

ENTE ATTUATORE	 <h2 style="text-align: center;">PARCO REGIONALE DELLA VALLE DEL LAMBRO</h2> <p style="text-align: center;">Via Veneto, 19 - 20844 Triuggio (MB) - Tel. 0362970961-997137 - Fax 0362997045 L.R. 16-09-83 N. 82 web: www.parcovallelambro.it - web: www.progettolambro.it</p>		
FINANZIAMENTO	 <p>PROGETTO LIFE+2011 LIFE11 ENV/IT/004</p>	 <p><b>fondazione</b> <b>cariplo</b></p>	<p>BANDO FONDAZIONE CARIPLO 2011</p>

PROFESSIONISTI INCARICATI E GRUPPO DI LAVORO	<p><i>PROGETTAZIONE GENERALE, ASPETTI IDRAULICI:</i></p>   <p style="text-align: right;">Prof. Ing. ALESSANDRO PAOLETTI Dott. Ing. GIOVANNI BATTISTA PEDUZZI Dott. Ing. CRISTINA GIUSEPPINA PASSONI</p>		
	<p><i>PROGETTAZIONE GENERALE:</i></p> <p>Dott. Ing. MASSIMO SARTORELLI</p>	<p><i>PROGETTAZIONE GENERALE:</i></p> <p>Dott. Ing. ROBERTO BENDOTTI</p>	<p><i>ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI:</i></p> <p>Dott. Geol. PAOLO DAL NEGRO</p>
	<p><i>ASPETTI GEOLOGICI:</i></p> <p>Dott. Geol. BARBARA BOCCA</p>	<p><i>ASPETTI FORESTALI E VEGETAZIONALI:</i></p> <p>Dott. For. SILVIA CLERICI</p>	<p><i>ASPETTI COMPONENTE BIOTICA:</i></p> <p>Dott. ANDREA ROMANO'</p>
	<p>REDAZIONE</p> <p>P. Dal Negro</p>	<p>VERIFICA</p> <p>C. G. Passoni</p>	<p>APPROVAZIONE</p> <p>A. Paoletti</p>

OPERA	<h2>AFFINAMENTO DEPURATIVO A VALLE DEL DEPURATORE IN COMUNE DI NIBIONNO</h2>		
DESCR. ELABOR. PROGETT.	<h3>PROGETTO DEFINITIVO</h3> <p>NOVEMBRE 2014</p> <h3>RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA</h3>		
Revisionsi	1		
	2		
Numero elaborato	TIPOLOGIA <b>PD</b>	COMMESSA <b>P065-14</b>	DOCUMENTO <b>RG</b>
	NUMERO <b>B.02.00</b>		

---

## **INDICE**

1 - INTRODUZIONE .....	2
2 - DESCRIZIONE OPERA IN PROGETTO .....	4
3 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO .....	5
4 - INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO .....	10
5 - VINCOLISTICA GEOLOGICA ED AMBIENTALE .....	13
5.1 Fasce fluviali .....	13
5.2 - Studio Geologico comunale .....	14
5.3 - Studio del reticolo idrico minore .....	18
6 - ASPETTI SISMICI .....	19
6.1 - Zonizzazione sismica nazionale e regionale.....	19
6.2 Definizione dell'azione sismica .....	20
7 - RICOSTRUZIONE ASSETTO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO DEL SOTTOSUOLO	23
7.1 - Indagini pregresse.....	23
7.2 - Scavi esplorativi .....	26
7.3 - Prove di permeabilità in pozzetto superficiale.....	27
7.4 - Prove penetrometriche attrezzate con piezometro .....	29
7.5 - Monitoraggio piezometrico .....	30
7.6 – Analisi chimiche .....	30
7.7 – Rilievo di terreno .....	32
8 - MODELLO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO DEL SOTTOSUOLO.....	33
9 - INDICAZIONI SULLE OPERE .....	35
10 - CONCLUSIONI .....	36

## **ALLEGATI**

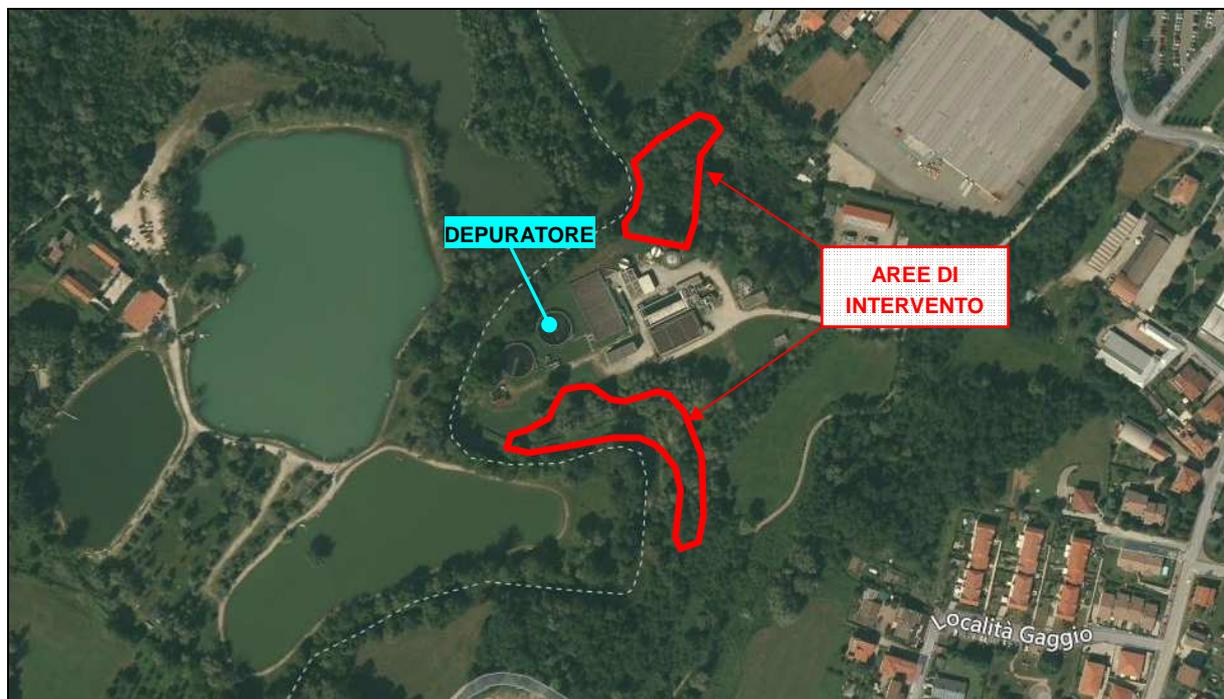
Tavola 1 - Carta di inquadramento geologico (scala 1: 10.000)

Tavola 2 - Ubicazione indagini e litotecniche

---

## 1 - INTRODUZIONE

La presente relazione geologica è stata redatta a supporto della progettazione definitiva degli interventi di “Affinamento depurativo a valle del depuratore in comune di Nibionno (LC)”. L’ubicazione dell’area di indagine è indicata nella figura seguente su foto satellitare digitale.



*Figura 1 - Ubicazione sito di intervento su immagine satellitare digitale - non in scala*

Il progetto prevede la realizzazione di un sistema di finissaggio con tecniche naturali dell’effluente del depuratore mediante n. 2 vasche per la fitodepurazione. Si rimanda agli elaborati progettuali per la puntuale definizione dell’opera.

La presente relazione è stata redatta ai sensi e nel rispetto della vigente normativa:

- DM 14.01.08 - Norme Tecniche delle Costruzioni e succ. circolare esplicativa;
- D.M. 11.03.88 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione, e succ. circolare esplicativa;
- D.Lgs n.163/2006 Codice degli appalti e successivo regolamento di esecuzione ed attuazione (DPR n.207/2010);
- L.R. 12/05 Legge per il governo del territorio e criteri applicativi per la componente geologica, idrogeologica e sismica DGR 28/05/2008 n. 8/7374.

Nella presente relazione, che costituisce relazione geologica e geotecnica a supporto della progettazione definitiva delle opere, vengono prioritariamente definiti:

- 
- Caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici dell'area di intervento;
  - Modello geologico;
  - Condizioni di pericolosità geologica;
  - Compatibilità geologica degli interventi con gli strumenti di pianificazione geologica vigenti;
  - Modello geotecnico.

Si è proceduto alla valutazione della fattibilità e compatibilità geologica degli interventi con gli strumenti di pianificazione geologica vigenti. E' stata valutata la compatibilità con quanto disposto dallo Studio Geologico Comunale di supporto alla pianificazione territoriale, redatto in base alla L. 12/2005 "Legge per il governo del territorio". Lo studio geologico comunale a supporto della pianificazione territoriale attribuisce larga parte dell'area di intervento alla classe di **fattibilità 3d , con consistenti limitazioni**. Parte degli ambiti di intervento lambiscono inoltre aree attribuite alla classe di fattibilità 4 a.

A supporto della presente analisi è stato effettuato accurato rilievo di terreno in corrispondenza delle aree di prevista realizzazione delle opere, atto a definire le condizioni di pericolosità geologica locale, al fine di poter definire il corretto inserimento dell'opera, gli accorgimenti da adottarsi e di valutare i riflessi comportati dalle trasformazioni in progetto.

Per procedere alla definizione di quanto sopra espresso, ci si è basati sulle seguenti indagini ed analisi:

- ricerca di documentazione bibliografica;
- analisi strumenti di pianificazione geologica ed idraulica;
- rilievo geologico e geomorfologico;
- esiti delle indagini commissionate dal Parco Regionale Valle Lambro a supporto del progetto (Report indagini geologiche 02/10/2014).

Si osserva che l'area del depuratore è stata in passato oggetto di diverse campagne di indagine geologica e geognostica, a supporto della realizzazione di varie parti dell'impianto stesso. Tali indagini, fornite dalla Committenza, sono state analizzate e criticamente valutate per la definizione del modello geologico e geotecnico del sito di intervento.

## 2 - DESCRIZIONE OPERA IN PROGETTO

Il depuratore di Nibionno è posto in sinistra idrografica e sversa nel fiume Lambro sia le acque provenienti dallo scaricatore ordinario, sia le acque di sfioro dello scaricatore di testa del depuratore. Tali acque, non subendo alcun trattamento di depurazione, contribuiscono in maniera significativa all'apporto di inquinanti nel corpo idrico soprattutto per quanto riguarda i carichi di BOD<sub>5</sub> (ovvero, la misura indiretta del contenuto di materia organica biodegradabile presente in una soluzione acquosa e uno dei parametri più in uso per stimare il carico inquinante delle acque reflue), solidi sospesi, azoto ammoniacale e tensioattivi.

L'intervento in progetto prevede la realizzazione di un sistema di finissaggio con tecniche naturali delle acque depurate dall'impianto di depurazione di Nibionno (LC), al confine con la provincia di Como (vedi figura 2), in un'area in fregio al fiume Lambro. In una fase transitoria, prima dell'adeguamento dello sfioratore di emergenza del collettore di Lurago-Lambrugo, il sistema di finissaggio verrà utilizzato anche per le acque di sfioro di prima pioggia, che attualmente vengono scaricate senza trattamenti nel fiume.

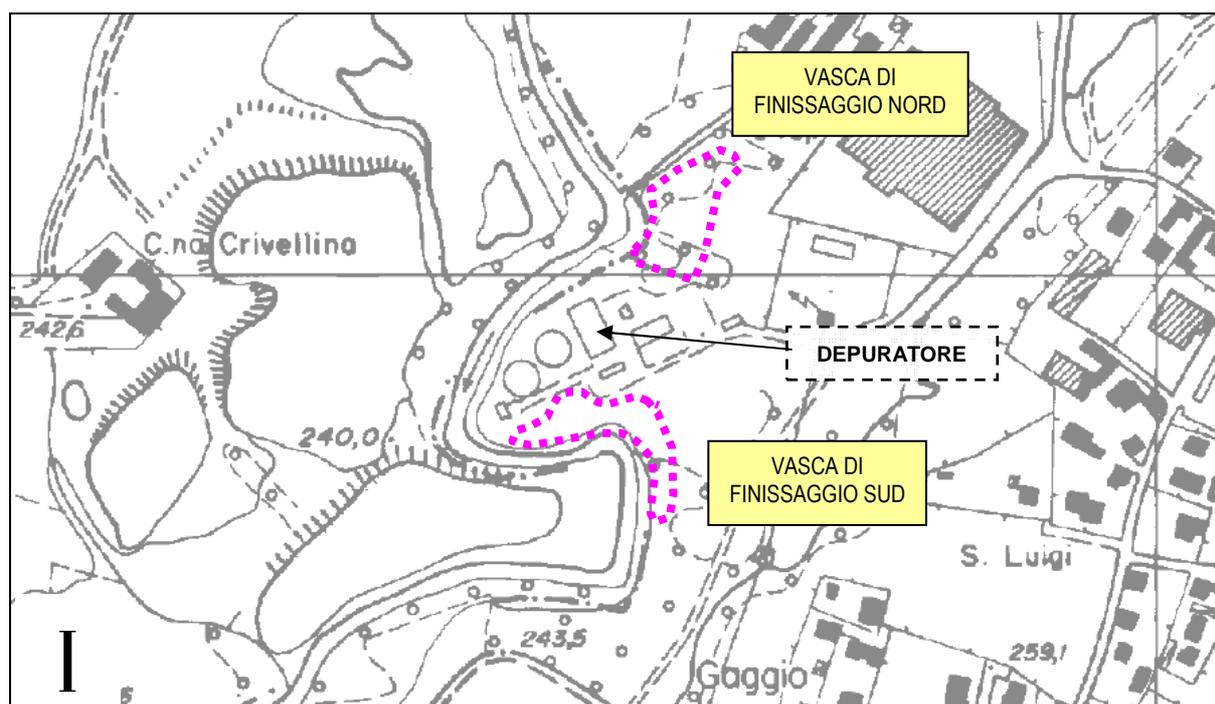


Figura 2 - Ubicazione aree di intervento su base cartografica regionale - non in scala

Le due vasche di finissaggio, denominate Nord e Sud (vedi figura 2), avranno una superficie rispettivamente di circa 3.200 mq e 3.400 mq.

Al loro interno verranno messe a dimora delle piante con proprietà fitodepuranti.

Gli interventi in progetto sono compiutamente descritti nelle tavole progettuali, cui si rimanda per una completa definizione degli stessi.

---

### 3 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il territorio comunale di Nibionno si colloca nella porzione settentrionale della Brianza, in corrispondenza della fascia pedemontana prealpina a sud del lago di Pusiano e all'interno dell'anfiteatro morenico costituito dai depositi lasciati in posto durante le fasi glaciali quaternarie.

La conformazione del territorio è strettamente legata all'azione modellatrice esercitata dalle lingue glaciali provenienti da Nord (ghiacciaio del Lario) che hanno interessato questa zona nel corso di varie fasi glaciali con cicli di erosione e deposizione che si sono succeduti nel tempo. I ghiacciai al loro ritiro hanno lasciato depositi morenici che sono stati in seguito rimodellati dalle acque di fusione del ghiacciaio e dagli altri agenti atmosferici tipici di un ambiente periglaciale (gelo - disgelo, vento): il risultato di tale azione è dato da una serie di terrazzi di origine glaciale e fluvioglaciale attualmente visibili nel settore centrale e meridionale del territorio comunale, con morfologie per lo più subpianeggianti interrotte da scarpate, localmente a pendenza elevata, che delimitano le differenti porzioni dei ripiani di origine fluvioglaciale.

La maggior parte dei rilievi presenti rappresentano le elevazioni del substrato roccioso sottostante, mascherato dalle colti di depositi superficiali.

Un altro importante agente morfogenetico della zona è il fiume Lambro che nel tempo si è scavato un varco verso sud tra le colline ed ha determinato la genesi di una morfologia di tipo fluviale, con terrazzi costituiti dai depositi legati all'azione modellatrice esercitata dal corso d'acqua. La piana fluviale del Fiume Lambro, che occupa una stretta fascia nella porzione più occidentale del territorio comunale, è caratterizzata da morfologie blande, subpianeggianti, con salti di pendenza in genere bruschi rispetto alle adiacenti scarpate di origine morenica e/o fluvioglaciale.

Le unità geolitologiche presenti nell'area sono di seguito descritte, dalla più antica alla più recente (utilizzando la nomenclatura introdotta dal CARG), secondo quanto riportato nella Tavola 1 in allegato.

#### SUBSTRATO ROCCIOSO PREQUATERNARIO

Il substrato roccioso prequaternario costituisce la base della successione geologica locale e affiora con continuità al di sotto delle unità deposizionali più antiche collegate alle glaciazioni quaternarie che si sono susseguite nell'area. Esso comprende una vasta gamma di tipi litologici quali calcari marnosi, marne, marne calcaree grigio rosate o rossastre ed è presente in affioramento lungo le principali incisioni dei corsi d'acqua ed in corrispondenza delle porzioni più elevate dell'area delle colline moreniche.

Il substrato roccioso prequaternario si riferisce alle formazioni di seguito descritte.

---

### FLYSCH LOMBARDO

Comprende diverse unità stratigrafiche databili al Cretacico, di origine prevalentemente torbiditica, e identifica una successione eterogenea di sedimenti terrigeni ed emipelagici estesa tra il Varesotto occidentale e il Lago d'Iseo, con le aree di affioramento più continue e significative localizzate in Bergamasca.

Nell'area in esame è rinvenuta l'unità litostratigrafica del Flysch di Bergamo (indicato con la sigla **FBG**), costituita da alternanze di peliti e arenarie in strati da sottili a spessi, talora organizzati in cicli *coarsening-upward*; gli strati arenitici risultano gradati e laminati, con frequenti controimpronte e tracce di bioturbazione alla base. Nell'area in esame, il Flysch di Bergamo è presente con il Membro di Rogeno (sigla **FBG<sub>1</sub>**), che comprende alternanze di peliti e areniti in strati sottili e, nella parte sommitale intercalazioni metriche di conglomerati e paraconglomerati canalizzati medio-grossolani.

Nell'area coperta dalla cartografia realizzata sono presenti alcuni modesti affioramenti nella porzione più occidentale, al confine con il territorio comunale di Costa Masnaga e un affioramento più esteso a sud di località Tabiago.

### SCAGLIA LOMBARDA - FORMAZIONE DI BRENNO

La Formazione di Brenno (indicata nella Tavola 1 con la sigla **BNN**) è costituita da calcari marnosi e marne calcaree di colore grigio, bianco o rosato, a stratificazione variabile da sottile a media (strati di spessore decimetrico), molto regolare, in cui si intercalano letti centimetrici di limi marnosi, torbiditici.

Nell'area coperta dalla cartografia realizzata, tale unità affiora a sud di Cascina Giulia in comune di Costa Masnaga e lungo il tracciato della SS 36 all'altezza di Tabiago.

### GRUPPO DELLE MARNE DI GALLARE - FORMAZIONE DI CIBRONE

L'unità (indicata nella Tavola 1 con la sigla **CBR**) è costituita da marne grigie pelitiche o siltose, con frequenti intercalazioni di strati arenitici pluricentimetrici, caratterizzate da laminazioni piano-parallele e caratteristica sfaldatura a poliedri rettangolari.

Nell'area coperta dalla cartografia realizzata è presente un unico affioramento nella porzione centro-orientale del territorio comunale, a Ovest della località omonima.

### DEPOSITI PLIOQUATERNARI

#### FORMAZIONE DI LAMBRUGO

Tale unità (indicata nella Tavola 1 con la sigla **LMB**), che corrisponde alle "Argille sotto il Ceppo" degli autori precedenti, comprende argille varvate a laminazione piano-parallela, di origine lacustre, con livelli limosi localmente cementati e locali intercalazioni di sabbie. Affio-

---

rano lungo la SS342 Como-Bergamo tra C.na Giulia e C.na Ruspo, in territorio comunale di Lambrugo.

#### CEPPO DI INVERIGO

Tale unità (indicata nella Tavola 1 con la sigla **LBI**), che corrisponde al Ceppo degli autori precedenti, è rappresentata nella zona in esame da conglomerati medio fini, organizzati in banchi di spessore variabile tra 20 - 40 cm e 100 cm. Sono presenti strati più fini, costituiti da arenarie e sabbie pulite. Il deposito è costituito da banchi a supporto di matrice arenacea e da banchi a supporto clastico con matrice interstiziale arenacea debolmente limosa.

La cementazione è buona anche se sono presenti livelli di sabbie e ghiaie non cementate, spesso alterate.

A grande scala i banchi di conglomerato presentano quasi sempre una stratificazione incrociata a medio - basso angolo. I singoli banchi mostrano strutture sedimentarie riconducibili a gradazioni normali, embricature e isorientazione dei clasti.

Nell'area coperta dalla cartografia realizzata è presente un affioramento nella porzione più occidentale del territorio comunale di Nibionno, a nord di località Navello.

#### SUPERSINTEMA DI BESNATE

Indicato nella Tavola 1 con la sigla **BEX**, è costituito da depositi di origine glaciale e fluvio-glaciale riferiti al Pleistocene medio e superiore.

In particolare, nell'area in esame affiorano diamicton massivi a supporto di matrice, con profilo di alterazione poco evoluto su spessori di circa 4 metri, con mediamente il 50 % dei clasti alterati, e con morfologie conservate. L'area di affioramento è posta a sud di Tabiago, in località California.

#### SUPERSINTEMA DEI LAGHI – SINTEMA DI CANTU'

Indicato nella Tavola 1 con la sigla **LCN**, è costituito da depositi di varia genesi riferiti al Pleistocene Superiore (Wurm secondo la nomenclatura tradizionale).

Da un punto di vista litologico, il sintema è costituito da:

- depositi glaciali: diamicton massivi a supporto di matrice sabbioso-limosa talora abbondante, con tessitura caotica. I clasti sono da spigolosi a subarrotondati, eterometrici anche di notevoli dimensioni (erratici). In comune di Nibionno si ritrovano nella parte settentrionale ed orientale del territorio, dove mostrano una tipica morfologia collinare nella fascia a nord, mentre sono costituiti da ampi terrazzi a Est.
- depositi fluvio-glaciali: ghiaie da medie a grossolane a supporto di matrice sabbioso-ghiaiosa fine, da ben stratificata a grossolanamente stratificata, con strati di spessore variabile da decimetrico a metrico. I clasti sono poligenici, da male a ben selezionati. Su-

---

bordinatamente sono costituiti da sabbie da fini a grossolane, talora limose, in lamine piano-parallele con ciottoli sparsi e più raramente massive o con laminazione obliqua a basso angolo o incrociata concava. È presente una locale cementazione. In superficie sono poco o nulla alterati, ricoperti unicamente da un modesto spessore di suolo. Questi depositi occupano il settore est e sud-orientale del territorio comunale di Nibionno.

- depositi glaciolacustri: costituiti da argille e limo argilloso-sabbiosi in lamine piano-parallele orizzontali con dropstones sparsi spesso striati. Localmente si rinvencono livelli torbosi e deformazioni (pieghe di piccole dimensioni) legate a glaciotettonica, ossia a spinta dovuta alla fronte della lingua glaciale in avanzata; in tali casi i sedimenti risultano sovraconsolidati. I depositi glaciolacustri affiorano prevalentemente in destra idrografica lungo la piana fluviale del Lambro, nel settore centro-occidentale di Nibionno, interessando anche in parte l'area oggetto di indagine.

In generale, tutte le tipologie di depositi afferibili al Sintema di Cantù sono caratterizzate da un profilo di alterazione poco evoluto, inferiore a 1,5 m di spessore. La maggior parte dei clasti non è alterata o presenta un cortex di alterazione non molto sviluppato: solo i clasti carbonatici possono essere alterati e i metamorfici scistososi arenizzati nei primi metri del profilo. I depositi di questa unità non sono coperti da coltre loessica.

#### UNITÀ POSTGLACIALE

Indicati con la sigla **POI** nella Tavola 1 in allegato, i depositi appartenenti a questa unità si riferiscono al Pleistocene Superiore – Olocene e sono caratterizzati da un'alterazione poco evoluta, con suoli poco sviluppati.

Da un punto di vista litologico, nell'area in esame l'unità è composta da depositi fluviali e alluvionali, costituiti da ghiaie medio grossolane a supporto di matrice sabbiosa e da sabbie e ghiaie a supporto di matrice limoso sabbiosa, talora si intercalano dei livelli più grossolani con matrice in quantità ridotta, limi sabbiosi e limi con clasti sparsi (depositi di esondazione). I clasti sono da subarrotondati a spigolosi, poligenici. La stratificazione è piano-parallela orizzontale.

Questi depositi, aventi un presumibile spessore di pochi metri, sono limitati all'alveo attuale del Fiume Lambro e alle sue immediate vicinanze.

Gli interventi previsti dal progetto saranno ubicati in corrispondenza del settore sud-occidentale del territorio comunale di Nibionno (LC), al confine con la provincia di Como e nello specifico del comune di Inverigo.

L'area in esame si colloca nei pressi di una zona poco urbanizzata, alla quota media di circa 240-245 m s.l.m., in corrispondenza di un'ansa molto accentuata sulla sponda sinistra del Fiume Lambro.

Il corso d'acqua in esame, dopo l'uscita dal lago di Pusiano e l'immissione dell'emissario del Lago di Alserio, scorre lungo tutta la Brianza assumendo un andamento tortuoso ai piedi delle colline moreniche tipiche del paesaggio brianzolo. In particolare, l'impianto di Nibionno si trova a meno di un chilometro a valle dalla confluenza della Bevera di Tabiago posta in sinistra idraulica del Lambro.

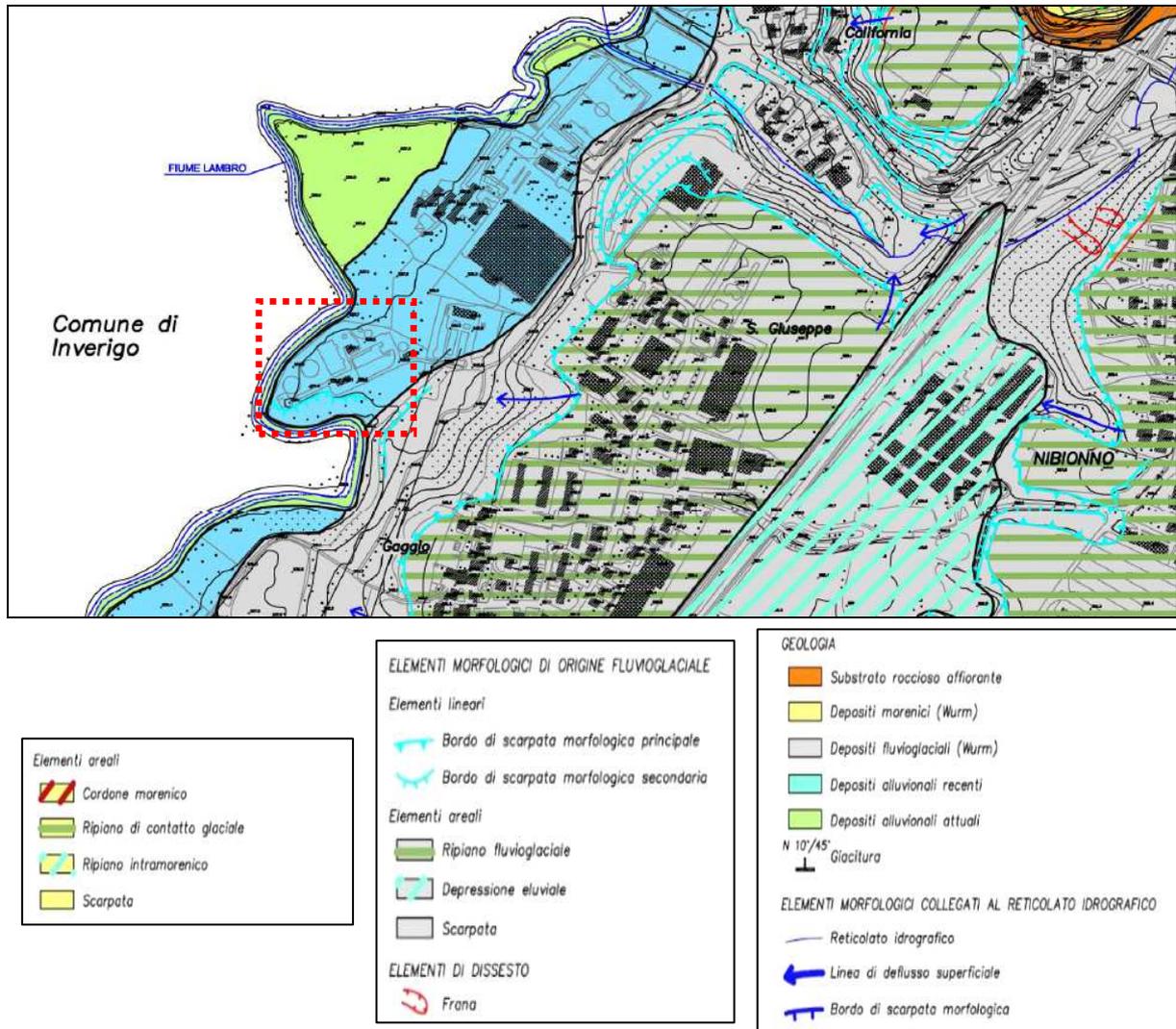


Figura 3 - Ubicazione sito di intervento su tavola di inquadramento geomorfologico estratta dal PRG di Nibionno (2002) - non in scala

L'area che ospita attualmente gli impianti mostra un assetto sub pianeggiante. L'impianto esistente risulta per larga parte impostato su di un terrazzo morfologico di origine antropica ottenuto mediante messa in posto di materiali di riporto, rilevati rispetto al piano campagna naturale di circa un paio di metri. I depositi superficiali che affiorano nell'area sono costituiti da materiali di origine alluvionale (recenti ed attuali). Tali depositi sono riscontrabili nei settori più prossimi dell'alveo fluviale. Sono inoltre diffusi depositi di origine glaciolacustre, caratterizzati da granulometria fine.

Spostandosi verso Est si passa a depositi di origine fluvioglaciale appartenenti al Sistema di

---

Cantù (tradizionalmente attribuiti al Wurm), caratterizzati da ghiaie e sabbie in matrice limosa con locali lenti di argilla.

La coltre di sedimenti che occupa l'attuale valle del Lambro mostra uno spessore variabile, ma dell'ordine di alcune decine di metri deposta su un substrato roccioso costituito da conglomerati e arenarie, occasionalmente subaffiorante a Nord-Est dell'area.

Gli aspetti geomorfologici di maggiore importanza presenti nella zona sono connessi all'attività del fiume Lambro che è l'artefice di una dinamica in continua evoluzione. Il fiume è meandriforme, con sponde basse ed erosioni di sponda, spesso con resti di meandri e/o zone umide all'esterno delle anse attuali.

#### 4 - INQUADRAMENTO IDROGRAFICO E IDROGEOLOGICO

L'elemento idrico principale del territorio in esame è il Fiume Lambro (vedi figura 4) che scorre al confine sud-occidentale dell'area di intervento.

Questo fiume, emissario del lago di Pusiano, presenta in quest'area un andamento meandriforme con direzione di flusso circa NE-SW, con alveo poco inciso e poco depresso rispetto alla quota del piano campagna circostante. Lungo il suo corso sono presenti numerose traverse di derivazione d'acqua a scopo di produzione di forza motrice che hanno notevolmente mutato la pendenza originaria del Lambro in questo tratto (attualmente sono abbandonate in seguito alla diminuzione delle attività industriali).

Il principale affluente del Fiume Lambro nella zona di Nibionno è la Bevera di Tabiagio, che confluisce nel Lambro circa 1 km a nord dell'area del depuratore. In totale, il reticolo costituente la Bevera di Tabiagio mostra una lunghezza di circa 4.200 metri, affronta un dislivello complessivo di circa 50 metri (da 291 a 241 m s.l.m.) e drena un bacino di circa 3 km<sup>2</sup>.

Sulla sponda idrografica destra del fiume Lambro, in prossimità dell'area in oggetto, sono presenti i Laghi di Carpanea, di origine artificiale, formati in cave abbandonate di argilla. Si tratta di tre laghetti immersi nel verde con una superficie complessiva di circa 100.000 m<sup>2</sup> e una profondità massima di 10 m.



Figura 4 - Idrografia dell'area – non in scala

Il fiume Lambro nel tratto in esame ha un andamento abbastanza sinuoso per quanto vincolato ad alcuni limiti fisici come la presenza di laghi di cava in destra idrografica e di campi coltivati e di aree boscate in sinistra. La naturalità dell'area è inoltre interrotta dalla presenza dell'impianto di depurazione che è stato costruito realizzando un sopralzo del terreno rispetto al livello naturale. In questo tratto il Lambro presenta alveo e sponde naturali, caratterizzate da una ricca vegetazione riparia spontanea, rappresentata da specie autoctone e alloctone. Sulla sponda sinistra è presente il depuratore di Nibionno che sversa nel fiume Lambro, sia le acque provenienti dallo scaricatore ordinario, sia le acque di sfioro dello scaricatore di testa del depuratore.

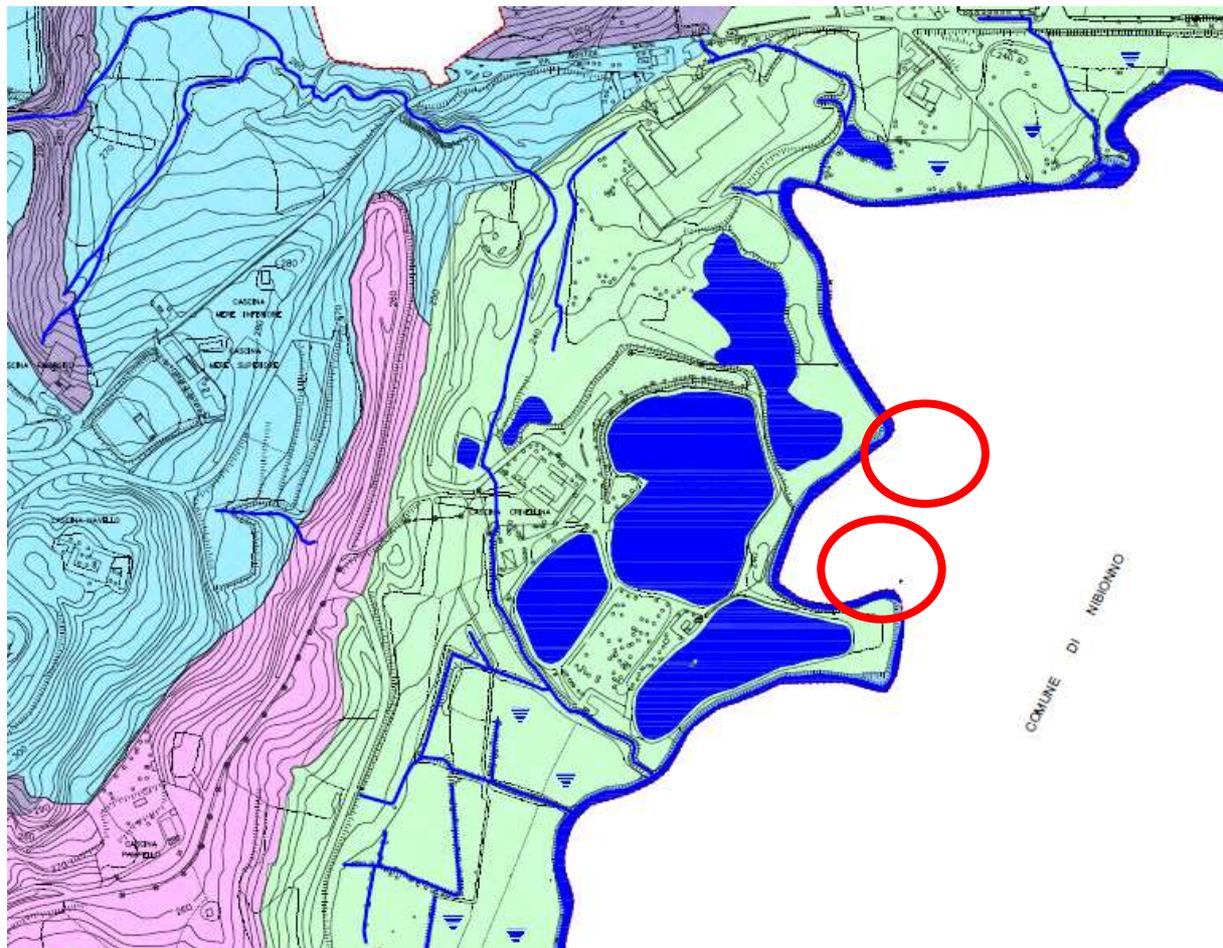
Per maggiori dettagli sull'idrologia del Fiume Lambro si rimanda alla relazione specialistica.

-----

Per quanto concerne la circolazione idrica nel sottosuolo, il territorio di Nibionno si contraddistingue per una scarsità di risorse idriche presenti nel sottosuolo, a causa della presenza di prevalenti unità rocciose a bassa permeabilità. Gli acquiferi, sono in genere situati ad elevata profondità rispetto al piano campagna, contenuti nel conglomerato del Ceppo, ed in particolare nelle sue porzioni maggiormente fratturate, oppure nelle successioni prevalentemente ghiaioso-sabbiose dei depositi di origine glaciale e fluvio-glaciale soprastanti il Ceppo. Le falde contenute nei depositi quaternari sono però di modesta significatività.

A tal proposito si riporta che l'assenza di pozzi sfruttati a scopo idropotabile sia nel territorio collinare di Nibionno che lungo la piana del fiume Lambro (sia in comune di Nibionno che di Inverigo) da riscontro della limitata significatività della circolazione idrica sotterranea nel territorio comunale.

Risulta esemplificativa a tale proposito la Carta Idrogeologica dello studio geologico di Inverigo.



SUBSTRATO

	Substrato roccioso affiorante		Pozzi ad uso idropotabile
	Permeabilità bassa per presenza di depositi eluviali/Argille sotto il Ceppo		Pozzi privati
DEPOSITI SUPERFICIALI			Sorgenti non captate
	Permeabilità medio - alta $K > 10 \text{ cm/sec}^4$		Bassa soggiacenza della falda
	Permeabilità medio - bassa $10 \text{ cm/sec}^{-6} < K < 10 \text{ cm/sec}^{-4}$		
	Permeabilità bassa $K < 10 \text{ cm/sec}^{-6}$		

Figura 5 – Stralcio Carta Idrogeologica studio geologico comune di Inverigo – non in scala. In rosso l'area in studio

Si ricava che la piana del fiume Lambro si imposta su ambito con terreni a bassa permeabilità, in cui è presente falda idrica posta a bassa profondità dal piano campagna. Si osserva inoltre che tale bassa permeabilità si riflette nel maggiore sviluppo del reticolato idrografico

---

superficiale nelle aree pianeggianti circostanti il fiume Lambro rispetto ai settori posti nel contesto collinare, con depositi superficiali maggiormente permeabili.

La valle del fiume Lambro costituisce una conca morfologica che esercita azione di richiamo delle acque superficiali e sub superficiali. La presenza di vasti settori con depositi poco permeabili determina la venuta a giorno delle acque, con formazione di fitto reticolo di rogge secondarie o scoline e di aree di ristagno idrico.

Il fiume Lambro rappresenta il recapito delle acque superficiali e sub superficiali, fungendo pertanto, in condizioni ordinarie di ricarica, da elemento drenante del sistema idrologico ed idrogeologico. Va ricordato che l'equilibrio idrogeologico tra corsi d'acqua e falde sub superficiali è di tipo dinamico è varia in funzione delle condizioni di ricarica sia del corso d'acqua che delle falde sotterranee.

Nell'ambito di intervento, le indagini condotte hanno consentito di ricavare la presenza di flussi idrici sotterranei con livello di stazionamento posto a circa 2 m dal p.c..

## 5 - VINCOLISTICA GEOLOGICA ED AMBIENTALE

L'area di intervento ricade all'interno del Parco Valle Lambro ed in particolare all'interno del sistema delle aree fluviali e lacustri. Inoltre, è interessata da vincoli D.Lgs 42 22/01/2004 e a vincoli di natura idraulica (fasce PAI e fasce fluviali).

### 5.1 Fasce fluviali

Per quanto riguarda gli elementi ed i vincoli di natura idraulica con le relative norme (e verifiche del rischio idraulico) si rimanda alla relazione specialistica facente parte del progetto; in ogni caso le due aree di intervento ricadono tra il limite di progetto tra la fascia B e la fascia C ed il limite esterno della Fascia C (vedi figura 6).

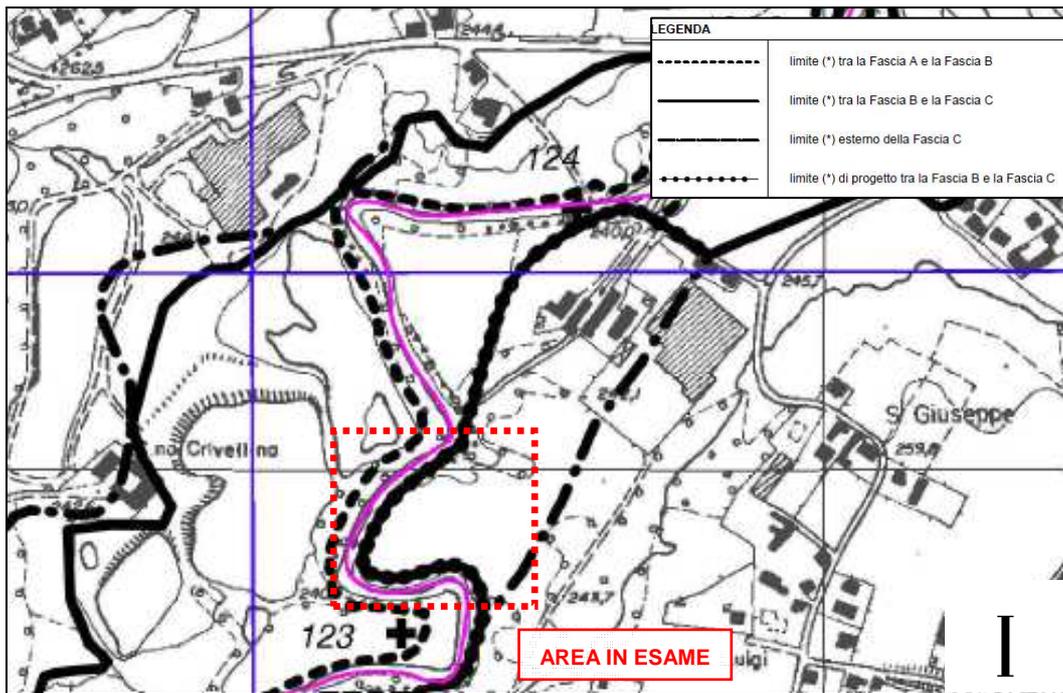


Figura 6 – Ubicazione area in esame su carta PAI – non in scala

Secondo quanto riportato nelle NTA del PAI, si definiscono:

- Fascia A: fascia di deflusso della piena costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena di riferimento, ovvero costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- Fascia B: fascia di esondazione esterna alla precedente, costituita dalla porzione di territorio interessata da inondazione al verificarsi della piena di riferimento. Il limite di tale fascia si estende fino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento, ovvero sino alle opere idrauliche esistenti o programmate di controllo delle inondazioni (argini o altre opere di contenimento).
- Fascia C: area di inondazione per piena catastrofica, costituita dalla porzione di territorio esterna alla fascia B, che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quella di riferimento.

Si rammenta che, ai sensi dell'art. 31 delle Nta del PAI, sino all'avvenuta realizzazione delle opere, negli ambiti di Fascia C delimitati con segno grafico indicato come limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C, si applicano i disposti e le norme relative alla Fascia B.

## 5.2 - Studio Geologico comunale

Lo strumento principale cui fare riferimento nel valutare la compatibilità geologica di un intervento è il Piano di Governo del Territorio (PGT) ed in particolare allo studio di analisi della componente geologica, idrogeologica e sismica.

---

Il comune di Nibionno è dotato di uno studio geologico di supporto alla pianificazione territoriale (PGT) redatto dalla Geoplan nel 2002 e successivamente aggiornato ai sensi della l.r. 12/2005 da Bruzzi & Corno nel 2010.

In tale elaborato vengono analizzate le caratteristiche geologiche generali del territorio, e cioè le componenti geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, idrografiche e geotecniche. Tutte queste informazioni, opportunamente sintetizzate, portano alla redazione della carta di fattibilità, che fornisce indicazioni in merito alle limitazioni e destinazioni di uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi ed indagini da effettuare.

Si riportano di seguito le risultanze sintetiche di tale documento, utili per la definizione delle problematiche geologiche del sito in esame.

La Carta di Sintesi riporta le aree omogenee dal punto di vista della pericolosità riferita allo specifico fenomeno che la genera. Tale carta è infatti costituita da una serie di poligoni che definiscono una porzione di territorio caratterizzata da pericolosità omogenea per la presenza di uno o più fenomeni di dissesto idrogeologico in atto o potenziale o da vulnerabilità idrogeologica.

Nella zona di intervento (vedi figura 7) si segnalano i seguenti elementi:

- Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico: sono inseriti gli elementi descritti dal Piano di Assetto Idrogeologico con relative fasce fluviali e i limiti di Progetto fra la fascia B e C. In particolare, le due vasche di finissaggio in progetto ricadono nelle fasce PAI già sopra indicate.
- Aree vulnerabili dal punto di vista idrogeologico: in tutta l'area di intervento è indicata la presenza di terreni molto permeabili per porosità relativi a terreni ghiaioso-sabbiosi (NdR: tale problematica è stata confutata dalle indagini in sito svolte).
- Aree con caratteristiche geotecniche scadenti: si tratta di depositi di origine fluvio-glaciale posti a Sud-Est rispetto al depuratore e lambiti solo marginalmente dalla vasca di finissaggio Sud. Tali materiali sono caratterizzati da un'unità di copertura dei primi 3 metri poco compatta definiti con una resistenza alla penetrazione inferiore a 5 colpi/piede.

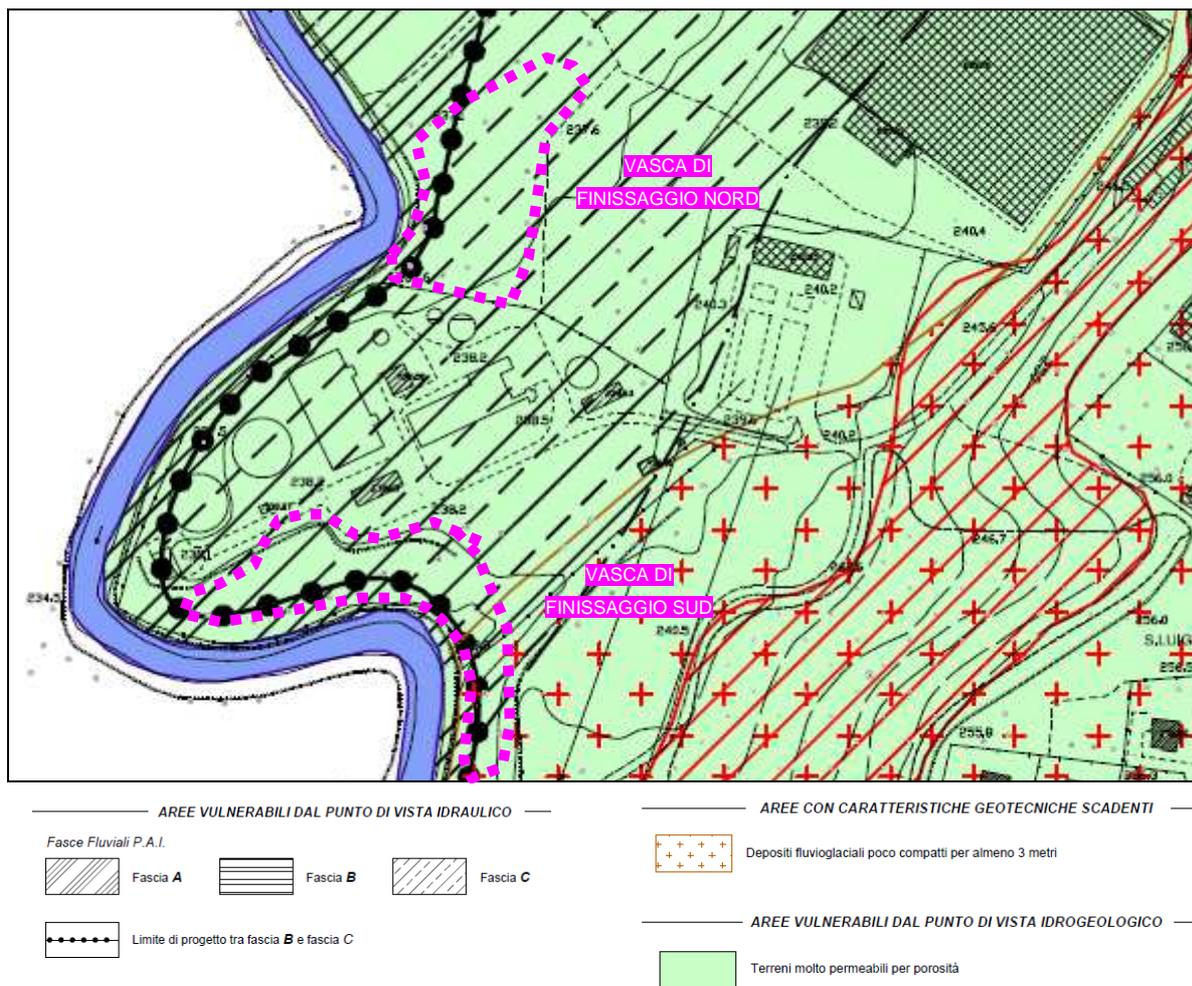
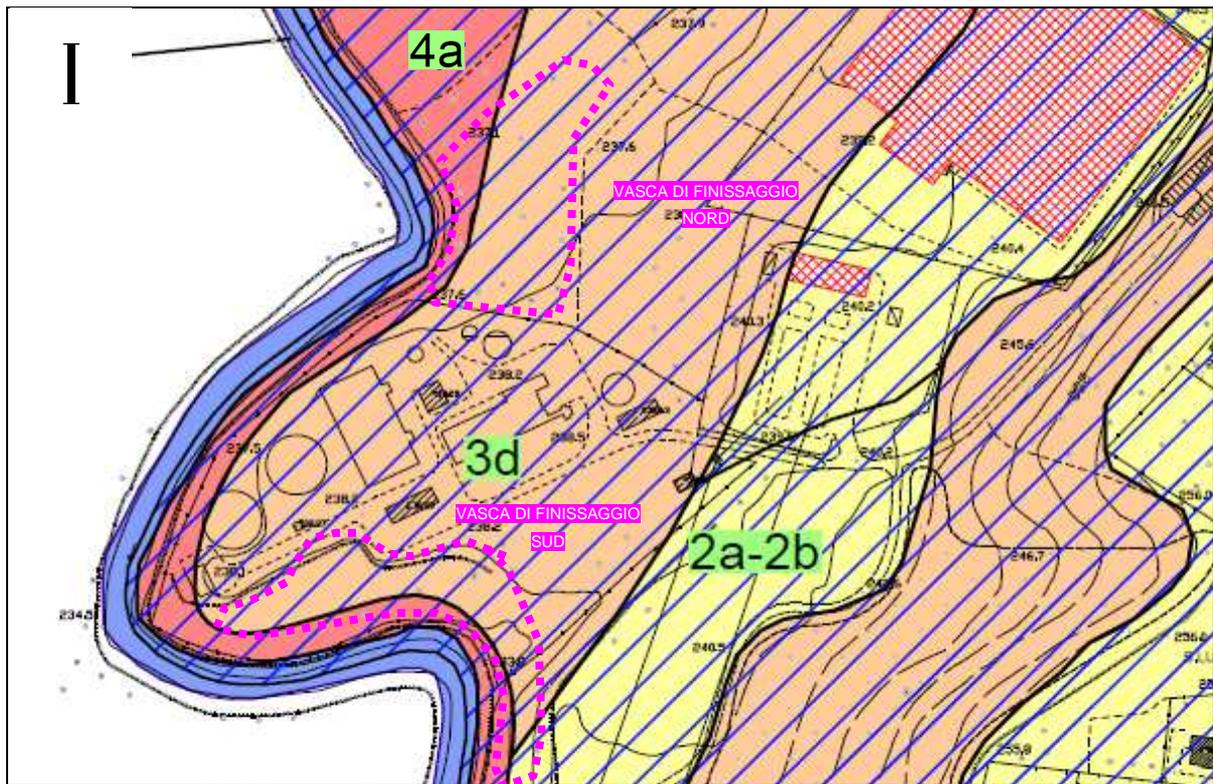


Figura 7 - Carta di sintesi tratta dal PGT di Nibionno - fuori scala

I tematismi riportati nella carta di Sintesi portano alla definizione della Carta di Fattibilità, che fornisce indicazioni in merito alle limitazioni e alle destinazioni di uso del territorio, alle prescrizioni per gli interventi urbanistici, agli studi e alle indagini da effettuare.

Sulla Carta di Fattibilità Geologica (vedi figura 8), entrambe le vasche sono inserite in **classe di fattibilità 3** (fattibilità con consistenti limitazioni) – sottoclasse **3d** con limitati settori prossimi alla classe di fattibilità **classe 4** (fattibilità con gravi limitazioni) – e nello specifico sottoclasse **4 a**. Tali sottoclassi corrispondono rispettivamente alle zone fluviali di Fascia B-C del PAI ed alle zone di Fascia A del PAI.

Le rispettive normative da applicare in tali classi di fattibilità geologica fanno esplicito e totale rimando alle norme per le fasce fluviali definite nelle Nta del PAI.



<b>CLASSE 4</b> <b>Sottoclasse 4a</b>	Aree comprese in fascia A del PAI – Limitazioni d'uso previste da NTA del PAI art. 29-39
<b>CLASSE 3</b> <b>Sottoclasse 3d</b>	Aree comprese in fascia B e C del PAI – Limitazioni d'uso previste da NTA del PAI art. 30 31-39

Figura 8 - Carta di Fattibilità tratta dal PGT di Nibionno – fuori scala

Dal momento che le limitazioni disposte dalla carta di fattibilità dello studio geologico comunale fanno esplicito e diretto riferimento alla normativa PAI in merito alla fattibilità geologica delle opere in progetto, si rimanda ai contenuti della relazione specialistica idraulica per la determinazione ed espressione della compatibilità degli interventi in progetto.

Per quanto riguarda la Carta dei vincoli (vedi figura 9), si rimanda a quanto già detto, ovvero: presenza di Fasce Fluviali PAI di tipo B e C, Parco Valle Lambro, vincoli D.Lgs 42/2004 (corsi d'acqua, boschi).

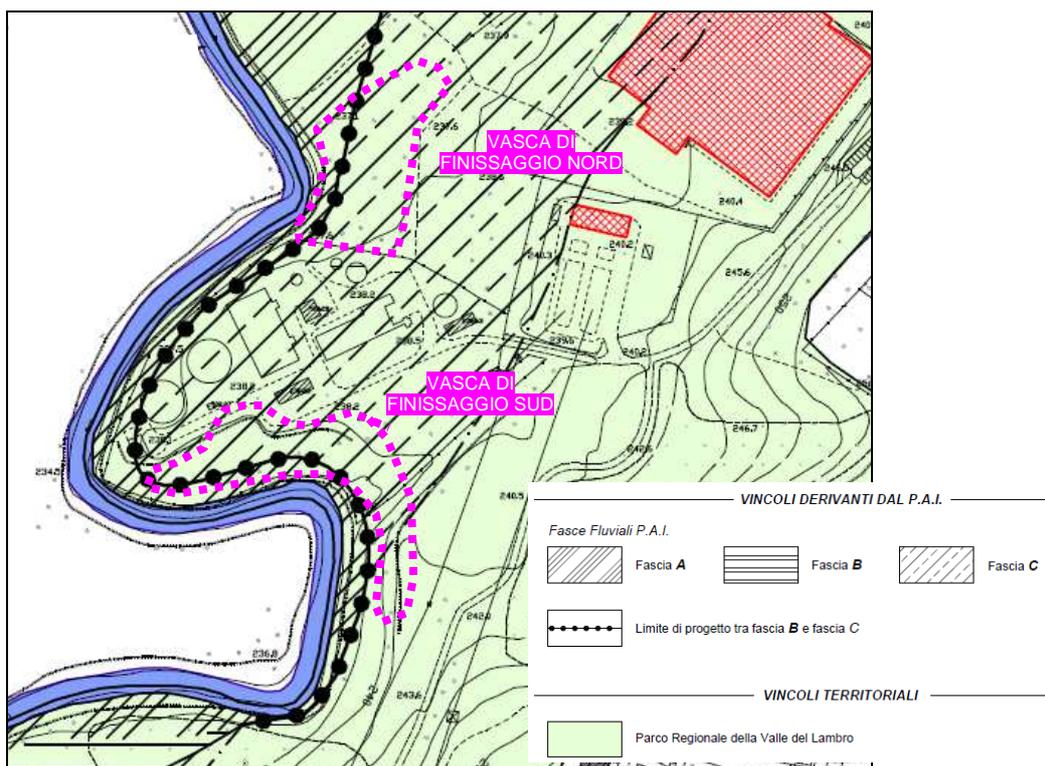


Figura 9 - Carta dei vincoli tratta da PGT Nibionno (aggiornamento 2010) - fuori scala

La carta della pericolosità sismica locale inserisce il terreno in esame in classe Z4a che comprende le zone di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi che potrebbero comportare effetti di amplificazione litologica e geometrica.

La normativa vigente prevede, con questi scenari, l'applicazione rispettivamente del 2° e 3° livello solamente caso di progetti di edifici strategici e rilevanti (quindi non nel caso in esame).

### 5.3 - Studio del reticolo idrico minore

Studio di riferimento principale in materia di vincolistica idraulica è lo studio del Reticolo Idrico Minore, il quale individua i corsi d'acqua appartenenti al reticolo minore, di competenza comunale, le fasce di rispetto degli stessi e le norme per esercitare le attività di polizia idraulica.

Il comune di Nibionno è dotato di tale studio aggiornato dalla Geoinvest Srl nel 2010; esso è stato riportato nello studio del PGT.

Dai contenuti di tale studio (vedi figura 10) emerge che le opere in progetto interferiranno unicamente con le fasce fluviali del fiume Lambro. Non sono indicati ulteriori elementi del reticolo idrografico interferenti con le opere in progetto.

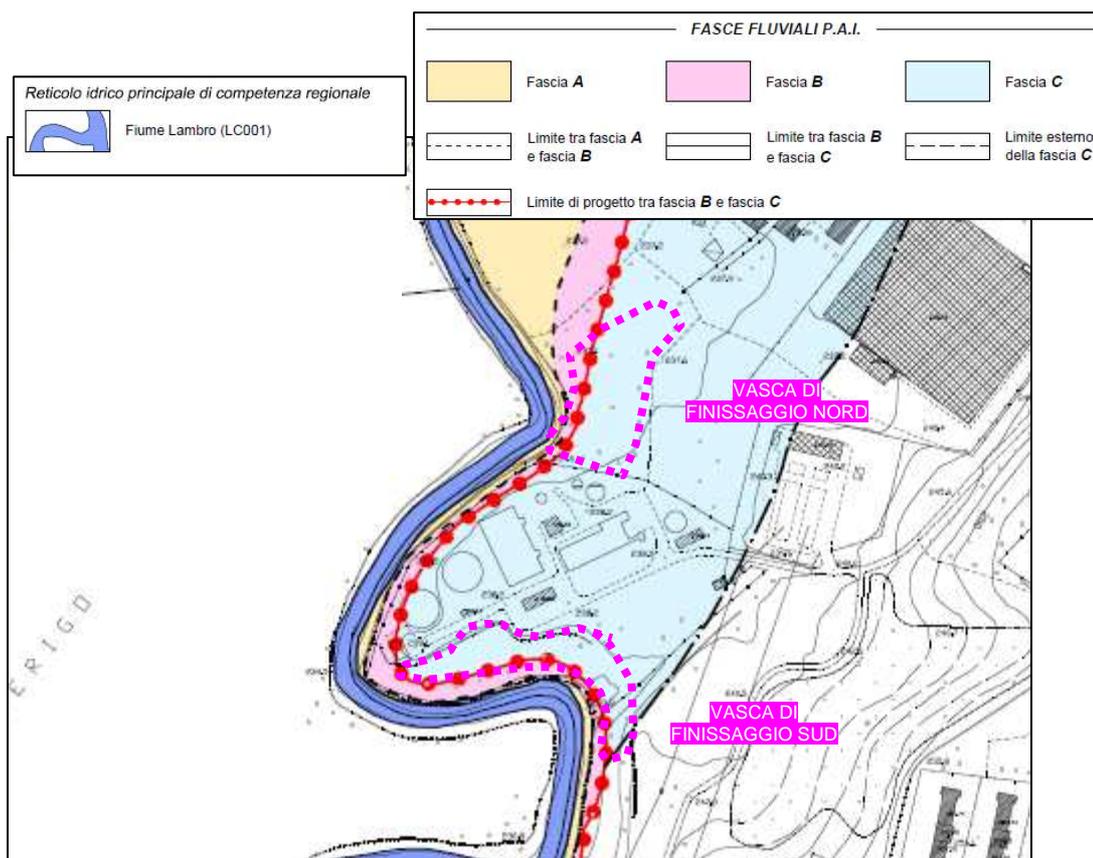


Figura 10 - Stralcio studio del reticolo idrico minore del comune di Nibionno - non in scala

## 6 - ASPETTI SISMICI

### 6.1 - Zonizzazione sismica nazionale e regionale

In l'applicazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 Marzo 2003, è stata redatta una mappa della pericolosità sismica di base per tutto il territorio nazionale, con l'individuazione di quattro zone sismiche a pericolosità decrescente (zona 1, zona 2, zona 3, zona 4) e la formazione degli elenchi dei comuni compresi in ciascuna zona.

Ogni zona sismica è contrassegnata da un diverso range di valori del parametro  $a_g$  corrispondente alla accelerazione di picco orizzontale del suolo, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi, espressa come frazione dell'accelerazione di gravità  $g$ , secondo la seguente tabella.

zona	accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10 % in 50 anni [ $a_g/g$ ]	accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) [ $a_g/g$ ]
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

- Zona 1: è la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti
- Zona 2: zona in cui possono verificarsi terremoti abbastanza forti
- Zona 3: zona in cui possono verificarsi scuotimenti modesti
- Zona 4: zona meno pericolosa; possibilità di danni sismici basse

L'OPCM n. 3274 ha richiesto anche la compilazione di una nuova mappa di pericolosità del territorio Nazionale espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ( $V_{s,30} > 800$  m/s).

Tale mappa è stata approvata con Ordinanza PCM 28 aprile 2006 n. 3519.

La Regione Lombardia con d.g.r. n. X/2129 del 11/07/2014, ha aggiornato la classificazione sismica del territorio comunale.

**Al comune di Nibionno, a cui inizialmente era stata assegnata la zona sismica 4, è attribuita la zona sismica 3.**

L'OPCM n. 3274/2003, oltre a definire una nuova classificazione dei Comuni nazionali, ha introdotto una classificazione del sottosuolo, in "categorie di suolo di fondazione", basata sulla stima di alcuni parametri fondamentali ( $V_s$ ,  $N_{spt}$ ,  $c_u$ , profondità del bedrock). Ad ogni categoria, sono stati attribuiti i valori dei parametri dello spettro di risposta per la stima delle azioni sismiche di progetto. Questa classificazione è stata ripresa (con alcune modifiche) nel D.M. 14/01/2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni).

Le tabelle seguenti (tabella 3.2 II e 3.2 III del D.M. 14/01/2008), riassumono la classificazione del sottosuolo, secondo le citate "categorie".

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <math>V_{s,30}</math> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &gt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &gt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero <math>15 &lt; N_{SPT,30} &lt; 50</math> nei terreni a grana grossa e <math>70 &lt; c_{u,30} &lt; 250</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di <math>V_{s,30}</math> inferiori a 180 m/s (ovvero <math>N_{SPT,30} &lt; 15</math> nei terreni a grana grossa e <math>c_{u,30} &lt; 70</math> kPa nei terreni a grana fina).</i>
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con <math>V_s &gt; 800</math> m/s).</i>
Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

## 6.2 Definizione dell'azione sismica

Con il Decreto Ministeriale del 14/01/2008 sono state approvate le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni. La parte relativa alla determinazione delle azioni sismiche rappresenta

---

una delle principali novità del nuovo testo normativo in quanto viene definitivamente abbandonato il concetto di “Zone Sismiche” e viene introdotto il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (di categoria A) con superficie topografica orizzontale.

La “pericolosità sismica di base” costituisce quindi l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alla progettazione strutturale degli edifici.

Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico in un punto della superficie del suolo è costituito dallo spettro di risposta elastica costituito da uno spettro normalizzato considerato indipendente dal livello di sismicità, moltiplicato per il valore dell’accelerazione massima ( $a_g \times S$ ) del terreno che caratterizza il sito di fondazione.

Gli spettri sono definiti in base a tre parametri fondamentali:

- $a_g$  : accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$  : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro;
- $T_c^*$  : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione.

Questi parametri sono calcolati in funzione del “reticolo di riferimento”. Sul territorio italiano è infatti stata individuata una maglia di circa 10 km di lato, associando a ciascun nodo la definizione di tali parametri. Partendo dai valori nei nodi, per ogni punto individuato sul territorio mediante le sue coordinate geografiche (longitudine, latitudine) e attraverso interpolazione, è possibile individuare i parametri di pericolosità sismica per un periodo di ritorno ( $T_R$ ) assegnato.

Il periodo di ritorno viene valutato in funzione del “Periodo di Riferimento” ( $V_R$ ) ed in base alla corrispondente probabilità del suo superamento allo stato limite che si intende verificare. Il “Periodo di Riferimento” ( $V_R$ ) viene calcolata in funzione della “Vita Nominale” e del “Coefficiente d’uso” ( $C_U$ ).

Per l’area di intervento, in questa fase del lavoro, sono stati ricavati i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$ , calcolati come media dei valori dei nodi della griglia di riferimento, presupponendo una Vita Nominale (VN) 50 anni e una classe d’Uso II, per i vari stati limite.

Questi parametri andranno verificati in fase progettuale/esecutiva dal Progettista e dove necessario valutati per ogni singola opera prevista dal progetto (quindi con le esatte coordinate, classe d’uso e vita nominale).

La definizione delle azioni di progetto comporta, oltre alla conoscenza della “pericolosità sismica di base”, la definizione di altri parametri. Si tratta in pratica di “modificare” la forma spettrale del sottosuolo di categoria A, attraverso un coefficiente stratigrafico ( $S_s$ ), un coeffi-

ciente topografico ( $S_t$ ) e un coefficiente in funzione della categoria ( $C_c$ ) che modifica il valore del periodo  $T_c$ .

Nel caso in esame potrà essere utilizzata la categoria topografia **T1** (*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <15°*). Per quanto riguarda la categoria di suolo il rilievo e le indagini effettuate portano a far ritenere utilizzabile la **Categoria D**.

Pertanto:

- Vita nominale: 50 anni
- Classe d'uso II
- Categoria sottosuolo D
- Categoria topografica T1

*Tabella 1 - Parametri sismici e coefficienti sismici sito*

Stati limite		PVR (%)	Tr (anni)	ag (g)	Fo	Tc (s)	Coefficienti sismici fondazioni						
							Ss	CC	St	kh	kv	A max (m/s <sup>2</sup> )	βs
SLE	SLO	81	30	0,018	2,573	0,158	1,80	3,140	1,00	0,007	0,003	0,320	0,20
	SLD	63	50	0,023	2,550	0,185	1,80	2,900	1,00	0,008	0,004	0,408	0,20
SLU	SLV	10	475	0,049	2,632	0,277	1,80	2,370	1,00	0,018	0,009	0,866	0,20
	SLC	5	975	0,060	2,665	0,298	1,80	2,290	1,00	0,021	0,011	1,052	0,20

---

## 7 - RICOSTRUZIONE ASSETTO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO DEL SOTTOSUOLO

In relazione alla verifica della fattibilità delle due vasche di finissaggio in progetto, al fine di definire il modello geologico del sito in esame, si è fatto riferimento alle seguenti analisi:

- indagini pregresse effettuate nelle immediate vicinanze del sito di intervento;
- n. 11 scavi esplorativi;
- n. 9 prove di permeabilità in pozzetto superficiale;
- n. 4 prove penetrometriche di tipo DPSH con posa in opera di tubazioni piezometriche;
- monitoraggio piezometrico;
- rilievo geologico di terreno.

Gli esiti della campagna di indagini geognostiche effettuati a supporto del progetto sono contenuti nello specifico REPORT INDAGINI GEOLOGICHE redatto in data 02/10/2014.

L'ubicazione delle indagini è riportata nella Tavola 2 in allegato e sull'ortofoto digitale riportata in figura 11.

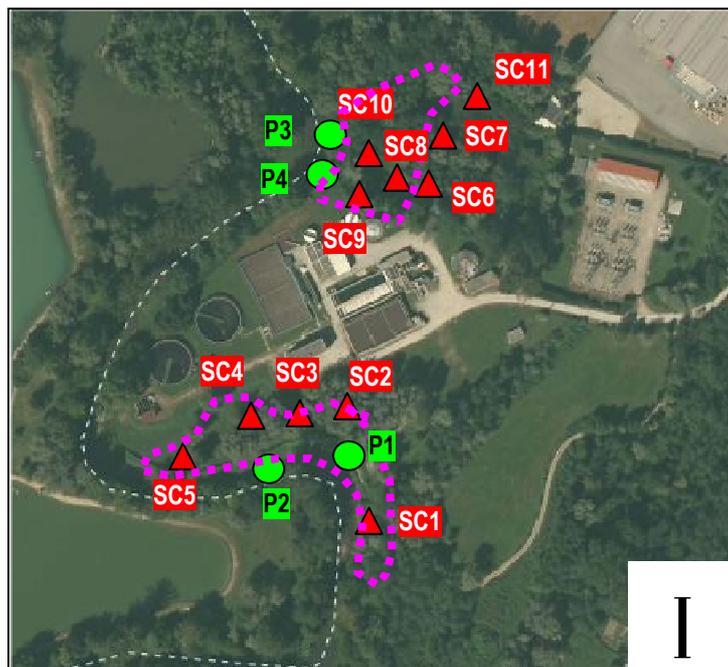


Figura 11 - Ubicazione indagini eseguite nel corso del presente lavoro - non in scala

### 7.1 - Indagini pregresse

Sono stati consultati i dati derivanti da indagini pregresse effettuate in corrispondenza dell'area in esame, in particolare alcuni sondaggi geognostici e prove SPT in foro, eseguiti per conto della VALBE Servizi Spa nel 1997 e nel 2007, a supporto del progetto di ampliamento dell'impianto di depurazione. L'ubicazione di tali indagini è riportata nella figura 12.

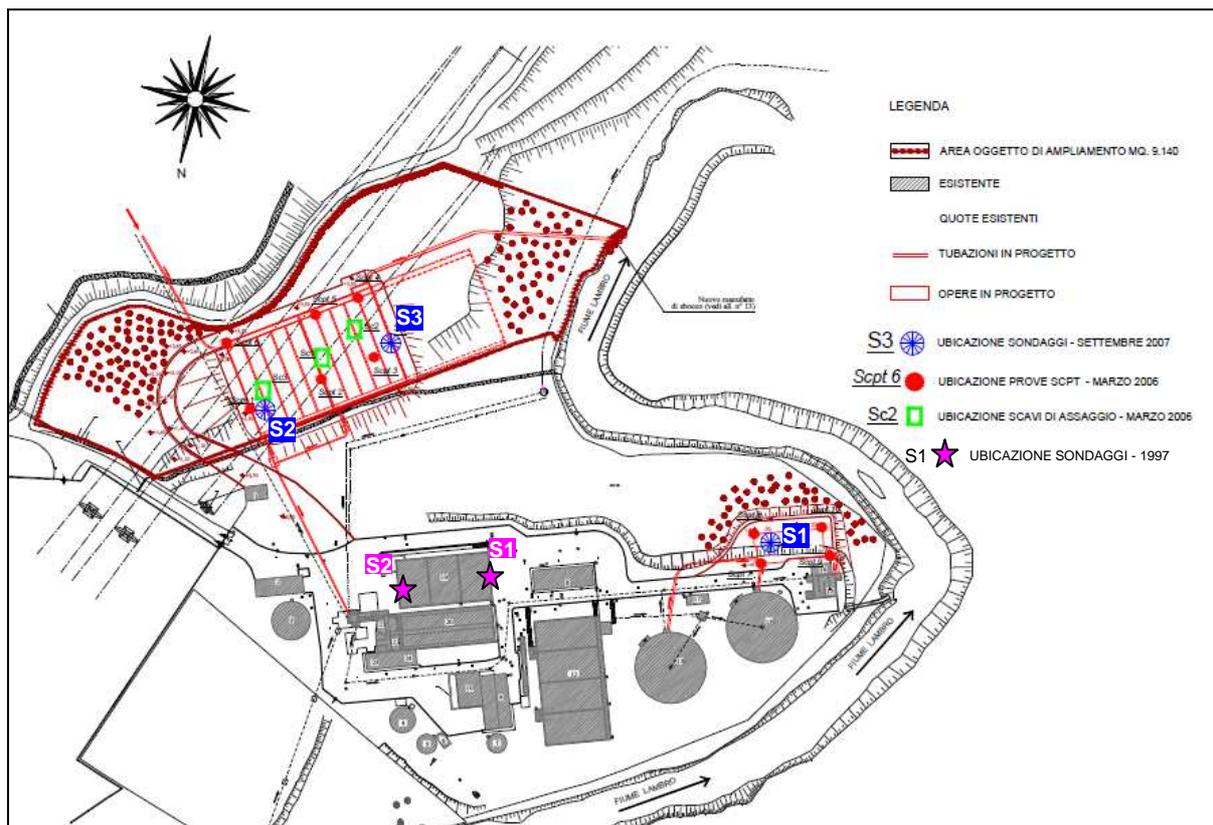


Figura 12 - Ubicazione indagini eseguite per conto di VALBE nel 2007- non in scala

Di seguito si riportano le stratigrafie dei sondaggi **S1** e **S2** eseguiti nel 1997 per la realizzazione di una vasca di denitrificazione.

Profondità dal p.c. (m)	Tipo di terreno
da 0.0 m a -0.8/-3 m	terreno di riporto (sabbia con mat. antropico)
da -0.8/-3 m a -5.3/-5.8 m	Sabbia limosa con rara ghiaia e lenti limose
da -5.3/-5.8 m a -11/-14 m	argille limose con rarissima ghiaia
da -11/-14 m a -15/-19.1 m	limi argillosi con poca sabbia
da -15/-19.1 a -15.7/-20	Cappellaccio ghiaioso sabbioso con ciottoli
oltre -15.7/-20	Roccia in posto (calcare marnoso)

Durante l'esecuzione dei sondaggi è stato misurato un livello di falda pari a -2 metri da piano campagna.

Le prove di laboratorio effettuate su di un campione prelevato nel sondaggio **S2**, a profondità di 9,0 – 9,6 m dal p.c., hanno fornito gli esiti sintetizzati nella Tabella 2.

Tabella 2 - Analisi di laboratorio campione indagine 1997

Granulometria	Sabbia: 1,5% - Limo 54,5 % - Argilla 44%
	Definizione: Limo con Argilla - USCS: CL
Limiti Atterberg	LL 31% - LP 20% - IP 11%
Prova di taglio diretto	$\Phi = 23^\circ,5$ $c=0,13$ kPa
Prova edometrica	Indice di compressibilità $av = 0,05 - 0,01$ cmq/kg
	Coeff. Compressibilità volumetrico $mv = 0,026 - 0,004$ cmq/kg
	Modulo edometrico 40-70 Kg/cmq
	Permeabilità $k = 2 \cdot 10^{-5} - 2,5 \cdot 10^{-5}$ cm/s

I sondaggi **S1**, **S2** ed **S3** le cui stratigrafie semplificate sono riportate di seguito, sono stati eseguiti nel 2007 ad integrazione delle precedenti indagini e mostrano le stratigrafie seguenti.

**Sondaggio S1**

Profondità da p.c. attuale (m)	Tipo di terreno
Da 0.0 a -7.0	Sabbia media fine limosa in profondità
Da -7.0 a -10.0	Limo argilloso con livelletti sabbiosi-ghiaiosi
Da -10.0 a -17.0	Limo argilloso
Da -17.0 a -24.0	Limo argilloso con livelletti sabbiosi-ghiaiosi
Da -24.0 a -30.0	Limo argilloso

**Sondaggio S2**

Profondità da p.c. attuale (m)	Tipo di terreno
Da 0.0 a -3.0	Riporto
Da -3.0 a -5.0	Limo sabbioso/ghiaioso
Da -5.0 a -18.0	Limo argilloso debolmente sabbioso
Da -18.0 a -25.0	Limo argilloso con livelletti ghiaiosi
Da -25.0 a -29.0	Limo argilloso sabbioso talvolta debolmente ghiaioso
Da -29.0 a -33.0	Sabbia medio fine con livelli cementati verso il fondo

**Sondaggio S3**

Profondità da p.c. attuale (m)	Tipo di terreno
Da 0.0 a -1.0	Riporto
Da -1.0 a -4.0	Sabbia e ghiaia in matrice limosa mista a materiale di riporto
Da -4.0 a -12.0	Limo sabbioso
Da -12.0 a -14.0	Limo
Da -14.0 a -28.0	Limo sabbioso con ghiaia e ciottoli
Da -28.0 a -30.0	Limo e ghiaia con ciottoli

I sondaggi eseguiti hanno evidenziato la presenza di terreni limoso-sabbiosi fini con percentuali variabili di sabbia e talvolta ghiaia, fino a circa 30 m da profondità da p.c..

Ne derivano valori di permeabilità molto basse per quanto riguarda gli strati superficiali naturali. I terreni di riporto ove si imposta l'impianto di depurazione sono invece caratterizzati da valori di permeabilità più alti.

Per quanto riguarda i caratteri idrogeologici dell'area, la quota della falda rilevata nel sondaggio S1 indica la completa continuità idraulica con i livelli del Lambro, con valori di soggiacenza pari a -2,1 m da piano campagna.

## 7.2 - Scavi esplorativi

Ai fini dell'accertamento della natura litologica dei terreni interessati dalle opere, in data 10 e 11/09/2014 sono stati realizzati n. 11 scavi esplorativi (individuati nella figura 12 e nella Tavola 2 in allegato con le sigle SC1÷S11) mediante escavatore meccanico.

Di seguito viene riportata una tabella riassuntiva degli esiti di tali indagini.

Tabella 3 - Sintesi esiti scavi esplorativi

SCAVO	VASCA	PROF. SCAVO (m)	PROF. FALDA (m)	STRATIGRAFIA (m)
SC1	SUD	2,2	1,9	0÷0,7 SUOLO (SABBIE LIMOSO-GHIAIOSE) 0,7÷1,5 SABBIE FINI 1,5 ÷ 1,9 LIMI SABBIOSI 1,9÷2,2 SABBIE
SC2	SUD	2,2	2,1	0÷0,5 RIPORTO CON GSC E LATERIZI 0,5÷2,2 SABBIE LIMOSE DEB. ARGILLOSE
SC3	SUD	2,4	n.r.	0÷0,3 RIPORTO SG CON LATERIZI 0,3÷1,7 LIMI SABBIOSI CON ARGILLA 1,7÷2,4 LIMI SABBIOSI
SC4	SUD	2,4	2,2	0÷2,2 LIMI SABBIOSO-ARGILLOSI 2,2÷2,4 SABBIE
SC5	SUD	2,6	n.r.	0÷0,3 GHIAIE FINI E SABBIE 0,3÷0,8 SABBIE LIMOSE 0,8÷1,3 SABBIE E SABBIE FINI 1,3÷2,6 SABBIE E SABBIE LIMOSE
SC6	NORD	2,5	2,2	0÷1,5 RIPORTO GSC CON LATERIZI, CLS 1,5÷2,5 SABBIE
SC7	NORD	2,7	2,5	0÷2,5 RIPORTO GS CON LIMI, LATERIZI E CLS 2,5÷2,7 SABBIE LIMOSE
SC8	NORD	2,5	2,2	0÷0,6 RIPORTO SGL CON LATERIZI 0,6÷1,3 GHIAIE SABBIOSO-LIMOSE 1,3÷1,6 GHIAIE LIMOSO-SABBIOSE CON CIOTTOLI 1,6÷2,5 GHIAIE SABBIOSO-LIMOSE CON CIOTTOLI
SC9	NORD	2,5	2,5	0÷0,9 SUOLO (SABBIE) 0,9÷1,3 SABBIE 1,3÷2,5 GHIAIE CON SABBIE LIMOSE
SC10	NORD	2,5	2,3	0÷0,5 SUOLO (SABBIE E LIMI) 0,5÷1,8 SABBIE CON SABBIE GHIAIOSE E LIMI 1,8÷2,3 LIMI ARGILLOSI CON SABBIE LIMOSE 2,3÷2,5 LIMI ARGILLOSI E ARGILLE LIMOSE CON SABBIE
SC11	NORD	2,4	n.r.	0÷0,6 RIPORTO GSL CON MATTONI 0,6÷1,5 RIPORTO GSL CON MATTONI E LATERIZI 1,5÷2,4 RIPORTO GSL CON LATERIZI

Nel complesso gli scavi hanno raggiunto profondità comprese tra 2,2 m e 2,7 m, evidenziando (non in tutti gli scavi) un livello freatico compreso tra 1,9 e 2,5 metri.

Per quanto attiene la Vasca Sud si riconoscono terreni a prevalente composizione limosa o sabbioso limosa, con passaggio a termini più francamente sabbiosi in direzione delle sponde del fiume Lambro (SC1 e SC5).

Nel settore Nord emerge un assetto litologico più variegato, con presenza di termini ghiaioso

limosi, intercalati e frammisti a livelli più francamente limosi. Nel settore Est, al bordo dell'intervento in progetto, si osserva la presenza di riporti, ben individuabili sul terreno anche per la presenza di orlo di terrazzo morfologico che ne definisce il perimetro.

### 7.3 - Prove di permeabilità in pozzetto superficiale

Le prove in pozzetto superficiale forniscono una valutazione della permeabilità dei terreni superficiali e sono adatte soprattutto per terreni granulari.

Le prove eseguite hanno fatto riferimento agli schemi contenuti nelle raccomandazioni A.G.I. (*raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche – 1977*).

La procedura prevede di eseguire pozzetti cilindrici o a base quadrata (vedi figura 13) con pareti verticali o inclinate. Le prove sono effettuate riempiendo d'acqua il pozzetto e misurando la portata necessaria per mantenere costante il livello (prove a carico costante) oppure misurando la velocità di abbassamento del livello in funzione del tempo (prova a carico variabile). Perché le prove siano significative il terreno deve essere preventivamente saturato e si deve stabilire un regime di flusso permanente.

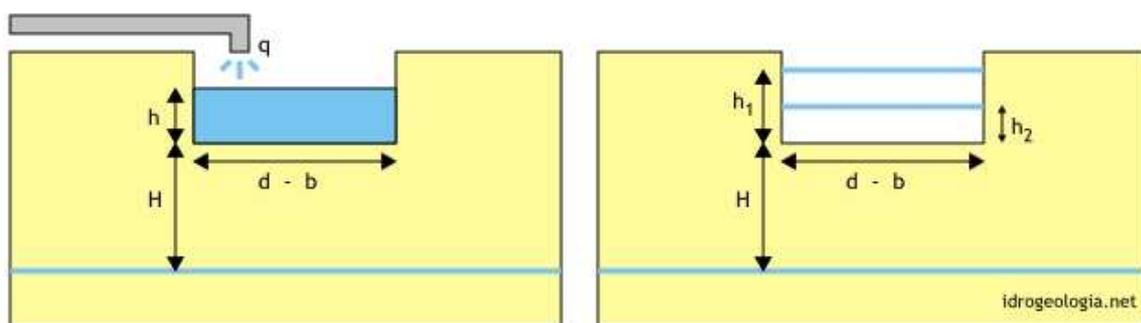


Figura 13 - Schema prova di permeabilità in pozzetto superficiale a carico costante (a sx) e a carico variabile (a dx)

Per la valutazione del coefficiente di permeabilità, si utilizzano formule empiriche, valide per un terreno omogeneo, isotropo e con permeabilità non inferiore a  $10^{-6}$  m/s.

Il coefficiente di permeabilità viene calcolato con le relazioni seguenti:

Prova a carico costante in pozzetto quadrato:

$$k = \frac{q}{b^2} \cdot \frac{1}{\frac{27 \cdot h}{b} + 3}$$

Prova a carico variabile in pozzetto quadrato:

$$k = \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \cdot \frac{1 + \left(\frac{2 \cdot h_m}{b}\right)}{\left(\frac{27 \cdot h_m}{b}\right) + 3}$$

dove:

- $q$  = portata assorbita a livello costante [ $m^3 / s$ ];
- $h_m$  = altezza media dell'acqua nel pozzetto durante la prova a carico variabile ( $h_m > \frac{1}{4} d$ )

---

[m];

- h = altezza dell'acqua nel pozzetto misurata dalla base del pozzetto durante la prova a carico costante [m];
- b = lato della base del pozzetto a base quadrata [m];
- $t_2 - t_1$  = durata della prova a carico variabile [s];
- $h_1$  e  $h_2$  = altezze dell'acqua nel pozzetto misurate dalla base del pozzetto all'inizio e alla fine della prova a carico variabile [m].

Le prove di permeabilità, eseguite in data 10/09/2014 in corrispondenza di tutti gli scavi ad eccezione degli scavi denominati S7 e S11 (vedi figura 12 e Tavola 2), sono state effettuate a carico variabile, ovvero misurando gli abbassamenti del livello idrico nel pozzetto in funzione del tempo.

Nella tabella 4 sono sintetizzati gli esiti delle determinazioni effettuate.

*Tabella 4 - Sintesi prove di permeabilità in pozzetto superficiale*

SCAVO	DIMENSIONI SCAVO (m)	ALTEZZA (m)	FALDA (m)	PERMEABILITA' (m/s)
SC1	1,4 x 1	1,2	1,9	$4,56 * 10^{-6}$
SC2	1,3 x 1	1,1	2,1	$< 10^{-6}$
SC3	1,4 x 0,9	1,2	-	$< 10^{-6}$
SC4	1,5 x 1	1,4	2,2	$< 10^{-6}$
SC5	1,3 x 1	1,3	-	$9 * 10^{-6}$
SC6	1,5 x 0,9	2,3	2,2	$2,97 * 10^{-6}$
SC7	-	-	-	non eseguita
SC8	1,2 x 1	1,5	2,5	$1,96 * 10^{-6}$
SC9	1,8 x 1	2,5	2,5	$7,17 * 10^{-6}$
SC10	2,5 x 1	2	2,3	$9 * 10^{-6}$
SC11	-	-	-	non eseguita

In generale, i valori di permeabilità ricavati possono essere considerati mediamente bassi e sono paragonabili a quelle di terreni sabbioso-limosi con argilla (figura 14), come effettivamente riscontrato negli scavi esplorativi eseguiti (vedi paragrafo 7.2).

Si osserva a tal proposito che l'unico dato di permeabilità relativo ai terreni posti a profondità maggiori rispetto alle determinazioni svolte in pozzetto superficiale (9 m dal p.c.), deducibile dalle indagini pregresse, indica una diminuzione della permeabilità con la profondità.

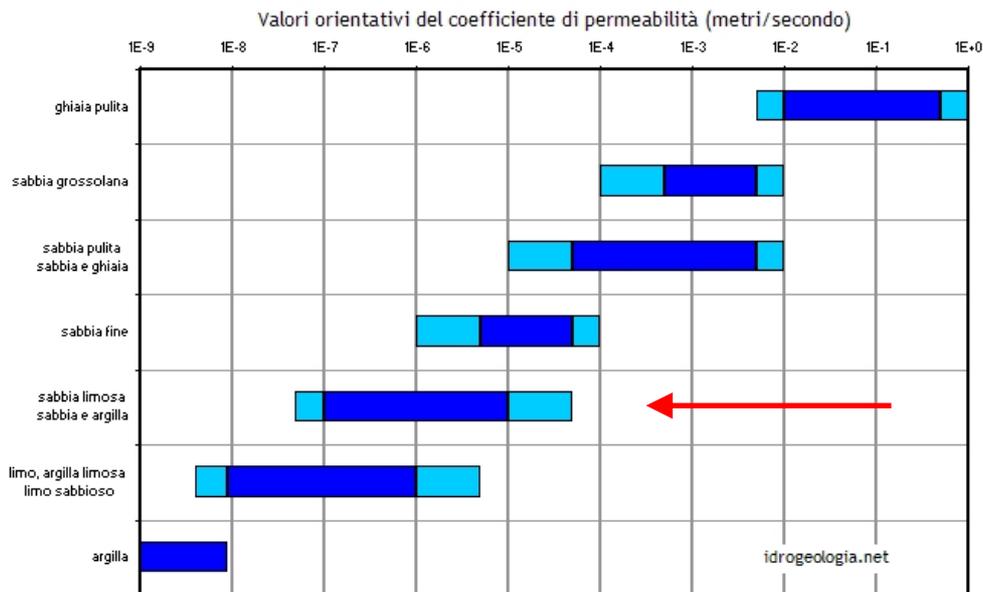


Figura 14 - Schema range permeabilità terreni. La freccia rossa indica il caso in esame

#### 7.4 - Prove penetrometriche attrezzate con piezometro

In data 12/09/2014 sono state realizzate n. 4 prove penetrometriche dinamiche tipo DPSH spinte fino alla profondità di -8,2 m da p.c.. L'ubicazione delle prove è riportata nella Figura 12 e nella Tavola 2 in allegato.

La prova penetrometrica dinamica continua (DPSH) consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno dal piano campagna una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta prolungabile mediante l'aggiunta di successivi spezzoni. L'infissione avviene per battitura facendo cadere da un'altezza costante un maglio di peso standard. Durante l'esecuzione della prova viene contato il numero di colpi ( $N_{20}$ ) necessario all'avanzamento dell'asta per tratti successivi di 20 cm. Questo tipo d'indagine ha il pregio di fornire informazioni continue sulla resistenza alla penetrazione dinamica, ma presenta il grosso difetto di non dare indicazioni specifiche circa la natura litologica del terreno investigato. E' stato utilizzato un penetrometro dinamico Pagani modello TG 63/100 installato su di un cingolato semovente con le seguenti caratteristiche tecniche:

- peso del maglio: 63,5 kg
- altezza di caduta: 75 cm
- angolo al vertice punta conica: 90°
- diametro punta conica: 51 mm
- diametro aste: 32 mm

Le prove eseguite hanno evidenziato la presenza di terreni con caratteristiche geotecniche me-

---

diocri e cioè con basso grado di addensamento fino alle massime profondità indagate. Nella sola prova P1 si osserva un lieve incremento del grado di consistenza a profondità superiori a 6 m dal p.c.. La geometria del diagramma delle prove indica che si tratta di terreni con un comportamento sia attritivo che coesivo. Tale natura viene confermata dagli esiti delle indagini bibliografiche disponibili.

#### 7.5 - Monitoraggio piezometrico

In corrispondenza delle prove penetrometriche denominate P1, P3 e P4 sono stati installati dei piezometri microfenestrati in PVC, con diametro pari a  $\frac{3}{4}$  di pollice, per il monitoraggio del livello piezometrico della falda.

E' stato inoltre verificato il livello piezometrico nel sondaggio S1 presente nel sito in esame.

Tale sistema consente di procedere ad un monitoraggio dei livelli della falda idrica riconosciuta nel sottosuolo dell'area indagata. Si rammenta a tal proposito che per una completa definizione del regime idrologico delle acque sotterranee occorre un monitoraggio protratto per almeno un intero ciclo stagionale.

Nella seguente tabella 5 si sintetizzano gli esiti delle misurazioni svolte in data 12/09/2014.

*Tabella 5 - Dati piezometrici*

<b>Piezometro di controllo</b>	<b>Soggiacenza falda m dal p.c.</b>
P1	-2,03
P3	-5,16
P4	-2,65
S1	-2,09

Si osserva una soggiacenza media del livello idrico posto a circa 2 m dal p.c., valore confrontabile con quanto osservato negli scavi esplorativi.

Si discosta datale valore il piezometro P3. Ciò però potrebbe essere correlato alle disomogeneità litologiche riscontrate nel sottosuolo, ove la presenza di maggiori frazioni limoso argillose condiziona localmente il flusso delle acque sub superficiali. In effetti alcuni scavi esplorativi non hanno mostrato livello idrico sino alla massima profondità di scavo.

#### 7.6 – Analisi chimiche

Le indagini geologiche svolte hanno previsto il campionamento di alcuni orizzonti stratigrafici in fase di effettuazione degli scavi esplorativi al fine di verificare i requisiti di qualità ambientale della matrice terreno interessata dalle operazioni di scavo.

---

Nella tabella 6 vengono sintetizzati i campioni prelevati, le analisi svolte ed i relativi esiti. Viene fatto riferimento ai soli campioni prelevati da scavi posti entro il perimetro delle opere in progetto.

*Tabella 6 - Esiti delle analisi chimiche sulla matrice terreno*

Campione	Scavo	Profondità	TIPOLOGIA ANALISI	ESITO
A1	SCAVO 2	0-0,5m	CSC – (pacchetto terre completo DM 161/2012)	Entro limiti Tabella 1/A All.5 Titolo V D.Lgs152/2006
A2	SCAVO 2	0-0,5m	Test di cessione ai sensi DM 05/02/1998	CONFORME
B	SCAVO 5	0-1,5 m	CSC – (pacchetto terre completo DM 161/2012)	Entro limiti Tabella 1/A All.5 Titolo V D.Lgs152/2006
F	SCAVO 8	0,5 – 1,5	CSC – (pacchetto terre completo DM 161/2012)	Entro limiti Tabella 1/A All.5 Titolo V D.Lgs152/2006

Si ricava che i campioni di terreno prelevati in corrispondenza delle aree di intervento mostrano la presenza di terreni compatibili sotto il profilo di qualità ambientale con le destinazioni attuali e previste dell'area.

Ove campionato l'orizzonte di riporto (Campiona A2 - Scavo 2), lo stesso è risultato conforme al test di cessione ai sensi del DM 05/02/1998.

Le analisi puntuali effettuate indicano pertanto fattibile, sotto il profilo della qualità ambientale della matrice terreno, il riutilizzo in sito dei terreni ai sensi dell'art. 185 comma 1 lettera c.

Il rilievo di terreno ha messo in luce la sporadica presenza in superficie di accumuli localizzati di materiale antropico, in prevalenza costituito da inerti (laterizi), specie lungo le sponde della roggia esistente e delimitante a Nord l'intervento. Tali materiali dovranno essere accantonati e smaltiti quali rifiuti.

Si ribadisce infine che le valutazioni qui svolte derivano da analisi puntuali e che, qualora in fase di realizzazione dell'opera vengano riscontrate condizioni difformi rispetto a quelle attualmente determinabili, occorrerà procedere ad adeguamento ed integrazione delle analisi e delle procedure prospettate.

---

### 7.7 – Rilievo di terreno

La ricostruzione dell'assetto geologico, stratigrafico e geomorfologico del sito è stata fondata su accurato rilievo delle aree oggetto di intervento e dei settori ad esso attigui.

Il sito di intervento si colloca ad una quota media di 240 m s.l.m. e si caratterizza per morfologie blande, pressochè tabulari, a debole pendenza verso l'incisione del torrente Lambro.

L'analisi della morfologia di dettaglio dei siti consente di ricavare la presenza di terrazzi di natura antropica, che delimitano le aree oggetto di rimodellamento tramite messa in posto di terreni alloctoni.

Le sponde del fiume Lambro sono naturali, solo localmente sono presenti opere di sistemazione e consolidamento spondale, costituite da scogliere in massi. Ciò consente di riconoscere la natura litologica delle sponde, costituite da terreni sabbioso limosi con passate ghiaiose.

Lungo le anse esterne del fiume sono inoltre evidenti fenomeni di erosione spondale, che portano a scalzare ed arretrare le sponde. Si segnala a tal proposito la presenza di dissesto spondale, posizionato circa 30 m a Nord del punto di recapito della vasca Sud. Si tratta di scivolamento rotazionale, di larghezza pari a circa 7 m che causa un ribassamento della nicchia di entità pari a circa 1,5 m.

Nella porzione meridionale e settentrionale dell'area di intervento si osserva la presenza di scoline e piccoli impluvi secondari che convogliano le acque di ruscellamento in direzione del fiume Lambro. Alcuni di tali elementi idrografici ricevono probabilmente gli apporti dei flussi sub-superficiali permeanti il primo sottosuolo.

La presenza di terreni fini favorisce localmente la formazione di ristagni idrici, specie a seguito di eventi piovosi, come osservato in larghi punti della vasca Sud.

---

## 8 - MODELLO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO DEL SOTTOSUOLO

I dati e le indagini disponibili consentono di delineare il modello geologico del sottosuolo dell'area di intervento.

Nella Tavola 2 sono riportate le sezioni geologico-tecniche di correlazione delle indagini svolte e dei dati bibliografici significativi.

Nella figura 14 è riportata una stratigrafia sintetica del sottosuolo.

In linea generale, nel sito oggetto di intervento si possono distinguere i seguenti orizzonti.

**L'orizzonte R**, costituito da terreni di riporto, può presentare caratteri assai variabili da punto a punto, in funzione delle modalità di messa in posto e delle caratteristiche costitutive. Mostra spessori assai variabili. In corrispondenza del sito di realizzazione delle due vasche ha spessori assai contenuti mentre in estesi settori del sito di intervento risulta del tutto assente. Gli spessori massimi di tale orizzonte sono presenti in corrispondenza del sedime dell'impianto di depurazione e lungo il terrazzo morfologico bordante ad Est la vasca Nord.

**L'orizzonte A** è costituito da prevalenti terreni fini, in genere costituiti da limi sabbioso argillosi. Può comprendere livelli più francamente sabbiosi o ghiaioso sabbiosi con limo. Si tratta di terreni sciolti o molli, con scadenti caratteristiche geotecniche, spesso poco o non permeabili. Mostra valori di resistenza alla penetrazione dinamica medi (Nspt) pari a 3,9 colpi/piede. Si tratta di terreni con comportamento almeno parzialmente coesivo. Mostra spessore di diversi metri, con valori minimi determinati in 6 m.

**L'orizzonte B**, è l'orizzonte più profondo indagato, e riscontrato direttamente nella sola prova penetrometrica P1, a profondità superiori a 6 m dal p.c.. E' costituito da terreni poco addensati/mediamente consistenti, mostrando valori di resistenza alla penetrazione dinamica medi (Nspt) pari a 10 colpi/piede. Dal punto di vista litologico si caratterizzano per un incremento della frazione fine rispetto all'orizzonte soprastante, sebbene possano rinvenirsi locali livelli più francamente sabbiosi, di modesto spessore.

Sulla base delle indagini geognostiche svolte, alla luce delle conoscenze disponibili, si sono potuti ricavare i principali parametri attribuibili agli orizzonti riconosciuti, indicati in tabella 7.

La correlazione tra  $N_{20}$  con Nspt (standard penetration test) è stata eseguita normalizzando i valori sia per le caratteristiche delle attrezzature utilizzate sia per le litologie incontrate. Il valore assunto del fattore di correzione complessivo è stato assunto pari a 1,75, in linea con quanto indicato in letteratura. Il parametro Nspt può essere messo in relazione con alcuni parametri geotecnici, a tal fine sono state utilizzate le formulazioni proposte in letteratura.

Per la definizione dei valori di coesione efficace, non determinabili con le prove penetrometriche, si è fatto riferimento a quanto desunto dalle indagini pregresse.

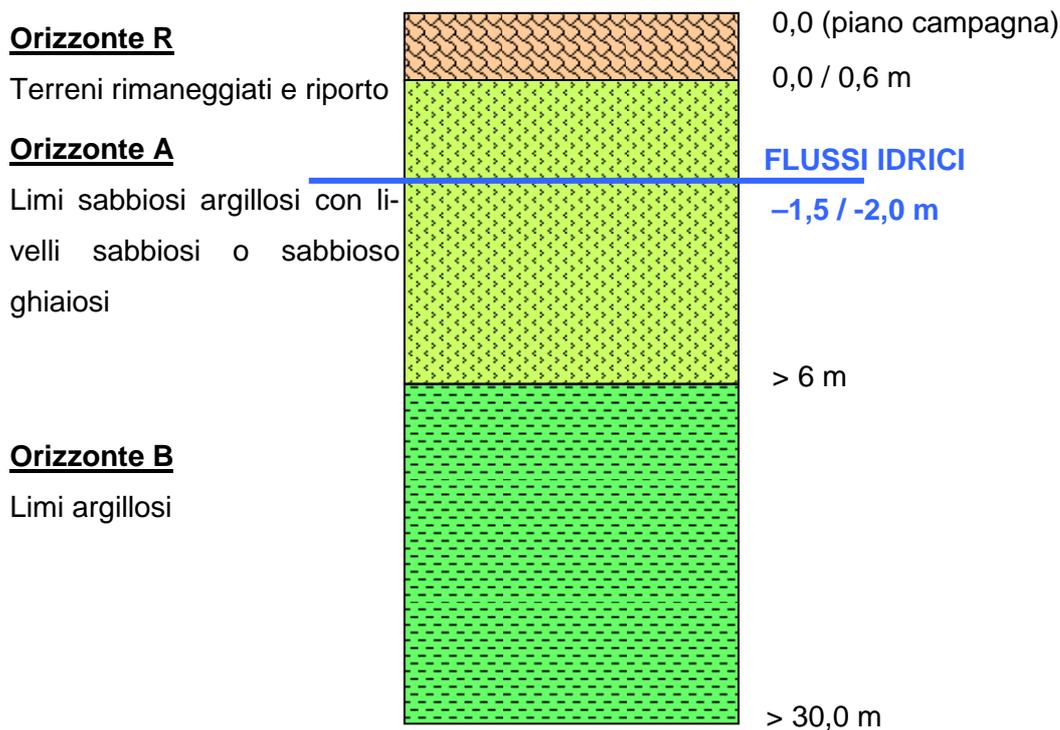


Figura 15 – Stratigrafia media sottosuolo area di indagine

Tabella 7 - Sintesi parametri geotecnici medi

		Orizzonte A	Orizzonte B
N <sub>20</sub>		2,3	6,3
N <sub>SPT</sub>		3,9	10,7
Dr (%)		32	41
γ (kN/m <sup>3</sup> )		16,6	17,0
γ <sub>sat</sub> (kN/m <sup>3</sup> )		19,2	19,6
φ (°)	medio	25,8	27,5
	caratteristico	25,6	27,5
c' (kPa)		5-10	5-15
cu (kPa)		27-41	60-115
E (kPa)		3100	8600
Definizione		Sciolto / molle.	Poco addensato / med. consistente

---

$N_{20}$  = numero colpi prova Scpt, in colpi/piede

$N_{SPT}$  = corrispondente valore Nspt in colpi/piede

$D_r$  = densità relativa

$\gamma - \gamma_{sat}$  = peso di volume e peso di volume saturo, stimato sulla scorta del grado di addensamento del terreno

$\phi$  = angolo di attrito determinato sulla base di correlazioni in funzione della litologia presunta

$c'$  = coesione efficace

$c_u$  = coesione non drenata

$E$  = modulo di deformabilità

$\phi_k$  = valore caratteristico del parametro, determinato secondo la formula

$$x_k = x_{medio} * (1 + X * V_x)$$

$X$  = parametro dipendente dalle legge di distribuzione delle probabilità e della probabilità di non superamento adottata. Per legge di tipo gaussiano e probabilità non superamento del 5% è assunto pari a -1,645

$V_x$  = coefficiente di variazione (COV) del parametro, definito come rapporto tra scarto quadratico medio e valore medio

## 9 - INDICAZIONI SULLE OPERE

Gli interventi in progetto prevedono sostanzialmente la realizzazione di due vasche per l'affinamento depurativo degli effluenti. Tali vasche saranno realizzate tramite operazioni di movimento terra di entità contenuta. Le opere e sistemi geotecnici correlati alla realizzazione delle opere sono limitati.

Sono inoltre previsti interventi per la messa in sicurezza idraulica e controllo dell'erosione della sponda sinistra del Lambro lungo l'area di intervento, mediante opere di ingegneria naturalistica, consolidamento e rinforzo della sponda, riqualificazione e potenziamento della fascia ripariale.

Con riferimento al progetto visionato si possono riportare delle considerazioni riportate di seguito riguardo le opere principali da realizzare.

La vasche verranno realizzate effettuando movimenti terra (scavi / riporto) fino alle quote di progetto. Gli scavi previsti avranno quindi entità ridotta, raggiungeranno altezze massime inferiori a 1,5 m e si ridurranno avvicinandosi al F. Lambro.

In ogni caso, anche dove teoricamente non si prevedono scavi, andrà asportata la coltre superficiale di terreno di coltivo, da accantonarsi per le finiture delle opere. Il materiale escavato risulta idoneo al reimpiego in sito sotto il profilo della qualità ambientale. Mostra altresì scarse o scadenti caratteristiche geotecniche e litologiche, e quindi non risulta idoneo per la formazione di rilevati.

---

Il fondo vasche non pare possa intercettare i flussi idrici permeanti il sottosuolo, almeno sulla base dei dati attualmente disponibili e nelle condizioni di esercizio dell'opera.

In considerazione della eterogeneità locale del primo sottosuolo, che mostra in genere terreni limoso sabbiosi poco permeabili, cui però si intercalano o frapongono livelli più marcatamente sabbiosi o sabbioso ghiaiosi, non si può garantire la completa protezione da infiltrazioni nel sottosuolo su tutta la estensione areale delle due vasche in progetto. Si ritiene quindi necessario la realizzazione di impermeabilizzazione delle vasche ove il fondo naturale non fornisca idonee garanzie al riguardo. Allo stesso modo si dovrà procedere mediante impermeabilizzazione delle sponde delle vasche.

## 10 - CONCLUSIONI

La presente relazione geologica è stata redatta a supporto della progettazione definitiva dell'intervento di "Affinamento depurativo a valle del depuratore in comune di Nibionno (Lc)".

Nella presente relazione, che costituisce relazione geologica e geotecnica di caratterizzazione del terreno a supporto della progettazione definitiva delle opere, sono definiti:

- Caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici dell'area di intervento;
- Modello geologico;
- Condizioni di pericolosità geologica;
- Compatibilità geologica degli interventi con gli strumenti di pianificazione geologica vigenti;
- Modello geotecnico.

Di seguito vengono analizzati in dettaglio tutti i principali aspetti litostratigrafici, geomorfologici ed idrogeologici dell'area al fine di verificare l'eventuale presenza di problematiche di natura geologica da considerare nella progettazione delle nuove opere.

### • **Frane e dissesti**

Il problema di instabilità di versante sussiste qualora esistano dei dislivelli in grado di innescare dei movimenti di terreno. Nel caso in esame il sito di intervento è caratterizzato da un assetto morfologico subpianeggiante in corrispondenza del quale è possibile escludere potenziali fenomeni di dissesto attivi o quiescenti. Si osserva altresì la presenza di fenomeni di erosione spondale. In un caso è stato osservato fenomeno di dissesto spondale, da ricollegarsi alla dinamica del fiume Lambro. Tale dissesto verrà stabilizzato mediante la ridefinizione delle opere di difesa spondale in corrispondenza delle aree di intervento.

### • **Vincoli e problematiche di natura idraulica**

Le vasche in progetto ricadono in fascia C di progetto del PAI, su cui si applicano le norme relative alla Fascia B del PAI. Le vasche risultano inoltre prossime alla fascia A. Si rimanda

---

allo specifico studio idraulico per la definizione della compatibilità delle opere con le fasce e norme idrauliche del fiume Lambro.

- **Acque sotterranee**

All'interno dell'ambito oggetto di intervento è stata riconosciuta la presenza di flussi idrici sotterranei, con valori medi di soggiacenza pari a 2 m dal p.c.. Il livello di tali flussi risulta connesso con le quote di scorrimento delle acque del fiume Lambro, costituendo un sistema dinamico in funzione dell'alimentazione del fiume e delle acque sotterranee. Si rimarca altresì che non è riconosciuta la presenza di falda idrica vera e propria nella porzione di valle del Lambro oggetto di analisi, come descritto al paragrafo 4, a causa della presenza di prevalenti terreni a matrice fine.

Il fondo vasche non pare possa intercettare i flussi idrici permeanti il sottosuolo, almeno sulla base dei dati attualmente disponibili e nelle fasi di esercizio ordinario dell'opera.

In considerazione della eterogeneità locale del primo sottosuolo, che mostra in genere terreni limoso sabbiosi poco permeabili, cui però si intercalano o frappongono livelli più marcatamente sabbiosi o sabbioso ghiaiosi, non si può garantire la completa protezione da infiltrazioni nel sottosuolo su tutta la estensione areale delle due vasche in progetto. Si ritiene quindi necessario la realizzazione di impermeabilizzazione delle vasche ove il fondo naturale non fornisca idonee garanzie al riguardo. Allo stesso modo si dovrà procedere mediante impermeabilizzazione delle sponde delle vasche.

- **Qualità ambientale della matrice terreno**

I risultati delle analisi chimiche condotte evidenziano come tutti i parametri ricercati presentino una concentrazione al di sotto dei limiti (CSC Allegato 5 della Parte Quarta, del d.lgs. 152/06) imposti per aree a destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale (colonna A). Anche ove i terreni di riporto intercettano le opere in progetto (ad esempio scavo n.2) i terreni, sottoposti a test di cessione, sono risultati idonei al riutilizzo in sito ai sensi art. 185 comma 1 lett. c del D. L.vo 152/2006 e smi.

**Considerato il contesto geologico, geomorfologico e idrogeologico del sito in esame, fatte salve le prescrizioni e le indicazioni riportate nella presente relazione, si ritiene l'intervento in esame compatibile con le condizioni geologiche presenti.**

Villa Guardia, 14/11/2014

Dott. Geol. Paolo Dal Negro

