



PROGETTO:

NUOVE SOLUZIONI

**PROGETTUALI DA REALIZZARSI
NEL PERIMETRO DEL "P.E.C.
R5H", GIA' APPROVATO CON
DELIBERAZIONE DI G. M. N° 48**

DEL 09.04.2014

Committente:

Sigg. P.Eandi e F. Rinaudo

**RELAZIONE GEOLOGICA E
GEOTECNICA**



Sede: Via Torino n. 73 b, Saluzzo (CN)

Cell.: 3288171451-3334889108

E-mail: geoecos@tiscali.it // geolo.me@outlook.it

PEC: lorenzo.menzio@pec.geologipiemonte.it

Sito: www.geoecos.it

Recapito: Land Studio-Via Beggiani 4 –

12038 Savigliano (CN)

**Comune di Busca
Provincia di CUNEO**

Maggio 2024

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO.....	5
3.1 Inquadramento generale	5
3.2 Caratteri geomorfologici	7
4. CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA-IDROGEOLOGICA E SITUAZIONE NORMATIVA.....	9
5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.....	15
5.1 Calcolo della capacita' portante e dei sedimenti.....	18
6. CARATTERI SISMICI LOCALI.....	24
6.1 Verifica nei confronti della liquefazione	29
7. CONCLUSIONI	31
8. ALLEGATI.....	33

1. PREMESSA

La presente relazione geologica è stata redatta **in ottemperanza al D.M. 14/01/2008 e 17/01/2018**, relativamente ad una verifica della compatibilità delle caratteristiche geomorfologiche e di utilizzo contenute nel PAI e PRGC vigente di un'area sita nel Comune di Busca (Prov. di Cuneo), lungo la strada Provinciale n.155 Busca - Villafalletto, destinata a PEC in zona R5h. **In particolare si analizzano le nuove soluzioni progettuali da realizzarsi nel perimetro del "P.E.C. R5H", già approvato con deliberazione di G. M. n° 48 del 09.04.2014, includente le modifiche inserite nelle varianti parziali al piano regolatore.**

L'area indagata **non è collocata in settori di dissesto attivo**, secondo la cartografia allegata al PRGC, al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) e al Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA).

Per quanto riguarda le possibili interferenze col reticolo idrografico locale, nell'area si osserva un sistema di corsi d'acqua a carattere artificiale, rappresentati da un esteso sistema di fossi irrigui, al servizio dei vari fondi agricoli, e di un grosso canale regimato che borda l'area PEC sul lato E con andamento da N a S (vedere foto).

Per quanto riguarda il sistema vincolistico, le opere di intervento **non ricadono in aree gravate da vincolo idrogeologico**.

Dall'esame della documentazione risulta che l'area d'intervento, è inserita nella carta di Sintesi allegata al PRG di Busca principalmente in **Classe I di idoneità all'utilizzazione urbanistica, parzialmente in classe II** (Fig. 8). Si ricorda che: **"la classe 2 è un'area utilizzabile con modesti accorgimenti tecnici attuabili all'interno del singolo lotto, al limitare di un ampio settore in classe 1, ovvero Aree idonee a nuovi insediamenti (vedere carta di sintesi allegata al PRGC del Comune di Busca e Quadro del Dissesto pubblicato sul Sito Ufficiale della Regione Piemonte). Sono ovviamente consentite tutte le opere di sistemazione idrogeologica, di tutela del territorio e di difesa del suolo."**

La relazione geologica prevista dal D.M. 14/01/2008 e D.M. 17/01/2018, è opportuno che analizzi ed illustri i seguenti punti:

- Situazione stratigrafica locale;
- Origine e natura dei litotipi e depositi;
- Situazione geomorfologica locale;
- Processi morfologici e dissesti potenziali o in atto;
- Schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea;
- Parametrizzazione sismica in base alla nuova normativa;
- Parametrizzazione geotecnica;

A tale scopo sono stati effettuati sopralluoghi ed accertamenti con rilevamento geologico di superficie (maggio 2024), prove geognostiche specifiche eseguite in precedente campagna geognostica per lo stesso settore (quali pozzetti geognostici e prove DPL), valutazione del materiale disponibile (elaborati Geologici allegati ai PRGC di Busca, dati rilevati recentemente dallo scrivente in aree adiacenti o vicine), e conseguente ricostruzione stratigrafica. I risultati dello studio sono stati riportati nella presente relazione, accompagnata da elaborati grafici esplicativi ed interpretativi dei dati raccolti.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area è localizzata nel Comune di Busca (CN), più precisamente nei pressi della strada Provinciale n.155 Busca - Villafalletto, in sinistra idrografica del T. Maira. L'area in oggetto è posta in corrispondenza di un settore pianeggiante, ad una quota di circa 490 m. s.l.m.m.



Figura 1: BDTRE 2024 in alto e Ortofoto in basso del settore oggetto d'indagine (fonte: Regione.Piemonte.it).

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

3.1 INQUADRAMENTO GENERALE

La zona esaminata è compresa nei “Fogli n.° 78 e 79 Argentera-Dronero”, II edizione, della *Carta Geologica d’Italia alla scala 1: 100.000* (Fig. 2).

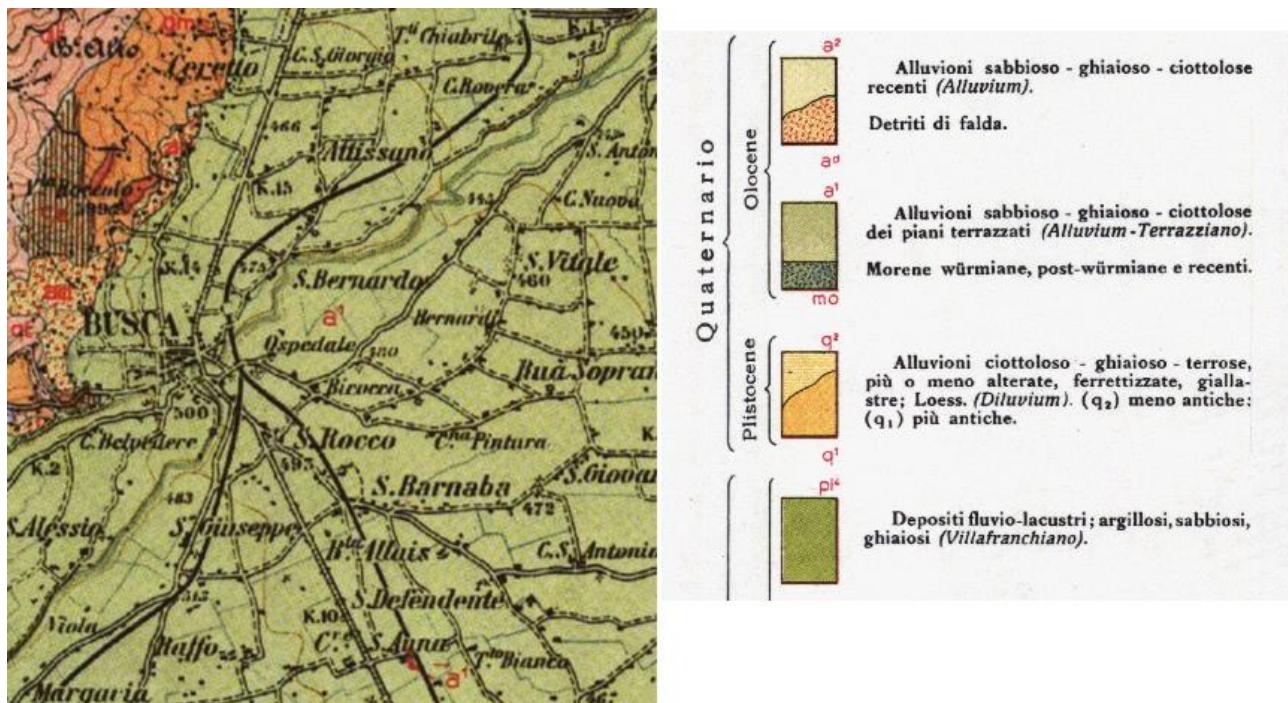


Figura 2: Stralcio della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000, Fogli 78 e 79 Argentera-Dronero, II edizione, (fonte: ISPRA).

L’area in esame è inserita in un settore di pianura, la cui conformazione geologica e litologica è definita dalla sequenza di eventi che hanno portato alla deposizione dei prodotti alluvionali terrazzati che, in tale settore pedemontano, occupano estese aree, in destra idrografica del T. Maira.

Queste alluvioni terrazzate sono geneticamente legate all’attività deposizionale post-Würmiana e costituiscono il settore pianeggiante del territorio comunale.

Esse sono formate da depositi a granulometria prevalentemente ghiaioso-ciottolosa (ghiaie poligeniche con ciottoli di pezzatura da media a minuta, alternate ad orizzonti sabbiosi e limosi), con matrice sabbiosa, localmente cementati. Laddove si localizzano livelli conglomeratici si osserva

che essi hanno potenze che talora raggiungono la decina di metri; essi tuttavia non sembrano costituire livelli continui.

In alcuni punti le alluvioni sono coperte da depositi limoso-sabbiosi di spessore ridotto, solitamente inferiore al metro, legati ad apporti gravitativi della bassa collina ed a modesti allagamenti a bassa energia da parte del reticolo idrografico minore, con deposizione di materiali fini.

Le alluvioni recenti ed attuali si trovano in prossimità dell'alveo del T. Maira e presentano gli stessi caratteri sedimentologici di quelle terrazzate.

La separazione fra i due corpi deposizionali è netta ed evidenziata dalla presenza di una serie di terrazzi, i quali corrono con continuità in posizione adiacente all'alveo

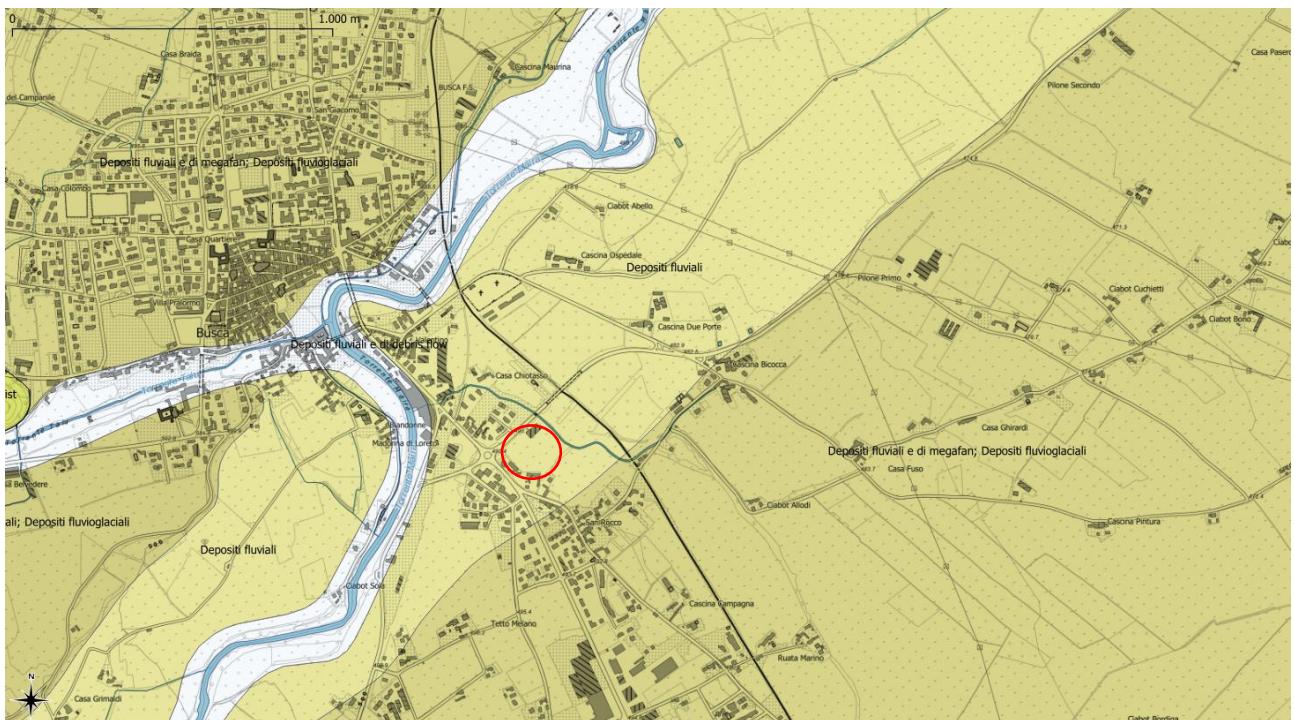


Figura 3: Stralcio carta geologica della regione Piemonte aggiornata al 2021 su BDTRE 2021 con riferimento all'area di indagine.

I depositi presenti nell'area in esame, come risulta anche dagli elaborati cartografici riferiti agli studi per la realizzazione della Variante al P.R.G.C.: *“Carta geologico - morfologica – 1: 10.000”*, corrispondono a:

- **Depositi fluviali**, con composizione prevalentemente limosa-sabbiosa entro il primo metro, passanti a depositi costituiti da sabbi/ghiaiose-ghiae/sabbiose con ciottoli e blocchi.

3.2 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

A seguito dei sopralluoghi condotti nell'area d'interesse (maggio 2024), si è potuto osservare che il sito in esame è ubicato entro un settore caratterizzato da un settore pianeggiante (pendenza media $\leq 5\%$ circa), come mostra anche la carta delle pendenze ricavata dal “Modello digitale del terreno da CTRN 1:10000 (passo 10 m) - STORICO” (Fig. 4).

L'area interessata dall'intervento, così come il suo intorno significativo, è pressochè perfettamente pianeggiante, poiché estesamente modellata dai fenomeni di natura alluvionale che ne hanno definito originariamente l'aspetto.

Quest'area, situata a margine E-SE del territorio comunale, risulta estesamente urbanizzata sia lungo la Strada Statale dei Laghi di Avigliana che lungo la Provinciale per Villafalletto, con insediamenti sia ad uso abitativo, sia ad uso produttivo, collegati fra loro da un fitto sistema di vie di comunicazione.

A tale massiccio intervento antropico è certamente imputabile, fra i vari effetti, quello di aver comportato la cancellazione di eventuali forme morfologiche, che in origine potevano dare indicazioni sull'ampiezza ed intensità dei fenomeni di modellamento locale.

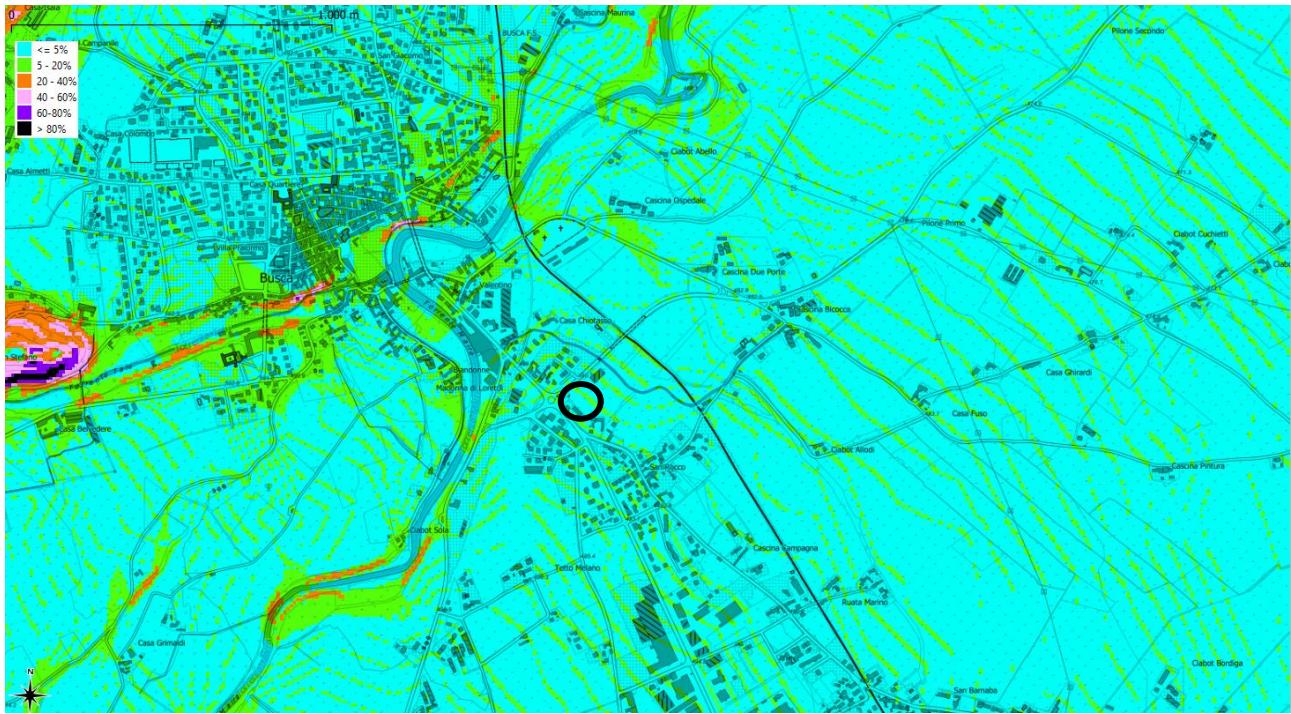


Figura 4: Stralcio carta delle pendenze ricavata dal “Modello digitale del terreno da CTRN 1:10000 (passo 10 m) - STORICO” (Fonte: Regione.Piemonte.it) con ubicazione (cerchio nero) dell’area d’indagine.



Figura 5: Rilievo ombreggiato con riferimento all’area oggetto di indagine.

4. CARATTERIZZAZIONE IDROGRAFICA-IDROGEOLOGICA E SITUAZIONE NORMATIVA

L'idrografia superficiale di questa porzione di territorio e dell'intorno significativo, è rappresentata da corsi d'acqua impostati lungo i rilievi, caratterizzati da modeste dimensioni, a carattere torrentizio, con regimi idrici soggetti a forti oscillazioni stagionali, interessati nelle parti terminali da interventi antropici che li trasformano in una serie di canali arginati, che presentano alternanze di tratti a giorno e di tratti intubati.

Dal punto di vista della possibile interferenza con i processi di dinamica torrentizia, a seguito del confronto fra quanto osservabile dal rilevamento di campagna e quanto acquisibile dalla documentazione pregressa, allegata allo strumento urbanistico e sue varianti, si può ritenere che **l'area in oggetto si posiziona a distanza di sicurezza rispetto alla rete di canali irrigui e/o corsi d'acqua principali.**

L'idrografia superficiale di questa porzione di territorio e dell'intorno significativo, è rappresentata dal corso d'acqua principale, il T. Maira. Quest'ultimo è caratterizzato da discrete dimensioni, a carattere torrentizio, con regimi idrici soggetti a forti oscillazioni stagionali, soggetto alla fasciatura prevista nel PSFF-PAI.

In merito ai rischi d'esondazione secondo il Piano Stralcio Fasce Fluviali (PSFF) aggiornato nel 2024 dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), l'area non è interessata dalle fasce fluviali di pertinenza del T. Maira (Fig. 6), per la presenza di argini. Anche secondo il Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA), l'area è esterna a Scenari di Rischio per potenziali eventi alluvionali (Fig. 6).

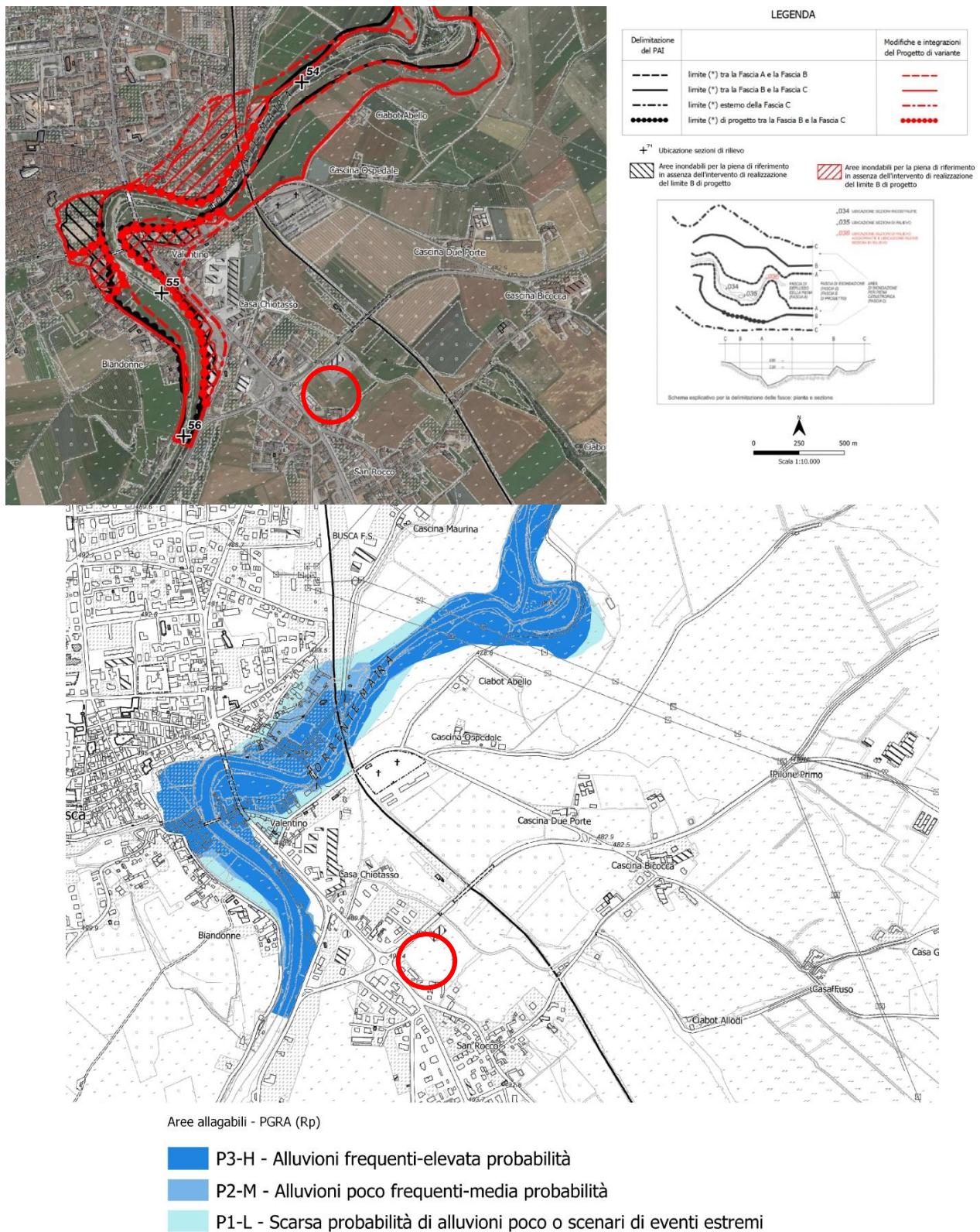


Figura 6: Stralcio PAI (sopra) e stralcio PGRA (sotto) con riferimento all'area oggetto di indagine, aggiornate al 2024.

Dal punto di vista idrogeologico i depositi presenti nell'area di indagine sono molto eterogenei. In generale i depositi costituiti da intercalazioni di sabbie e ghiaie con matrice

sabbioso-limosa presentano una permeabilità medio – alta, anche se localmente e frequentemente sono presenti depositi fini limoso-sabbiosi o addirittura limoso-argillosi, che riducono in parte o di molto la conducibilità idraulica (permeabilità medio-bassa). Nel complesso, considerando la complessità del sistema, che presenta diverse intercalazioni a permeabilità elevata (ghiaie, ghiaie sabbiose) e depositi a permeabilità bassa (limi, limi-sabbiosi, limi argillosi) la permeabilità può definirsi media, caratterizzata da valori intorno a $K = 10^{-4}$ m/s (Fig. 7).

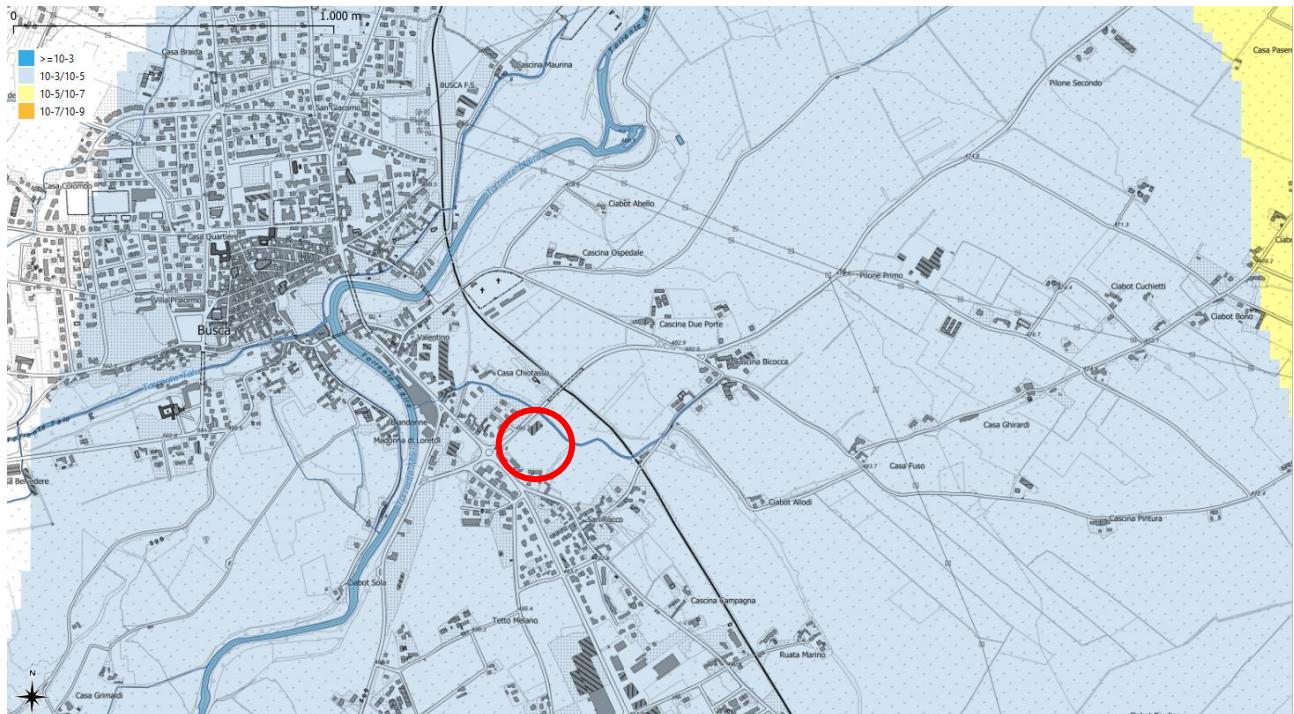


Figura 7: Stralcio della carta della permeabilità riferita all'area oggetto di indagine (fonte: Regione.Piemonte.it)

Nel settore oggetto d'indagine la profondità media della soggiacenza della falda freatica risulta essere abbastanza profonda, compresa tra i 35-45 m rispetto al piano campagna (Fig. 8).

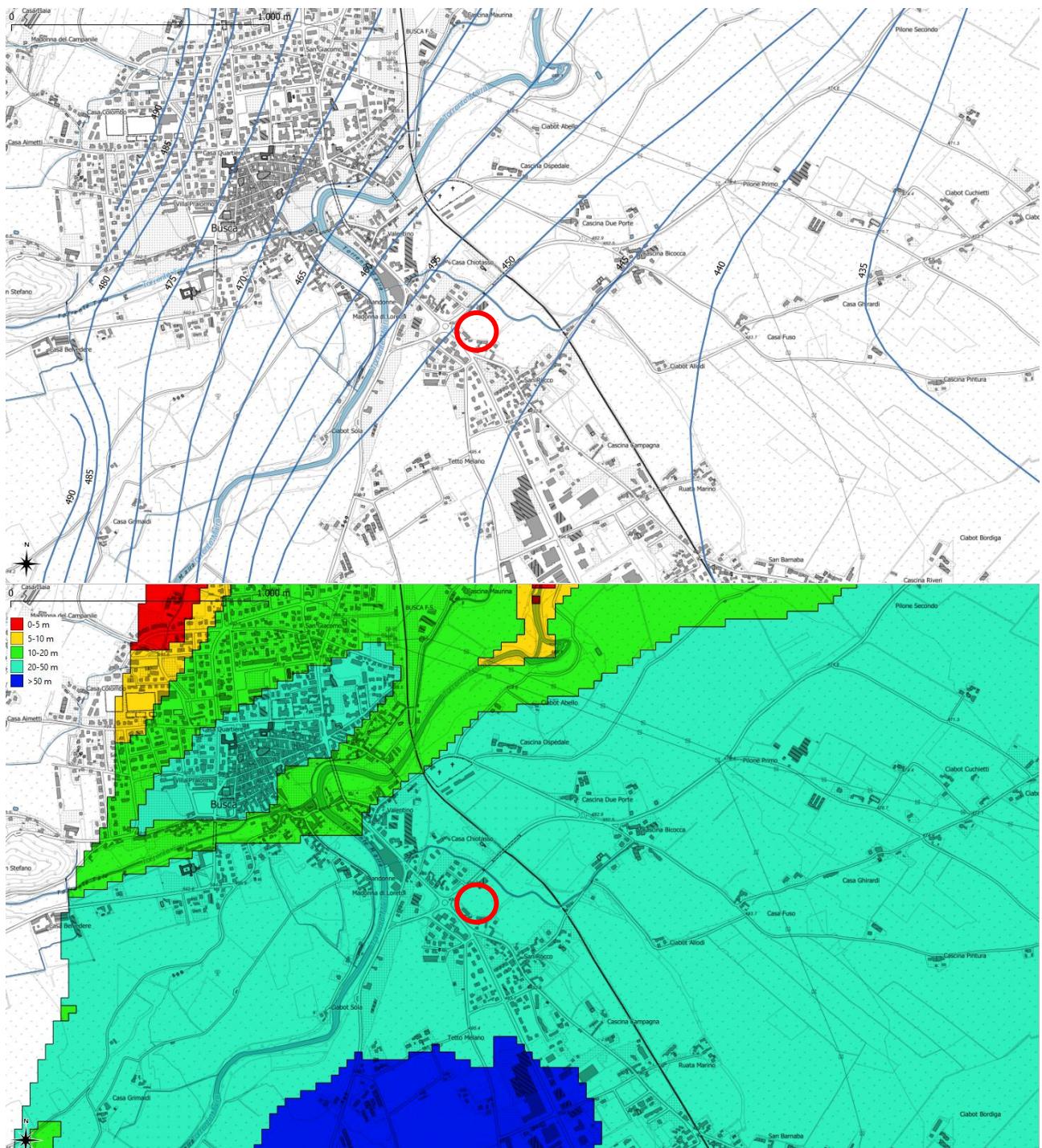


Figura 8: Stralcio carta delle soggiacenze (sotto) e isofreatiche (sopra) con riferimento all'area di indagine (fonte: [Regione.Piemonte](#)).

Dall'esame della documentazione allegata al PAI (Fig. 9), risulta che il settore è **esterno** a settori in dissesto perimetrato.

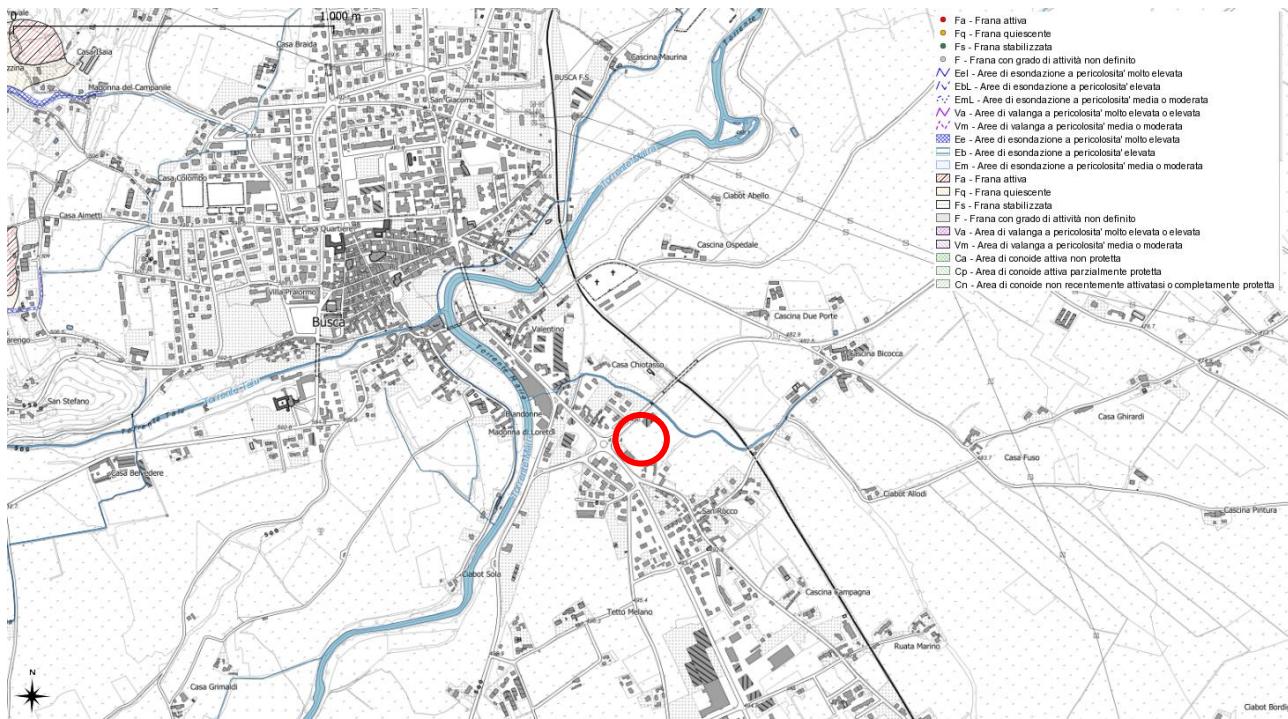


Figura 9: Stralcio carta disseti PAI riferita al settore oggetto di indagine; (fonte: Regione.Piemonte.it)

L'area in oggetto non è soggetta a vincolo idrogeologico (Fig. 10).

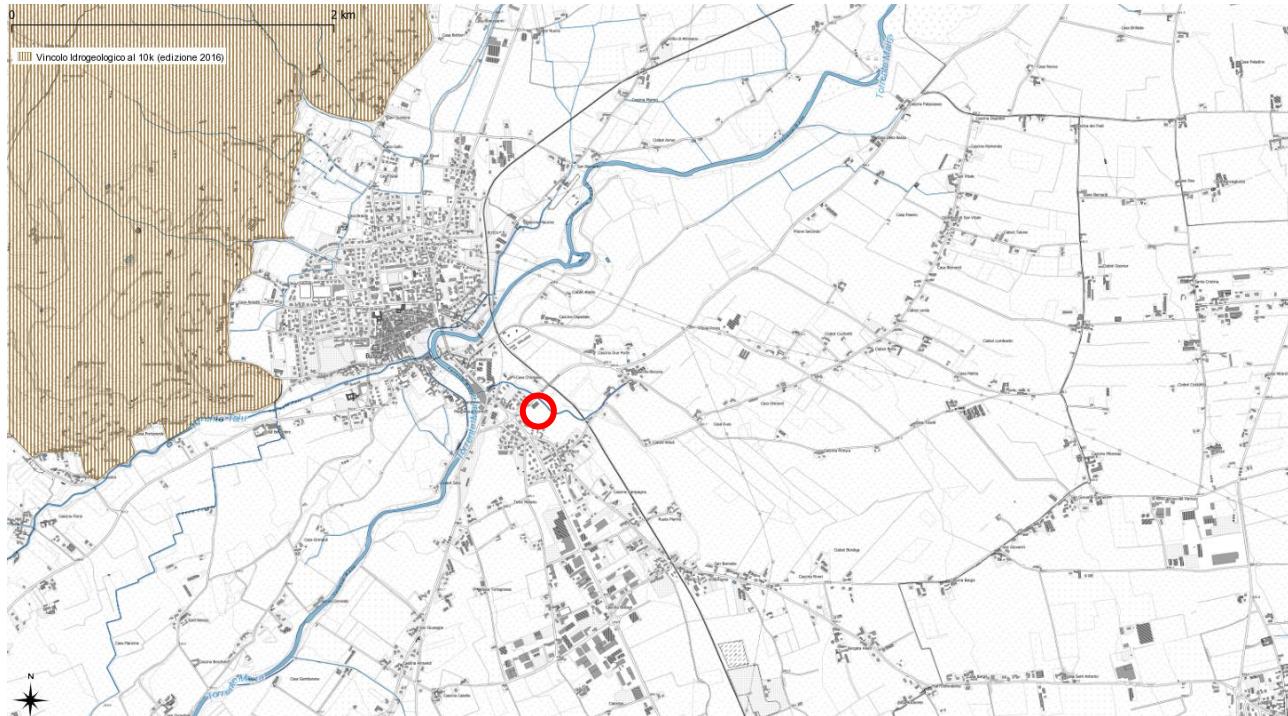


Figura 10: Stralcio carta del vincolo idrogeologico. L'area è esterna da tale perimetrazione.

Dall'esame della documentazione risulta che l'area d'intervento, nella carta di Sintesi allegata al PRG di Busca, è classificata principalmente in **Classe I di idoneità all'utilizzazione urbanistica** (Fig. 11). Si ricorda la **Classe I si riferisce a:** "Porzioni di territorio di pianura dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche: gli interventi, sia pubblici che privati, sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 14.01.2008. Aree idonee a nuovi insediamenti.".

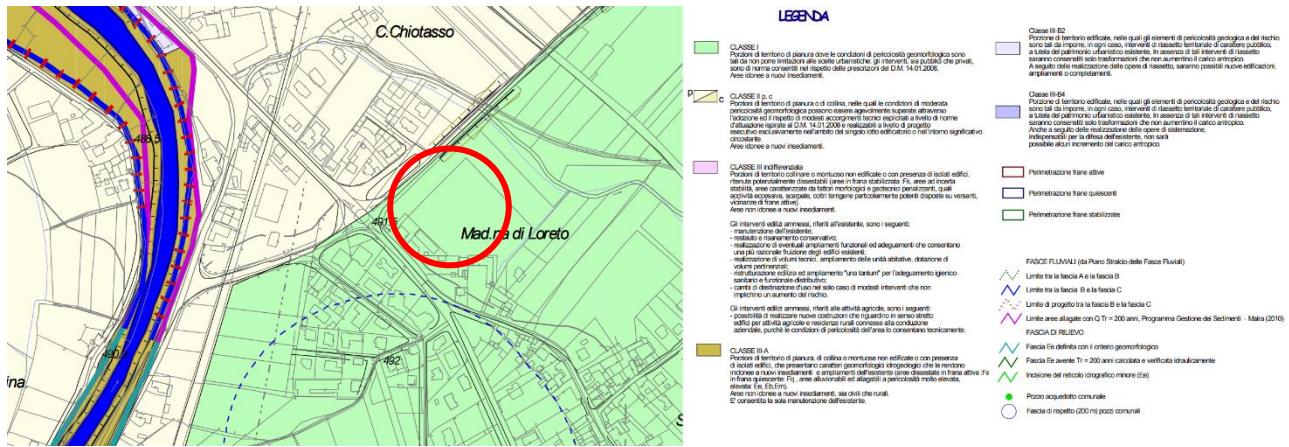


Figura 11: Stralcio Carta di Sintesi di Busca riferita all'area di indagine; l'area è classificata prevalentemente in classe I.

5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Le caratteristiche geotecniche dei materiali sono state definite sulla base delle prove geognostiche effettuate nella campagna di indagine del 2014, la quale comprendeva pozzetti geognostici e prove penetrometriche dinamiche leggere DPL. Di seguito si riporta il capitolo geotecnico dalla relazione svolta dallo studio GEOECOS nel 2014:

“La situazione litostratigrafica locale è stata determinata mediante la realizzazione di una serie di sei pozzetti geognostici di profondità compresa tra tre e sei metri, oltre a due Prove Penetrometriche Dinamiche (DPL con sonda leggera, norme Din 4094), ubicati come nello schema allegato, sull'area PEC; è così stato possibile definire, con buon dettaglio, la locale tipologia dei depositi quaternari (vedere ampia documentazione fotografica) e del futuro piano fondazionale.

- *Depositи alluvionali medio-recenti: costituiti da sedimenti a prevalente granulometria sabbioso-ghiaioso – ciottolosa con subordinata matrice fine sabbioso-limosa, a partire da 1,2 metri di profondità in P1-P2-P3-P5. Per profondità pari a 1,60 m in P4 e 2,0m- in P6. In superficie sono presenti alternanze di sabbie limose, limi sabbiosi e terreni di riporto. Avvicinandosi al limitare E dell'area, bordata dal canale irriguo, tali materiali possono superare la profondità di m. 2,40 (vedere S1), poi si passa ovunque con continuità ad un livello di sabbia ghiaiosa con massi.*

In corrispondenza del sondaggio S1 sono state effettuate misurazioni con un freatimetro elettrico, che ha consentito di rilevare l'assenza della falda freatica fino alla profondità indagata di circa 2,70 m dal piano campagna (marzo 2014).

Dal punto di vista idrogeologico questi depositi più profondi presentano una permeabilità medio – alta, anche se localmente, la possibile 'esistenza in profondità di livelli fini limoso-sabbiosi o setti conglomeratici cementati (vedere stratigrafie profonde disponibili) riduce in parte la conducibilità idraulica. I valori di conducibilità risultano comunque superiori ai 10-2 cm/s. La direzione di deflusso delle acque sotterranee è generalmente da SW verso NE; si individua quindi una direzione preferenziale di drenaggio verso l'alveo attuale del Maira.

La successione stratigrafica ricavata in S1 può essere così schematizzata:

- da 0,0 m a 2,20 m da p.c.: terreno di riporto misto a limi sabbiosi e sabbie limose;
- da 2,2 m a 2,60 m da p.c.: alternanze di limi sabbiosi mediamente consistenti e sabbie limose ghiaiose con ciottoli sparsi;
- da 2,60 m in poi: sabbie ghiaiose debolmente limose, con massi sparsi, piuttosto consistenti;

si allega la sezione stratigrafica determinata.

La composizione granulometrica del materiale esaminato è caratterizzata

- ghiaia ($d > 2$ mm): 21 %
- sabbia ($2 \text{ mm} < d > 0,074 \text{ mm}$): 67 % (di cui 31% fine)
- limo e argilla ($d < 0,074 \text{ mm}$): 12 %

Il peso di volume, stimato sulla frazione minore di 0,46 mm, è $\text{di} = 1,80 \text{ g/cm}^3$

In base ai dati ricavati dall'indagine geognostica, all'esame dei campioni prelevati e delle prove SPT effettuate in foro, facendo poi riferimento a valori noti in letteratura geologica, validi per litotipi aventi composizioni analoghe, si possono definire i seguenti parametri geotecnici preliminari per i livelli a partire da due metri circa di profondità (tabelle: 1, 2)

limi sabbiosi e sabbie limose debolmente ghiaiose (da 0,4 e fino a 2,2 m da p.c.)

Stato di consistenza: **da poco a mediamente addensate**

Densità relativa: 60%

Coesione in condizioni drenate (c'): **nulla**

Attrito interno: 31°

Angolo di resistenza al taglio (ϕ'): **28°**

Peso di volume naturale (γ_n): **17 kN/m³**

sabbie ghiaioso- limose e ghiaie ciottolose rossastre (da circa 2,2 m da p.c.)

Stato di consistenza:	da mediamente addensate ad addensate
Densità relativa:	70%
Coesione in condizioni drenate (c'):	nulla
Attrito interno:	36°
Angolo di resistenza al taglio (φ'):	32°
Peso di volume naturale (γ_n):	18,5 kN/m³

Tabella 1: Tabelle con parametri geotecnici dei depositi riscontrati in stratigrafia sulla base delle indagini effettuate nella campagna geognostica effettuata nel 2014.

lo strato superficiale infine, costituito per circa m.1,50-2,40 da materiali fini poco addensati, legati presumibilmente ad eventi deposizionali della vicina “bealera”, ha caratteristiche piuttosto scadenti (attrito interno 24°. Qa 0,8 kg/cmq), che migliorano a partire da 1,20/due metri circa di profondità .

L'assenza della falda freatica fino ad una profondità di circa 6,50 m da p.c. a marzo 2014, sia pure con possibilità di modeste risalite per oscillazioni stagionali, potrà essere tenuta in debita considerazione, come elemento favorevole, sia per gli interventi di scavo e sbancamento sia nei calcoli di capacità portante delle strutture di fondazione.

Caratteristiche geotecniche ottimali si riscontrano solo a partire da profondità superiori ai 1,2-2,3 m (lato E/SE) da p.c..

Le due Prove Penetrometriche Dinamiche effettuate in foro (SPT) nel sondaggio hanno fornito discreti valori, con rifiuto alla penetrazione entro 150 cm. in S2 ; a 2,50 m di profondità in S1)."

5.1 CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE E DEI CEDIMENTI

CAPACITÀ PORTANTE

Da un punto di vista geologico il terreno naturale è riconducibile ad un mezzo a comportamento elasto – plastico – viscoso disomogeneo e anisotropo. La difficoltà nell'introdurre dei parametri per un siffatto modello obbliga tuttavia ad una serie di semplificazioni ed approssimazioni:

- per quanto riguarda il comportamento meccanico del terreno e la sua capacità di sopportare i carichi trasmessi senza giungere a rottura (equilibrio limite globale), questo viene assimilato ad un mezzo elasto – plastico ideale perfettamente rigido;
- per la valutazione della distribuzione delle tensioni nel sottosuolo il terreno è assimilato ad un mezzo linearmente elastico;
- l'analisi viene effettuata in termini di tensioni efficaci con dissipazione delle eventuali pressioni interstiziali (condizioni drenate).

Per le verifiche di capacità portante e dei cedimenti sono stati adottati i parametri geomeccanici caratteristici del terreno di seguito brevemente riassunti, considerando l'asportazione di almeno 50 cm di suolo misto a riporto e poi derivanti dalla mediazione tra le caratteristiche del primo strato superficiale, più scadente, e del secondo, migliore:

- *Coesione (c')*: **nulla**
- *Angolo di resistenza al taglio (φ')*: **32°**
- *Peso di volume naturale (γ)*: **18,0 kN/m³**
- *Modulo di deformazione (E)*: **30.000 kN/m²**

Verifica alla capacità portante utilizzando la formula di Brinch-Hansen (1970) con ipotesi di carico baricentrico:

$$F.S. = N_{lim}/N \geq 3$$

- *Condizioni drenate*

$$q'_{lim} = \frac{1}{2} * \gamma' * B * N_y * s_y * i_y * b_y * g_y + c' * N_c * s_c * d_c * i_c * b_c * g_c + q' * N_q * s_q * d_q * i_q * b_q * g_q$$

$$s_y = s_c = s_q = 1$$

Fondazione nastriforme

$$d_y = d_c = d_q = 1$$

Profondità del piano di posa

$$i_y = i_c = i_q = 1$$

Carico verticale

$$b_y = b_c = b_q = 1$$

Base della fondazione orizzontale

$$g_y = g_c = g_q = 1$$

Piano campagna orizzontale

Il calcolo è stato eseguito adottando un pre-dimensionamento di massima delle fondazioni dirette in riferimento agli elaborati progettuali, ipotizzanti Trave rovesce continue, con facoltà del progettista di variare la tipologia; **ci riferiamo cautelativamente al settore E/SE dell'area, che presenta maggiore spessore del primo strato scadente (mediamente due metri):**

- Travi rovesce poggiante su depositi costituiti da “sabbie ghiaiose”, ad una profondità di -2,0 m dal piano campagna ed ammorsamento (o incastro) di 0,5 m., dopo asportazione di almeno un metro di suolo misto a riporto.

In questo caso è possibile utilizzare la formula di Brinch-Hansen con termini relativi a coesione ($c'=0$) e sovraccarico ai lati della fondazione calcolata sulla base della profondità del piano di posa $D=2$ m ($q'=g_y * 2 = 34$ kPa).

La formula diventa:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} * B * \gamma' * N_y * s_y + N_q * q' * s_q * d_q$$

qui le tensioni totali sono fatte coincidere con le tensioni efficaci in quanto l'effetto della falda **risulta trascurabile**; questo perchè la d_w , che rappresenta la distanza fra la base della fondazione e la superficie di falda, risulta essere superiore di B (superficie freatica stimata a 30-40 m da p.c.).

- ✓ trave rovescia: con B (larghezza) variabile da 0,8 m a 1,6 m, L (lunghezza) compresa tra 3,0 m e 9,0 m, D (profondità di posa) di circa -2,0 m da p.c. ed incastro di 0,5 m.

TRAVE ROVESCFIA (piano di posa -2,0 m da p.c. e profondità d'incastro 0,5 m)			
Fondazione		Carico limite (kN/m ²)	Carico ammissibile (kN/m ²)
B (m)	L (m)	D _f (m)	
0,8	> 3,0	0,5	438
1,0	> 3,0	0,5	462
1,2	> 3,0	0,5	486
1,4	> 3,0	0,5	522
1,6	> 3,0	0,5	550

Tabella 2: Carico ammissibile valutato per diverse basi e lunghezze per fondazioni nastriformi a trave rovescia

Si ricorda che a seconda della tipologia fondazionale, della profondità e dalla variazione di altri parametri geotecnici, i valori di capacità portante possono variare.

I calcoli teorici effettuati dovranno essere conformati all'effettivo dal progettista, sulla base dei relativi carichi e forma delle fondazioni progettuali.

CEDIMENTI

Per il calcolo dei cedimenti è stato considerato 200 KPa di carico verticale privo di rotazione. Tale calcolo, come il calcolo di capacità portante, dovrà essere tarato dal progettista sull'effettivo con i corretti parametri di carico e dimensionamento dell'opera.

Anche nel caso in cui la pressione esercitata sul terreno di fondazione non superi il valore ammissibile, si potrebbero manifestare delle deformazioni nel terreno.

Nel caso di terreni granulari incoerenti, come quelli in oggetto, l'impossibilità di prelevare campioni indisturbati fa sì che il calcolo dei cedimenti sia in larga misura basato sui risultati di prove in situ, come ad esempio le prove penetrometriche dinamiche realizzate. La presenza di elementi a granulometria grossolana (ciottoli, blocchi e trovanti) ha reso complicata l'adozione di tali tecniche (rifiuto alla penetrazione). Si è fatto dunque ricorso alla teoria dell'elasticità introducendo correzioni ai parametri di deformabilità (E) stimati in situ, in base a valori ricavati da fonti bibliografiche. In linea generale i cedimenti sono dovuti alla deformazione elastica e plastica del terreno e, nel caso di terreni poco permeabili (argille e limi), al processo di lenta espulsione dell'acqua contenuta al loro interno (consolidazione).

Il cedimento calcolato in un punto prende il nome di cedimento assoluto; la differenza fra i cedimenti assoluti misurati in due o più punti definisce il cedimento differenziale.

Il cedimento assoluto totale è dato dalla somma di tre componenti:

$$S_{\text{tot}} = S_{\text{imm}} + S_{\text{con}} + S_{\text{sec}}$$

S_{imm} = cedimento immediato, dovuto alla deformazione iniziale, senza variazione di volume, del terreno caricato; è prevalente nei terreni incoerenti a permeabilità elevata o in quelli coesivi di media ed alta plasticità, trascurabile in quelli coesivi normalmente consolidati o leggermente sovraconsolidati;

S_{con} = cedimento di consolidazione o primario, legato alla variazione di volume del terreno saturo, in seguito alla lenta espulsione dell'acqua contenuta al suo interno; è dominante nei terreni coesivi e trascurabile in quelli incoerenti (da mediamente a molto permeabili);

S_{sec} = cedimento secondario, dovuto alla deformazione viscosa dello scheletro solido del terreno; normalmente trascurabile rispetto ai cedimenti di consolidazione. Assume invece valori non trascurabili con argille organiche e con torbe.

In relazione alle caratteristiche dei depositi rilevati si può dedurre, con ragionevole certezza, che l'aliquota predominante sia quella relativa ai sedimenti immediati.

Il metodo utilizzato per la verifica dei sedimenti, considerando fondazioni dirette a geometria variabile, fa riferimento alla teoria dell'elasticità. Si tratta di un metodo speditivo utile per avere una indicazione di massima sull'ammontare dei sedimenti. La relazione proposta da Egorov che si riferisce al caso di un mezzo elastico di spessore finito è la seguente:

$$S = 2aq \frac{1 - \nu^2}{E} I_f$$

S = cedimento;

a = lato corto della fondazione;

q = carico applicato;

ν = coefficiente di Poisson;

E = modulo di deformazione;

I_f = coefficiente di influenza legato alla geometria della fondazione ed alla rigidezza; nel caso in esame è stata considerata una fondazione flessibile.

La definizione dei valori soglia dei sedimenti, in grado di essere tollerati dalle diverse strutture senza danni apprezzabili che ne inficino l'uso, è un obiettivo particolarmente ambizioso in quanto l'operazione di mettere in relazione i movimenti della fondazione con i danni della struttura passa attraverso l'esame di molteplici e complessi fattori. Si ricorre quindi in genere a processi empirici basati sull'osservazione del comportamento di strutture già realizzate.

I sedimenti calcolati⁴ sono stati quindi confrontati con i sedimenti ammissibili riportati da vari Autori (Grant et al., 1974; Terzaghi e Peck, 1948; Skempton e McDonald; 1956 e Bjerrum, 1963). In linea generale vengono considerati ammissibili dei sedimenti massimi dell'ordine di 25 mm, per fondazioni isolate su terreni granulari, e 50 mm per fondazioni isolate su terreni coesivi.

Le pressioni ammissibili precedentemente calcolate sono state quindi utilizzate per la verifica dei sedimenti:

TRAVE ROVESCIA			
(piano di posa -2,0 m da p.c. e profondità d'incastro 0,5 m)			
Fondazione		Carico ammissibile (kN/m ²)	Cedimento (mm)
B (m)	L (m)	D_i (m)	
0,8	> 3,0	0,5	146
1,0	> 3,0	0,5	153
1,2	> 3,0	0,5	162
1,4	> 3,0	0,5	174
1,6	> 3,0	0,5	183

Tabella 3: Cedimenti misurati per diverse basi e lunghezze per fondazioni nastriformi a trave rovescia, con carico baricentrico.

6. CARATTERI SISMICI LOCALI

Il quadro sismico locale è definito sulla base delle indicazioni contenute negli allegati all'Ordinanza del P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003.

Ai sensi del recente aggiornamento D.G.R. n. 6 – 887 del 30.12.2019, il territorio del Comune di **Busca** viene inserito in **Zona sismica 3S, sottozona della zona sismica 3** ($0,05 < ag \leq 0,15$ g), corrispondente a settori coinvolti da valori di PGA compresi tra $0,125 < ag \leq 0,15$ g; tali sottozona sono state identificate su territorio comunale considerando i valori medi di PGA per un periodo di 475 anni (Figg. 12-13).

MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA

DISTAV- Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita
Università degli Studi di Genova

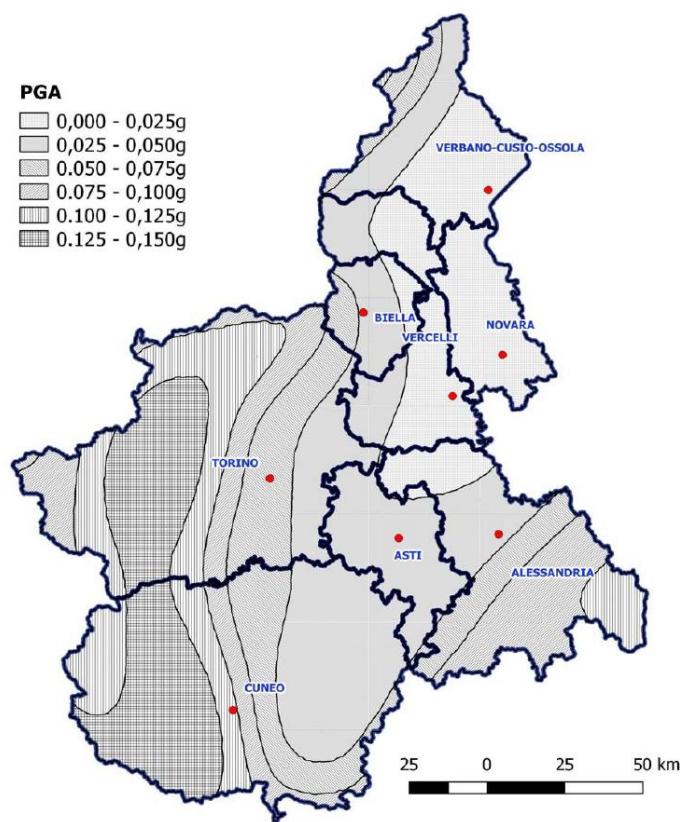


Figura 12: Stralcio Allegato 1 del D.G.R. n. 6 – 887 del 30.12.2019 con aggiornamento della mappa di pericolosità sismica.

MAPPA DI ZONAZIONE SISMICA

La mappa è aggiornata alla situazione amministrativa esistente alla data del 6 febbraio 2019

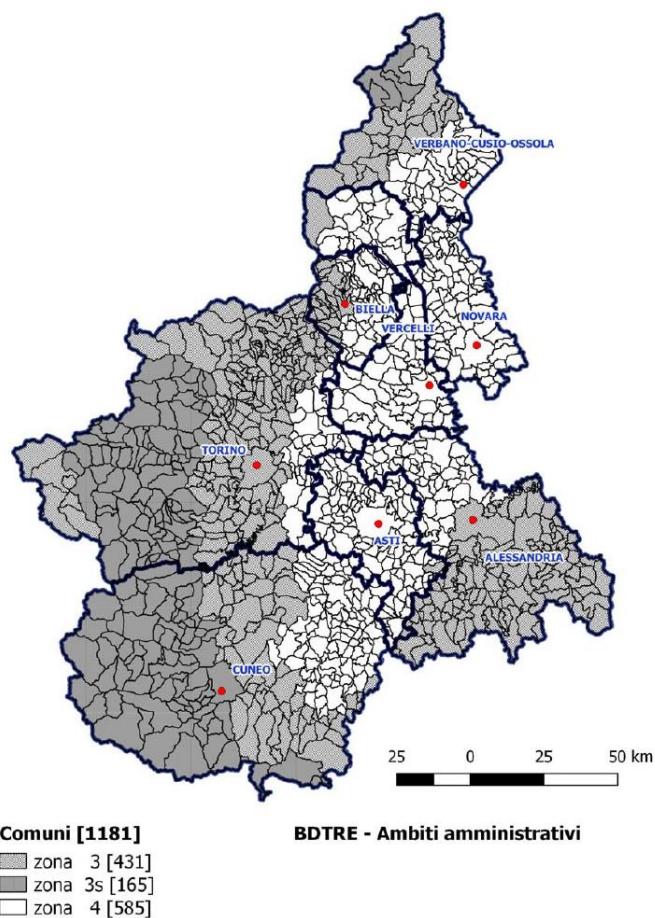


Figura 13: Stralcio Allegato 2 del D.G.R. n. 6 – 887 del 30.12.2019 con aggiornamento al 2019 della mappa di zonazione sismica del Piemonte.

L'accelerazione di progetto sul terreno “ $S \cdot a_g$ ” è definita dal prodotto fra la succitata accelerazione orizzontale massima (a_g) ed un fattore (S) che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione. In riferimento al D.M. 14 gennaio 2008 “Norme tecniche per le costruzioni” e alle nuove normative D.M. 17 gennaio 2018, la categoria di suolo di fondazione, che meglio si approssima alla tipologia dei terreni rinvenuti nei primi metri, **con approccio semplificato e sulla base delle prove geognostiche effettuate**, è la **categoria di tipo B**: “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*”.

Nei paragrafi seguenti si è proceduto ad inserire i fattori correttivi per l'azione sismica, tenendo in considerazione la “pericolosità sismica di base” del sito in esame: la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. Considerato che l'area in esame è posta in **Zona 3S** della D.G.R. n. 6 – 887 del 30.12.2019, con **categoria topografica T1** e sottosuolo di categoria **B**, i parametri medi da introdurre nei calcoli - considerando lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) - sono riportati nella figura seguente (Fig. 14).

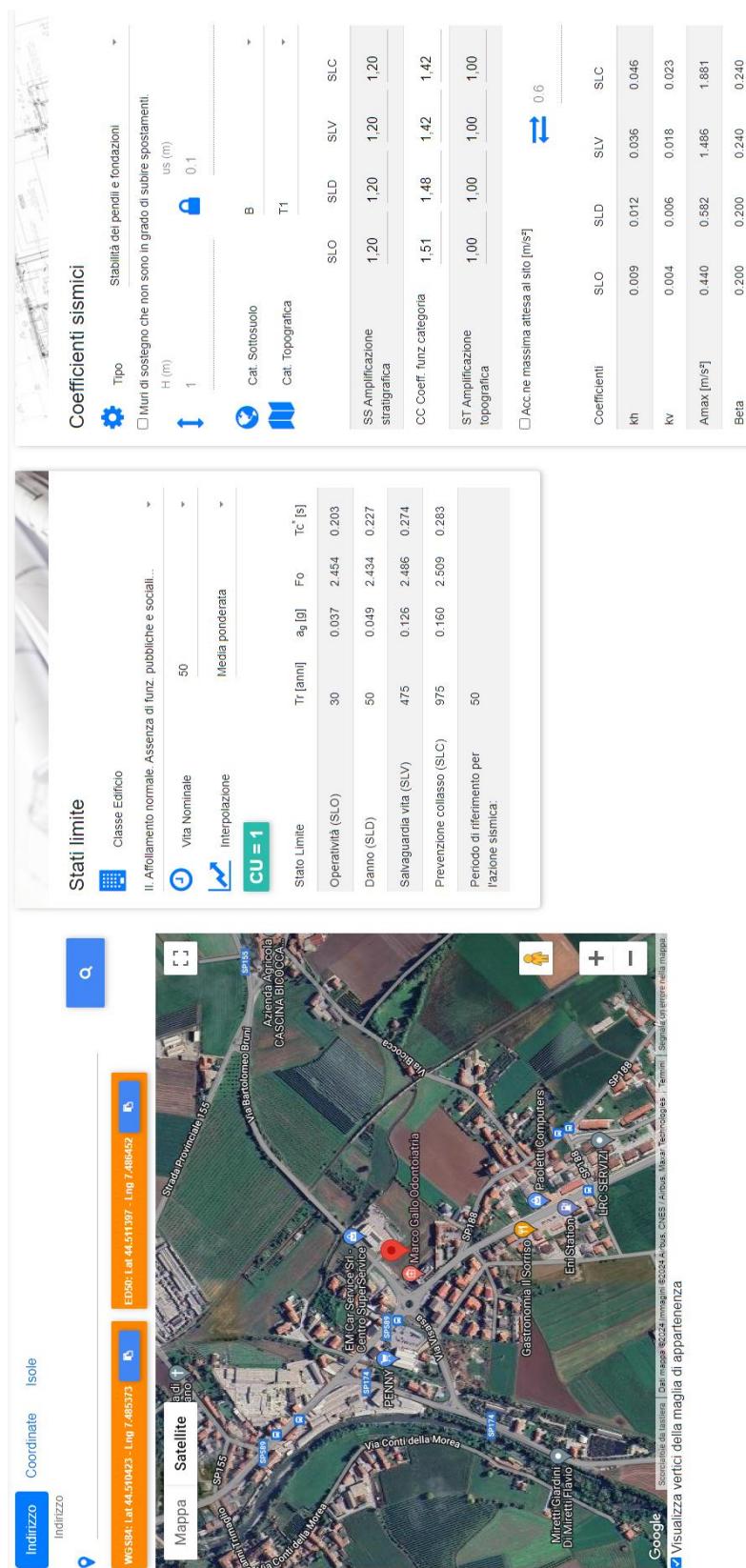


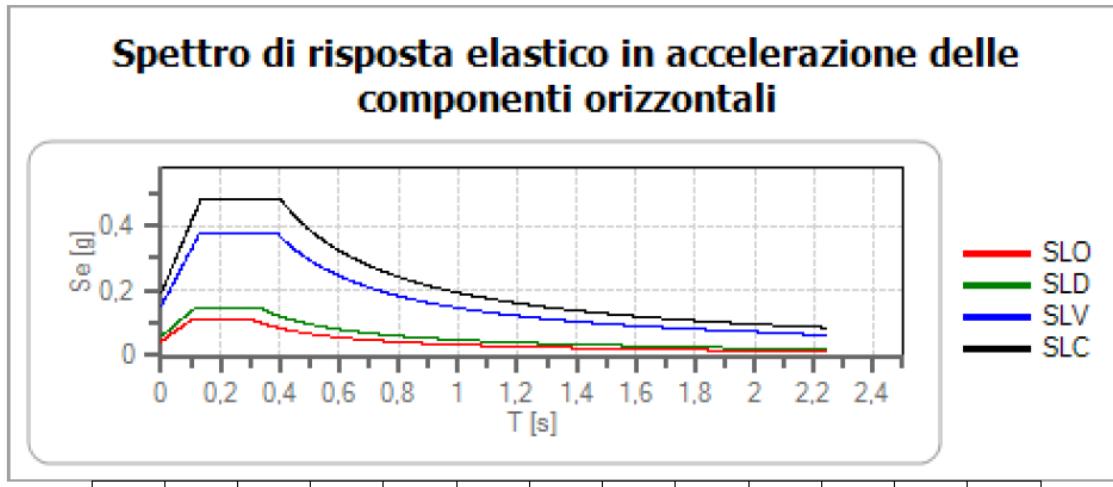
Figura 14: Parametri sismici sito-specifici e parametri di correzione riferiti all'area d'indagine.

Spettri di risposta

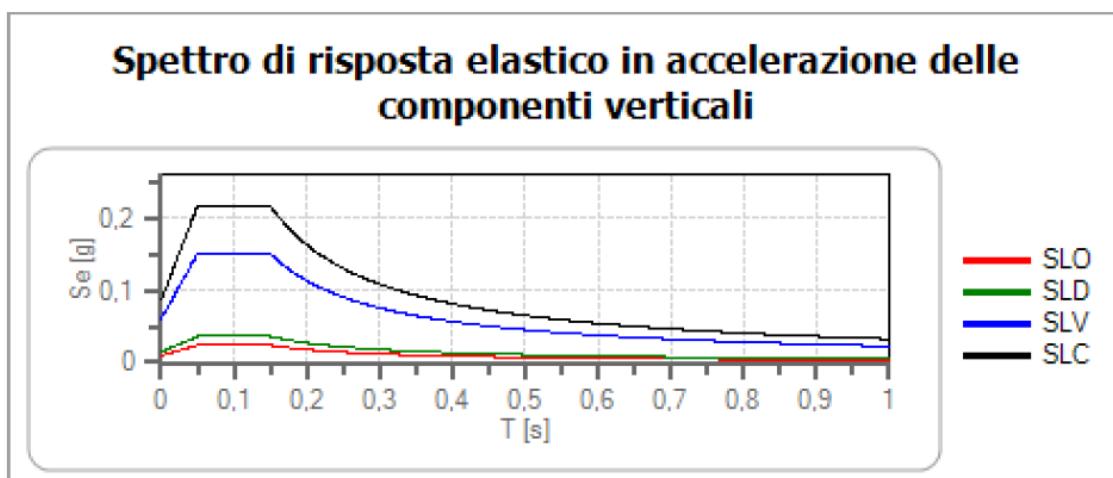
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,037	2,454	0,203	1,200	1,510	1,000	1,200	1,000	0,102	0,307	1,749
SLD	1	0,049	2,434	0,227	1,200	1,480	1,000	1,200	1,000	0,112	0,336	1,798
SLV	1	0,126	2,486	0,274	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,130	0,390	2,105
SLC	1	0,160	2,509	0,283	1,200	1,420	1,000	1,200	1,000	0,134	0,402	2,239



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	1	0,037	2,454	0,203	1,000	1,510	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	1	0,049	2,434	0,227	1,000	1,480	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	1	0,126	2,486	0,274	1,000	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	1	0,160	2,509	0,283	1,000	1,420	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Figura 15: Spettri di risposta elastici in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali riferiti all'area d'indagine.

6.1 VERIFICA NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Secondo la Normativa precedente, in relazione al § 7.11.3.4.2 delle NTC (2008) la verifica a liquefazione nel caso del comune di Verzuolo, poteva essere omessa in quanto gli eventi sismici attesi all'interno del comune presentano una magnitudo inferiore a 5 (< 4,75 Magnitudo in onde superficiali e < 4,87 Magnitudo locale).

Attualmente, secondo il recente D.M. 17/01/2018, vengono definiti al secondo punto 7.11.3.4.2 - Esclusione della verifica a liquefazione - :

“.....La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $qc1N$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $Uc < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $Uc > 3,5$”

Secondo le nuove norme, pertanto, la magnitudo non viene presa più in esame, sostituita dal valore di accelerazioni massime attese al piano campagna inferiori a 0,1 g.

Nel caso del comune di Busca, con frequenza pari a 0,0021, considerando il 50° percentile, il valore massimo di accelerazione al suolo prevista è di 0,1305, che non esclude del tutto il valore alla liquefazione del sito, seppur prossima al limite.

Tuttavia, sulla base delle prove effettuate nelle precedenti campagne geognostiche (campagna di indagini 2014) e sulla base del recente sopralluogo (maggio 2024), la probabilità alla liquefazione viene smentita, oltre che al punto 2 delle norme, anche al punto 3 e dal punto 4, escludendo la necessità di verifica a liquefazione.

7. CONCLUSIONI

Le indagini realizzate consentono di esprimere le seguenti considerazioni:

- Gli elementi acquisiti nel corso dell'indagine in situ, uniti alla consultazione dei dati relativi ai caratteri geologici dell'area, non hanno dato luogo alla individuazione di criticità geomorfologiche, nell'ambito d'interesse.
- Sulla base di quanto fin qui esposto risulta che la porzione di territorio considerata, è inserita in **Classe I/Classe II di idoneità all'utilizzazione urbanistica** (Circ. P.G.R. n° 7/LAP, 8/5/96).
In questi ambiti restano quindi attuabili tutti gli interventi edilizi, compreso quello previsto, nel rispetto di semplici accorgimenti tecnici determinabili ed attuabili all'interno del singolo lotto edificativo.
- I depositi presenti nell'area in oggetto risultano essere costituiti da sedimenti a prevalente granulometria sabbioso-ghiaioso-ciottolosa con subordinata matrice fine sabbioso-limosa. Per profondità inferiori ai 2-2.5 m sono presenti alternanze di sabbie limose debolmente ghiaiose e limi sabbiosi con riporto. Ad una profondità superiore a circa 2,5 m è presente con continuità un livello sabbioso-ghiaioso ciottoloso.
- Nell'area esaminata **la soggiacenza della falda superficiale (freatica) risulta a profondità profonde, ovvero a 30-40 m da p.c..** Non ci sono pertanto interferenze con i piani fondazionali degli edifici in progetto.
- Le strutture di fondazione dovranno essere preferibilmente spinte, tramite fondazioni dirette od indirette, a profondità di almeno 2 m dal piano campagna, in corrispondenza degli orizzonti costituiti da sabbie ghiaioso-limose da mediamente addensate ad addensate, nel settore E/SE dell'area; tal profondità si riduce a m.1,50 mediamente, per tutto il settore W e centrale dell'area.

- Passando ad esaminare le proprietà geotecniche del terreno di fondazione, dall'esame dei dati raccolti, risultano terreni con **buone proprietà geotecniche a partire da 2 m da p.c.** Si rimanda al capitolo 6 dove sono stati calcolati i valori di capacità portante, con un Coefficiente di sicurezza = 3, **per una fondazione nastriforme a trave rovescia;** possono essere assunti pari a:
 - 0,8 kg/cmq per il livello a, fino a m.-1,00 da p.c.
 - 1,5 Kg/cmq per il livello b, da m. -1 a -2,50 da p.c. Da W verso E
 - oltre 2,5 Kg/cmq per il livello c, da m. - 1,20 (lato W) a 2,6 (lato E) in poi.
- Secondo il D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120 in merito alle terre e rocce da scavo si ricorda che i **cantieri di piccole dimensioni** sono definiti da cantieri in cui sono prodotte terre e rocce da scavo in quantità **non superiori a seimila metri cubi.**
Per tali categorie di cantieri sarà necessaria esclusivamente la **Dichiarazione di Utilizzo.**
Nella dichiarazione il produttore indica le quantità di terre e rocce da scavo destinate all'utilizzo come sottoprodotti, l'eventuale sito di deposito intermedio, il sito di destinazione, gli estremi delle autorizzazioni per la realizzazione delle opere e i tempi previsti per l'utilizzo, che non possono comunque superare un anno dalla data di produzione delle terre e rocce da scavo.
Le terre e rocce da scavo prodotte ricadono nei cantieri di piccole dimensioni per quanto riguarda i singoli lotti. Se si considerano i lotti nel suo insieme, il cantiere diventa di grandi dimensioni in quanto si superano i seimila metri cubi e non sarà solo più necessaria la dichiarazione di utilizzo.
- Si allega tabella dei parametri sismici calcolati in base alla normativa vigente e si ricorda che, con approccio semplificato, il **sottosuolo in questione può essere considerato di tipo B, parametrizzazione topografica T1.**

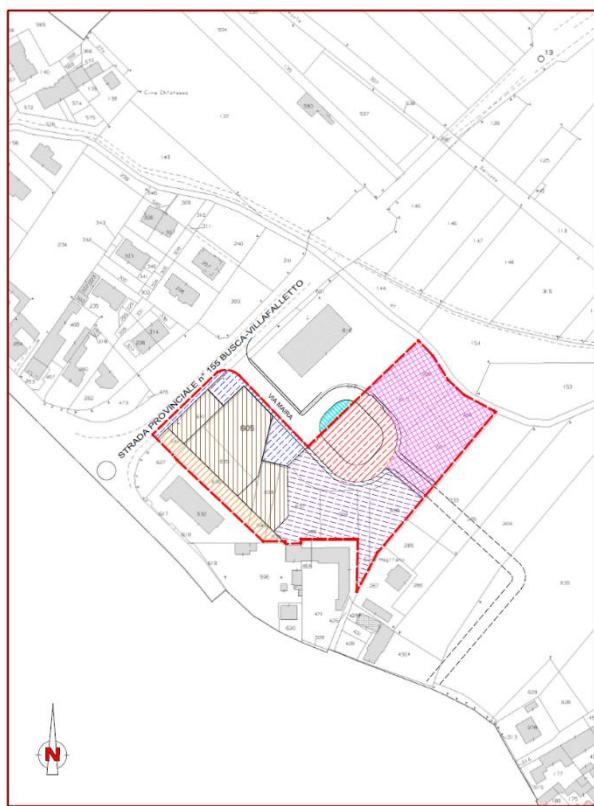
In conclusione, sulla base dei dati ricavati durante i sopralluoghi e le indagini effettuate, con l'ausilio della consultazione di precedenti indagini geologiche riguardanti l'area di versante in esame, **si conferma la compatibilità geologica dell'intervento previsto, che non può ritenersi peggiorativo nei confronti dell'assetto geologico/idrogeologico locale.**

8. ALLEGATI

ESTRATTO DI MOLLA

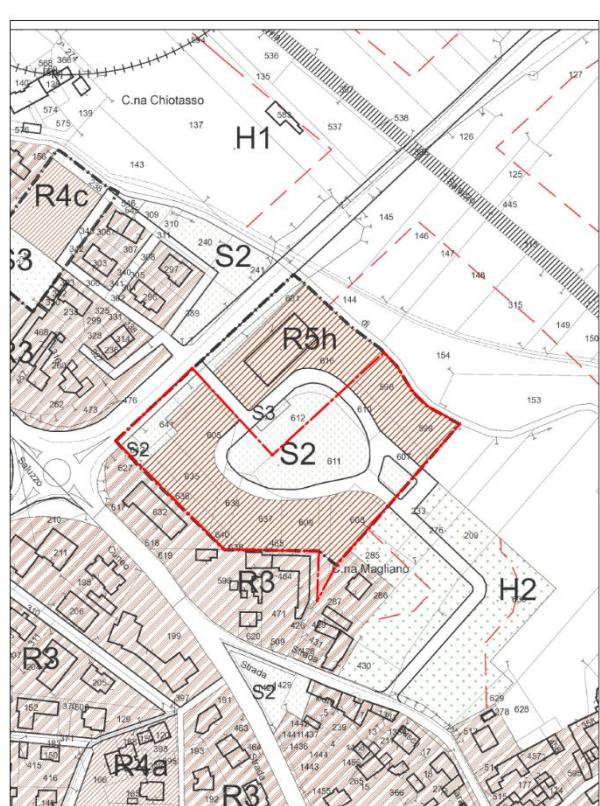
COMUNE DI BUSCA FG. 15

Scala 1:2000



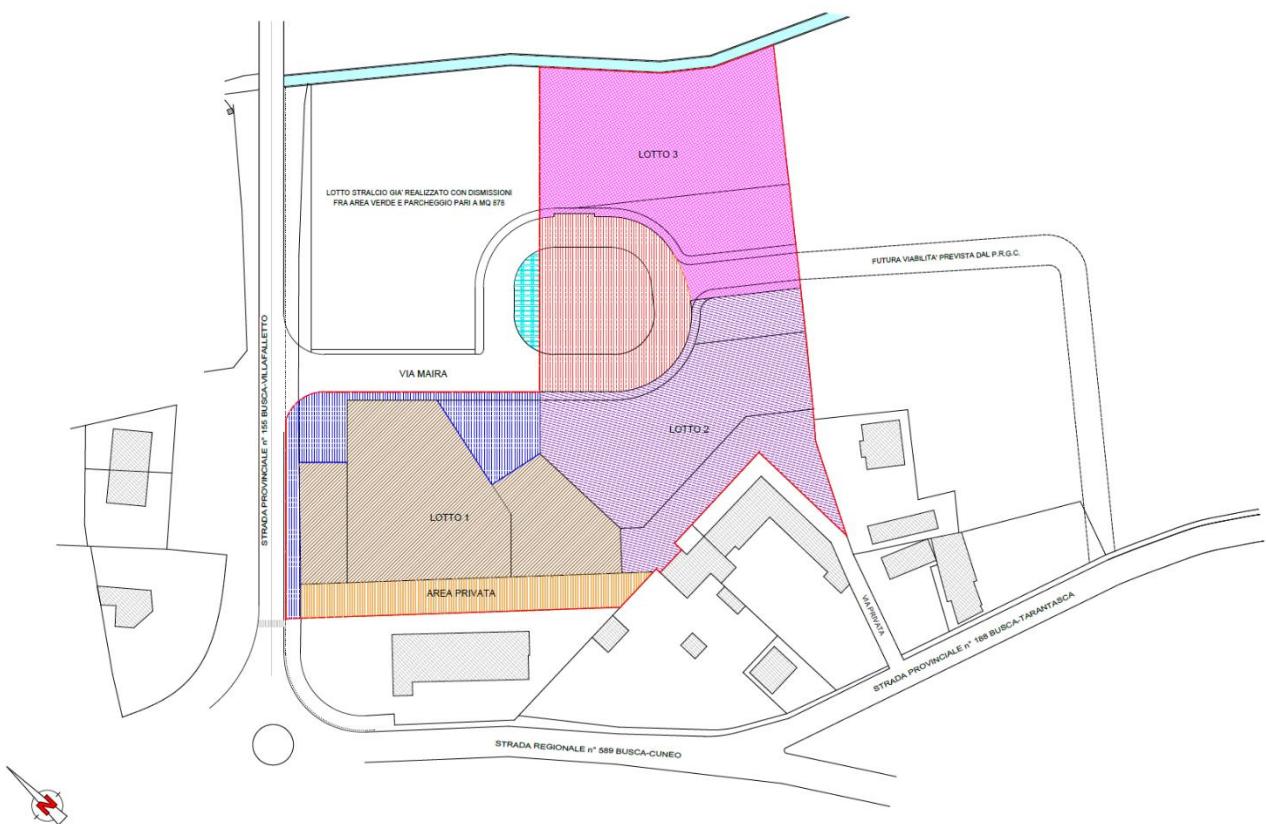
STRALCIO DAL P.R.G.C.

Scala 1:2000



Stralcio Mappa Catastale e PRGC dell'area di indagine

PLANIMETRIA GENERALE CON L'INDIVIDUAZIONE DEI LOTTI
SCALA 1:500



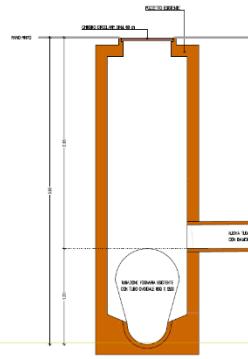
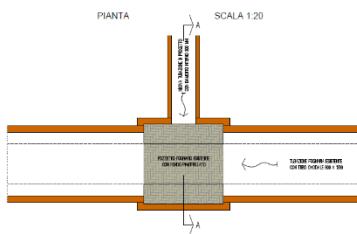
Planimetria Generale con indicazione dei lotti

POZZETTO FOGNARIO ESISTENTE OGGETTO
DI INNESTO DELLA NUOVA TUBAZIONE

SEZIONE A-A

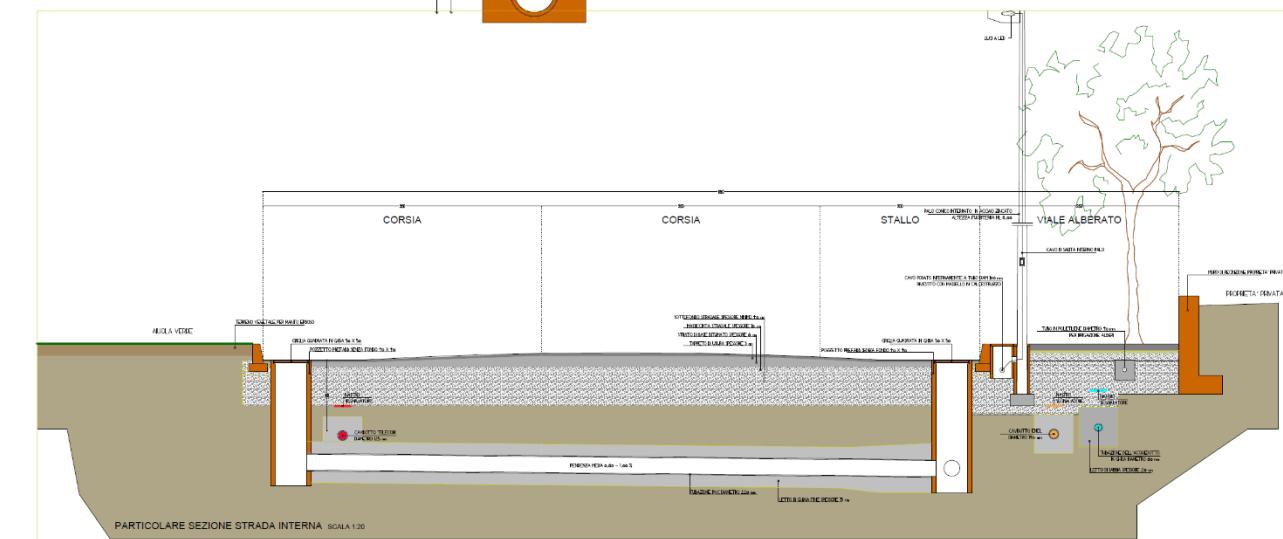
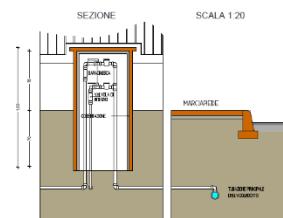
SCALA 1:20

BOTOLINO PER ALLACCIOIMENTO ACQUEDOTTO
E POSIZIONAMENTO CONTATORE

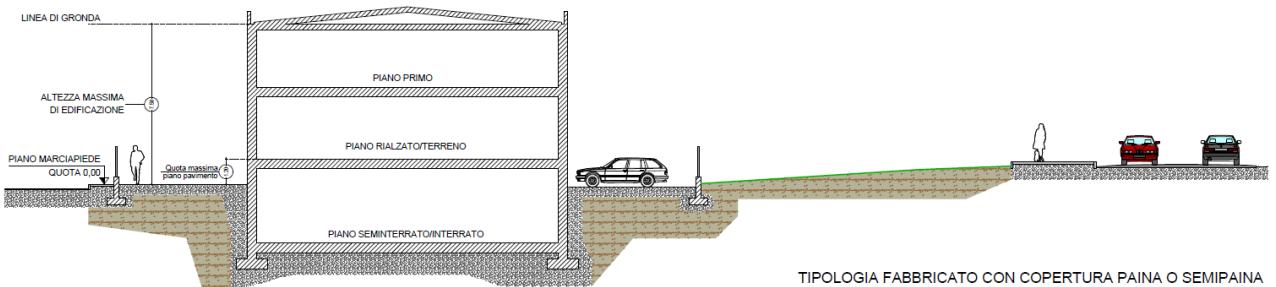
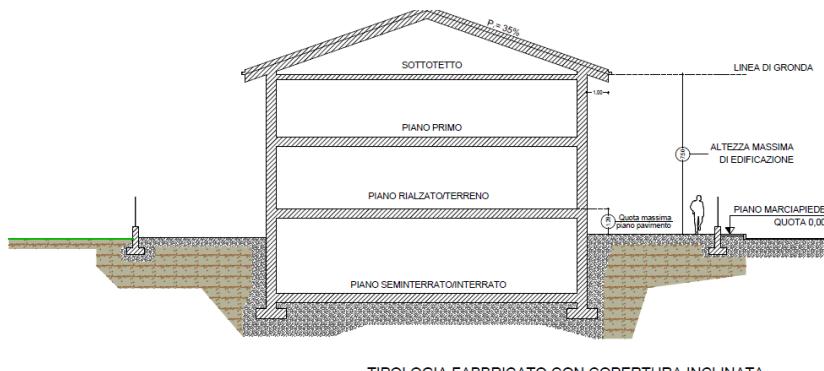


PIANTA

SCALA 1:20

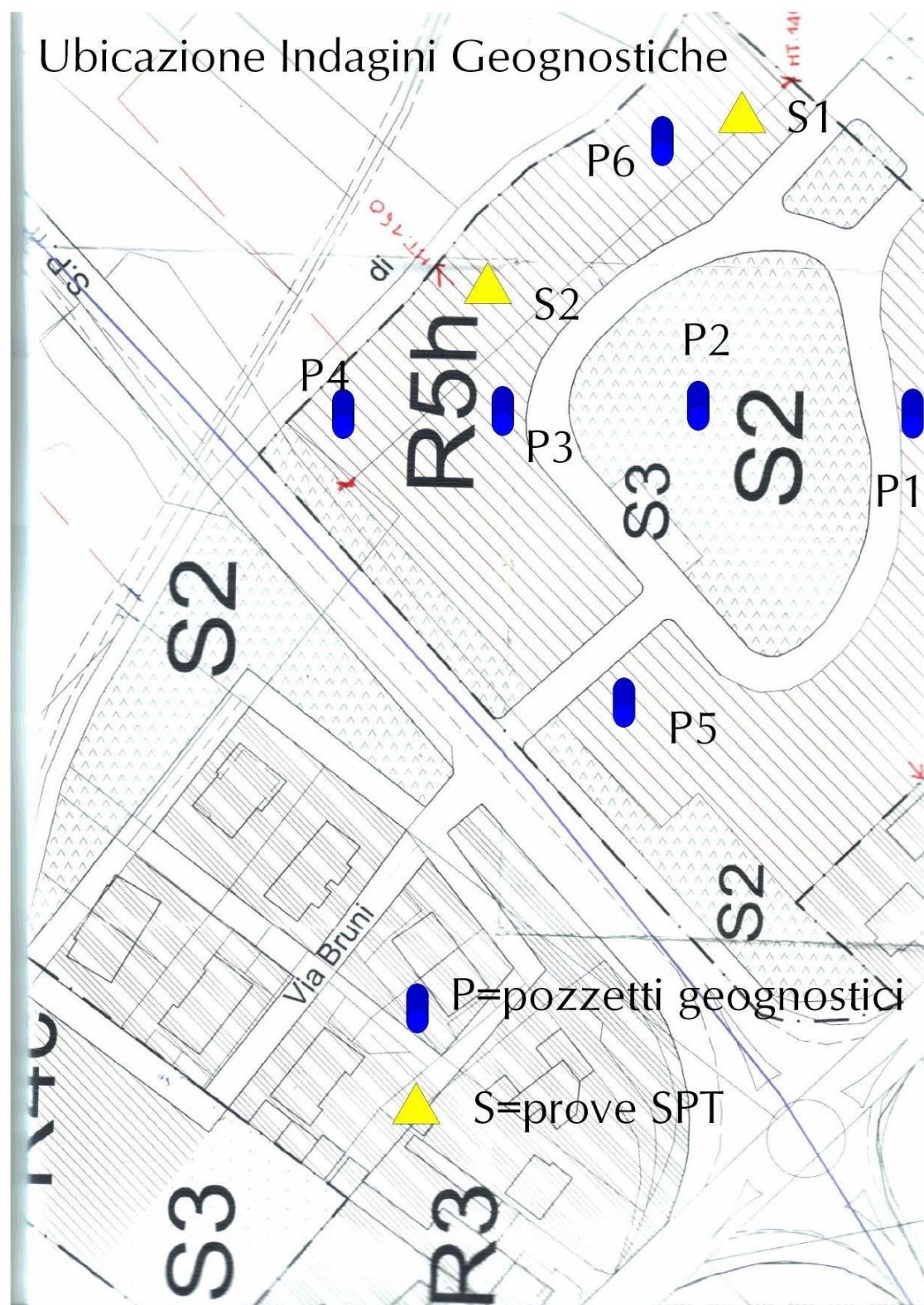


Particolari costruttivi della tubazione fognaria con pozzetti

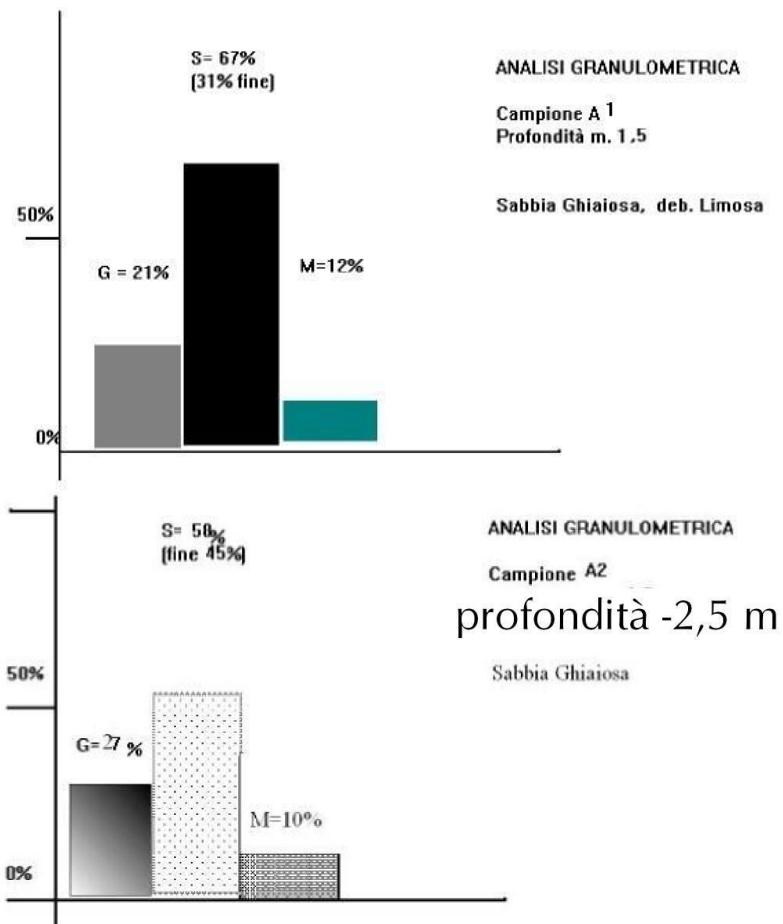
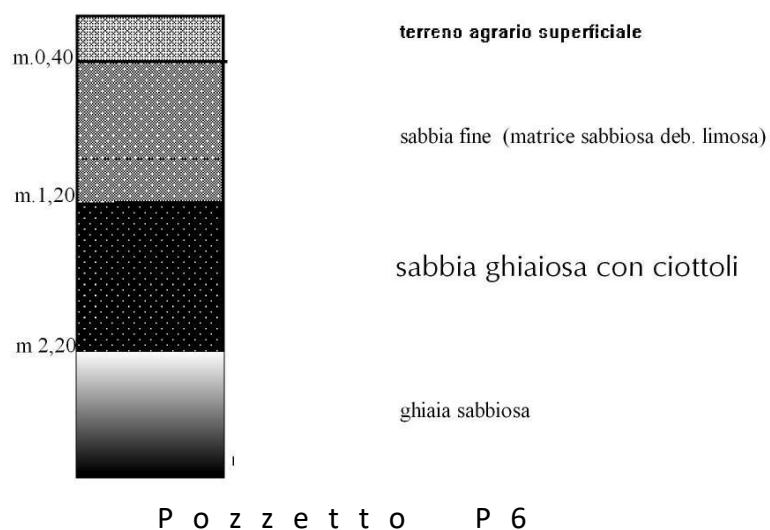


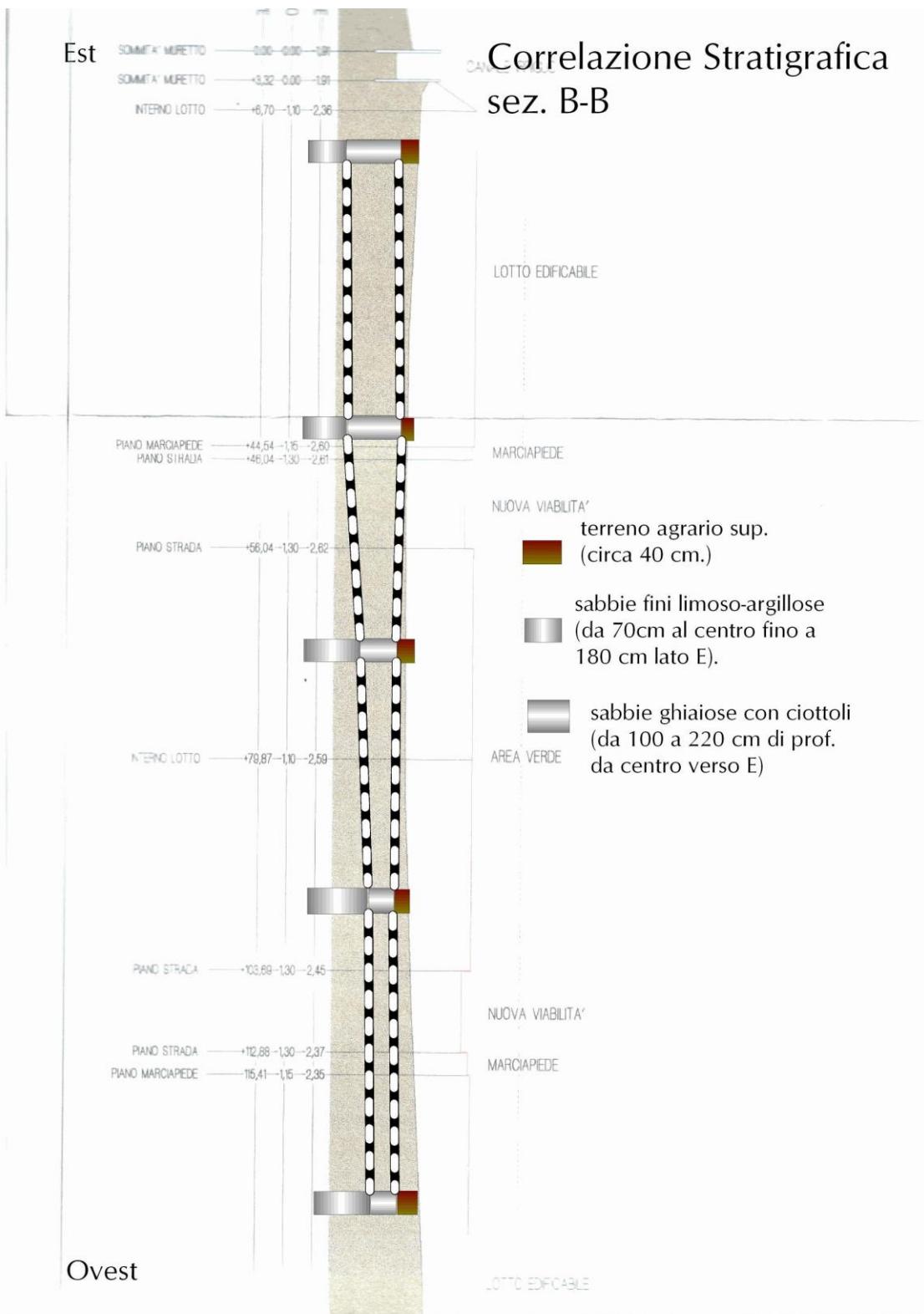
Sezioni con tipologia fabbricati in progetto

CAMPAGNA DI INDAGINI SVOLTE NEL 2014 dallo studio GEOECOS:



Colonna Stratigrafica









pozzetti settore W e centrale



stratigrafie da pozzetti geognostici, lato E/SE



prove spt realizzate solo all'estremità E/SE,
in prossimità del canale regimato



Documentazione fotografica del sito oggetto d'indagine nella campagna geognostica del 2014





































Documentazione fotografica del sito oggetto d'indagine nel sopralluogo del 2024