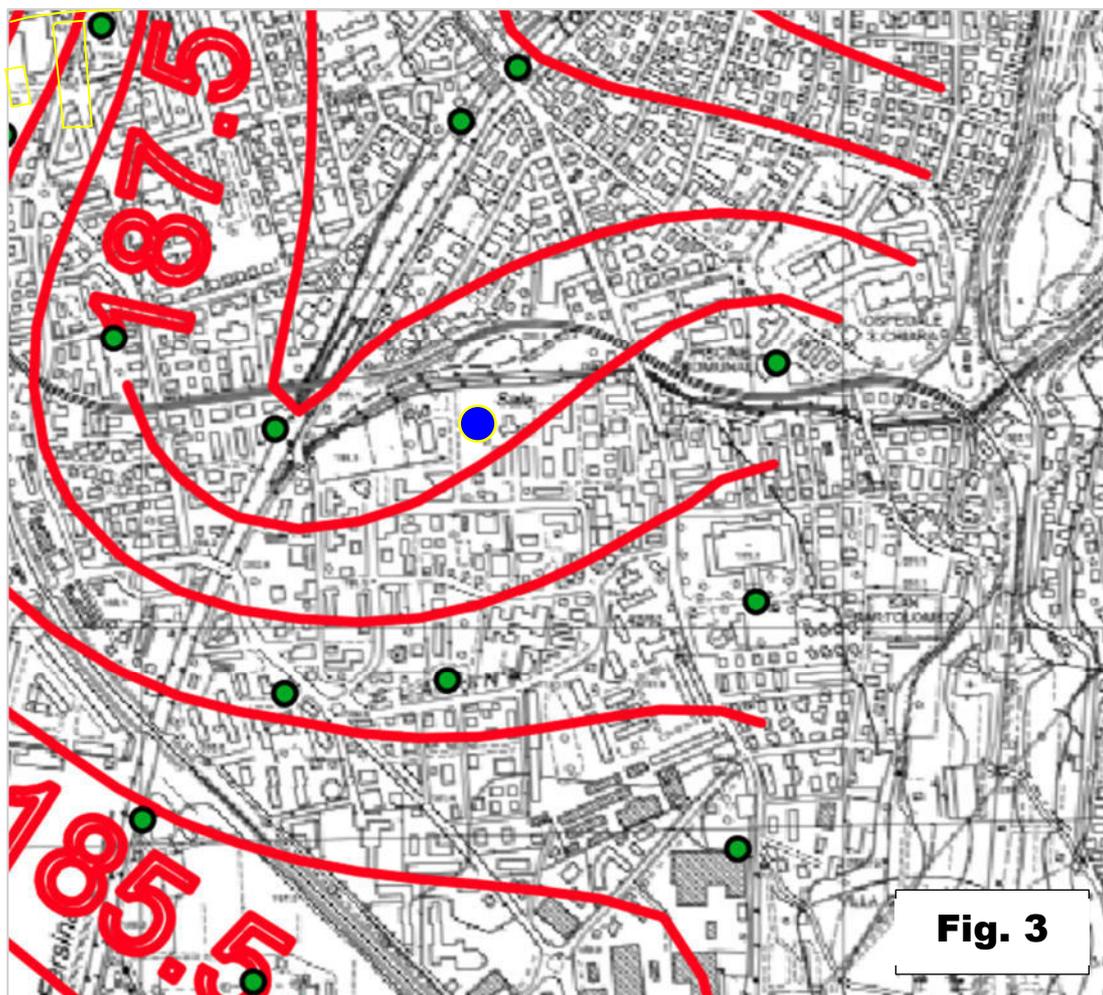


Fig. 3

TABELLA RIASSUNTIVA DATI STRATIGRAFICI ED IDROGEOLOGICI CONOIDE FERSINA				
	Riporti	Non saturo	Acquifero	Substrato sottostante l'acquifero
Granulometria	Pavimentazione – suoli (0.5 m); riporti storici (paleovalveo Adige ~ (5.0 m)	Sequenza alluvionale di ghiaie con ciottoli in matrice sabbiosa, lenti di sabbie limose e limi sabbiosi (+ rappresentati nella porzione distale)	Sequenza alluvionale di ghiaie con ciottoli in matrice sabbiosa, lenti di sabbie limose e limi sabbiosi(+ rappresentati nella porzione distale)	Limi +/- argillosi sino a sabbie limose.
Permeabilità K) (m/sec)		$Ko 2 \times 10^{-3} (1)$ (valore max, riscontrato nelle ghiaie e sabbie della parte distale) $10^{-5} < Kv < 10^{-4} (2)$	$Ko 2 \times 10^{-3} (1)$ (valore max, riscontrato nelle ghiaie e sabbie della parte distale) $10^{-5} < Kv < 10^{-4} (2)$	$10^{-7} < K < 10^{-8} (3)$

Si sottolinea come la struttura conoidale del torrente Fersina diventa

acquifera, solamente nella sua porzione distale, mentre nella parte medio apicale la superficie freatica si posiziona la letto dello strato ghiaioso e sabbioso, i valori di seguito proposti si riferiscono alla parte distale della struttura, (acquifero) corrispondente ad una fascia definita spazialmente sulla base della presenza di alcuni pozzi.

CARATTERISTICHE DELL'ACQUIFERO		CARATTERISTICHE DELLA FALDA	
Trammissività (T) m ² /sec	~ 1.5 x 10 ⁻²	Gradiente (i) %	0.1 ÷ 0.3
Porosità efficace (n _e) (%)	15 ÷ 20 ⁽⁴⁾	Velocità reale (V _r) m/g	1 < v < 1.5
Coefficiente di immagazzinamento (S)	15 ⁽⁵⁾	Soggiacenza falda (m)	4 ÷ 6
Spessore acquifero saturo (H) (m)	~ 8		

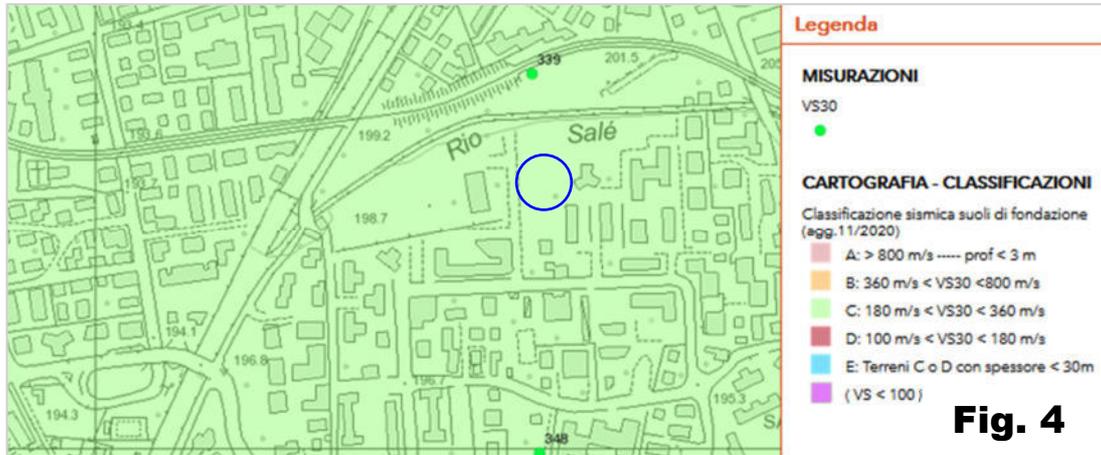
Note:

- (1) Valore ottenuto da una prova di pompaggio.
- (2) Valore ottenuto da prove tipo Lefranc.
- (3) Valore stimato sulla base della granulometria e di una prova edometrica.
- (4) Valore stimato sulla base della granulometria.
- (5) Il valore è stato stimato sulla base della considerazione che nelle falde libere il coefficiente di immagazzinamento assume valori confrontabili con la porosità efficace.

Sulla base di tali considerazioni al sedime dell'area, è cautelativamente possibile ascrivere un valore di **K = 0.5 x 10⁻⁴ m/sec.**

2.3 Parametri spettrali sismici

In considerazione della litologia grossolana del detrito e del suo elevato addensamento medio, in ossequio al D.M. 17/1/2018 (N.T.C.) il sottosuolo è identificabile nella **categoria C** di sottosuolo, in accordo con la mappatura redatta dal Servizio geologico provinciale nella Carta sismica dei suoli [Fig. 4].



Per la costruzione dello spettro di risposta, in ottemperanza alle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/1/2018) si forniscono i dati necessari alla determinazione dei *parametri su sito rigido orizzontale* (a_0 , F_0 , T^*_c):

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]	F_0	T^*_c [s]
Operatività (SLO)	30	0.028	2.521	0.197
Danno (SLD)	50	0.035	2.548	0.226
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.076	2.657	0.321
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.097	2.664	0.333
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici

Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m): 1 us (m): 0.1

Cat. Sottosuolo: C

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
CC Coeff. funz categoria	1,79	1,72	1,53	1,51
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	0.009	0.010	0.023	0.029
k _v	0.004	0.005	0.011	0.015
A _{max} [m/s²]	0.417	0.511	1.124	1.433
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

Allo stato attuale non sono disponibili le dimensioni e i carichi su di esse gravanti, il valore di progetto della resistenza del terreno (R_d) dovrà essere calcolato analiticamente con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici, penalizzati dei coefficienti parziali γ_m di Tab. 6.2.II

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coazione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma\gamma$	γ_γ	1,0	1,0

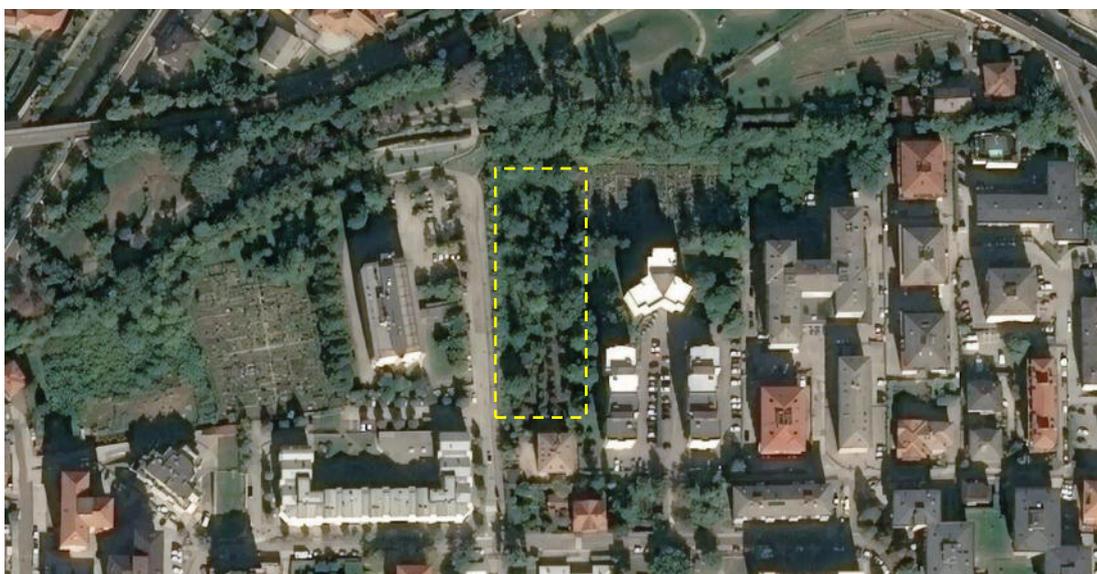
2.4 Vincolo idrogeologico L.P. 23 maggio 2007”

In ossequio alle disposizioni contenute nel “Regolamento in materia di vincolo idrogeologico... della L.P. 23 maggio 2007” – (entrato in vigore dal giugno 2010), si verificano le problematiche di ordine idrogeologico.



Fig. 5

L'analisi dello stato dei luoghi evidenzia come il sito non ricade in area a vincolo geologico [Fig. 5] ma, in ogni caso, le ottimali caratteristiche geotecniche del sedime e l'area fortemente urbanizzata permettono l'esecuzione degli interventi in progetto poiché non comportano impatti negativi né turbative all'assetto idrogeologico e forestale dell'area.



2.5 Disciplina d'utilizzazione delle terre e rocce da scavo (D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120)

Preliminarmente in base ai sopralluoghi effettuati in sito e alle lavorazioni di scavo previste, si dichiara che i terreni (sciolti e roccia) presenti nell'area sono **terreni di interessamento antropico – Tipo 2** considerata l'urbanizzazione circostante e l'utilizzo agricolo dell'area:

- non è esclusa la presenza di serbatoi o cisterne interrato, dismessi o rimossi o in uso, per lo stoccaggio di idrocarburi e/o sostanze etichettate ai sensi della direttiva 67/548/CE e successive modifiche e integrazioni;

- l'area non è interessata da attività che rientrano fra quelle definite dal D.M. 16/05/1989 (Criteri e linee guida per l'elaborazione e la predisposizione, con modalità uniformi da parte di tutte le Regioni e Provincia Autonome, dei piani di bonifica, nonché definizione delle modalità per l'erogazione delle risorse finanziarie);

- nella stessa non sono localizzati impianti assoggettati alla disciplina del Decreto legislativo 26 giugno 2015, n. 105, in materia di *"Attuazione della direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose"*

- il sito non è inserito nel perimetro d'attività industriali rientranti nelle categorie contemplate dall'allegato 1 al d.lgs. 4/08/1999, n. 372 (Attuazione della direttiva 96/61/CE relativa alla prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento);

- non ricade in aree interne a impianti autorizzati allo svolgimento di attività di smaltimento e/o recupero di rifiuti ai sensi dell'art. 28 del d. lgs. N. 22/1997 o in aree nelle quali siano effettuate attività di recupero avvalendosi del regime semplificato di cui agli articoli 31 e 33 del d.lgs. 22/1997, con esclusione degli impianti mobili:

- non è interessata da interventi di bonifica o compresa nell'anagrafe dei siti da bonificare;

Il Decreto del Presidente della Repubblica n. 120 *"Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi*

dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164", è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale Serie generale n. 183 del 7 agosto 2017 - Suppl. Ordinaria n. 63 ed è in vigore dal giorno 22 agosto 2017.

► Nell'attuale fase progettuale non sono ancora note le modalità di gestione del terreno scavato; in ogni caso si ricorda come, attualmente la gestione delle terre e rocce da scavo fa riferimento ai seguenti regimi:

REIMPIEGO NEL SITO DI PRODUZIONE: Ai fini dell'esclusione dall'ambito di applicazione della normativa sui rifiuti, le terre e rocce da scavo devono essere conformi ai requisiti di cui all'art. 185, comma 1, lettera c) del D.Lgs. 152 del 3 aprile 2006, purchè il materiale non sia contaminato. Fermo restando quanto previsto dall'articolo 3, comma 2, del decreto-legge 25 gennaio 2012, n. 2, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 marzo 2012, n. 28, la non contaminazione è verificata ai sensi dell'allegato 4 del D.P.R. n. 120 del 13 giugno 2017.

RIFIUTO: è sempre possibile conferire le terre come rifiuto in discarica o impianti di recupero con formulario (codice CER 17.05.04 –terre e rocce da scavo).

SOTTOPRODOTTO:

Per opere soggette a VIA e AIA si deve far riferimento all'art. 9 e succ. del D.P.R. 120 del 13 giugno 2017 (Piano di Utilizzo); in tal caso le analisi chimiche che dovranno essere fatte sulle terre e rocce da scavo dovranno prevedere la vagliatura in capo ai 2 cm con l'analisi della frazione < 2 mm e la successiva determinazione delle concentrazioni riferita alla massa

complessiva del campione. I parametri minimi d'analisi, salvo considerazioni legate a particolari utilizzi pregressi, faranno riferimento alle colonne A e B, tabella 1, Allegato 5, al Titolo V della parte IV del D.Leg. n. 152/2006.

2.6 Conclusioni geologiche

Si presenta l'indagine geologica di massima relativa al Piano di lottizzazione "C3" in p.f. 1104/3 c.c. Trento - Via Gramsci.

Il sottosuolo interessato dal progetto è costituito da un potente accumulo di ambiente detritico/alluvionale, costituito da un masso a nettissima prevalenza sabbiosa e ghiaiosa di compattezza medio elevata.

Relativamente alle indicazioni della Carta di Sintesi della Pericolosità, la parte edificata dell'area è classificata **P1 con Pericolosità assente o trascurabile (Art. 18)**; *si dichiara che la presente relazione rappresenta documentazione sufficiente ad escludere la necessità di misure precauzionali.*

Per quanto riguarda il settore nord della particella, che lambisce l'alveo canalizzato del Rio Salè, la C.S.P. classifica l'area con **Penalità Medi P3 – torrentizia (Art. 16)** e pertanto in base alla normativa vigente è stato redatta lo specifico Studio di Compatibilità della Pericolosità

Attualmente non sono definite le modalità di gestione del materiale

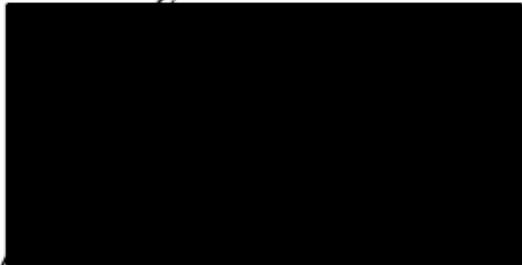
scavato; in riferimento al (D.P.R. 13 giugno 2017 n- 120 - *Linee guida e indicazioni operative per l'utilizzo di terre e rocce da scavo*) si dichiara che i terreni (sciolti e roccia), presenti nell'area sono in parte **terreni di interessamento antropico – Tipo 2**.

Nell'eventualità di *conferimento in discarica o centro di recupero*, sono da considerare "rifiuti speciali" (codice CER 17.05.04) la cui gestione deve avvenire ai sensi della normativa in materia di gestione rifiuti (Parte IV del D.Lgs. 152/06 s.m.i.).

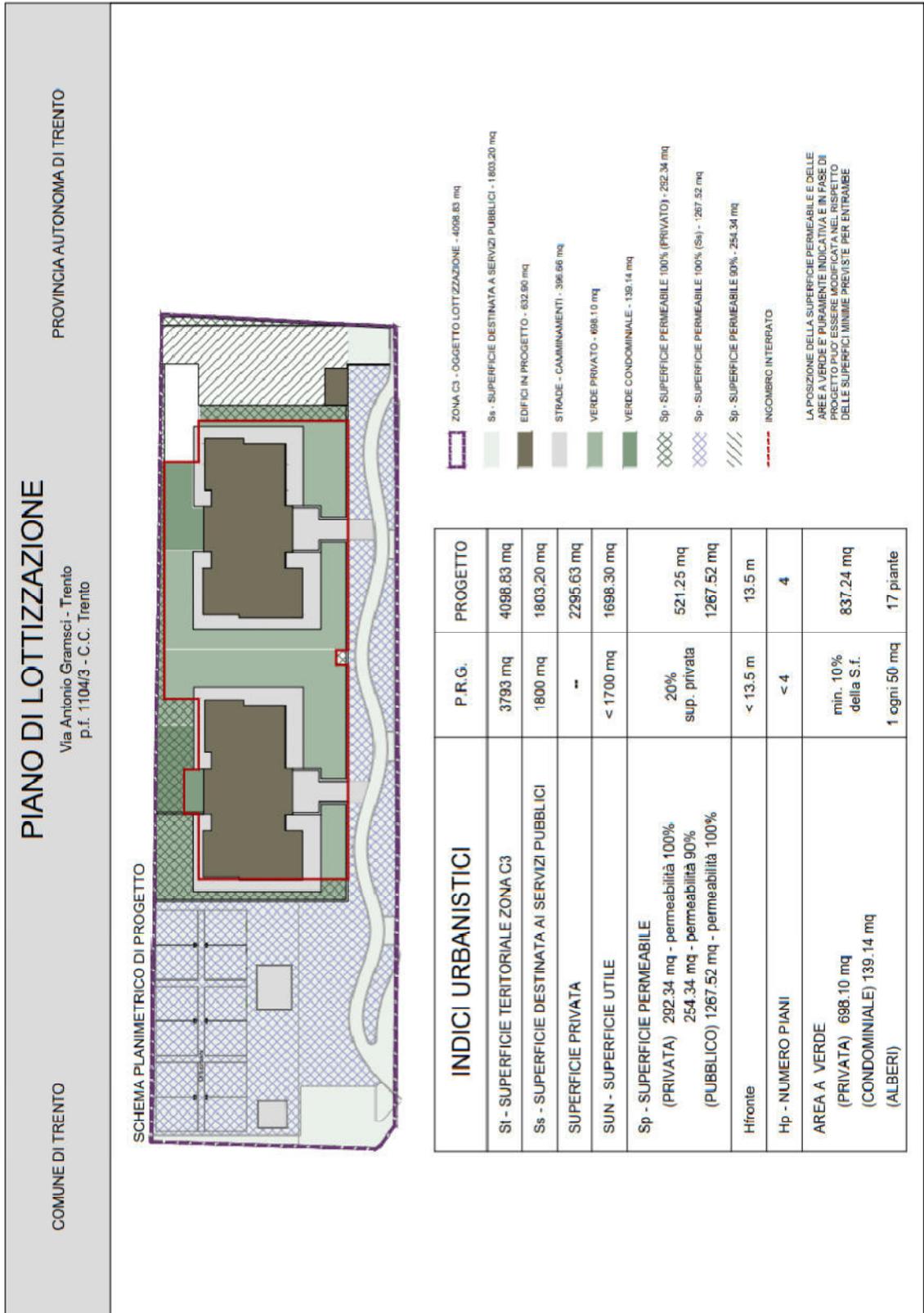
In conclusione la morfologia e la natura dei litotipi presenti nell'area non precludono, operando con gli opportuni accorgimenti, la fattibilità dell'intervento di lottizzazione che risulta ampiamente compatibile e realizzabile.

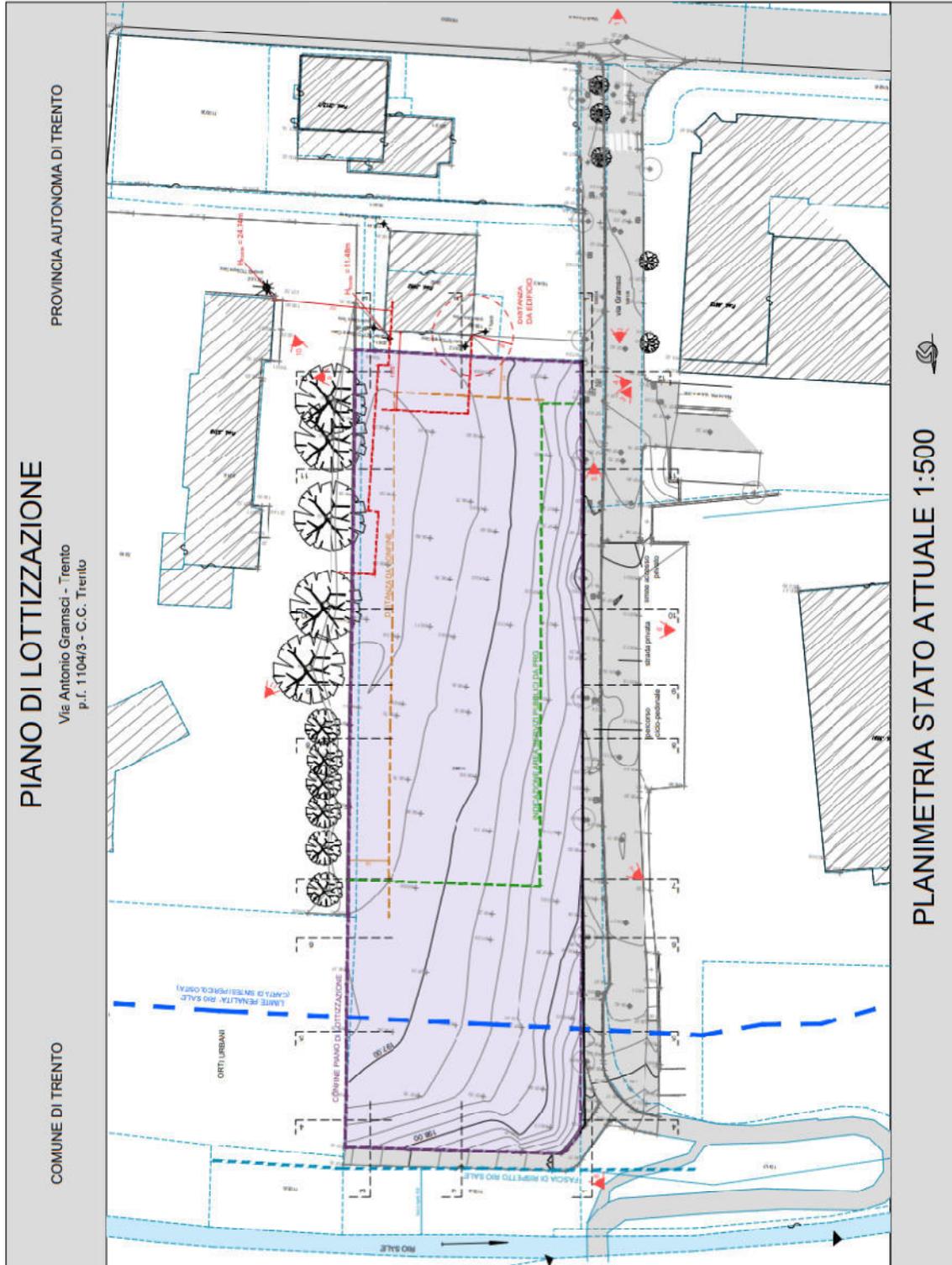
Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 "*Nuove norme tecniche per le costruzioni*" e soddisfa i requisiti urbanistici e normativi di rilevanza geologica per cui costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare. In corso d'opera si dovrà controllare la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza il modello geotecnico ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore.

Trento, ottobre 2022



TRENTINO - ALTO ADIGE/SÜDTIROL
DOTT. GEOL.
N° 56 MARCO CAVALIERI





PIANO DI LOTTIZZAZIONE

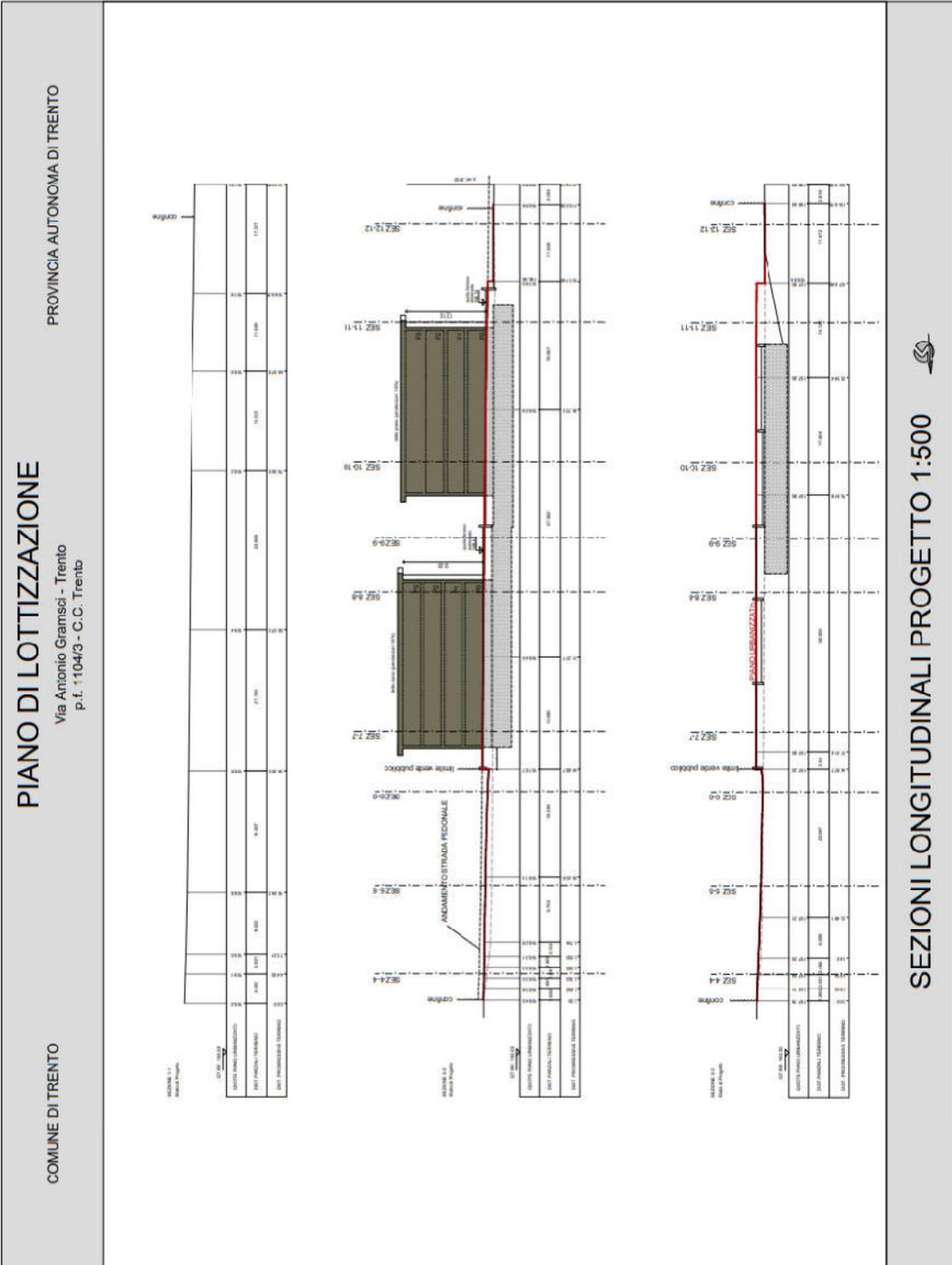
Via Antonio Gramsci - Trento
p.l. 1104/3 - C.C. Terlito

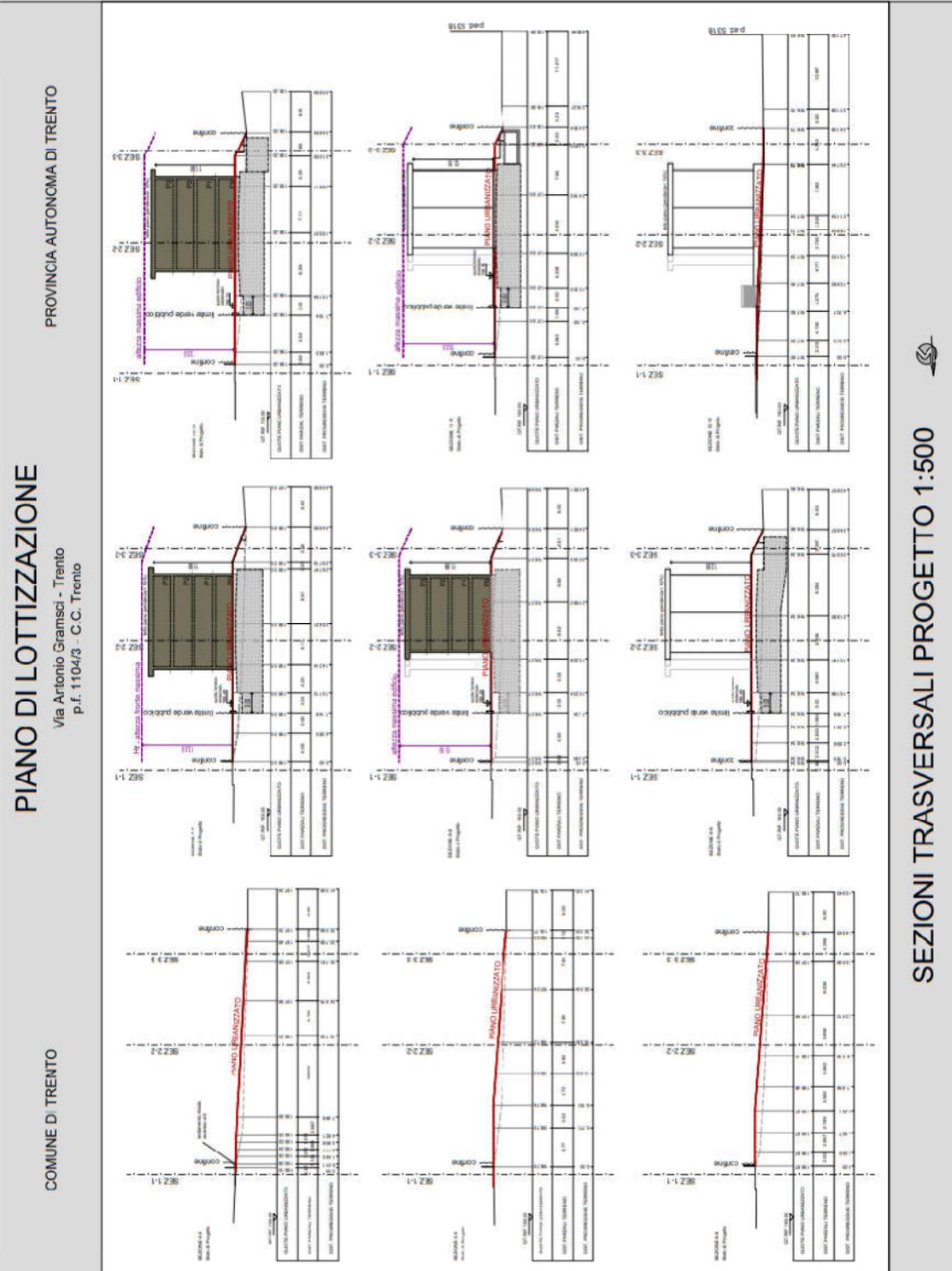
PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

COMUNE DI TRENTO

PLANIMETRIA STATO ATTUALE 1:500







3. RELAZIONE GEOTECNICA

Per la stesura del presente documento si fa esplicito riferimento alla relazione geologica a supporto del progetto della lottizzazione elaborato dall'Ing. Adriano Battisti che prevede la realizzazione di due palazzine residenziali sulla p.f. 1104/3 c.c. Trento, tenendo conto della possibilità di modificare i modelli geotecnici in relazione alle misure e ai controlli in corso d'opera (metodo osservazionale) e comunque da potersi riconsiderare in fase esecutiva.

Di seguito si forniscono al Progettista le considerazioni geotecniche preliminari relative alle resistenze offerte dai terreni; tali dati devono, in sede di progettazione esecutiva, essere confrontati con le azioni di progetto per le verifiche di sicurezza e delle prestazioni.

3.1 Scelta dell'approccio progettuale

Le verifiche strutturali e geotecniche con il metodo degli *Stati Limite* prevedono il rispetto della seguente disuguaglianza: **$E_d \leq R_d$**

Dove: **E_d** = azioni di progetto (o effetti delle azioni)
 R_d = resistenze di progetto del sistema geotecnico (terreno)

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando

diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2, R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi: Approccio 1 e Approccio 2. Nell'ambito dell'Approccio 1, la combinazione 1 è generalmente usata per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo strutturale (**STR**) mentre la combinazione 2 è in genere utilizzata per le verifiche di sicurezza rispetto agli stati limite di tipo geotecnico (**GEO**) come per esempio la verifica delle fondazioni.

Approccio 1 (DA1)	Approccio 2 (DA2)
Combinazione1: (A1+M1+R1) - (STR) Combinazione2: (A2+M2+R2) - (GEO)	Combinazione3: (A1+M1+R3) - (GEO/STR)

Le verifiche sono compiute impiegando diverse combinazioni di coefficienti parziali definiti rispettivamente come segue:

- **A1 e A2** coefficienti parziali per azioni;
- **M1 e M2** coefficienti parziali per i parametri geotecnici;
- **R1, R2, R3** coefficienti parziali per le resistenze.

Tabella 1: coefficienti parziali per le azioni (NTC - D.M. 14.01.2008)					
CARICHI	EFFETTO	Coefficiente parziale	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{GI}	0.9	1.0	1.0
	Sfavorevole		1.1	1.3	1.0
Permanenti non strutturali ⁽¹⁾	Favorevole	γ_{GI}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3
Variabili	Favorevole	γ_{QI}	0.0	0.0	0.0
	Sfavorevole		1.5	1.5	1.3

(1) Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (es. i carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti, si potranno adottare gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

Tabella 3: coefficienti parziali per le resistenze (NTC - D.M. 14.01.2008)			
VERIFICA	COEFFICIENTE PARZIALE (R1)	COEFFICIENTE PARZIALE (R2)	COEFFICIENTE PARZIALE (R3)
Capacità portante	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.8$	$\gamma_R = 2.3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1.0$	$\gamma_R = 1.1$	$\gamma_R = 1.1$

3.2 Parametri geotecnici del terreno

Come per le indagini geologiche, anche quelle geotecniche richiedono la prescrizione che, in fase esecutiva, vi sia una fase di controllo e verifica dell'esattezza della situazione geotecnica qui descritta.

Secondo il testo a cura del Gruppo Interregionale Ordine dei Geologi Euro Codice 7, 2012, *“UNA METODOLOGIA PER LA SCELTA DEI PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI”* l'EC7, al punto 2.4.5.2 2(P), recita: *Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite”. Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite, ed adottarne un valore o stima, a favore della sicurezza. A tal riguardo, l'unica metodologia delineata dall'EC7 per la definizione dei valori caratteristici, è di natura statistica (Nori, 2009).*

Sulla base di quanto precedentemente esposto, si è operata

un'elaborazione statistica - secondo le metodiche tecniche (percentili) previste dalle norme - dei dati disponibili, ottemperando così alle disposizioni del D.M. 17/01/18.

Si è giunti a delineare per i litotipi di copertura presenti nei siti e per le diverse condizioni al contorno - zonazione che tiene conto delle variabilità delle profondità, ecc. - i seguenti campi di variabilità e valori medi (m) e caratteristici (k) dei principali parametri geotecnici (criterio di rottura alla Mohr-Coulomb) - approccio Bayseriano (Cherubini e Orr, 1999):

$$x_k = x_m * (1 - (CV/2))$$

dove: x_k = valore caratteristico e CV = coefficiente di variazione.

Depositi superficiali (dep. di versante detritico/alluvionali)
ghiaie sabbiose con ciottoli e blocchi in variabile matrice fine limoso-argillosa.

Strato	Prof. Strato	TIPO DI TERRENO	Comp. Geotec.	Peso di Vol	Peso di Vol. saturo	Densità rel.	f_i	C	Modulo Edometr.	Modulo Elastico	Modulo Poisson
	(m)			(KN/m ³)	(KN/m ³)	%	(°)	(kPa)	(MPa)	(MPa)	
A	-0,0 ÷ >-6,0	ghiaie sabbiose con ciottoli in matrice fine	Incoer.	19,0	20,0	**	35-37	5-10	**	50	0,3

3.3 Parametri geotecnici di progetto

I valori di progetto della resistenza del terreno, R_d , vengono determinati in modo analitico dividendo il valore caratteristico dei parametri geotecnici del terreno precedentemente individuati per il valore del coefficiente parziale

specificato nella Tabella 6.2.II delle NTC 2018.

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'$	$\gamma_{\phi'}$	1,00	1,25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1,00	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,00	1,40
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,00	1,00

- Coefficienti parziali per i parametri del terreno (§ 6.2.II del DM 17/01/18).

I valori delle due combinazioni ottenuti sono sintetizzati nella tabella.

LIVELLO A – depositi deetritici/torrentizi- ghiaie sabbiose con ciottoli			
COMBINAZIONE		M1	M2
Peso di volume	γ	19.0 kN/m ³	19.0 kN/m ³
Peso di volume saturo	γ_{sat}	20.0 kN/m ³	20.0 kN/m ³
Angolo di resistenza al taglio	ϕ'	35.0°	29.25°
Coesione (cautelativo)	C	0.0 KN/m ²	0.0 KN/m ²

Valori di progetto per la combinazione adottata

La tipologia e la tessitura dei sedimenti interessati dalle esistenti fondazioni e l'assenza di potenziale coinvolgimento delle stesse con la falda, sono tali per cui non si ritiene necessario eseguire una riduzione delle resistenze al taglio per decadimento delle caratteristiche.

Le resistenze del terreno [Rd] potranno essere calcolate e confermate solo nel momento in cui il progetto esecutivo indicherà la tipologia e le dimensioni delle fondazioni esecutive e gli effettivi carichi su di esse gravanti.

Sarà cura del progettista delle strutture, in base alla preliminare caratterizzazione geotecnica fornita, verificare e/o segnalare eventuali criticità nelle esistenti opere di fondazione evidenziate dal progetto.

3.4 Fronti di scavo

Gli interventi in progetto, come accennato in premessa, comporteranno l'apertura di fronti per la realizzazione dell'interrato, con altezze di circa 3.5 ÷ 4.0 metri.

Lo scavo interesserà direttamente i depositi sciolti detritico/alluvionali grossolani ben compattati, alla cui stabilità a *breve termine* contribuisce anche la coesione apparente (pseudocoazione) fornita dalla presenza di materiali limosi nella matrice del deposito e dalle forze di natura superficiali (tensioni capillari, cementazione apparente, fenomeni di *aging*; ecc.) cui può essere assegnato, nel nostro caso, un valore $C' = 8.0 \text{ KN/m}^2 = 0.8 \text{ t/m}^2$.

La verifica di stabilità è condotta con il metodo dei cerchi di stabilità di HOEK & BRAY nell'ipotesi 1 che non prevede la presenza di deflusso idrico sotterraneo.

Secondo le direttive delle N.T.C. (D.M. 17/1/2018 – capitolo 6.8.6), la verifica è condotta secondo l'Approccio 1 – Combinazione 2:

$$(A2 + M2 + R2) \quad \gamma_R = 1.1$$

Poiché nell'uso delle carte di

Groundwater Flow Conditions	Chart No.
Fully drained	1
Surface water 8 x slope height behind toe of slope	2
Surface water 1 x slope height behind toe of slope	3
Surface water 2 x slope height behind toe of slope	4
Scoured slope subjected to heavy surface loading	5

stabilità non sono chiaramente esplicitate le resistenze e le azioni e non è pertanto possibile applicare direttamente il coefficiente parziale γ_R alla resistenza, si opera come segue.

Dovendo risultare: $R_d \geq E_d$

$$R_d = \frac{1}{\gamma_R} \times R \left[\gamma_F F_k; \frac{X_k}{\gamma_M}; a_d \right] \quad F_d = \frac{R_d}{E_d} \geq 1$$

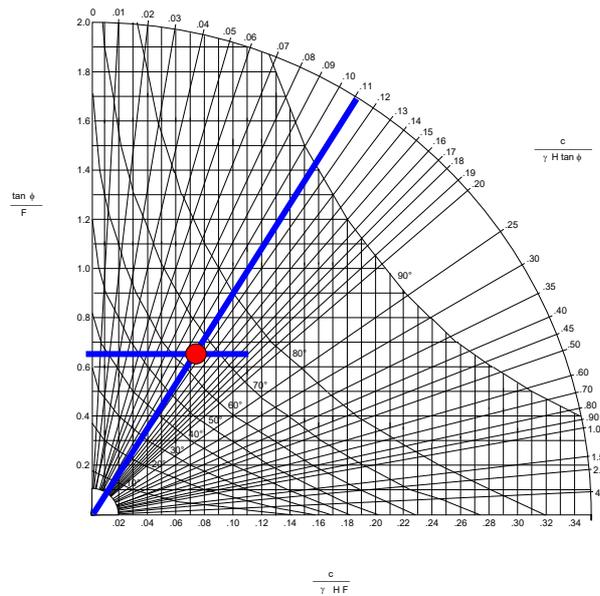
in cui R_d è la resistenza di progetto, E_d le azioni di progetto, F_d il coefficiente di sicurezza e il termine tra parentesi quadre esprime la dipendenza della resistenza dalle azioni di progetto (la gravità nel caso di fronti di scavo), dai parametri di progetto e dalla geometria di progetto, riarrangiando le equazioni risulta che la verifica è soddisfatta quando:

$$F_d = \frac{R_d}{E_d} = \frac{R}{\gamma_R \times E_d} = \frac{F}{\gamma_R} \geq 1 \quad F \geq 1.1$$

in cui F è il fattore di sicurezza ottenuto senza preventiva penalizzazione della resistenza. Dall'abaco sotto, applicando i parametri geotecnici citati, si ricavano i termini ($F = 1.1$):

$$\frac{c}{\gamma \times H \times tg\varphi} = 0,11 \quad \frac{tg\varphi}{F} = 0.65$$

L'incrocio dei segmenti relativi ai due valori corrisponde ad una pendenza β del fronte nell'ordine dei 60° .



La pendenza di progetto è valida esclusivamente a breve termine, ossia per il tempo strettamente necessario alla costruzione delle opere; in prossimità del ciglio superiore dello scavo non dovrà essere posto alcun sovraccarico – nemmeno temporaneamente.

3.5 Smaltimenti acque meteoriche

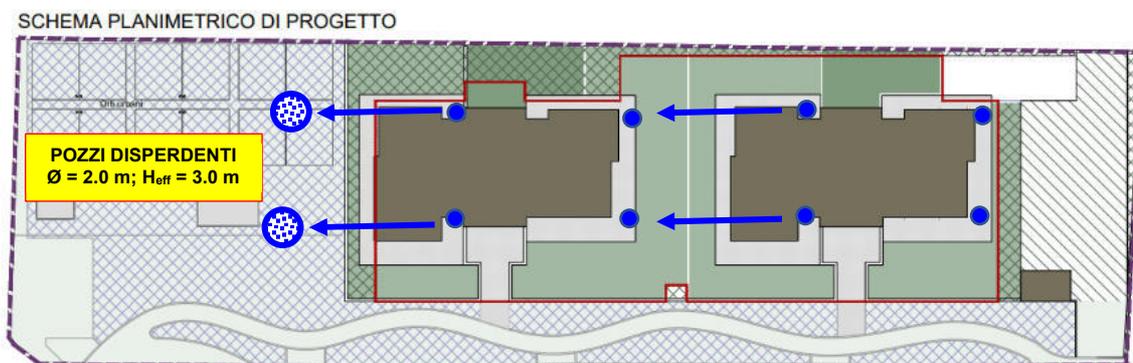
Le verifiche sono riferite a piogge intense con intervallo di ritorno di 50

Dalle verifiche emerge la necessità, pertanto, di due distinti pozzi con dimensioni \varnothing 2.0 e H_{eff} (sotto livello entrata) di almeno 3.0 metri.

POTENZIALITA' DI DISPERSIONE DI UN POZZO PERDENTE CILINDRICO		
Diametro interno pozzo	2	m
Altezza utile pozzo	3	m
Coeff. Permeabilità	1,0E-04	m/s
Larghezza corona esterna drenante	0,5	m
Superficie impermeabile tetto [0,9]	552	m ²
Superficie impermeabile cemento - asfalto [0,85]	446	m ²
Superficie piastre posate [0,7]	0	m ²
Superficie macadam [0,5]	0	m ²
Superficie prati orti [0,17]	0	m ²
Superficie effettiva delle coperture	875,9	m ²
Zona omogenea per piovosità	trento	
Volume pioggia critica tr 50 anni (i=mm/h)	37,8	mc
Zona trento (43,1); folgaria (55,44); 1(33,5); 2(44,4); 3(43,1); 4(43,7); 5(41,6)		
Volume assorbito da un pozzo	6,78	mc
Volume accumulato da un pozzo	12,95	mc
Volume totale per pozzo	19,7	mc
CALCOLO POZZI PERDENTI	1,9	num
ARROTONDAMENTO NUMERO POZZI PERDENTI	2	num

In ogni caso, sulla base delle considerazioni su esposte si dichiara che:

- lo scarico non comporta instabilità dei suoli (art. 17 del D.P.G.P. 26-1-1987 "Approvazione del testo unico delle leggi provinciali in materia di tutela dell'ambiente dagli inquinamenti" e successive modifiche);
- il sito in cui è previsto lo scarico non rientra nelle aree in cui questo è espressamente vietato (art. 94, c.4 del D.L. n. 152 del 03.04.2006).
- lo scarico non recapita direttamente in acque sotterranee. (art 104 del D.L. 152/06).



3.6 Conclusioni geotecniche

Redatto in conformità ai DD.MM. 11/3/1988 n°127 e 17/1/2018 (N.T.C.),

lo studio del settore di territorio interessato dalla lottizzazione denominata C3 prevista sulla p.f. 1104/3 c.c. Trento – Via Gramsci., ha evidenziato un assetto geologico (generalmente inteso) assolutamente favorevole all'urbanizzazione prevista (edifici - viabilità - parcheggi - verde attrezzato), in virtù della conclamata stabilità dei suoli emersa dall'assenza di processi morfogenetici in atto o anche solo potenziali o quiescenti.

Nella realizzazione degli scavi è possibile sagomare i fronti di sbancamento, secondo un angolo di $50^{\circ} \div 55^{\circ}$, per l'intervallo temporale ristretto alla rapida esecuzione dei muri e alla posa in opera del drenaggio perimetrale.

Relativamente allo smaltimento del materiale scavato, con riferimento alla D.L. n° 161 del 8/10/2012 (*Linee guida e indicazioni operative per l'utilizzo di terre e rocce da scavo*) si dichiara che i terreni (sciolti e roccia), presenti nell'area sono **terreni di interessamento antropico – Tipo 2** considerata l'urbanizzazione circostante e l'utilizzo agricolo dell'area. Il materiale presenta ottime caratteristiche geotecniche, che permetterebbero il suo utilizzo per riporti riempimenti e/o in sostituzione del materiale da cava.

Attualmente non sono definite le modalità di gestione del materiale

scavato; nell'eventualità di *conferimento in discarica* sono da considerare "rifiuti speciali" (codice CER 17.05.04) la cui gestione deve avvenire ai sensi della normativa in materia di gestione rifiuti (Parte IV del D.Lgs. 152/06 s.m.i.).

Relativamente allo smaltimento delle acque meteoriche intercettate dalla viabilità interna nonché dai vari lotti (edifici, piazzali ecc.), si prevede la dispersione nel sottosuolo che evidenzia un'elevata permeabilità, attraverso almeno due distinti pozzi con dimensioni minime di \varnothing 2.0 m e $H_{\text{eff}} = 3.0$ m.

In conclusione, l'assenza di processi morfogenetici a rapida evoluzione, in atto o recenti, le considerando l'attuale edificio interessa i depositi sciolti superficiali che evidenziano ottime caratteristiche geotecniche e geomeccaniche, tali da garantire un'ottima stabilità dell'area anche nella conformazione finale di progetto.

Richiamando validi concetti espressi dalla precedente normativa (DM 11/03/88), inoltre, si prescrive che *"la validità delle ipotesi di progetto dovrà essere controllata durante la costruzione considerando, oltre ai dati raccolti in fase di progetto, anche quelli ottenuti con misure ed osservazioni nel corso dei lavori per adeguare, eventualmente, l'opera alle situazioni riscontrate"*.

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni" fa riferimento alla relazione geologica del progetto definitivo e costituisce documento progettuale

idoneo per il rilascio della concessione ad edificare.

La presente relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno riguarda la fase del progetto definitivo e dovrà essere integrata in fase esecutiva con tutte le previste verifiche di sicurezza e delle prestazioni di cui al cap. 6.2.3. delle NTC.

Trento, ottobre 2022



 ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGENKAMMER
TRENTINO - ALTO ADIGE/SÜDTIROL
DOTT. GEOL.
N° 56 MARCO CAVALIERI

4. STUDIO DI COMPATIBILITÀ DELLA PERICOLOSITÀ

Nella Carta di Sintesi della Pericolosità l'area di lottizzazione è classificata a *penalità trascurabile o assente (P1)* con l'eccezione di una ristretta fascia in fregio all'alveo del rio Salè, al margine settentrionale dell'area, classificata a *penalità media (P3)* associata al pericolo potenziale torrentizio (H3) connesso all'attività del rio medesimo (Fig. 1).

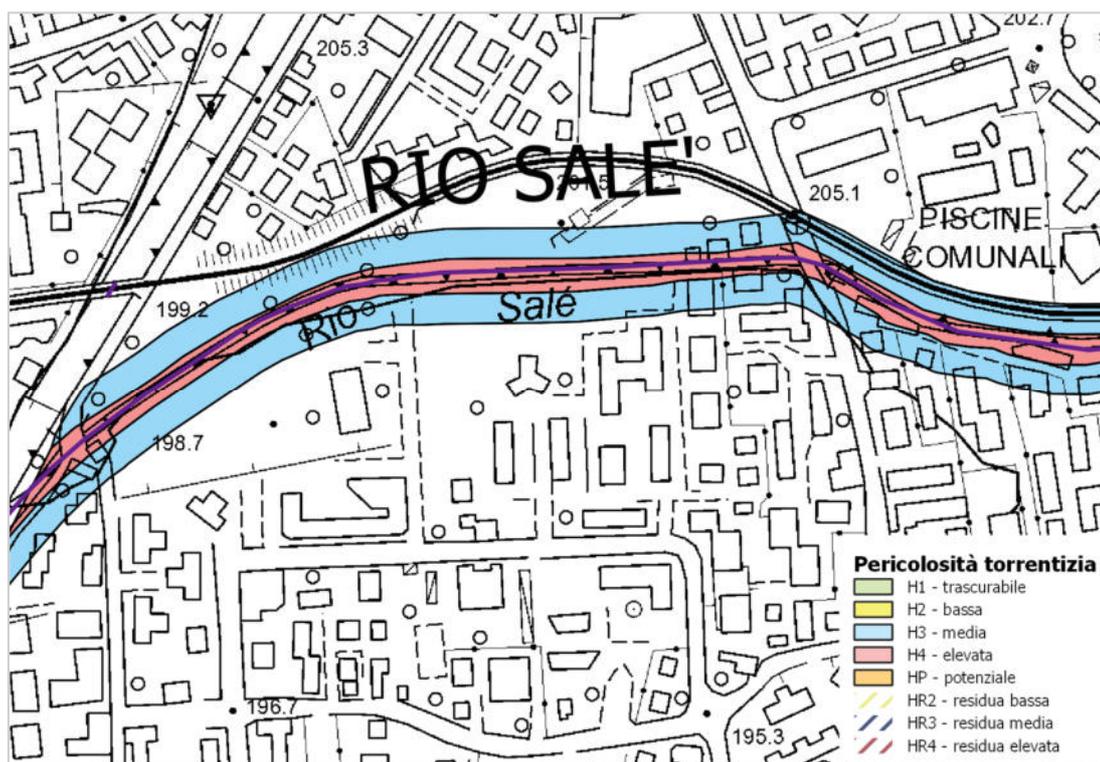


Figura 1 – estratto della Carta della pericolosità per fenomeni torrentizi (scala 1:5.000).

4.1.1 Inquadramento generale del bacino

PARAMETRI MORFOMETRICI PRINCIPALI		
Sezione di chiusura (ETRS 89)	E	665167,85
	N	5102299,08
Superficie	S	6,17 km ²
Quota massima	H _{max}	1.359,17 metri s.l.m.
Quota minima	H _{min}	211,12 metri s.l.m.
Quota media	H _m	637,47 metri s.l.m.
Pendenza media bacino	i _r	38,5%
Lunghezza asta principale	L	5,4 km
Pendenza media asta principale	i _L	19,4%

Per l'individuazione del bacino imbrifero la sezione di chiusura è stata posta all'altezza di via Chini (a valle del parco di Gocciadoro) per l'impossibilità di individuare una morfologia superficiale di dettaglio nell'abitato di Trento.

Il rio Salè nasce in prossimità del passo del Cimirlo, alle pendici settentrionali della dorsale del Monte Marzola; il reticolo idrografico ad esso sotteso ha pattern assimilabile a sub dendritico, con tributari solo di sinistrato orografica, grosso modo paralleli tra loro.

L'andamento arcuato nel tratto medio superiore e la morfologia del drenaggio riferiscono di uno stretto controllo della morfologia superficiale, a sua volta guidata dall'assetto strutturale degli ammassi rocciosi.

Infatti, il passo del Cimirlo è, morfologicamente, una locale sella di transfluenza glaciale originatasi per esarazione in corrispondenza successioni sub verticalizzate per impilamento di due/tre fronti di sovrascorrimento delle più plastiche successioni terrigeno/evaporitiche permo triassiche sulle più competenti successioni carbonatiche liassiche; il rio corre al margine di uno

dei fronti di sovrascorrimento, descrivendo un'ampia curvatura per aggirare le pendici della Marzola per linearizzarsi in direzione meridiana solo nell'ampio terrazzo fluvio glaciale tra Povo e Villazzano.

All'altezza di Gabbiolo, il corso ha deviato bruscamente verso ovest probabilmente sotto la pressione del costruendo apparato di conoide torrentizio del rio Gabbiolo (suo tributario); all'intersezione con la strada Povo – Villazzano il tratto terminale del corso si approfondisce rapidamente all'interno di un'angusta e impervia valle che, soprattutto nell'attraversamento del parco di Gocciadoro, ha le caratteristiche di una forra.

Nel tratto più a valle del parco, in uscita da una vasca di misura delle portate (stramazzo) e piazza di deposito, ha inizio il tratto cittadino del rio, irregimentato entro cunettoni di fattura e dimensioni variabili ma senza soluzione di continuità fino alla confluenza nel T. Fersina.

Dal punto di vista geologico, l'ossatura litoide del bacino è costituita dalla successione stratigrafica dal pre Permiano (basamento cristallino) al Trias medio, in polarità normale (Fig 2).

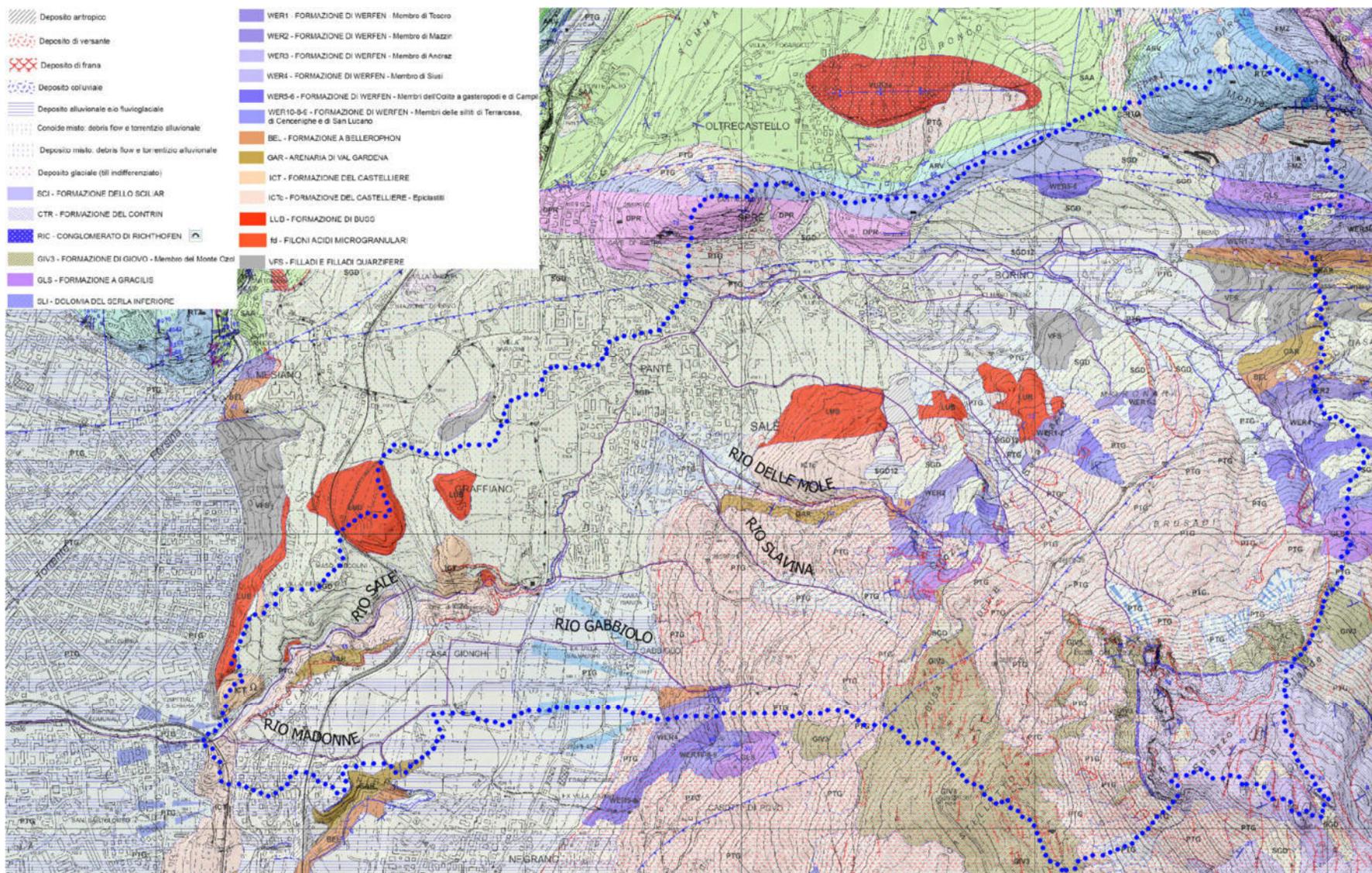


Figura 2 – estratto della Carta geologica della Provincia autonoma di Trento (Serv. Geol. P.A.T.) – scala 1:20.000.

Dal punto di vista idrogeologico, la serie stratigrafica ha grado di permeabilità in progressivo aumento dai termini più antichi affioranti alle quote inferiori (da Trento a Povo: basamento cristallino impermeabile e successioni vulcaniche permiane, a permeabilità al più molto bassa), a quelli più recenti costituenti il massiccio del monte Marzola (formazioni sedimentarie terrigene ed evaporitiche del Permo – Trias, a permeabilità molto bassa, al più bassa): pur culminare nelle successioni carbonatiche permeabili del Trias medio isolate, però, all'estremo settore sommitale di loc. Spiazzo Grande.

Le coperture detritiche hanno permeabilità generalmente medio elevata per porosità primaria, anche gli estesi corpi di frana che drappeggiano l'intero versante del monte Marzola, nonostante si siano originati da ammassi rocciosi a bassa permeabilità.

L'implicazione idrogeologica dell'assetto geologico consiste nella predisposizione generale all'infiltrazione efficace per effetto dell'estensione delle coperture detritiche; il deflusso resta confinato nelle coperture, sostenuto dalla soglia/limite di permeabilità rappresentata dal substrato roccioso, per emergere all'affiorare di questo.

Le numerose sorgenti censite lungo il versante (Fig. 3) risultano allineate principalmente lungo la fascia di affioramento del substrato vulcanico permiano, subito a monte delle frazioni abitate; una seconda zona di emergenza – individuata da un'unica sorgente ma di maggiore portata – si

localizza al passaggio al basamento cristallino pre-permiano all'intersezione del rio con la strada Povo – Villazzano.

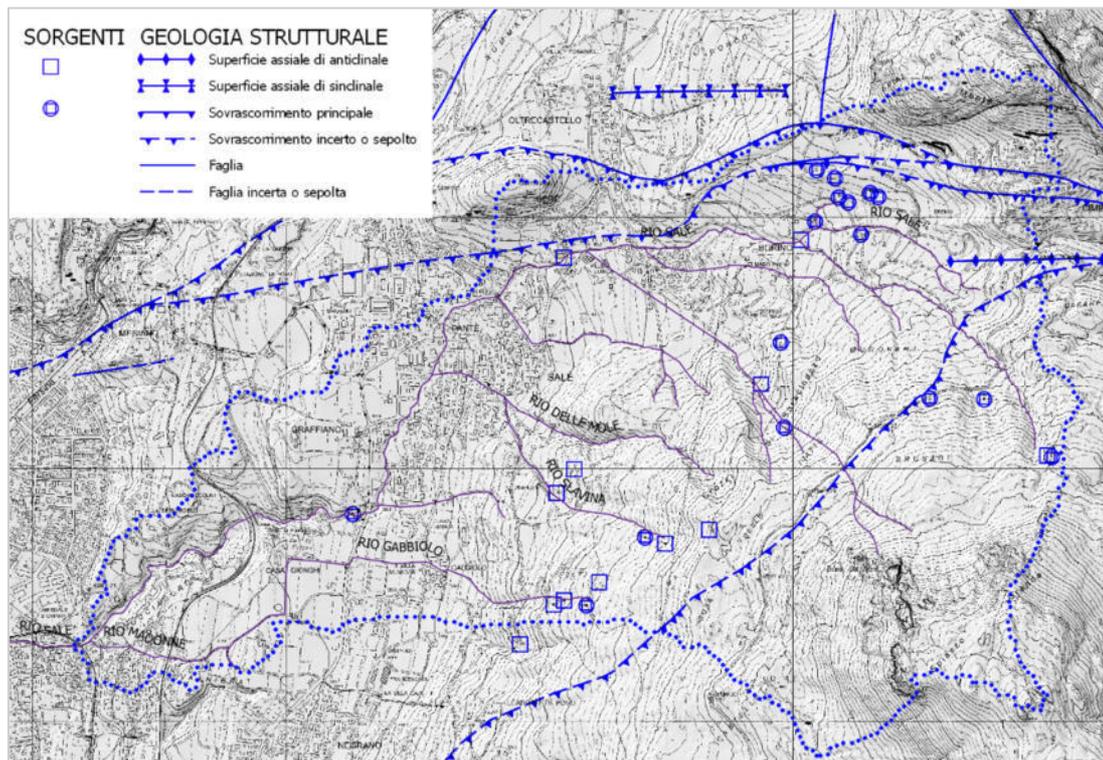


Figura 3 – mappa delle sorgenti e dei lineamenti strutturali e tettonici (Servizio. Geologico P.A.T.) – scala 1:30.000

Per quanto attiene agli aspetti idraulici, il regime delle portate del rio è perenne, alimentate con continuità dalle numerose sorgenti attraverso i tributari.

Per quanto attiene l'attività in alveo, è noto storicamente la predisposizione del rio Salè a ricorsi episodi di trasporto solido significativi per effetto dell'erosibilità dei litotipi presenti nel bacino sia alle quote superiori (rio Slavina e, soprattutto, rio delle Mole) che inferiori (forra terminale che

attraversa il parco di Gocciadoro). Perciò l'intero reticolo idrografico è stato oggetto di sistematici interventi di sistemazione idraulica (Fig. 4).

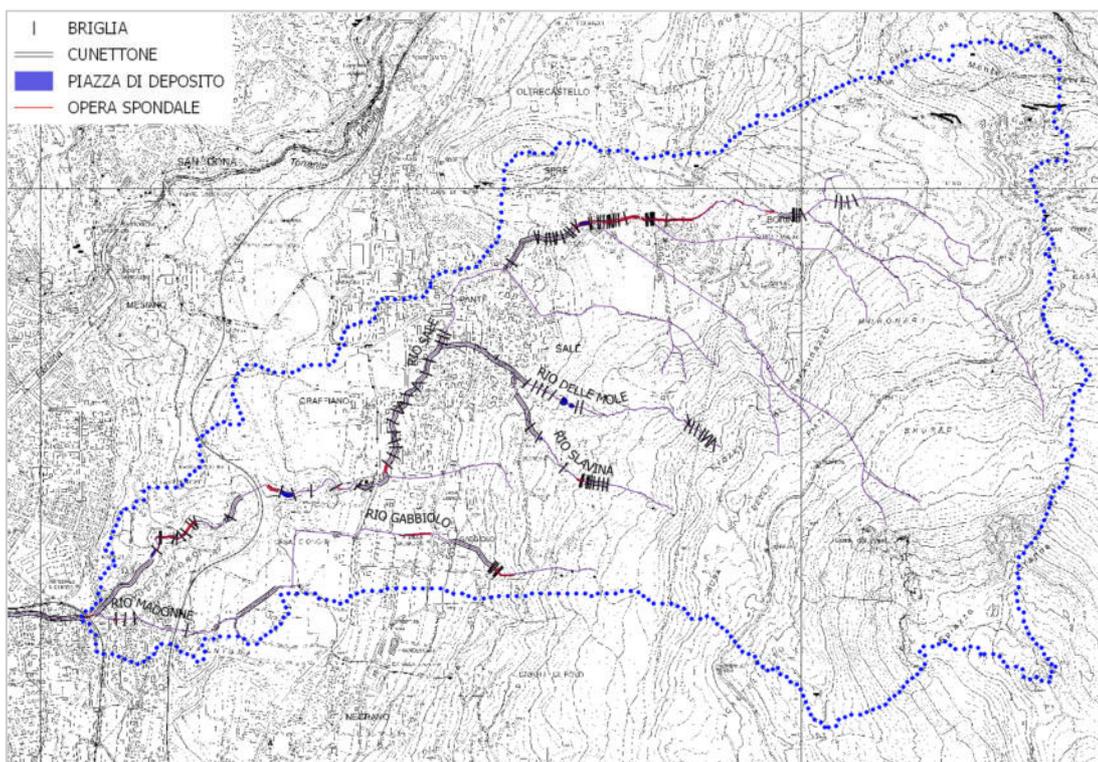


Figura 4

Sinteticamente:

- circa il **rio Salè**, a partire dalla frazione Borino l'alveo è per circa la metà del suo sviluppo sistemato a cunettone, talora alternato a tratti di sola sistemazione spondale (muri);
- il profilo longitudinale è gradonato a mezzo di 74 briglie di consolidamento;
- lungo l'alveo sono dislocate 3 piazze di deposito della capacità d'invaso complessiva di 3.000 m³ circa;

- il **rio dello Mole** è consolidato a mezzo di 17 briglie, lungo il corso sono presenti 2 piazze di deposito della capacità complessiva di circa 6.600 m³;
- il **rio Slavina** è consolidato a mezzo di due 12 briglie e tre tratti di cunettone (circa metà del suo viluppo), lungo il corso è presente una piazza di depositi della capacità di 320 m³;
- dalla confluenza dei due rii l'alveo è sistemato a cunettone fino alla confluenza nel cunettone del rio Salè (Panté);
- il **rio Madonne/Gabbiolo** è consolidato a mezzo di 9 briglie e tratti a cunettone, con inserimento di due piccole piazze/vasche di deposito della capacità complessiva di 37 m³;
- infine, l'intero tratto cittadino del rio Salè si sviluppa in cunettone fino alla confluenza nel T. Fersina.

Si ritiene che il reticolo idrografico sia stato consolidato nel suo sviluppo attuale, ossia che le opere realizzate minimizzino ogni dinamica d'alveo per erosioni laterali e/o di fondo: anche nel tratto terminale di transito nel parco di Gocciadoro dove pure versanti e ammassi rocciosi sono particolarmente attivi.

Rispetto alla capacità di trasporto solido, le stesse opere garantiscono la significativa diluizione di qualsiasi apporto esterno all'alveo (frana) e la segregazione delle pezzature maggiori, con riduzione della concentrazione volumetrica della fase solida a valori corrispondenti – almeno per il tratto distale in città – a un normale trasporto di fondo e in sospensione: il cui contributo alla portata di massima piena è trascurabile alla luce delle approssimazioni dei metodi di calcolo della piena stessa.

4.2 Portata di massima piena liquida

La portata di massima piena con tempo di ritorno di 200 anni è calcolata con metodo geomorfologico mediante uso del plugin *Idrogramma 2.05* dell'applicativo GIS *Adb ToolBox versione 1.8*, disponibile al libero accesso sul sito del Ministero dell'Ambiente e delle Risorse.

Le mappe digitali di base (raster 10 x 10 ml) per l'elaborazione - elaborate dal servizio Bacini montani della P.A.T. – sono state estratte dal Portale geocartografico (Geocatalogo):

1. mappa del Curve Number di base (Fig. 5);
2. mappa dell'area drenata (upslope);
3. mappa delle direzioni di flusso (Fig. 6)
4. modello digitale del terreno idrologicamente corretto per eliminazione delle depressioni locali (demdepit);
5. mappa dei parametri a_1 , n e V delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica (L.S.P.P.).

Delimitato il bacino imbrifero, dall'elaborazione si ricavano le mappe dei tempi di residenza (Fig. 7) e dell'acclività (Fig. 8): questa necessaria alla correzione del CN di base per la stima del suo valore relativo a uno stato saturazione antecedente AMC pari a 3.

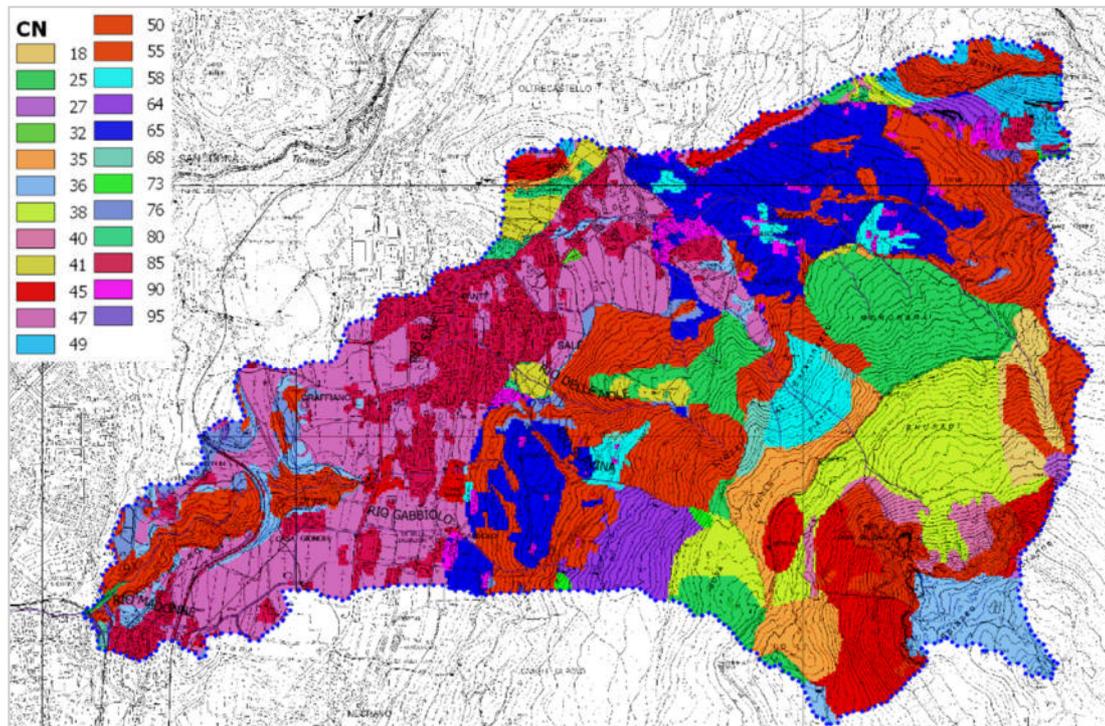


Figura 5 – mappa del Curve Number (CN) di base – scala 1:30.000.

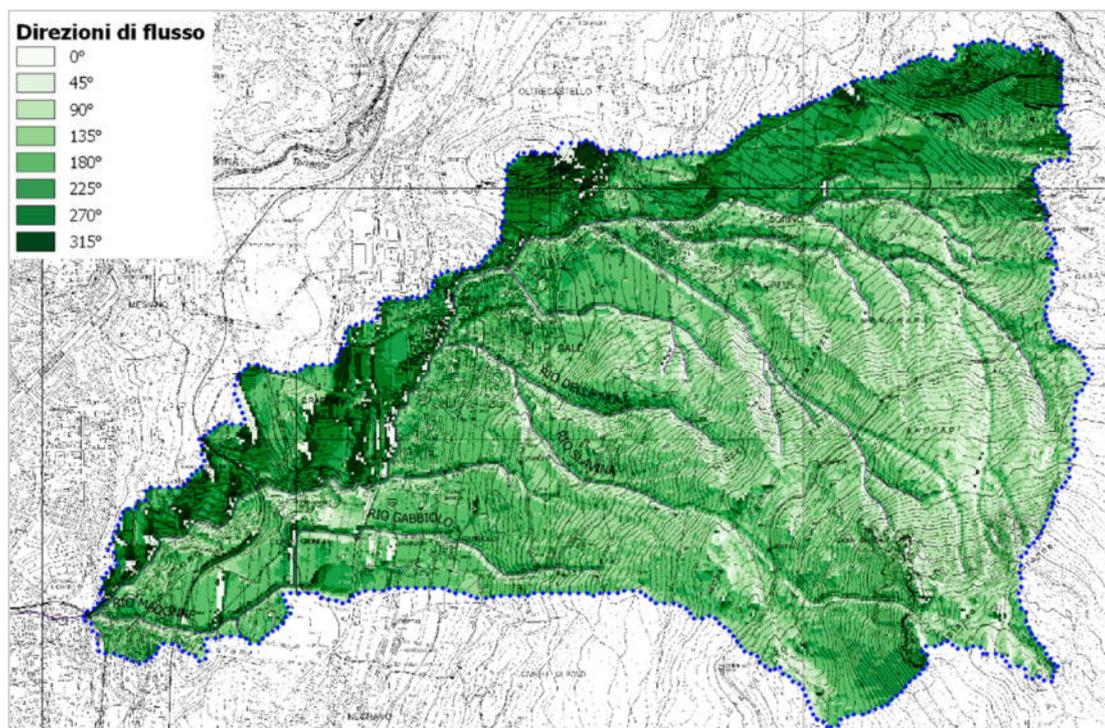


Figura 6 – mappa delle direzioni di flusso (metodo Q8 antiorario, 0° est) 25000.

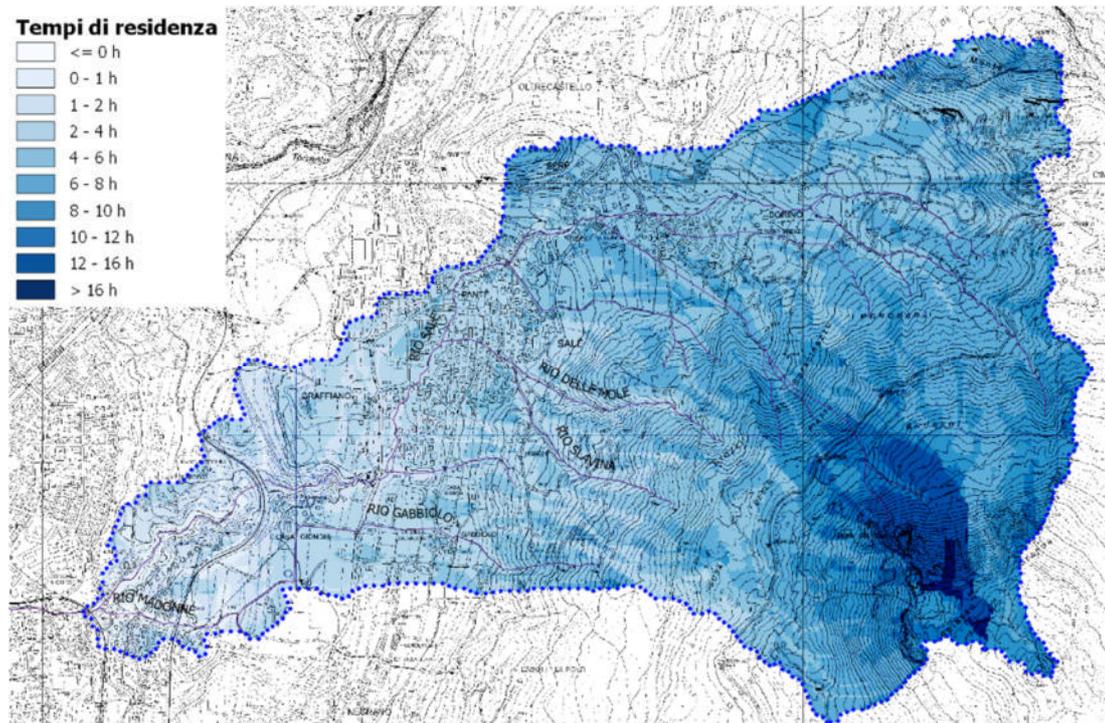


Figura 7 – mappa dei tempi di residenza – scala 1:25.000.

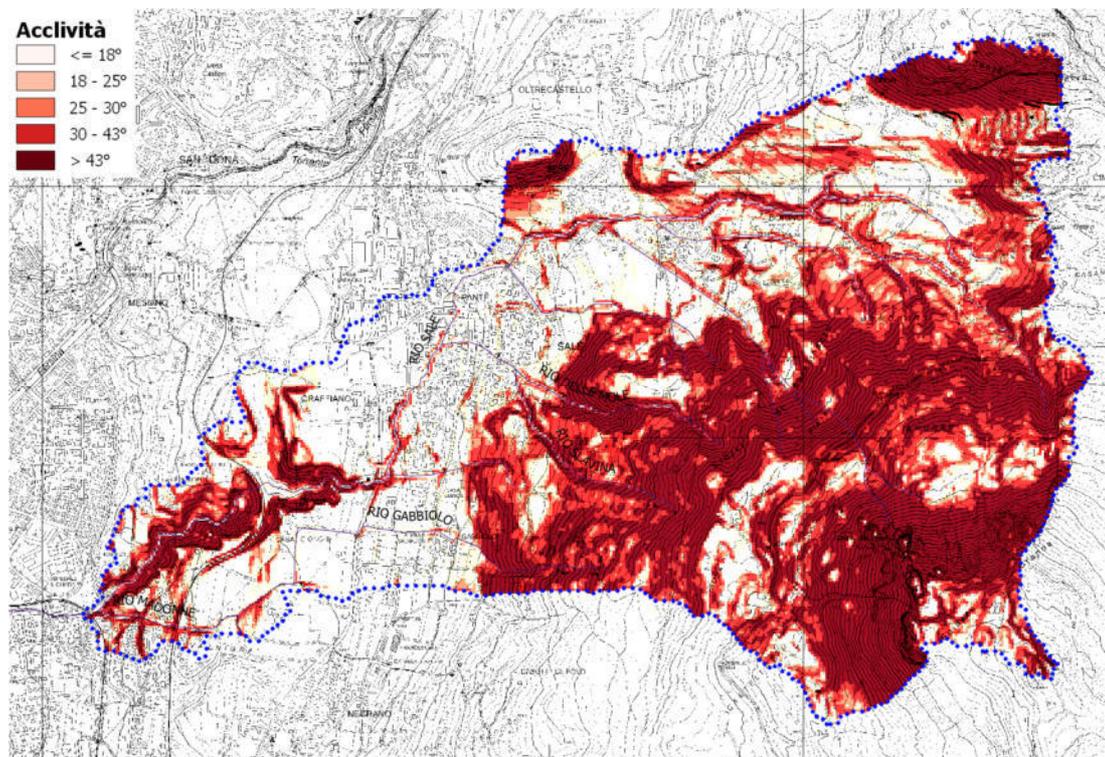


Figura 8 – mappa dell'acclività – scala 1:25.000.

I risultati dei calcoli in forma tabellare e grafica sono riportati per ognuno dei due bacini e del bacino complessivo. Per quanto argomentato circa la predisposizione all'infiltrazione efficace nei bacini, il valore di progetto corrisponde al valore della portata massima per afflusso diretto.

PARAMETRI DELLA SIMULAZIONE	
Portata iniziale (m3/s)	0
Cost. Esaurim. Deflusso Base	0.012
AMC	3.21
CN apparente	96.572
Perdite iniziali (mm)	0.1
Area del bacino (km2)	6.168
Area contribuente (%)	100
Velocità canale (m/s)	2
Velocità minima versante (m/s)	0.025
Velocità massima versante (m/s)	0.05
Costante k velocità versante (-)	1
Soglia versante/canale minima (km2)	0
Soglia versante/canale massima (km2)	0.01
Costante k soglia versante/canale (km2)	1
Durata precipitazione critica (h)	5.8
a	41.66
n	0.431
n < 1h	0.366
ARF	-1
Forma ietogramma	WALLINGFORD
Riduzione pioggia	0.9
Modello LSPP	GUMBEL
Fattore geomorfologico	0.8
Soglia fatt. geomorfologico	20
Avanzamento ietogramma	0.5

DEFUSSO SIMULATO			
	Diretto	di Base	Totale
Precipitazione (mm)	71.5	0	80.5
Portata iniziale (m3/s)	0	0	0
Portata massima (m3/s)	19.501	4.949	24.447
Portata media (m3/s)	1.784	0.586	1.181
Tempo al picco (h)	4.75	0.00	285.00

Figura 9 – parametri e risultati della simulazione.

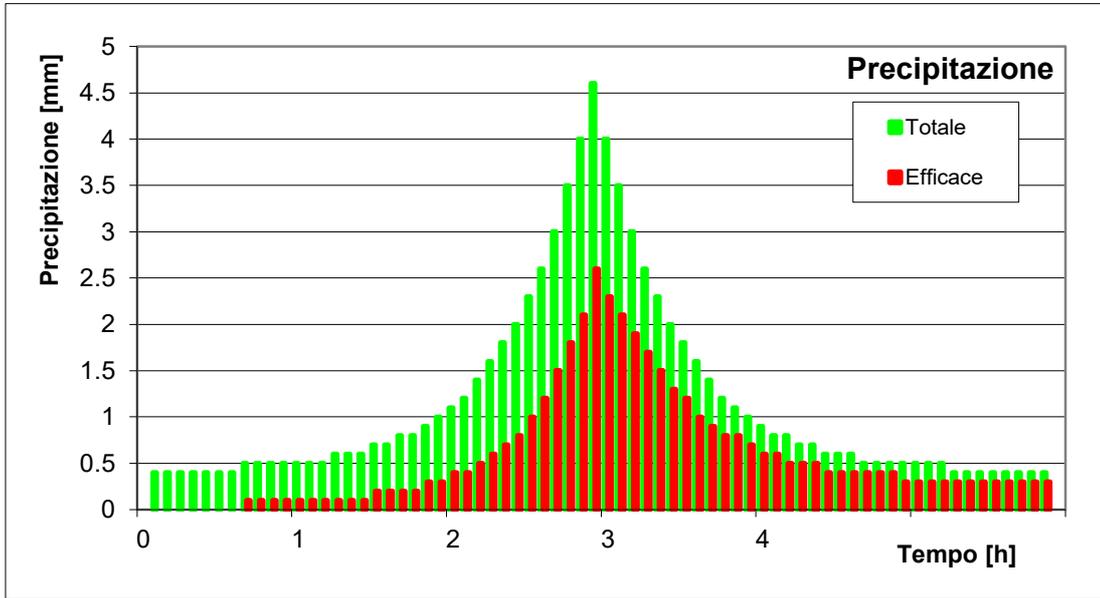


Figura 10 – ietogramma di progetto (Wallingford).

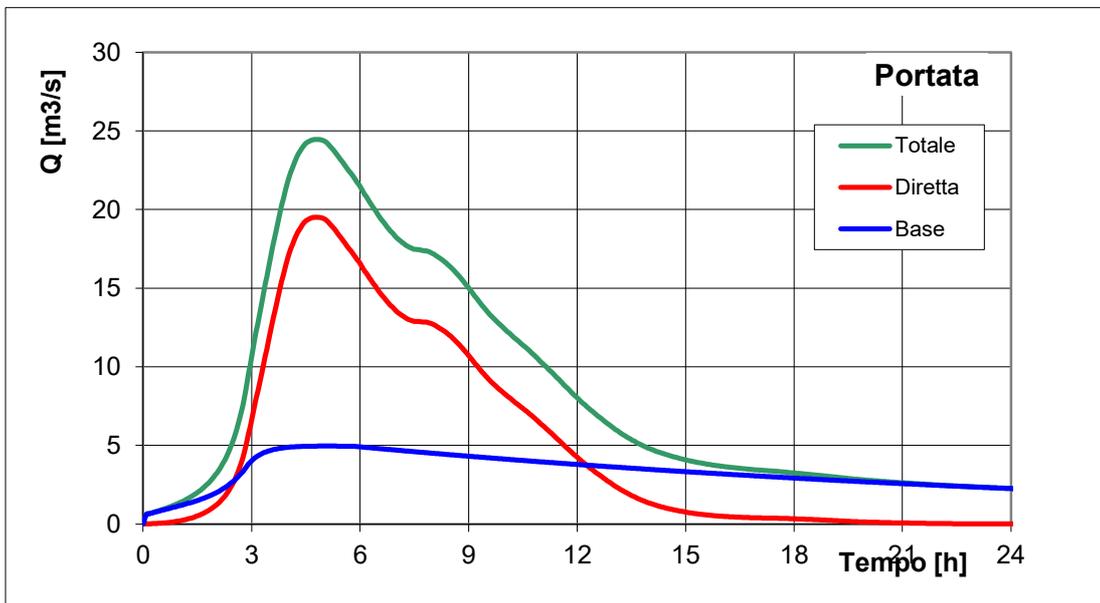


Figura 11 – idrogramma di progetto.

4.3 Verifica delle sezioni d'alveo

Nel tratto cittadino l'alveo è irregimentato in un cunettone in calcestruzzo realizzato all'interno di un rilevato in terreno di riporto, leggermente pensile sulla piana circostante.



FOTO 1

La sezione del cunettone è trapezia con fondo concavo in cemento liscio (alveo di magra: Foto 1); schematizzato a trapezio regolare, la larghezza al fondo (b) è di 3 metri, l'altezza (H) è di 2,6 metri e la larghezza sommitale (B) di 3,5 metri.

In costanza di geometria d'alveo lungo la direzione di flusso e di fondo e in assenza di costrizioni laterali, è consentito, con ottima approssimazione, il ricorso all'ipotesi semplificativa di regime di moto uniforme con la relazione di Chezy

nella formulazione di GAUKLER – STRICKLER:

$$Q = A \times k_s \times R_h^{2/3} \times i^{1/2}$$

in cui:

A = superficie della sezione
 k_s = coefficiente di scabrezza
 R_h = raggio idraulico
i = pendenza d'alveo

Considerate una pendenza morfologica media (i) dell'6‰, un coefficiente di scabrezza K_s medio di $70 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ (*calcestruzzo con casseforme in legno, senza intonaco*: P.G.U.A.P., parte V, Tab. V.3.9) e una portata di massima piena duecentennale $Q_{200} = 24,5 \text{ m}^3/\text{s}$ il tirante massimo H_{max} (altezza di moto uniforme) è di 1,63 metri, con franco di 1 metro rispetto alla sommità delle sponde e di poco superiore al metro rispetto all'intradosso convesso della passerella ciclo pedonale al vertice NE della lottizzazione (Foto 2).



FOTO 2

4.4 Conclusioni

Con riferimento al punto 6 dell'Allegato C del P.U.P. (*Contenuti dello studio di compatibilità e della relazione tecnica di compatibilità*), per l'area coinvolta dal progetto in titolo si dichiara che:

- ✓ nelle cartografie del pericolo (Carta del pericolo e Carta di Sintesi della Pericolosità) l'area di lottizzazione ricade in *area a penalità P3 per fenomeni torrentizi* solo ed esclusivamente nella sottile fascia marginale in fregio al cunettone del rio Salè, attrezzabile a parco e non edificabile;
- ✓ l'evento potenzialmente pericoloso è costituito dal transito della portata massima liquida duecentennale Q_{200} calcolata pari a $24,5 \text{ m}^3/\text{s}$;
- ✓ la verifica della sezione d'alveo all'altezza dell'area di lottizzazione è positiva perché essa risulta esuberante la sezione di deflusso, con "franco" di 1 metro rispetto sia al ciglio spondale sia all'intradosso della passerella ciclo pedonale;
- ✓ il trasporto solido atteso è di tipo normale (sul fondo e in sospensione), senza apprezzabile incremento della portata massima; ciò per effetto di diluizione e segregazione dei volumi di apporto esterni al reticolo idrografico operato dalle sistematiche opere di consolidamento e regimazione torrentizia in alveo e della distanza dell'area in esame rispetto

alle aree di potenziale alimentazione detritica in alveo;

- ✓ pertanto, rispetto ai fenomeni idraulici di potenziale pericolo non sussiste alcuna vulnerabilità per la zona di edificazione in progetto;
- ✓ ne consegue che non è necessario alcun intervento di eliminazione e/o mitigazione della vulnerabilità;
- ✓ l'unica altra tipologia di potenziale pericolo per l'area in esame deriva dall'assetto litologico del sottosuolo, ma esso è classificato di grado *H1 – trascurabile* e, per la sola ristretta fascia a ridosso del rio, *HR2 – residua bassa*.

Trento, ottobre 2022

