

PROVINCIA  
DI  
CUNEO

COMUNE  
DI  
FOSSANO

**Depuratore di Fossano (CN): Digestione  
Anaerobica e produzione di biometano**

OGGETTO:

**RELAZIONE GEOLOGICA**

(caratterizzazione e modellazione geologica del sito – p.to 6.2.1 NTC 2018)

**RELAZIONE GEOTECNICA**

(indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito – p.to 6.2.2 NTC 2018)

COMMITTENTE:



**ALPI ACQUE S.p.A.**

P.zza Dompè, 3 - 12045 FOSSANO (CN)

Via Carello, 5 - 12038 SAVIGLIANO (CN)

A	Gennaio 2024	Emissione	<b>STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA ACTIS-GIORGETTO</b>  C.so Bra 48/3 – 12051 - Alba (CN) – Tel 0173-234019  <b>Professionista Incaricato:</b> Dott. Geol. Michele Actis-Giorgetto
rev	data	descrizione	Preparato

Documento



M-L-2024-01-03-A

**RG**

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO URBANISTICO</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>INDAGINE GEOGNOSTICA</b>	<b>12</b>
4.1	INDAGINE GEOFISICA MASW	13
<b>5</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO: ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO ED IDROGEOLOGICO</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>PROPRIETÀ FISICO MECCANICHE DEI TERRENI</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>SISMICITÀ</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI TECNICHE</b>	<b>23</b>
<b>9</b>	<b>ALLEGATO 1: NOTE TECNICO-ESECUTIVE INDAGINE MASW</b>	<b>24</b>
<b>10</b>	<b>ALLEGATO 2: INDAGINI PREGRESSE</b>	<b>25</b>

## 1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta a corredo del progetto di trasformazione parziale della filiera di trattamento delle acque reflue urbane presso l'impianto di depurazione di località Basse di Stura, nel Comune di Fossano. Tale modifica all'impianto viene richiesta dalla società Alpi Acque S.p.a al fine di valorizzare energeticamente i fanghi e conseguentemente di produrre biometano.

La superficie dell'impianto attuale è ubicata in via Salmour n°66, nel comune di Fossano (CN), ed insiste sulla particella 123 del foglio n° 155 della cartografia catastale comunale.

In via generale si intende modificare e in parte riadattare la sezione di equalizzazione per predisporla alle future funzioni di contenimento dei fanghi da avviare al trattamento anaerobico. La restante parte dei manufatti (prevasche, biofiltri, digestori, aree e vasche ricevimento fanghi) saranno realizzati da nuovo. Le strutture e le condizioni d'uso ambientali, ad esempio della vasca di trattamento aerobico e della vasca di equalizzazione, non verranno modificate in modo sostanziale.

Il presente elaborato ha come obiettivo l'analisi delle caratteristiche geologico geomorfologiche dell'area in esame e la caratterizzazione geotecnica dei terreni al fine di fornire indicazioni utili alla corretta progettazione degli interventi, con specifico riferimento ai terreni fondazionali interessati dalle nuove strutture previste ed alla ricostruzione dell'assetto idrogeologico del sito, in particolare dell'andamento e soggiacenza della falda freatica superficiale.

L'ubicazione dell'area al taglio della carta BDTRE alla Scala 1:10.000 è riportata in Fig. 1-1. L'area è ubicata ad una quota di circa 280 m s.l.m., all'interno della particella 123 del foglio n° 155 della cartografia catastale comunale.

In Fig. 1-2 si riporta l'ubicazione dell'area in oggetto su immagine satellitare (fonte GoogleMaps®).

Lo studio è stato realizzato in ottemperanza e secondo quanto previsto dalle seguenti normative:

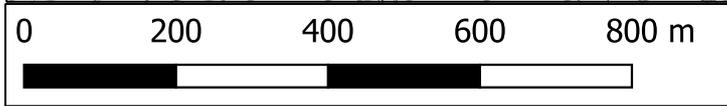
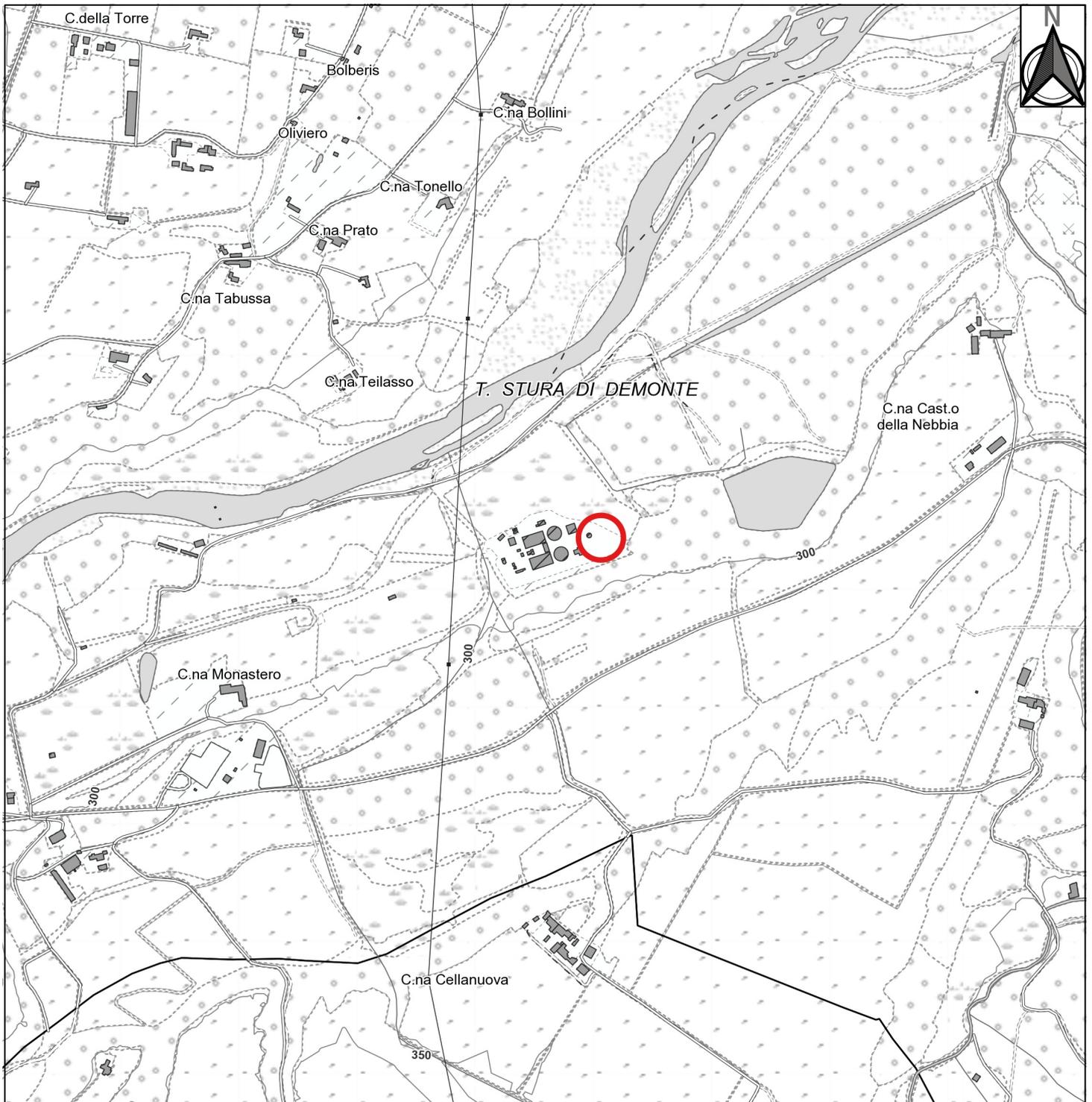
- D.M. 11/03/1988 e NTC 2018;
- N.T.A. dello Strumento Urbanistico Vigente.

Per l'espletamento dell'incarico si è quindi proceduto a:

- consultare la cartografia del C.S.I. (BDGeo100) in scala 1:100.000 disponibile presso la Direzione Tecnica dei Servizi di Prevenzione Territoriale della Regione Piemonte;
- consultare gli elaborati del Piano Assetto Idrogeologico;
- consultare la CGI alla scala 1:100.000, Foglio 80 "Cuneo";
- esperire sopralluoghi in situ;
- consultare gli elaborati geologici del PRGC vigente;
- consultare dati bibliografici litostratigrafici e geotecnici della banca dati dello scrivente e della Banca dati geotecnica di Arpa Piemonte.



**Fig. 1-2:** ubicazione dell'area oggetto di intervento su immagine satellitare (fonte GoogleMaps®).



**UBICAZIONE SU CARTOGRAFIA BDTRE**

**Legenda**

 Area in esame

Titolo del lavoro  
**Depuratore di Fossano: digestione anaerobica e produzione di biometano - Relazione geologica**

Committente <b>ALPI ACQUE S.p.A.</b>	Codice lavoro <b>M-2024-01-03-A</b>	Base topografica <b>BdTRE - wms</b>	Scala di rappresentazione <b>1:10.000</b>
Sito <b>Fossano (CN) Loc. Basse di Stura</b>	Data <b>Gennaio 2024</b>	Scala base topografica <b>1:10.000</b>	<b>Figura 1-1</b>

## 2 INQUADRAMENTO URBANISTICO

Nell'ambito del vigente strumento urbanistico del Comune di Fossano, l'area ricade in **Classe IIb** di pericolosità geomorfologica, definita come:

### **“Classe II**

*Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 11/03/88 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante.*

*Tali interventi non dovranno, in alcun modo, incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionarne la propensione all'edificabilità.*

### **Indicazioni normative generali relative alla Classe II:**

*su tali aree in fase di progettazione andranno previste, oltre ovviamente alle indagini e verifiche previste dal D.M. 11/03/1988, approfondimenti specifici volti a definire sia nelle zone di versante che in quelle pseudopianeggianti lo spessore della coltre di alterazione, le condizioni di stabilità dei pendii in oggetto, le caratteristiche geotecniche ed idrogeologiche (verifica della soggiacenza della falda freatica e capacità drenante, al fine di valutare la necessità di adeguamento delle quote di imposta degli edifici e la compatibilità di eventuali locali interrati), esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante.*

*Sono state adottate tre suddivisioni all'interno della Classe II, giustificate dalla presenza di differenti elementi di pericolosità geologico-geomorfologica.*

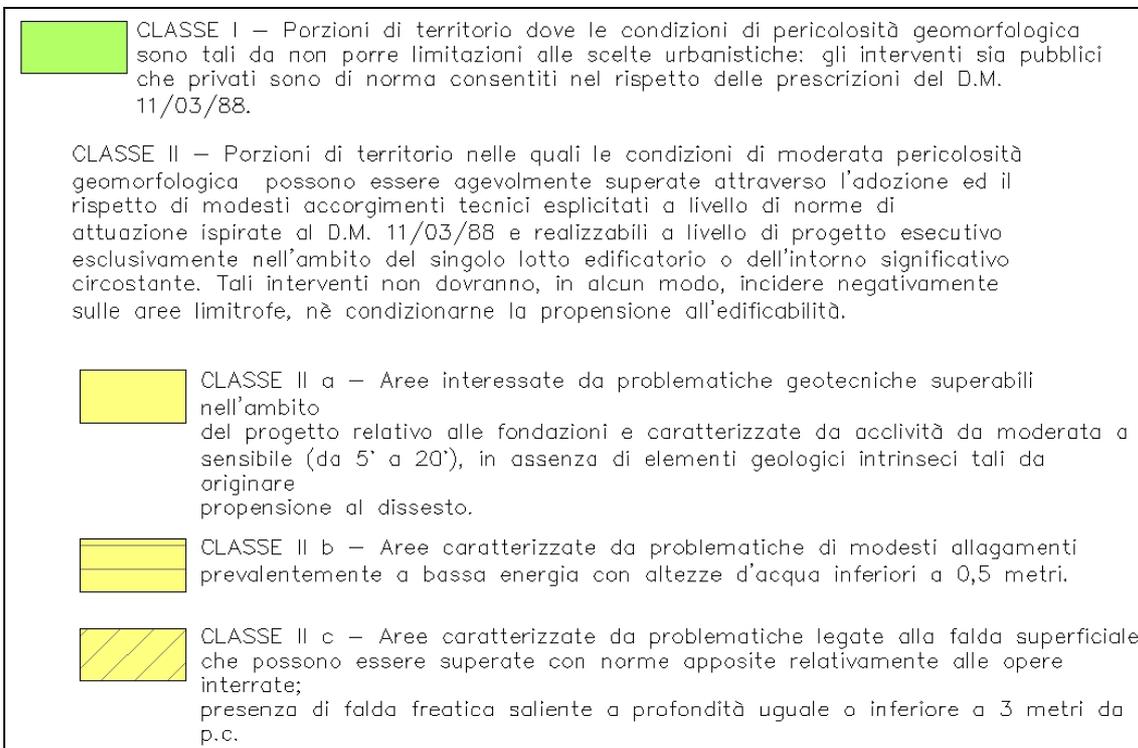
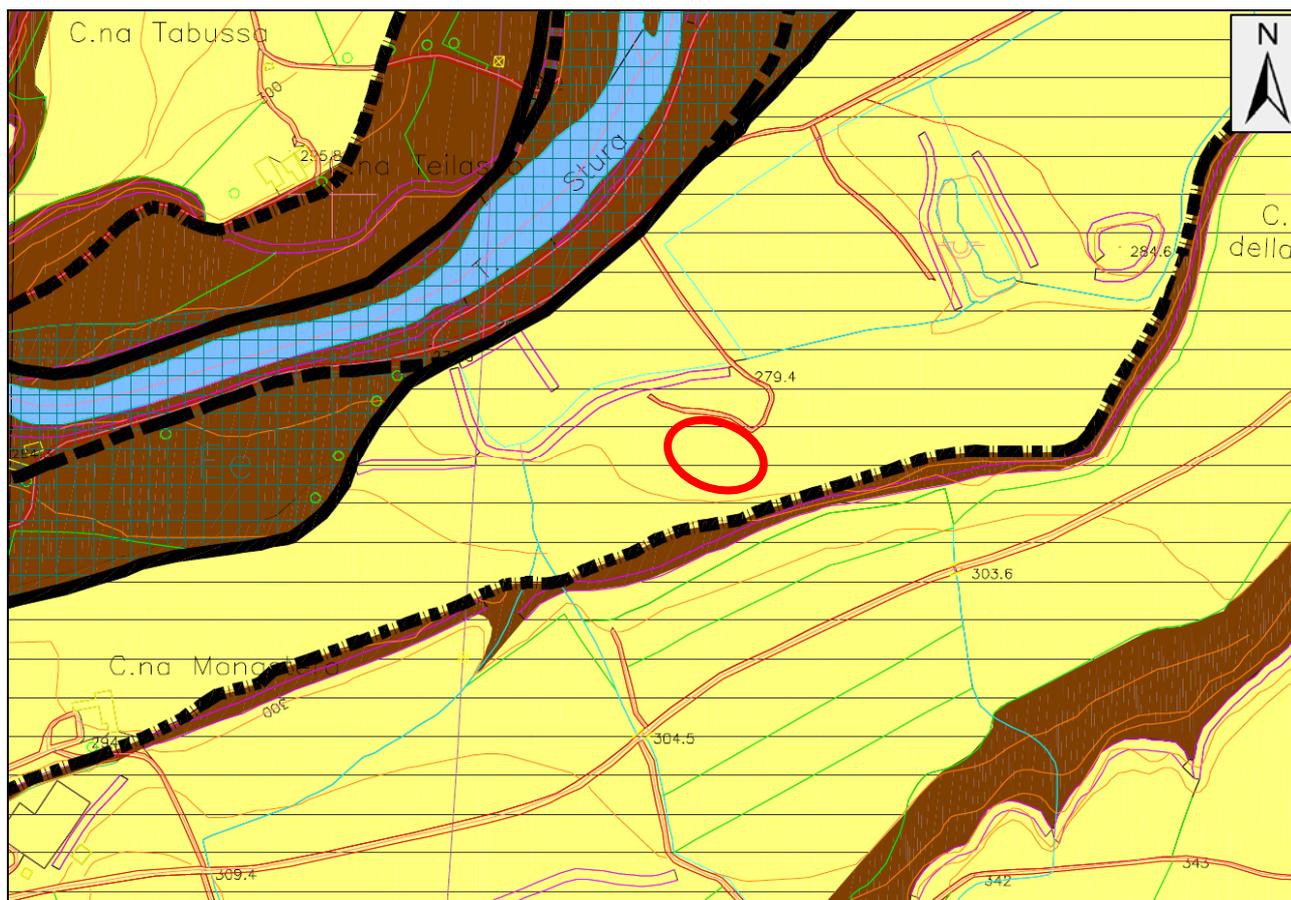
**CLASSE II b:** *Aree caratterizzate da problematiche di modesti allagamenti prevalentemente a bassa energia con altezze d'acqua inferiori a 0,5 metri.*

**Motivazioni:** *possibilità di modesti allagamenti prevalentemente a bassa energia con altezze d'acqua inferiori a 0,5 metri.*

**Areali interessati:** *limitate porzioni di territorio localizzate in sponda sinistra e destra idrografica del T. Grana-Mellea; un esteso areale localizzato lungo la sponda idrografica sinistra del T. Stura di Demonte (da loc. Bastita, a Sud, a C.na Barberis, a Nord), compreso tra le fasce fluviali B e C (P.S.F.F. – D.P.C.M. 24/07/1988); un settore di territorio localizzato in sponda idrografica sinistra del Naviglio di Bra; il settore che si estende in destra idrografica del T. Stura da loc. C.na del Porta a C.na Castello della Nebbia, fino al limite comunale in corrispondenza del viadotto autostradale.*

### **Interventi ammessi ed indicazioni normative:**

- *rispetto del D.M. 11/03/1988 in fase di progettazione esecutiva, esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante;*
- *non è ammessa la realizzazione di piani interrati;*
- *i piani terreno delle edificazioni siano predisposti su rilevato con altezza media di almeno 1 metro da p.c. sistemato.*



**Fig. 2-1:** Estratto della carta di Sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica a corredo del PRGC del Comune di Fossano. Estratto della Legenda.

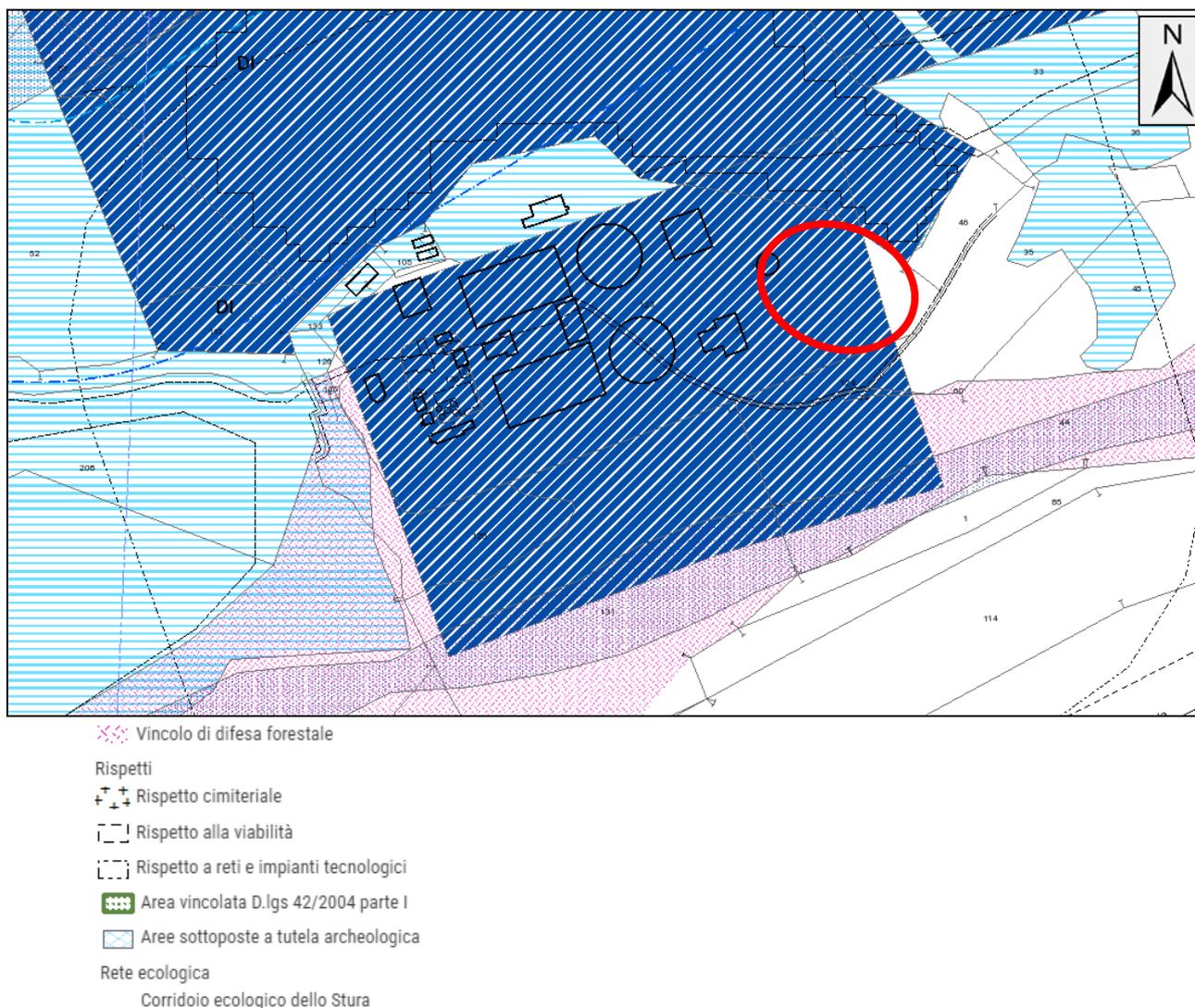
La destinazione urbanistica dell'area oggetto di studio è in parte "AGRICOLA" e in parte rientra nelle aree C10b.

In base a quanto riportato nelle Norme Tecniche di Attuazione, l'area in esame rientra nelle fasce di "rispetto agli impianti di depurazione e alle discariche" (art. 90), nel "corridoio ecologico dello Stura" (art. 85), ma non rientra nel vincolo di "difesa forestale" (art. 99).

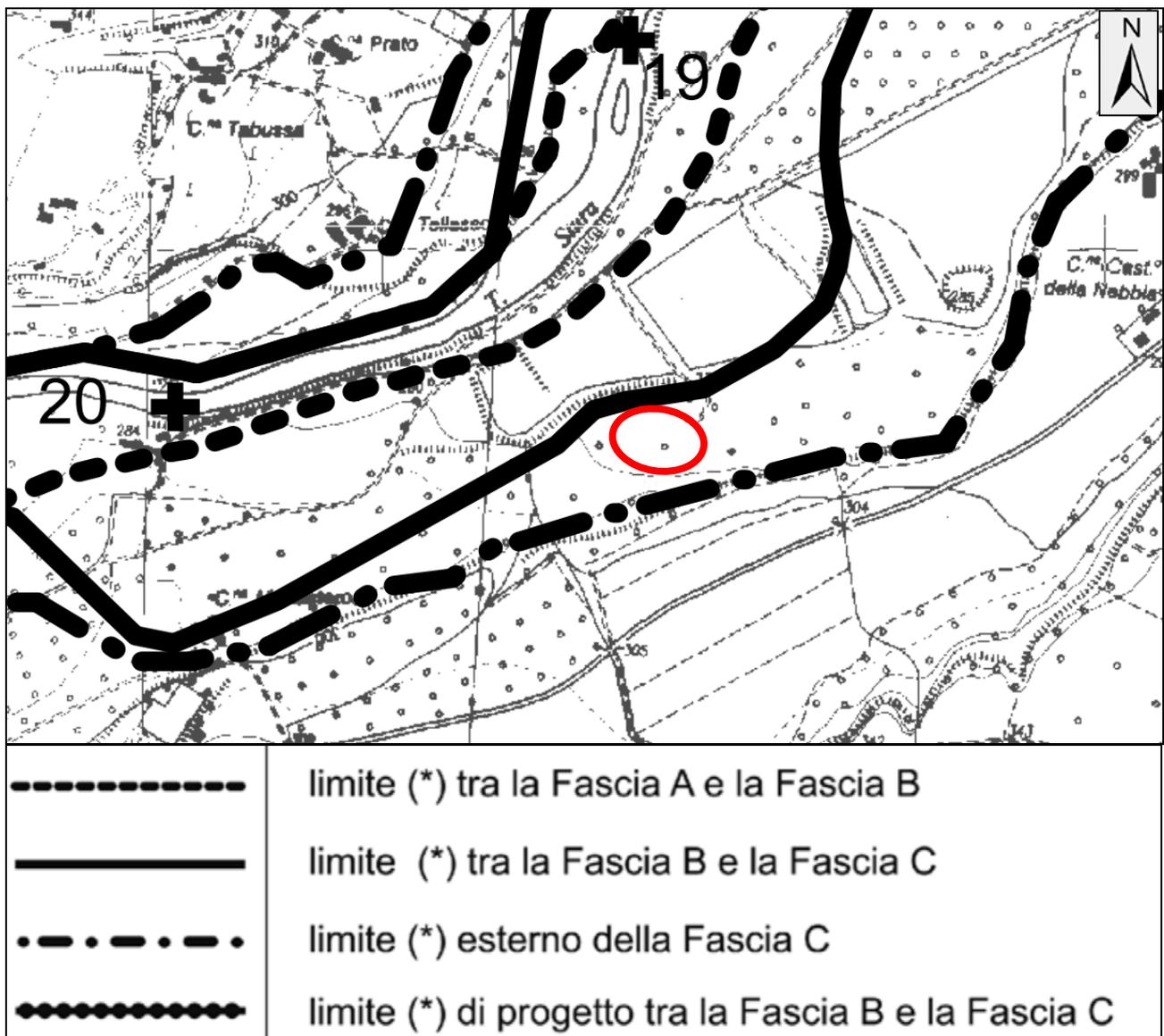
L'area in esame inoltre non rientra nelle aree tutelate dall'art. 29 capo b, d, (fasce di rispetto del reticolo idrografico), ma rientra nelle fasce di rispetto di cui all'Art 27, capo 7 della L.R. 56/77 e s.m.i. e ricade internamente alla Fascia C del PAI.

Gli interventi in progetto sono ubicati esternamente alle aree vincolate ai sensi del D.Lgs. 22/01/2004 n.42 (vincolo paesaggistico).

L'intervento che ricade in area soggetta alle prescrizioni del R.D.L. 3267/23 (vincolo idrogeologico) – L.R. 45/89.



**Fig. 2-2:** Estratto della cartografia del PRG vigente del Comune di Fossano ed estratto della Legenda (fonte: Geportale del Comune di Fossano); cerchiata in rosso l'area in esame.



**Fig. 2-3:** Estratto della cartografia del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) - FOGLIO 210 SEZ. IV Fossano STURA DI DEMONTE 03 - ed estratto della Legenda; cerchiata in rosso l'area in esame.

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di studio, così come il territorio del Comune di Fossano, è ubicata ai margini orientali della pianura piemontese meridionale, in corrispondenza della profonda incisione fluviale operata dall'azione del T. Stura di Demonte, su di un terrazzo sopraelevato di 5 m circa rispetto all'alveo di piena ordinaria.

La parte più occidentale è costituita dalle estese conoidi alluvionali dei torrenti Grana, Maira e Varaita, è caratterizzata dalla presenza di un acquifero superficiale, localizzato all'interno dei depositi fluviali e fluvioglaciali rissiani e wurmiani, a granulometria decrescente da monte verso valle, che determina situazioni idrogeologiche diverse, come già evidenziato nei precedenti lavori svolti nella zona, il rapporto I.R.S.A. (Bortolami et alii, 1976, 1978) e l'"Inventario delle Risorse Idriche della Provincia di Cuneo" (Ansaldi e Maffeo, 1981).

Acquiferi profondi, localizzati nei depositi villafranchiani, sono stati intercettati da alcune perforazioni nella fascia pedecollinare occidentale, da Costigliole a Saluzzo, ma sono caratterizzati da una scarsa produttività.

Nella parte meridionale dell'area, costituita dall'innesto delle due ampie conoidi del T. Maira e del T. Grana, i depositi alluvionali, che qui sono più grossolani, presentano livelli fortemente cementati dovuti alla precipitazione di carbonato di calcio. Questi livelli che possono presentare potenze anche di 50-60 m non sembrano essere continui, né essere completamente impermeabili, poiché il grado di cementazione è variabile da punto a punto.

Nonostante alcune situazioni locali questi livelli conglomeratici non determinano una propria compartimentazione in senso verticale, talvolta possono presentare delle piccole falde sospese, ma in generale si verifica solo la presenza di un'unica falda libera caratterizzata però da soggiacenze piuttosto alte (anche oltre 60 m). Infatti nella parte alta della conoide del T. Maira, da Dronero a Busca e Caraglio, sono segnalati un ridotto numero di pozzi a causa della presenza di potenti bancate conglomeratiche, difficilmente perforabili attraverso il metodo a percussione (il più diffuso in passato), considerando anche la notevole disponibilità di acqua superficiale incanalata. Tra i pozzi presenti a Sud di Busca solo quelli che raggiungono profondità considerevoli (superiori a 90-100 m) mostrano una produttività abbastanza elevata (fino a 200 l/s). Allontanandosi dalla fascia pedemontana di conoide il grado di cementazioni delle alluvioni diminuisce passando a depositi sciolti, con una percentuale sempre più alta di frazioni fini; la componente ghiaiosa, sempre dominante, è accompagnata da sabbie per lo più associate a ghiaie come matrice e argille in corpi lenticolari distinti.

Questa riduzione della granulometria spostandosi verso Nord è accompagnata da un graduale diminuzione della soggiacenza fino a giungere al settore compreso tra Vottignasco e Centallo dove sono presenti numerose risorgive (Regione dei Sagnassi), che fanno parte della "linea delle risorgive", la quale da Centallo prosegue in direzione Nord fin verso Ruffia, ripiega verso Ovest nella zona di Cardè-Bagnolo per continuare nuovamente verso Nord fin oltre Torino.

La fascia di territorio situata in sinistra del T. Varaita e a Sud di Saluzzo è costituita per la maggior parte da depositi fluviali wurmiani composti in prevalenza da ghiaie e sabbie, spesso argillose, a cui si intercalano

lenti di argilla di spessore ed estensione limitata. La relativa abbondanza della componente argillosa, caratteristica di questa zona, provoca una riduzione della permeabilità complessiva dell'acquifero.

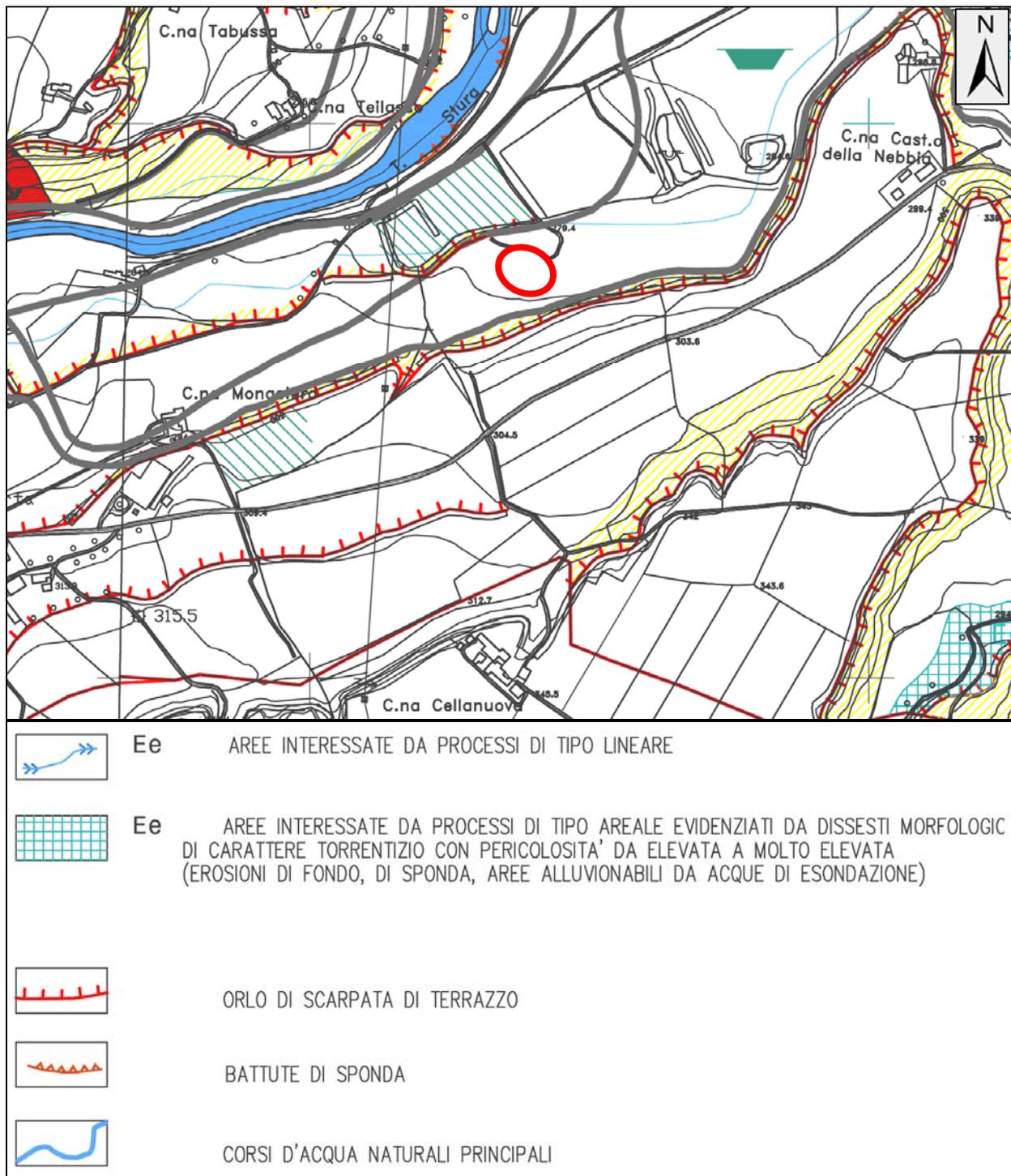
La granulometria dei depositi villafranchiani varia passando dalla parte centrale del bacino (Carmagnola), dove prevalgono le facies argillose di origine lacustre, verso la parte meridionale (Fossano), in cui sono più sviluppate quelle ghiaiose e sabbiose. All'interno dell'area di studio non sono presenti affioramenti di questi depositi ma la loro presenza è stata accertata a partire da circa 60-80 m di profondità in alcune perforazioni situate sul bordo occidentale, da Costigliole a Saluzzo. Gli affioramenti più vicini sono lungo l'incisione del T. Stura, e presso Fossano è stato misurato uno spessore di circa 70-80 m, i depositi villafranchiani sono inoltre osservabili nei rilievi collinari braidesi.

In figura 3-1 si propone un estratto della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:10'000 (CGI), Foglio Cuneo (n. 80); su tale cartografia nell'area in esame si individuano:

- a2: alluvioni sabbioso-ghiaioso-ciottolose recenti (Alluvium) (Olocene);
- a1: ovvero alluvioni sabbioso-ghiaioso-ciottolose dei piani terrazzati (alluvium - Terrazziano) (Olocene);
- q1: Alluvioni ciottoloso - ghiaioso - terrose, più o meno alterate, ferrettizzate, giallastre (q2: meno antiche; q1: più antiche) - (Pleistocene);
- pl4: depositi fluvio-lacustri; argillosi, sabbiosi, ghiaiosi (Villafranchiano), affioranti nelle vicinanze dell'area esaminata (Pliocene sup.-Pleistocene inf.).

Dal punto di vista geomorfologico l'area in esame si colloca su un terrazzo fluviale pianeggiante, interpretato come un terrazzo fluviale posto in destra idrografica del Torrente Stura di Demonte. Il settore su cui sorge l'area studiata si trova ad una distanza minima di circa 170 m (verso SE) di distanza e su di una superficie topografica sopraelevata di circa 5 m rispetto dall'alveo ordinario del T. Stura di Demonte.

In base alle banche dati consultate e all'estratto della "Carta della pericolosità geomorfologica" allegata al PRGC, non si rilevano elementi morfologici di particolare rilevanza che comportino significative condizioni di pericolosità geomorfologica.



**Fig. 3-2:** Estratto della "Carta geomorfologica dei dissesti e della dinamica fluviale" a corredo del PRG vigente del Comune di Fossano ed estratto della Legenda, cerchiata in rosso l'area in esame.

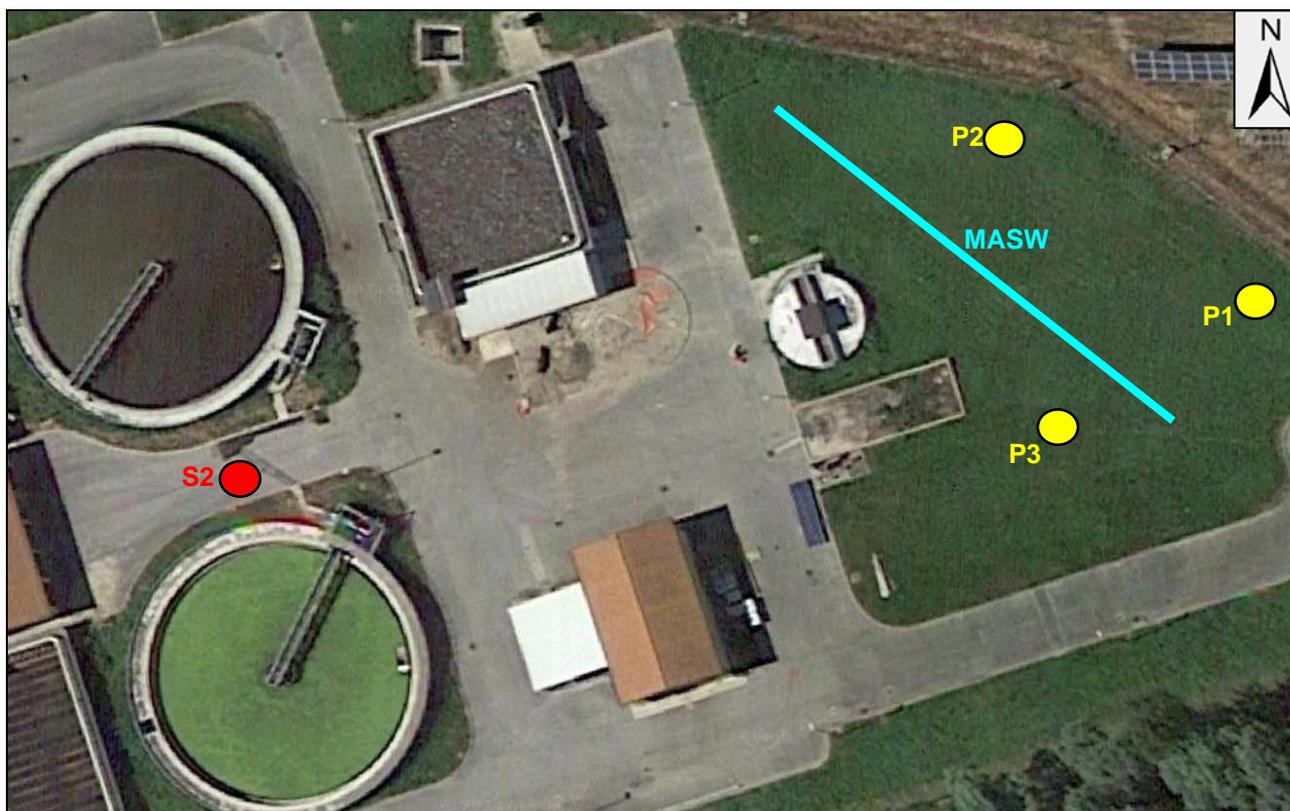
#### 4 INDAGINE GEOGNOSTICA

Al fine di definire la categoria di sottosuolo sismico del sito in esame, è stata eseguita dallo scrivente un'indagine geognostica, in data 11 gennaio 2024, costituita da uno stendimento geofisico tipo MASW (Multichannel-Analysis-Surface-Wave).

I risultati e l'interpretazione dell'indagine geofisica vengono riportati al cap. 7 e nelle note tecnico-esecutive a fondo testo (Allegato 1).

Nell'Allegato 2 si riporta la stratigrafia del sondaggio geognostico eseguito da Hydrodata nel sito delle vasche esistenti e la documentazione fotografica dei pozzetti geognostici eseguiti da Alpi Acque per il prelievo di campioni di terreno. Il sondaggio è stato eseguito fino ad una profondità di 10 m con n°2 SPT in foro, mentre i pozzetti presentano una profondità massima di 2,2 m circa.

Si riporta su immagine satellitare (fonte: GoogleMaps®) l'ubicazione delle indagini eseguite nel settore oggetto di intervento e utilizzate per la definizione dell'assetto litostratigrafico, idrogeologico e geotecnico sitespecifico.



**Fig. 4-1:** immagine satellitare (fonte: GoogleMaps®) con ubicazione in rosso del sondaggio geognostico, in giallo dei pozzetti geognostici e in azzurro della MASW.

#### 4.1 INDAGINE GEOFISICA MASW

In data 11 gennaio 2024 è stata eseguita un'indagine geofisica con tecnica dell'Analisi Multicanale di Onde di Superficie (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves) su n°1 profilo sismico disposto circa SE-NO. La prova MASW è stata eseguita nell'area verde pianeggiante presente in corrispondenza degli interventi in progetto.

I segnali sono stati registrati con un sismografo digitale modello PASI GEA 24, collegato a PC portatile, collegato a 24 geofoni con una frequenza di 4.5 Hz, verticali per lo studio delle onde P, orizzontali per le S; per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza battente di 10 kg, con tre energizzazioni per lato con n°3 stacking per ogni energizzazione e con tempo di acquisizione di 2000 millisecondi.

L'interasse tra i geofoni è stato di 2 m e le energizzazioni sono state eseguite a 3 m, 5 m e 10 m di distanza dal geofono n° 1 e dal geofono n° 24 (per un totale di sei acquisizioni, tre per lato).

Si rimanda al cap. 7 ed all'Allegato 1 a fondo testo per i dettagli tecnici dell'indagine.



**Fig. 4.1-1:** Documentazione fotografica indagine MASW vista da NO (a sinistra) e dettaglio apparecchiatura di acquisizione (a destra).

## 5 MODELLO GEOLOGICO: ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO ED IDROGEOLOGICO

Il risultato dell'indagine geognostica realizzata, correlata con dati stratigrafici relativi a indagini pregresse realizzate nel medesimo sito in oggetto, permette di definire l'assetto litostratigrafico del sito in esame, caratterizzato da un materasso alluvionale costituito dai depositi alluvionali quaternari del T. Stura di Demonte, sovrastanti il substrato pliocenico, in questo caso costituito dalla Formazione delle Sabbie di Asti.

L'esame dei dati stratigrafici reperiti ha messo in evidenza la presenza, nei primi 1-3 m di profondità dal p.c., di materiali sabbiosi-limosi molto sciolti e sciolti, talora con elementi a pezzatura grossolana (ghiaia e ciottoli), rappresentati la coltre di alterazione naturale e/o materiali di riporto e/o terreni naturali rimaneggiati (**Complesso 1**).

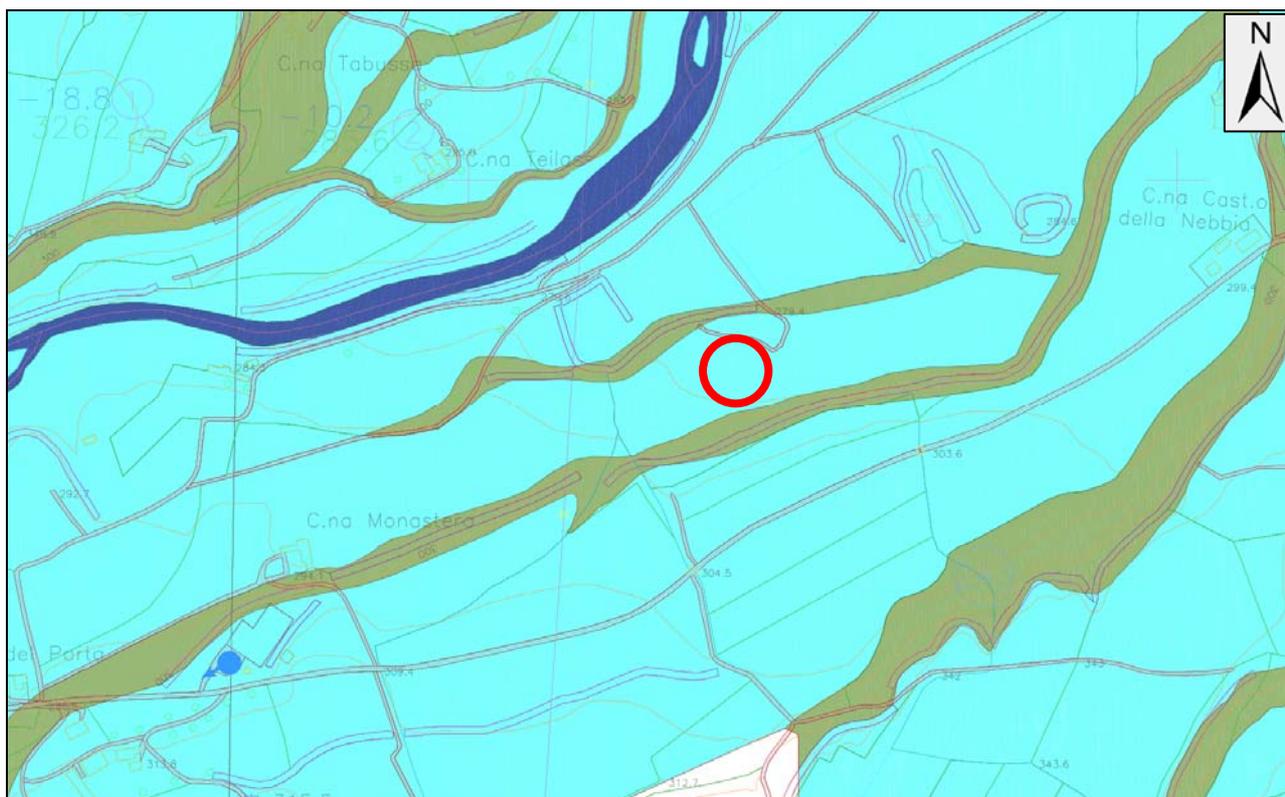
A partire da 1-3 m circa di profondità si individuano alternanze metriche e plurimetriche di sabbie, sabbie ghiaiose, sabbie ghiaioso-ciottolose e sabbie limose con diverso grado di addensamento (**Complesso 2**) che rappresentano i depositi alluvionali del T. Stura di Demonte.

I depositi alluvionali terrazzati l'area in esame costituiscono dal punto di vista idrogeologico un acquifero superficiale a falda libera-semilibera in connessione con il reticolo idrografico superficiale.

In corrispondenza del sondaggio geognostico S2 è stata registrata, nei periodi di realizzazione degli scavi o immediatamente successivi, una soggiacenza della falda compresa tra 1,7 m e 2,5 m; mentre in corrispondenza del pozzetto P3 è stata riscontrata la presenza di acqua ad una profondità di 2,0 m circa da p.c. in data 11/01/2024.

Tali valori indicano presumibilmente una connessione con il regime meteorico, con un avvicinamento della superficie piezometrica al p.c. in concomitanza di precipitazioni abbondanti.

La Carta Idrogeologica (Fig. 5-1) a corredo del PRG di Fossano riporta la soggiacenza della falda freatica misurata in alcuni pozzi presenti in sinistra idrografica del T. Stura di Demonte, la quale risulta condizionata dall'azione drenante del corso d'acqua stesso.



IDROGRAFIA SUPERFICIALE:

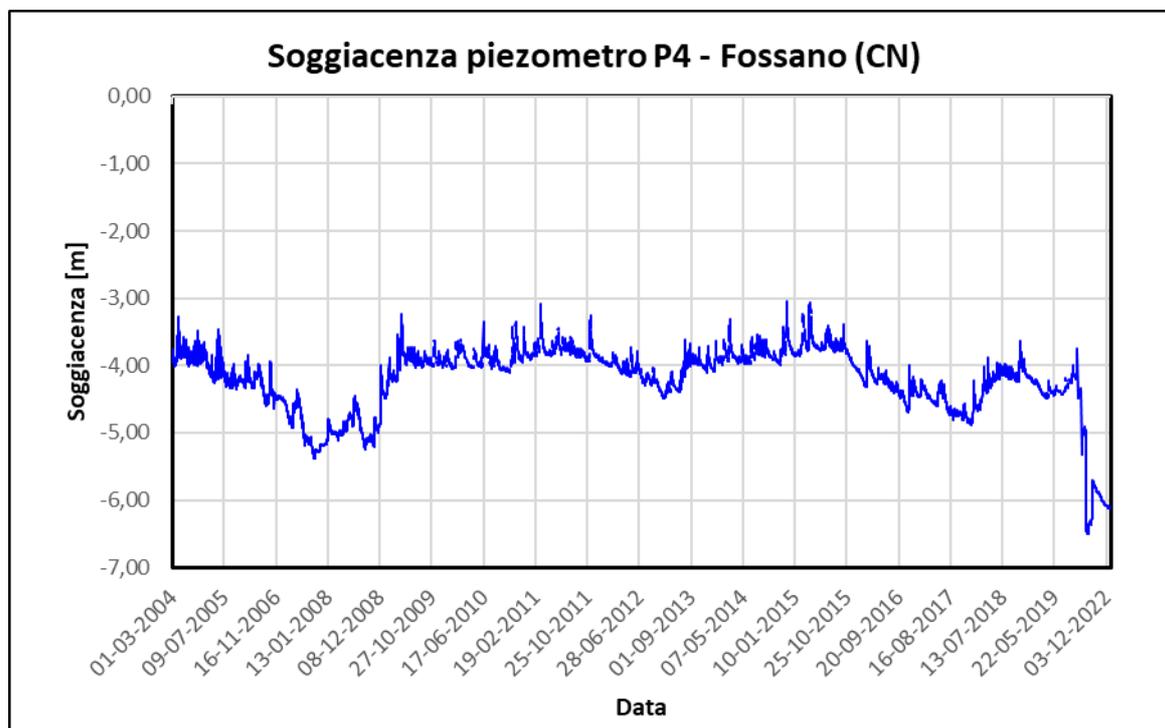
-  CORSI D'ACQUA NATURALI PRINCIPALI
-  RETE IRRIGUA INMDUATA CATASTALMENTE

ALTRI SIMBOLI:

-  POZZI PROFONDI
-  RELATIVA STRATIGRAFIA
-  POZZI AD USO DOMESTICO (ELENCO DELLA REGIONE PIEMONTE)
-  SOGGIACENZA FALDA SUPERFICIALE (METRI DA P. C.)
- PZ. CORONATA NUOVO**
-  POZZI AD USO IDROPOTABILE
-  SORGENTI
-  CURVE ISDFREATICHE (E RELATIVE QUOTE DI PROF. IN METRI S.L.M.)
-  DIREZIONE DI FLUSSO DELLA FALDA SUPERFICIALE
-  CONFINE AMMINISTRATIVO DEL TERRITORIO COMUNALE

**Fig. 5-1:** stralci della Carta Idrogeologica a corredo del PRG di Fossano e della relativa legenda; cerchiata in rosso l'area in esame.

Le misure effettuate dalla Regione Piemonte sul piezometro P4 di Fossano (acquifero superficiale), ubicato sul lato nord del cimitero comunale, Str. vicinale del Gatto, Fossano (CN), a circa 2,7 km a NO del sito in esame, indicano un trend della soggiacenza (che si può tradurre in un trend piezometrico) compreso tra le date tra il 2004 e il 2022; non son disponibili misure più recenti.



**Fig. 5-2:** soggiacenza piezometro "P4" Rete di Monitoraggio in continuo Regione Piemonte

Da tale grafico, in un arco di tempo ventennale, si evince come il trend della soggiacenza presenti oscillazioni anche elevate (> 3 m); pertanto in concomitanza con stagioni/periodi caratterizzati da intense e/o prolungate precipitazioni pluvio/nivometriche la soggiacenza da p.c. della falda superficiale nell'area di interesse (misurata tra 0 m e 2,5 m) può diminuire e la superficie piezometrica può subire significativi rialzi, approssimandosi maggiormente al p.c. e interessando così i manufatti in progetto.

## 6 PROPRIETÀ FISICO MECCANICHE DEI TERRENI

In base ai dati bibliografici a disposizione dello scrivente, in particolare da n°1 sondaggio a carotaggio continuo, è possibile fornire la seguente modellazione geotecnica preliminare.

Tale modellazione è fornita in termini di valori caratteristici (il parametro geotecnico appropriato ai fini progettuali potrà essere scelto dal progettista nell'ambito del range indicato); tale caratterizzazione (come il modello geologico definito in precedenza) dovrà essere puntualmente verificata (e se fosse il caso modificata) in sede esecutiva.

**Complesso 1:** da piano campagna fino a 1-3 m di profondità dal p.c.

Depositi sabbioso-limosi molto sciolti e sciolti, talora con elementi a pezzatura grossolana

Peso di volume	$\gamma \approx 1,6 - 1,8 \text{ t/mc}$
Angolo di resistenza al taglio	$\phi' = \phi_{CV} = 23^\circ - 28^\circ$
Coesione efficace	$c' \approx 0 \text{ t/mq}$

**Complesso 2:** da circa 1-3 m di profondità dal p.c. fino ad almeno 10 m.

Sabbie, sabbie ghiaiose, sabbie ghiaioso-ciottolose e sabbie limose con diverso grado di addensamento

Peso di volume	$\gamma \approx 1,8 - 2,0 \text{ t/mc}$
Angolo di resistenza al taglio	$\phi' = \phi_{CV} = 30^\circ - 35^\circ$
Coesione efficace	$c' = 0 \text{ kg/cmq}$

## 7 SISMICITÀ

L'Ordinanza P.C.M. n° 3519 del 28/04/2006 riferita a sua volta all'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/03, come aggiornata con D.G.R. n. 6 – 887 del 30/12/2019, classifica il Comune di Fossano in Zona sismica 3.

Per la determinazione dei parametri iniziali di accelerazione su suolo rigido si fa riferimento al software online GeostruPS® della Geostru di Cosenza che consente di ricavare gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale tramite l'individuazione della relativa pericolosità sismica direttamente da coordinate geografiche, considerando l'opportuna classe d'uso dell'edificio e la relativa vita nominale di progetto.

Per il sito in esame si sono utilizzate le seguenti coordinate geografiche medie in sistema di riferimento WGS84:

Lat.            44,559133

Long.          7,758250

Secondo le NTC 2018, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel paragrafo 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_S$ .

La Circolare 21/01/2019 n° 7 del C.S.LL.PP. precisa che "i metodi semplificati possono essere adoperati solo se l'azione sismica in superficie è descritta dall'accelerazione massima o dallo spettro elastico; non possono cioè essere adoperati se l'azione sismica in superficie è descritta mediante storie temporali del moto del terreno".

Laddove il progettista rispetti in fase progettuale tali indicazioni della circolare possono quindi ricorrere i presupposti geologici (condizioni stratigrafiche e proprietà dei terreni chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II) per il ricorso ai metodi semplificati.

Le NTC 2018 prevedono l'esecuzione di indagini di vario tipo per la definizione del parametro  $V_S$  (Prove down e cross hole, MASW, SASW, dilatometro sismico DMTS, Sismica passiva (es. Tromino®), correlazioni di comprovata affidabilità con prove penetrometriche dinamiche o statiche, ecc.).

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

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

Dove H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo H=30.

Nel caso in esame si è provveduto all'esecuzione di una indagine tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) costituita da n°1 stendimento sismico sviluppato in corrispondenza degli interventi in progetto (Fig. 4-1).

I risultati ottenuti permettono di determinare il profilo di velocità delle onde S, riportato in seguito, per la sezione analizzata; la cui traccia è indicata sullo stralcio planimetrico di progetto allegato. Il computo del parametro  $V_{S,eq}$ , secondo le NTC 2018 è calcolato utilizzando la formula di cui sopra.

Nel caso in oggetto, non sono stati individuati terreni con  $V_S \geq 800$  m/s entro 30 m circa di profondità dal p.c.

Si riporta di seguito una sintesi dei risultati delle indagini sismiche sito-specifiche svolte:

**MASW:**

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]	h/Vs
1	0.0	0.50	194	0.0026
2	0.5	0.72	174	0.0041
3	1.2	1.11	156	0.0071
4	2.3	1.24	236	0.0053
5	3.6	2.92	372	0.0079
6	6.5	3.96	324	0.0122
7	10.4	1.56	365	0.0043
8	12.0	4.69	544	0.0086
9	16.7	10.06	546	0.0184
10	26.7	3.25	520	0.0063

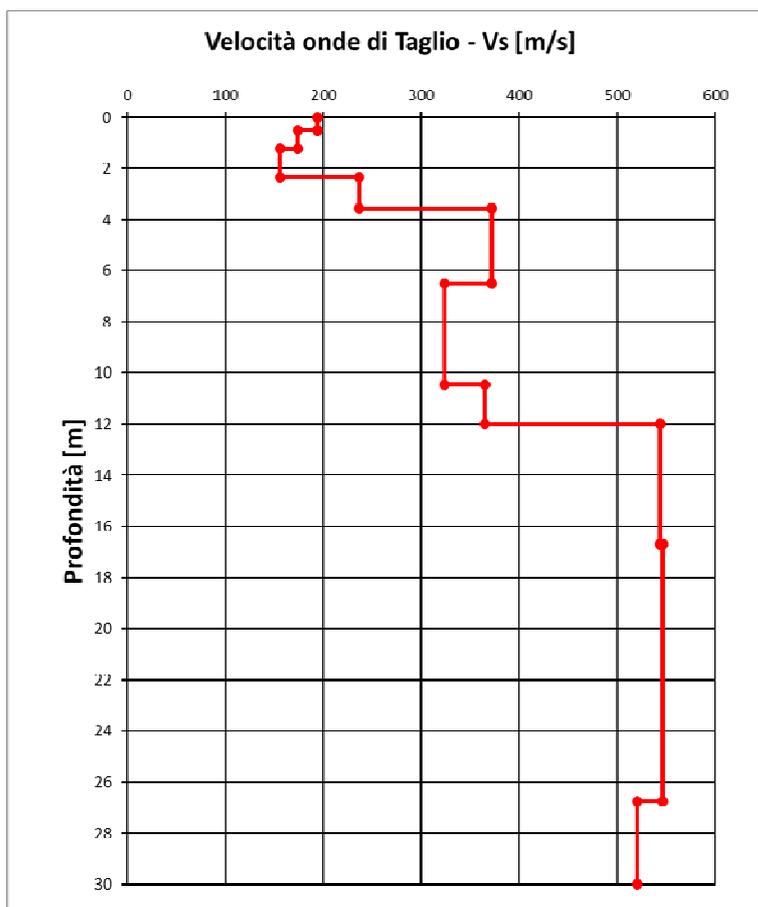


Fig. 7-1: Profili di velocità  $V_{s,eq}$  delle onde di taglio orizzontali

$V_{s,eq}$ [m/sec]	391
Categoria del suolo	B

La  $V_{s,eq}$  calcolata è di **391 m/s**. Facendo riferimento all'approccio semplificato ai sensi del paragrafo 3.2.2 del D.M. 17/01/2018, per il sito in esame si può usare la **Categoria B**: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s".

La categoria topografica ai sensi del punto 3.2.2 NTC 2018 è la **T1** definita come "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".

Tali informazioni potranno essere utilizzate per la definizione dei coefficienti di amplificazione stratigrafica SS e CC a partire dalla pericolosità sismica di base in riferimento alle diverse probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR.

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

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

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

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

Si forniscono di seguito i parametri sismici relativi agli stati limite ricavati con il software online GeostruPS® per il sito in esame, nell'ipotesi di una classe di opera I con vita nominale pari a 50 anni:

WGS84: Lat 44.559133 - Lng 7.758250 
ED50: Lat 44.560103 - Lng 7.759324

Mappa
Satellite

Google
Scorciatoie da tastiera
Dati mappa ©2024 Immagini ©2024 Airbus, CNES / Airbus, Maxar Technologies
Termini
Segnala un errore nella mappa

### Stati limite

Classe Edificio

I. Presenza occasionale di persone, edifici agricoli...

Vita Nominale: 50

Interpolazione: Media ponderata

**CU = 0.7**

Stato Limite	Tr [anni]	a <sub>g</sub> [g]	F <sub>o</sub>	T <sub>c</sub> <sup>*</sup> [s]
Operatività (SLO)	30	0.026	2.542	0.187
Danno (SLD)	35	0.028	2.551	0.192
Salvaguardia vita (SLV)	332	0.061	2.672	0.277
Prevenzione collasso (SLC)	682	0.074	2.743	0.293
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	35			

### Coefficienti sismici

Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

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

H (m) us (m)

1  0.1

Cat. Sottosuolo: B

Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,54	1,53	1,42	1,41
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Fig. 7-2: Estratto del software online GeostruPS® della Geostru di Cosenza.

## 8 CONCLUSIONI E RACCOMANDAZIONI TECNICHE

La presente relazione è stata redatta a corredo del progetto di trasformazione parziale della filiera di trattamento delle acque reflue urbane presso l'impianto di depurazione di località Basse di Stura, nel Comune di Fossano. Tale modifica all'impianto viene richiesta dalla società Alpi Acque S.p.a al fine di valorizzare energeticamente i fanghi e conseguentemente di produrre biometano.

Nell'ambito dello strumento urbanistico vigente del Comune di Fossano, l'area ricade in **Classe IIb** di pericolosità geomorfologica. Tale classe comprende *"Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione ed il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 11/03/88 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intorno significativo circostante."*

L'esame dei dati stratigrafici reperiti ha messo in evidenza la presenza, nei primi 1-3 m di profondità dal p.c., di materiali sabbiosi-limosi molto sciolti e sciolti, talora con elementi a pezzatura grossolana (ghiaia e ciottoli), rappresentati la coltre di alterazione naturale e/o materiali di riporto e/o terreni naturali rimaneggiati (Complesso 1). A partire da 1-3 m circa di profondità si individuano alternanze metriche e plurimetriche di sabbie, sabbie ghiaiose, sabbie ghiaioso-ciottolose e sabbie limose con diverso grado di addensamento (Complesso 2) che rappresentano i depositi alluvionali del T. Stura di Demonte.

L'adeguata tipologia fondazionale per le opere in progetto dovrà essere valutata e dimensionata dal progettista in base ad un corretto dimensionamento strutturale e geotecnico, basato sulle verifiche previste per legge (rif.to D.M. 11/03/88 e D.M. 17/01/2018) atte a verificare la stabilità dell'opera e del sistema opera/terreno. Si raccomanda particolare attenzione all'interferenza degli scavi e delle successive opere fondazionali con la superficie piezometrica della falda freatica.

Si precisa che gli indirizzi progettuali forniti sono derivanti dall'assetto litostratigrafico e dalla parametrizzazione geotecnica ricostruita attraverso le indagini pregresse; è facoltà del progettista, identificato dalle NTC 2008 come il responsabile della definizione del piano delle indagini, della caratterizzazione e della modellazione geotecnica, valutare se fare riferimento a tale caratterizzazione.

Tale assetto e parametrizzazione dovranno comunque essere verificati in corso d'opera; in tale fase sarà pertanto possibile apportare le eventuali modifiche ritenute necessarie e valutare le eventuali ripercussioni sugli interventi in progetto.

## **9 ALLEGATO 1: NOTE TECNICO-ESECUTIVE INDAGINE MASW**

**Comune di Fossano (CN)**

**Depuratore di Fossano (CN): Digestione  
Anaerobica e produzione di biometano**

**Data: 16gennaio 2024**

**Il Committente**

**ALPI ACQUE S.p.A.**

**Il Tecnico**

**Geol. Michele ACTIS-GIORGETTO**

**Il Progettista**

**Indagine geofisica tramite tecnica MASW**

## Indagine MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

## Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P**-Longitudinale: onda profonda di compressione;
- **S**-Trasversale: onda profonda di taglio;
- **L**-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R**-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

## Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

## Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

## Modellizzazione

È possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica, la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

## Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

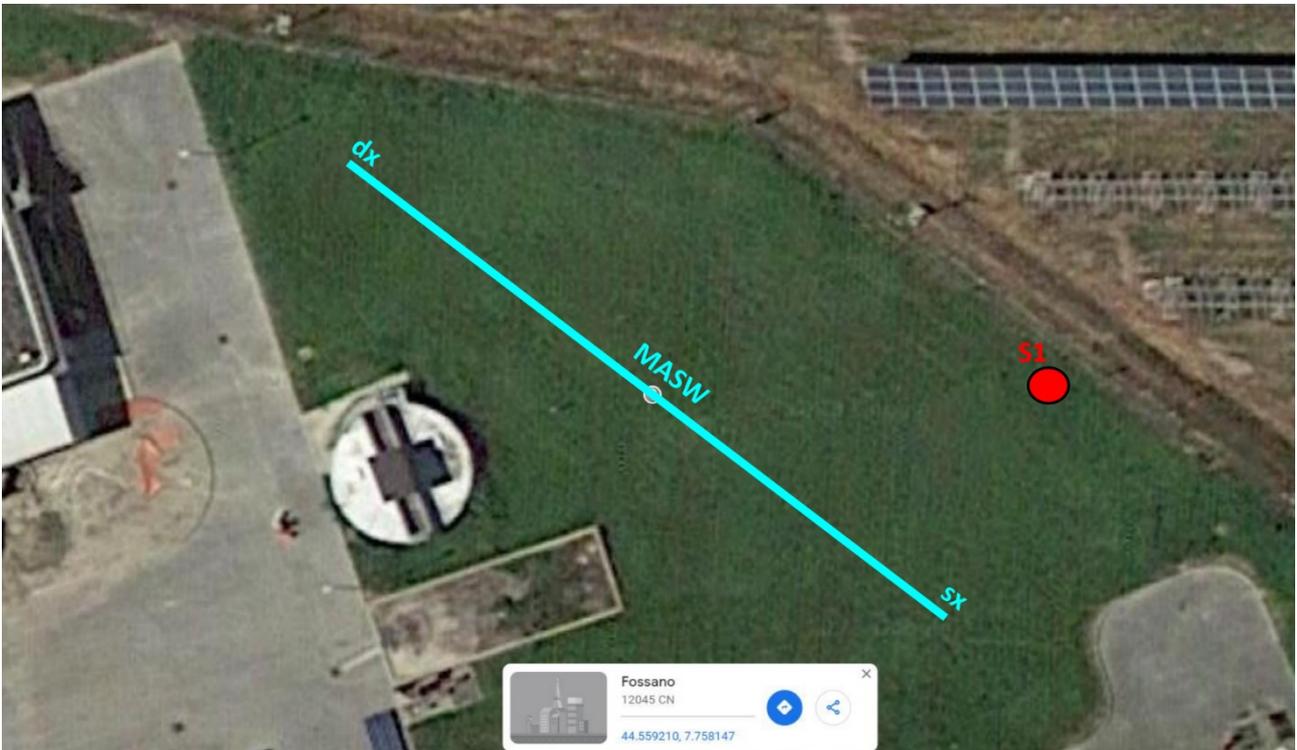
## Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

## Dati generali

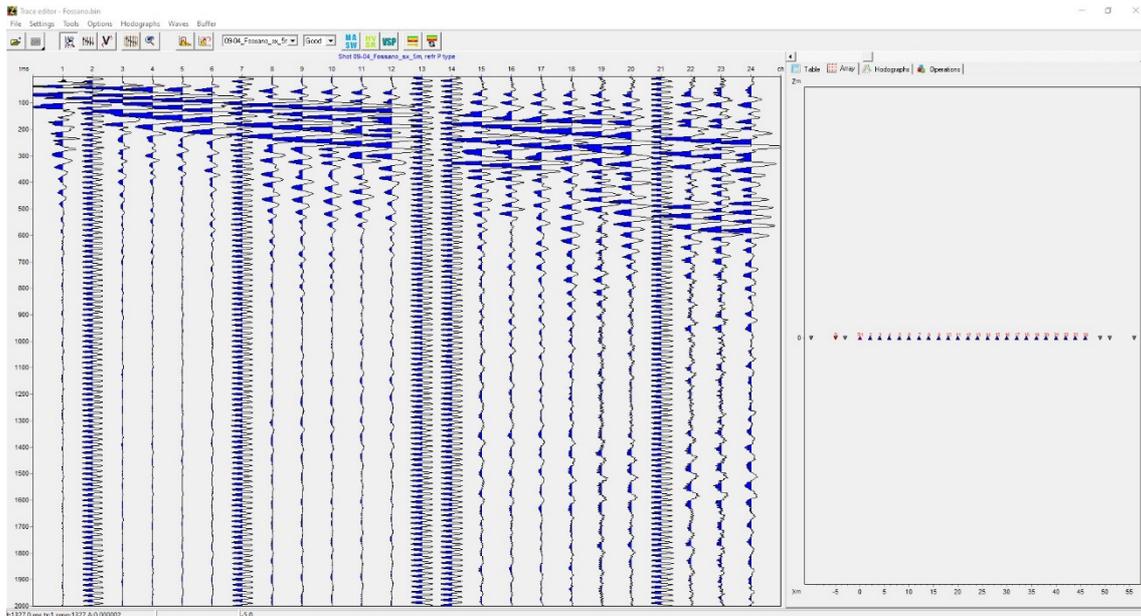
Data | 11/01/2024

## Ubicazione indagine MASW Comune di Fossano (CN).



## Tracce MASW

N. tracce	24
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2m
Periodo di campionamento [msec]	2.00



### Analisi spettrale MASW

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	8.8
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	45.3
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	162
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	361
Intervallo velocità [m/sec]	1

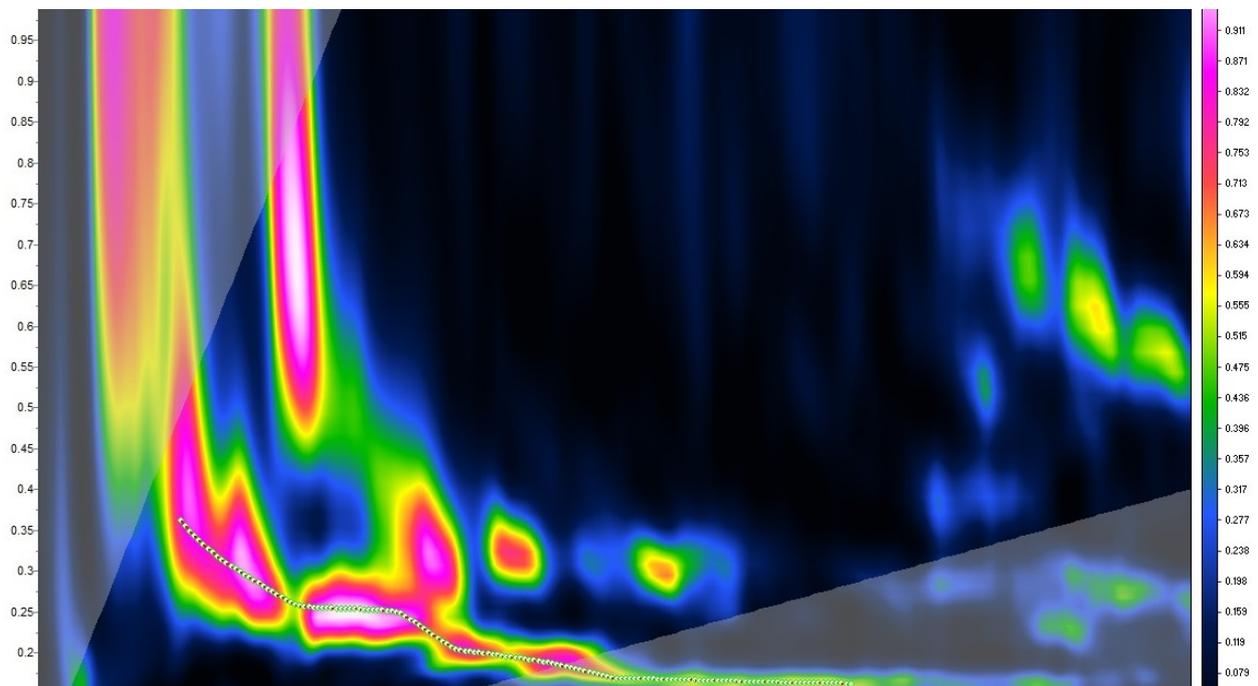
#	frequency	Mode	Va_o	Va_c
1	8.8	1	0.361	0.361
2	9	1	0.355	0.356
3	9.3	1	0.349	0.351
4	9.5	1	0.343	0.345
5	9.8	1	0.338	0.339
6	10	1	0.332	0.334
7	10.3	1	0.327	0.328
8	10.5	1	0.322	0.323
9	10.8	1	0.318	0.318
10	11	1	0.314	0.313
11	11.3	1	0.31	0.309
12	11.5	1	0.306	0.305
13	11.8	1	0.303	0.301
14	12	1	0.299	0.297
15	12.3	1	0.296	0.294
16	12.5	1	0.292	0.29
17	12.8	1	0.288	0.287
18	13	1	0.285	0.284
19	13.3	1	0.281	0.282
20	13.5	1	0.278	0.279
21	13.8	1	0.275	0.277

22	14	1	0.271	0.275
23	14.3	1	0.268	0.273
24	14.5	1	0.264	0.271
25	14.8	1	0.261	0.269
26	15	1	0.259	0.267
27	15.3	1	0.257	0.266
28	15.5	1	0.256	0.264
29	15.8	1	0.256	0.262
30	16	1	0.256	0.261
31	16.3	1	0.255	0.259
32	16.5	1	0.255	0.258
33	16.8	1	0.255	0.256
34	17	1	0.254	0.255
35	17.3	1	0.254	0.253
36	17.5	1	0.254	0.252
37	17.8	1	0.254	0.251
38	18	1	0.253	0.249
39	18.3	1	0.253	0.248
40	18.5	1	0.253	0.246
41	18.8	1	0.253	0.245
42	19	1	0.252	0.243
43	19.3	1	0.252	0.241
44	19.5	1	0.252	0.24
45	19.8	1	0.252	0.238
46	20	1	0.251	0.236
47	20.3	1	0.251	0.235
48	20.5	1	0.25	0.233
49	20.8	1	0.248	0.231
50	21	1	0.244	0.229
51	21.3	1	0.241	0.227
52	21.5	1	0.237	0.225
53	21.8	1	0.233	0.223
54	22	1	0.229	0.221
55	22.3	1	0.225	0.22
56	22.5	1	0.222	0.218
57	22.8	1	0.218	0.216
58	23	1	0.214	0.214
59	23.3	1	0.21	0.212
60	23.5	1	0.207	0.21
61	23.8	1	0.204	0.208
62	24	1	0.203	0.206
63	24.3	1	0.202	0.204
64	24.5	1	0.201	0.203
65	24.8	1	0.2	0.201
66	25	1	0.2	0.199
67	25.3	1	0.199	0.198
68	25.5	1	0.198	0.196
69	25.8	1	0.198	0.195
70	26	1	0.197	0.193
71	26.3	1	0.196	0.192
72	26.5	1	0.195	0.191
73	26.8	1	0.195	0.19

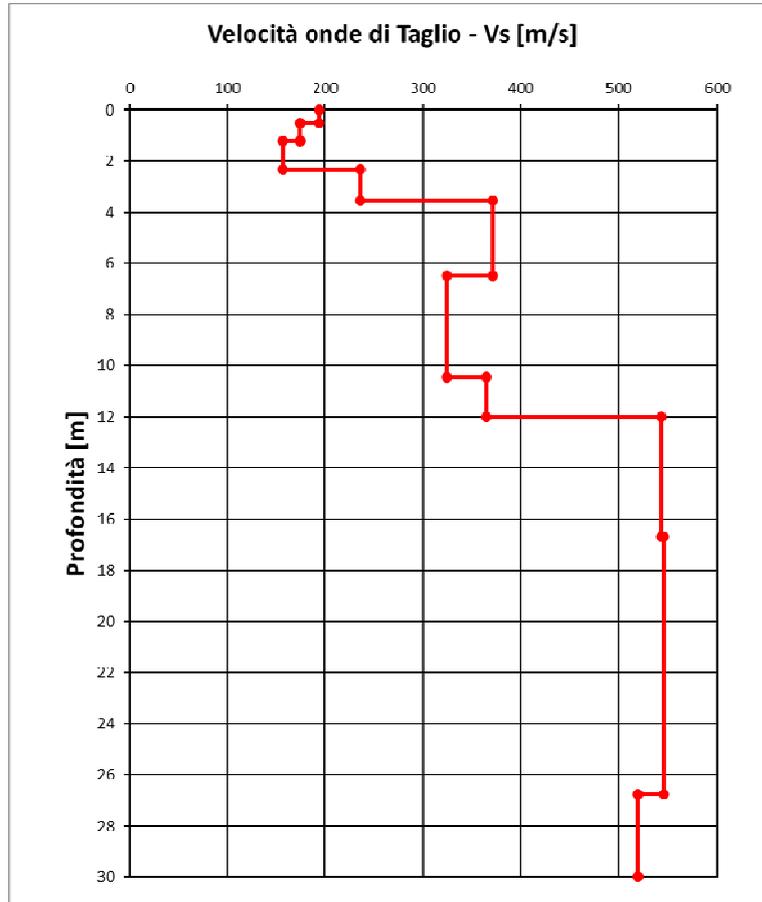
74	27	1	0.194	0.188
75	27.3	1	0.193	0.187
76	27.5	1	0.192	0.186
77	27.8	1	0.191	0.185
78	28	1	0.19	0.184
79	28.3	1	0.189	0.183
80	28.5	1	0.188	0.182
81	28.8	1	0.188	0.181
82	29	1	0.187	0.181
83	29.3	1	0.186	0.18
84	29.5	1	0.185	0.179
85	29.8	1	0.183	0.178
86	30	1	0.182	0.178
87	30.3	1	0.181	0.177
88	30.5	1	0.179	0.176
89	30.8	1	0.178	0.176
90	31	1	0.176	0.175
91	31.3	1	0.175	0.174
92	31.5	1	0.173	0.174
93	31.8	1	0.172	0.173
94	32	1	0.171	0.173
95	32.3	1	0.169	0.172
96	32.5	1	0.169	0.172
97	32.8	1	0.168	0.171
98	33	1	0.168	0.171
99	33.3	1	0.168	0.171
100	33.5	1	0.168	0.17
101	33.8	1	0.168	0.17
102	34	1	0.168	0.169
103	34.3	1	0.168	0.169
104	34.5	1	0.167	0.169
105	34.8	1	0.167	0.168
106	35	1	0.167	0.168
107	35.3	1	0.167	0.168
108	35.5	1	0.167	0.168
109	35.8	1	0.167	0.167
110	36	1	0.167	0.167
111	36.3	1	0.167	0.167
112	36.5	1	0.166	0.167
113	36.8	1	0.166	0.166
114	37	1	0.166	0.166
115	37.3	1	0.166	0.166
116	37.5	1	0.166	0.166
117	37.8	1	0.165	0.165
118	38	1	0.165	0.165
119	38.3	1	0.165	0.165
120	38.5	1	0.165	0.165
121	38.8	1	0.165	0.165
122	39	1	0.165	0.164
123	39.3	1	0.165	0.164
124	39.5	1	0.165	0.164
125	39.8	1	0.164	0.164

126	40	1	0.164	0.164
127	40.3	1	0.164	0.164
128	40.5	1	0.164	0.164
129	40.8	1	0.164	0.163
130	41	1	0.164	0.163
131	41.3	1	0.163	0.163
132	41.5	1	0.163	0.163
133	41.8	1	0.163	0.163
134	42	1	0.163	0.163
135	42.3	1	0.163	0.163
136	42.5	1	0.163	0.163
137	42.8	1	0.163	0.163
138	43	1	0.163	0.162
139	43.3	1	0.163	0.162
140	43.5	1	0.163	0.162
141	43.8	1	0.163	0.162
142	44	1	0.163	0.162
143	44.3	1	0.163	0.162
144	44.5	1	0.163	0.162
145	44.8	1	0.162	0.162
146	45	1	0.162	0.162
147	45.3	1	0.162	0.162

### Curva di dispersione MASW



## Profilo di Velocità delle onde di Taglio Vs – MASW



## Inversione MASW

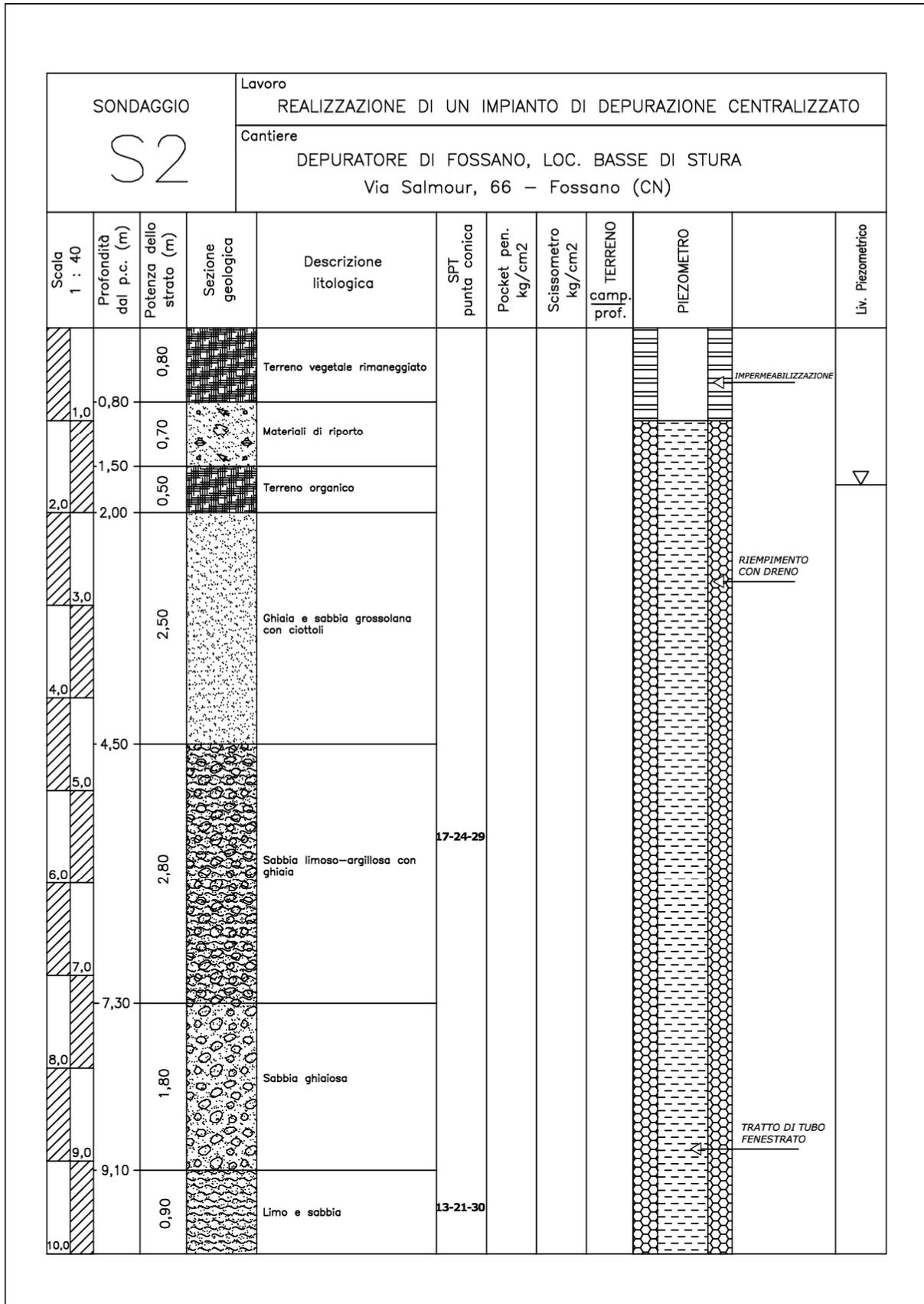
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	$V_s$ [m/sec]	$h/V_s$
1	0.0	0.50	194	0.0026
2	0.5	0.72	174	0.0041
3	1.2	1.11	156	0.0071
4	2.3	1.24	236	0.0053
5	3.6	2.92	372	0.0079
6	6.5	3.96	324	0.0122
7	10.4	1.56	365	0.0043
8	12.0	4.69	544	0.0086
9	16.7	10.06	546	0.0184
10	26.7	3.25	520	0.0063

## Risultati MASW

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	<b>0.00</b>
<b>Substrato sismico da p.c. [m]</b>	<b>n.d.</b>
<b><math>V_{s_{eq}}</math> [m/sec]</b>	<b>391</b>
<b>Categoria del suolo</b>	<b>B</b>

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

**10 ALLEGATO 2: INDAGINI PREGRESSE**





Pozzetto geognostico P1 (sinistra) e pozzetto geognostico P2 (destra)



Pozzetto geognostico P3