

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI NOVARA
COMUNE DI OLEGGIO

RIPRISTINO AMBIENTALE
DI UN'AREA DEGRADATA
IN VIA VALLETTE,
LOC. SAN GIOVANNI

STUDIO GEOLOGICO
E GEOTECNICO

Revis.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	
	15/07/26	Prima emissione	Dott. Geol. Marco Mittino	Dott. Geol. Fabrizio Grioni	



TELLUS s.r.l.
Topografia • Geologia
Servizi per l'ingegneria

Ufficio amministrativo: Novara, Via Lagrange 28
Tel. 0321-49.97.42 • e-mail: info@tellussrl.it
PEC: tellus.srl@pec.it

Committente

**A.D.M. SCAVI E
COSTRUZIONI S.R.L.**

Identificativo del documento

TELLUS : 26 - OLEGGIO, VIA VALLETTE

N° 381

PREMESSA

Il presente studio geologico e geotecnico, con i relativi elaborati, è redatto a supporto dell'intervento, che la ditta "A.D.M. Scavi e Costruzioni s.r.l." intende realizzare presso loc. Ca Mea, in via Vallette, nella frazione S. Giovanni del Comune di Oleggio (NO), finalizzato al ripristino ambientale di un'area degradata, costituita da una depressione derivante da precedenti attività estrattive dismesse e invasa da vegetazione spontanea.

I terreni interessati dal progetto, per una superficie complessiva di circa 40.160 m², sono di proprietà della ditta istante.

Il recupero dell'area, finalizzato al rimboschimento, sarà ottenuto tramite ritombamento con riporti, fino al piano campagna originario, con una modesta baulatura sommitale, funzionale al deflusso e alla regimazione delle acque di scorrimento superficiale.

Sotto il profilo urbanistico, il P.R.G. del Comune di Oleggio individua l'area di intervento come "Cave", "Aree per standard comprensoriali (parchi urbani e comprensoriali)" e "Aree di rispetto".

Nel presente studio geologico e geotecnico si sono valutate le caratteristiche geomorfologiche, idrogeologiche e idrografiche dell'area in esame e del suo intorno, unitamente a quelle geotecniche, al fine di realizzare il progetto di recupero in condizioni di stabilità e con interventi compatibili con le caratteristiche ambientali del territorio circostante e rispettosi dei criteri di lavoro vigenti.

INDICE

CAPITOLO N.	PAG.
--------------------	-------------

	PREMESSA		1
1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO		4
2	INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO		9
3	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO		10
4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO		15
	4.1	<i>Inquadramento idrogeologico</i>	15
	4.2	<i>Identificazione degli acquiferi</i>	19
	4.3	<i>Deflusso delle acque sotterranee</i>	23
	4.4	<i>Vulnerabilità intrinseca della prima falda</i>	26
		4.4.1 <i>Vulnerabilità nello stato attuale</i>	28
		4.4.2 <i>Vulnerabilità nello stato finale di recupero</i>	28
5	STUDIO GEOTECNICO		29
	5.1	<i>Indagini in sito</i>	29
	5.2	<i>Litostratigrafia del sito</i>	30
	5.3	<i>Caratterizzazione geotecnica dei terreni</i>	31
	5.4	<i>Caratterizzazione sismica</i>	32
		5.4.1 <i>Categoria di suolo di fondazione</i>	32
		5.4.2 <i>Condizioni topografiche</i>	32
		5.4.3 <i>Caratteristiche dell'opera</i>	33
		5.4.4 <i>Pericolosità sismica di base</i>	33
		5.4.5 <i>Pericolosità sismica di sito</i>	35
	5.5	<i>Analisi di stabilità</i>	36
		5.5.1 <i>Impostazione generale</i>	36
		5.5.2 <i>Descrizione dei pendii perimetrali attuali</i>	36
		5.5.3 <i>Descrizione dei pendii provvisori di riempimento</i>	37
		5.5.4 <i>Descrizione dei pendii finali dell'avvallamento</i>	37
		5.5.5 <i>Criteri di analisi</i>	38
		5.5.6 <i>Risultati delle verifiche</i>	39
6	CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE		40

ELENCO DEGLI ALLEGATI

<u>ALLEGATO N.</u>	<u>SCALA</u>
---------------------------	---------------------

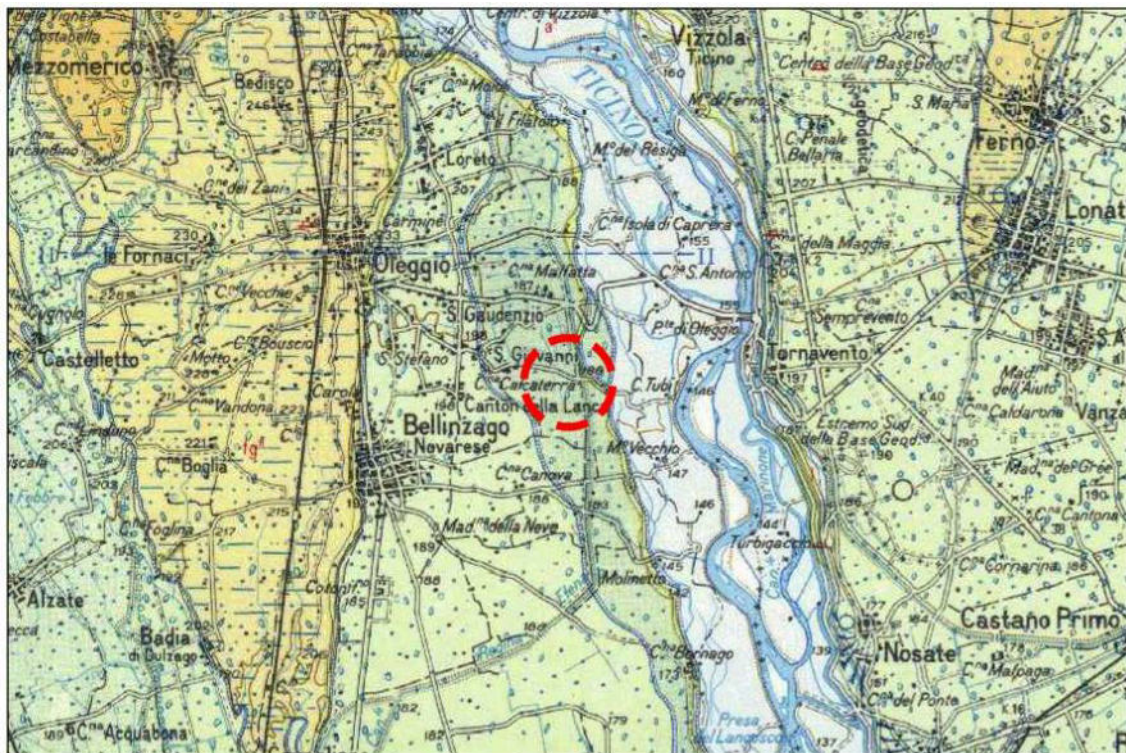
1	VERIFICHE DI STABILITÀ DEI PENDII PERIMETRALI ATTUALI	1:200
2	VERIFICHE DI STABILITÀ DEI PENDII PROVVISORI DI RIEMPIMENTO	1:200
3	VERIFICHE DI STABILITÀ DEI PENDII FINALI DELL'AVVALLAMENTO	1:200

1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

Il territorio in esame è compreso nel Foglio n° 44 Novara della Carta Geologica d'Italia, in destra idrografica del F. Ticino, che scorre a una distanza di circa 1,3 Km ad Est del sito.

L'area di indagine è costituita da un sistema di terrazzi fluvio-glaciali, con sommità sub-pianeggianti, moderatamente inclinate verso Sud, lievemente ondulate e delimitate da scarpate di ordine decametrico.

Carta Geologica d'Italia - Foglio n° 44 "Novara"



Area di intervento

Scala
1:100.000



Alluvioni ghiaiose, sabbiose, limose limitate al fondo dei solchi vallivi secondari e non ricollegabili agli apparati morenici **PLUVIALE WÜRM**.
Alluvioni fluvio-glaciali ghiaioso-ciottolose (Terrazzi superiori del Ticino) e fluviali prevalentemente sabbioso-limose (a valle del limite settentrionale dei fontanili), con debole strato di alterazione brunastro. **WÜRM**.

Il terrazzo, dove si trova il sito, presenta localmente una quota media di circa 183,5 m s.l.m. e risulta profondamente inciso dal F. Ticino, che scorre a una quota approssimativa di 146 m s.l.m.

Nell'area di indagine si rilevano due unità continentali quaternarie: i depositi würmiani e würmiano-rissiani, che colmarono in più periodi la profonda incisione creatasi durante il periodo interglaciale Riss-Würm e le più recenti alluvioni oloceniche, in corrispondenza della "Valle del Ticino".

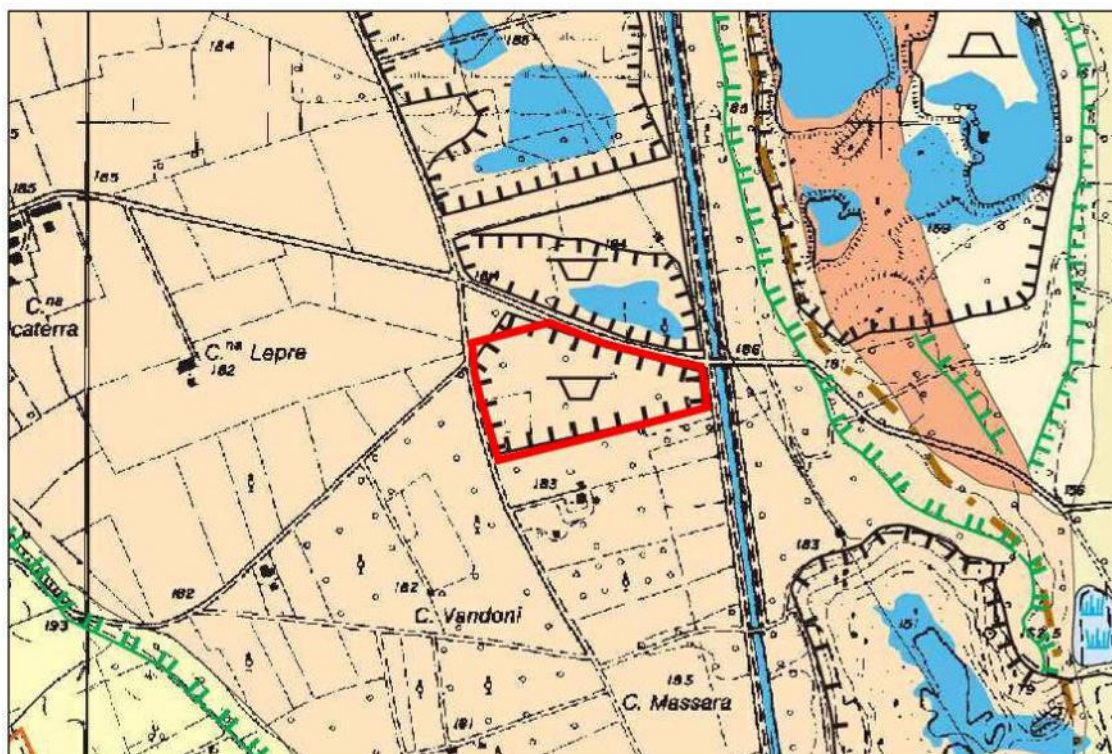
Gli eventi deposizionali rissiano-würmiani presentano nella pianura novarese tre intervalli principali, noti in letteratura come Würm I, Würm II e Würm III, che corrispondono nell'area di indagine ad altrettanti terrazzi morfologici, disposti parallelamente e degradanti verso Est.

La successione stratigrafica sottostante è attribuita al Villafranchiano superiore, di facies prevalentemente fluviale, che affiora al piede della scarpata orientale del terrazzo Würm II, dove risulta frequentemente coperta da depositi superficiali, in particolare di natura eluvio-colluviale.

Il sito si colloca al margine orientale delle alluvioni del terrazzo Würm II, formate da depositi ghiaioso-ciottolosi poligenici, con paleosuolo brunastro.

Secondo quanto riportato nello studio geologico del PRG di Oleggio (Tav. 1 - *Carta geomorfologica e dei dissesti*), il terrazzo "Würm II" è costituito generalmente da *"ghiaie grossolane a supporto clastico, a matrice sabbiosa, arrotondate e poco selezionate, massive o mal stratificate, ciottoli eterometrici non alterati"*.

Comune di Oleggio - PRG
Tav. 1 – Carta geomorfologica e dei dissesti



Area di intervento

Scala
1:10.000

ELEMENTI GEOLITOLGICI

- Depositi fluviali delle Baragge (Olocene): ghiaie a supporto clastico massive o rozzamente stratificate, embricate, e sabbie laminate, clasti eterometrici arrotondati non alterati.
- COMPLESSO DI CASTELNOVATE (TARDO PLEIST. SUP. - OLOCENE)
- Ghiaie di S. Giorgio: ghiaie sabbiose con intercalazioni di lenti e livelli di sabbie
- Ghiaie di C. na Vallazza: ghiaie e sabbie con intercalazioni di livelli sabbiosi
- Ghiaie di Sant'Eustachio: ghiaie grossolane a supporto clastico, a matrice sabbiosa, arrotondate e poco selezionate, massive o mal stratificate, ciottoli eterometrici non alterati.

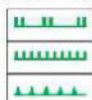
ELEMENTI GEOMORFOLOGICI

N.B. Le sigle poste a fianco della simbologia si riferiscono ai codici della Legenda Regionale - Edizione 25/07/92

FORME FLUVIALI, FLUVIOGLACIALI E DI VERSANTE

FORME INATTIVE

Forme di erosione



- Orlo di terrazzo > 5 m
- Orlo di terrazzo < 5 m
- Pendio

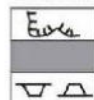
ELEMENTI DELL'IDROGRAFIA



Corso d'acqua

Bacino

FORME ANTROPICHE



Orlo di terrazzo o scarpata

Riparto (D-discarica)

Cave inattive ed attive

FASCE PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL BACINO DEL PO
Tavole di delimitazione delle fasce fluviali (Modifiche e integrazioni al PPSAI)

- Limite tra la Fascia A e la Fascia B
- Limite tra la Fascia B e la Fascia C
- Limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C
- Limite esterno della Fascia C

L'area degradata in oggetto è indicata come "cava inattiva", delimitata da un "orlo di scarpata" antropica.

Il margine orientale risulta prospiciente l'alzaia destra del canale Regina Elena.

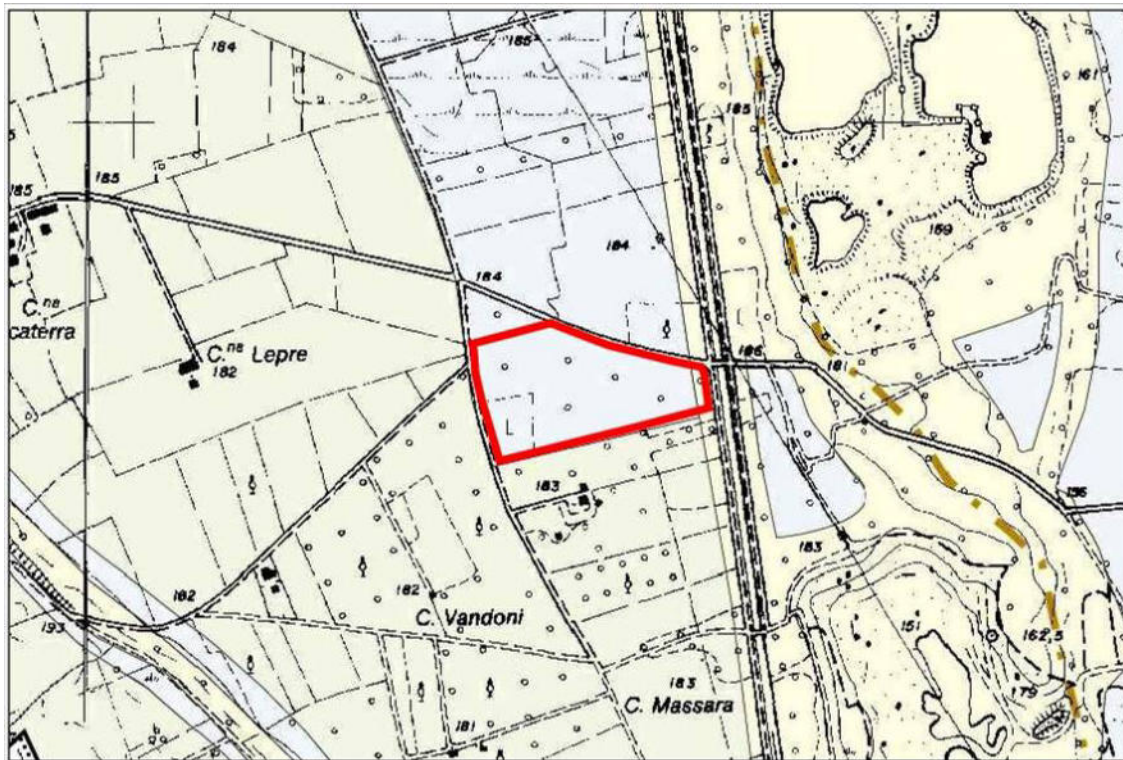
Ancora più a Est, oltre il canale Regina Elena, ad una distanza di circa 130 m, è invece presente il ciglio naturale, inattivo, del terrazzo "wurm II", che delimita la "Valle del Ticino".

Secondo quanto riportato nello studio geologico del PRG di Oleggio (Tav. G7 - *Carta della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica*), la sommità del terrazzo su cui si trova l'area in esame è generalmente caratterizzata da morfologie pianeggianti, lievemente ondulate, a cui viene attribuita la "classe I" di idoneità urbanistica (*"Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alla scelte urbanistiche"*).

Il sito viene invece attribuito alla "classe II", ovvero *"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, 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."*

In particolare, l'area degradata in oggetto risulta depressa rispetto al piano campagna circostante, con profondità fino a circa 6,5 m nella parte centrale e delimitata da pendii con inclinazioni variabili tra 26° e 29°.

Comune di Oleggio - PRG
Tav. G7 – Carta della pericolosità geomorfologica e
dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica



Area di intervento

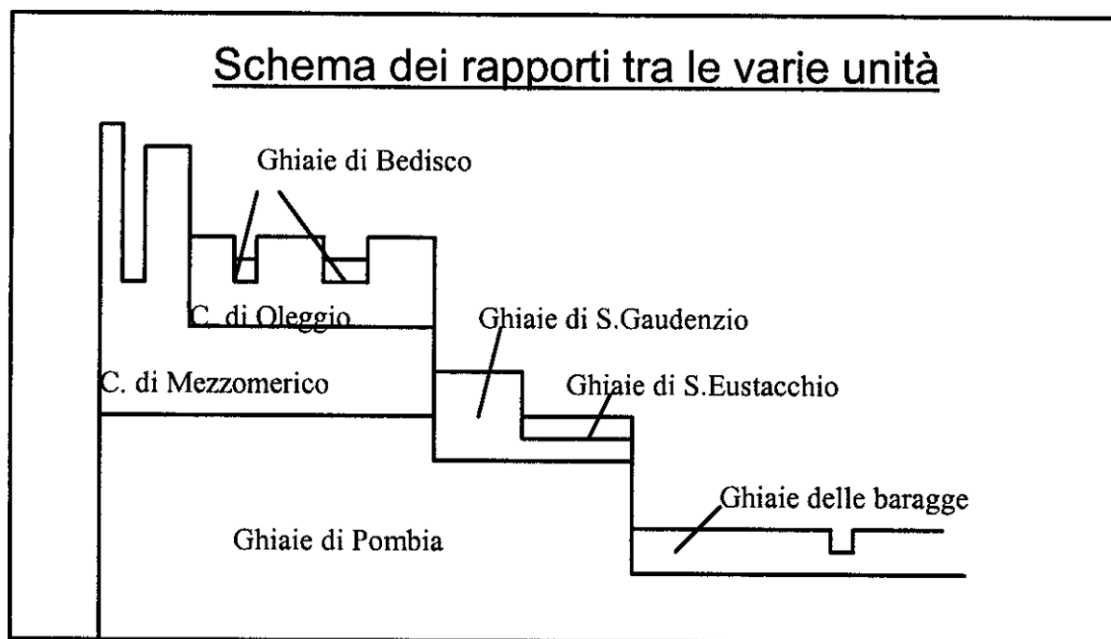
Scala
1:10.000

CLASSE	PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA		VULNERABILITA' E VALORE ESPOSTO	RISCHIO TOTALE
	Agente morfogenetico prevalente	Grado di pericolosità		
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, realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intero significativo circoscrivibile. Tali interventi non dovranno in alcun modo incidere negativamente sulle aree limitrofe, né condizionare la propensione all'edificabilità.	Pendii caratterizzati da moderata occorrenza di fenomeni di instabilità; presenza di terreni con mediocri caratteristiche geotecniche; aree con condizioni di scarso drenaggio; aree soggette a modesti allagamenti (centimetrici) a bassa energia. Possono essere presenti anche più agenti contemporaneamente	Moderata	Aree inedificate e edificate soggette a processi morfogenetici modesti, a bassa vulnerabilità	Moderato
INTERVENTI RICHIESTI PER LA RIDUZIONE O MINIMIZZAZIONE DEL RISCHIO				IDONEITA' URBANISTICA
Interventi di riassetto generali	Interventi di riassetto locali	Controllo e manutenzione opere esistenti	Rispetto norme tecniche	
Non necessari	Necessari in alcuni casi a livello di singolo lotto edificatorio o dell'intero significativo	Non necessari	Necessarie nel caso di nuove edificazioni. D.M. 11.03.88	
Condizionata a: - eventuale esecuzione di interventi locali di riassetto; - rispetto di norme tecniche illustrate nelle N.T.A., con riferimento a indagini geognostiche, geomeccaniche e geologiche di dettaglio (cfr. punto 8 quadro normativo di riferimento)				

2 INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO

In base alle colonne stratigrafiche dei pozzi e dei piezometri censiti nella zona, la successione presenta a tetto depositi continentali di natura fluvioglaciale (Quaternario), con spessori fino a circa 16 m, seguiti da depositi transizionali (Villafranchiano), con spessori superiori a 100 m, mentre inferiormente si rilevano i depositi pliocenici di origine marina.

In riferimento al territorio in esame, i rapporti cronostatigrafici delle unità riconosciute in letteratura sono riportati nello schema sottostante, attraverso un sistema di terrazzi alluvionali degradanti verso il F. Ticino.



Il sito si colloca sul terrazzo fluvioglaciale würmiano (Würm II), i cui depositi sono identificati in letteratura come “Ghiaie di S. Eustachio”, costituite da alluvioni ghiaiose-ciottolose poligeniche, con debole strato di alterazione brunastro.

Le Ghiaie di S. Eustachio risultano collocate in una incisione del terrazzo Würm I, formato dalle “Ghiaie di S. Gaudenzio”, deposito di ghiaie a supporto clastico, mal selezionate.

In base a osservazioni lungo i fronti di scavo delle attività estrattive della zona, il letto delle Ghiaie di S. Eustachio (Würm II), caratterizzato da una superficie erosionale, presenta andamento irregolare e lo spessore di tale unità stratigrafica risulta variabile tra 5 e 10 m, con tendenza generale a crescere da Ovest verso Est.

Inferiormente, alla base dei depositi quaternari, ovvero alla base delle "Ghiaie di S. Gaudenzio", posta a profondità variabile da 11 a 16,5 m, sono presenti i sedimenti più antichi villafranchiani, con spessori superiori a 100 m, rappresentati in sommità dalle "Ghiaie di Pombia", costituite da ghiaie a supporto clastico, in matrice sabbiosa da media a fine, talora molto abbondante.

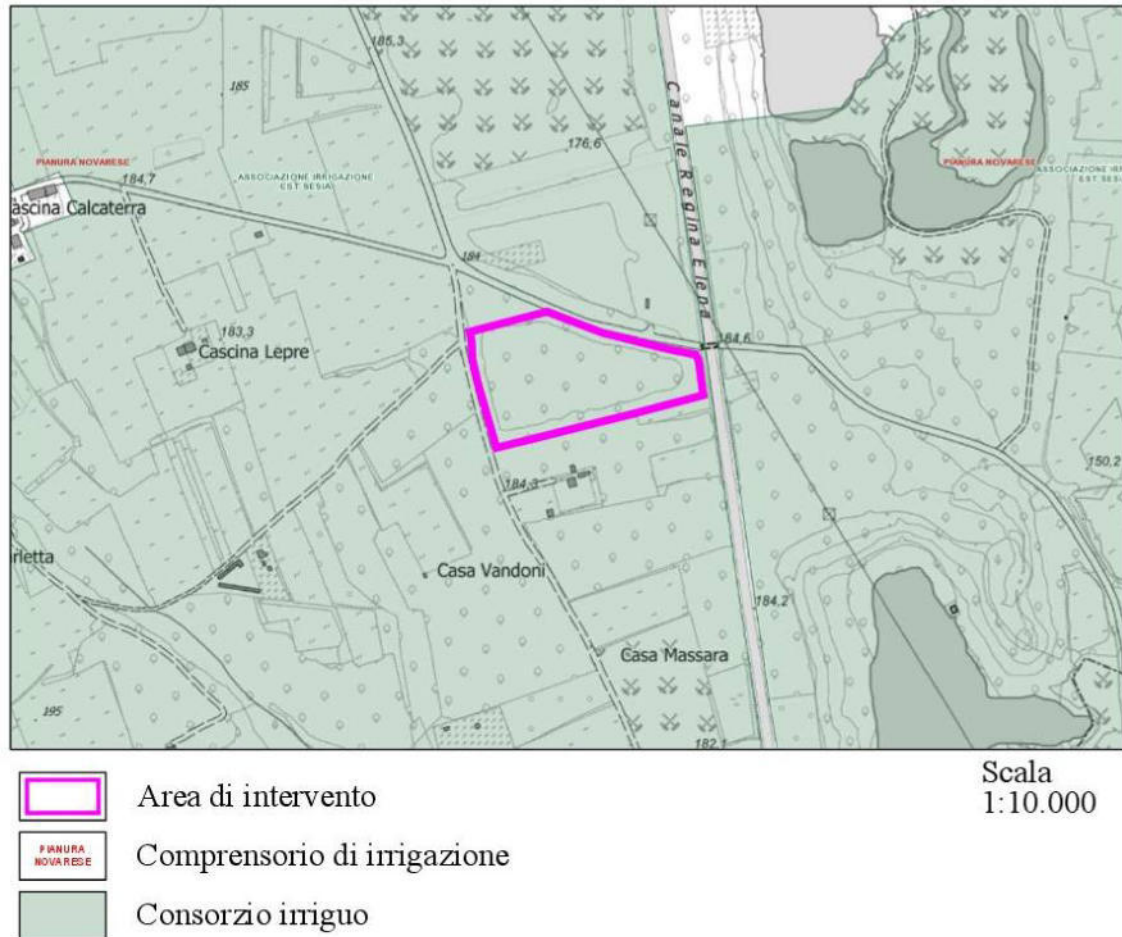
La litostratigrafia di dettaglio è descritta nel successivo § 5.2.

3 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Nel territorio in esame, il F. Ticino è l'unico corso d'acqua naturale di rilievo che, per l'incisione dell'alveo rispetto ai terrazzi alluvionali circostanti, condiziona lo scorrimento delle acque sotterranee, mentre l'idrografia artificiale è costituita principalmente dal canale di direzione generale "Regina Elena", posto al margine orientale dell'area in esame, e da una rete irrigua di canali adduttori-adacquatori.

Si riporta uno stralcio della cartografia riferita a "Bonifica e irrigazione SIBI", tratta dal portale regionale "Geopiemonte" (www.geoportale.piemonte.it); il sito risulta compreso nel territorio del comprensorio di irrigazione "*Pianura Novarese*".

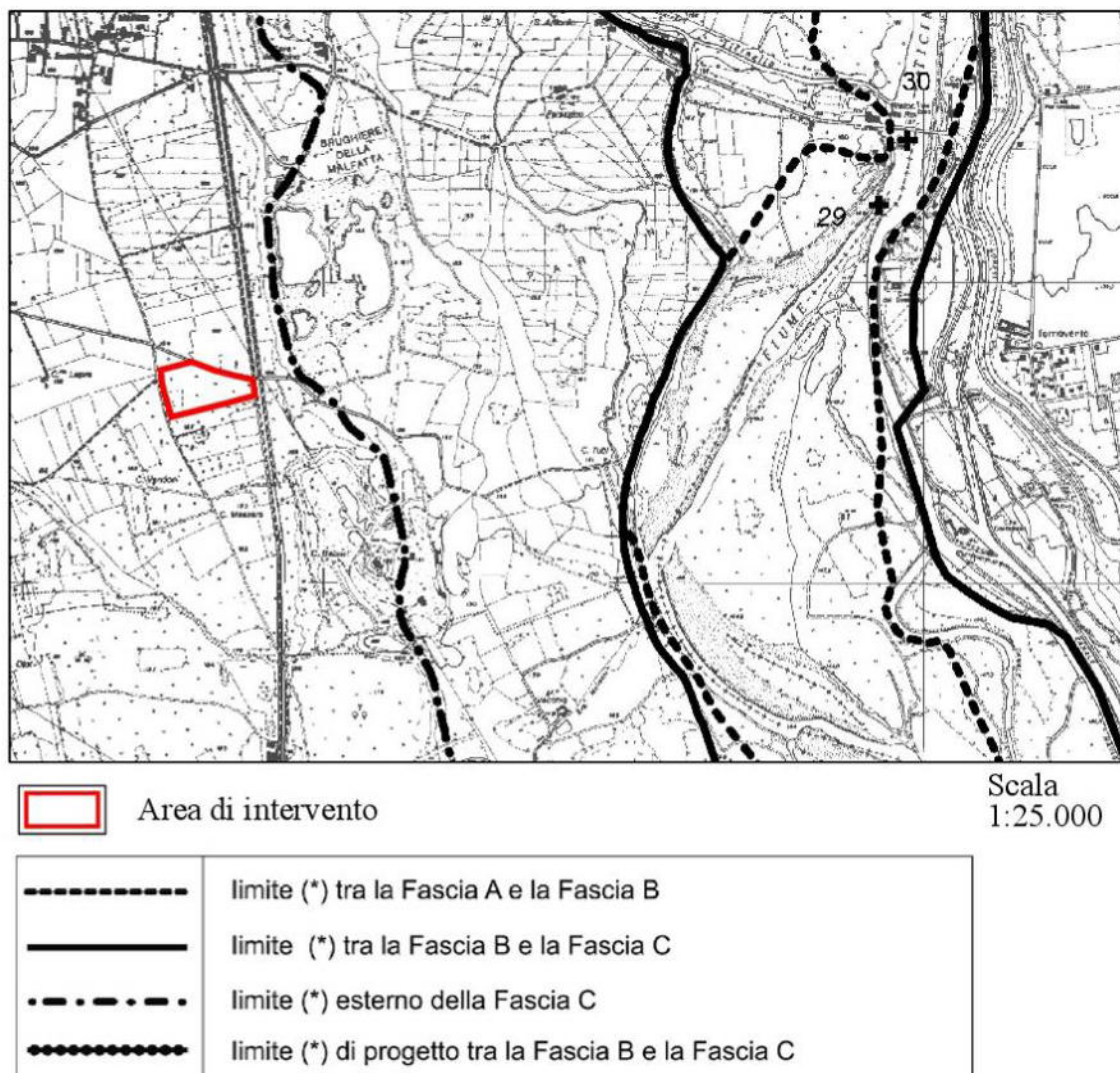
*Portale regionale "Geopiemonte" (www.geoportale.piemonte.it)
"Bonifica ed irrigazione" (SIBI)*



L'alveo del F. Ticino è localmente situato ad una quota media di 146 m s.l.m., in una "valle" incisa per circa 37 m rispetto al terrazzo "Würm II", sede del sito.

Tale "valle" è interessata dalle fasce di esondazione del fiume, indicate nel Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PAI).

Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PAI)



Queste caratteristiche morfometriche determinano una condizione drenante del Fiume rispetto alle acque sotterranee della pianura circostante, la cui circolazione ne risulta strettamente condizionata.

Il territorio in cui si colloca l'area in studio è interessato da una rete di canali di irrigazione, che hanno modificato profondamente l'assetto idrografico naturale.

Il canale principale è il Regina Elena, appartenente alla "direzione generale" A.I.E.S., che deriva dal F. Ticino e confluisce nel Canale Cavour in prossimità di Novara, dopo un percorso di circa 25 Km.

Il canale attraversa l'area di indagine da N a S, lungo il margine orientale del sito, scorrendo sul terrazzo Wurm II con un tracciato rivestito in ca e affiancato da strade alzaie.

La rete irrigua presente in corrispondenza del terrazzo Würm II, nell'area in esame, appartiene al distretto della "Roggia Molinara di Oleggio", gestito dal Consorzio Irriguo Roggia Molinara di Oleggio, in seno all'AIES.

La Roggia scorre nella "valle" del Ticino, con un alveo prevalentemente naturale, ad eccezione di limitati tratti rivestiti con pietrame a secco in corrispondenza di attraversamenti.

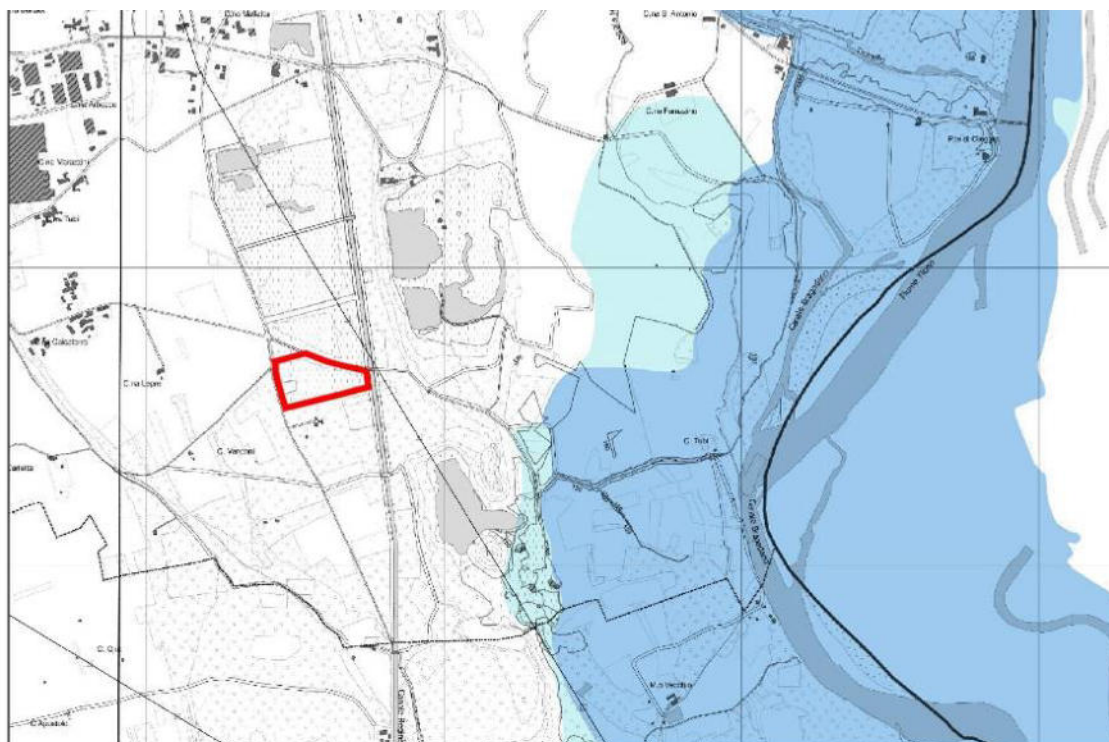
Presso la "centrale idrovora elettrica", ubicata nel Comune di Oleggio, parte dell'acqua viene derivata e sollevata tramite pompe per alimentare i cavi del distretto irriguo della "Roggia Molinara di Oleggio", sul terrazzo Würm II.

In particolare, ai margini orientale e meridionale del sito è presente un canale rivestito, di derivazione dalla Roggia Molinara di Oleggio.

Lungo il margine settentrionale è presente un altro canale irriguo rivestito, che si immette nel canale sopra descritto, in corrispondenza del vertice NE del sito.

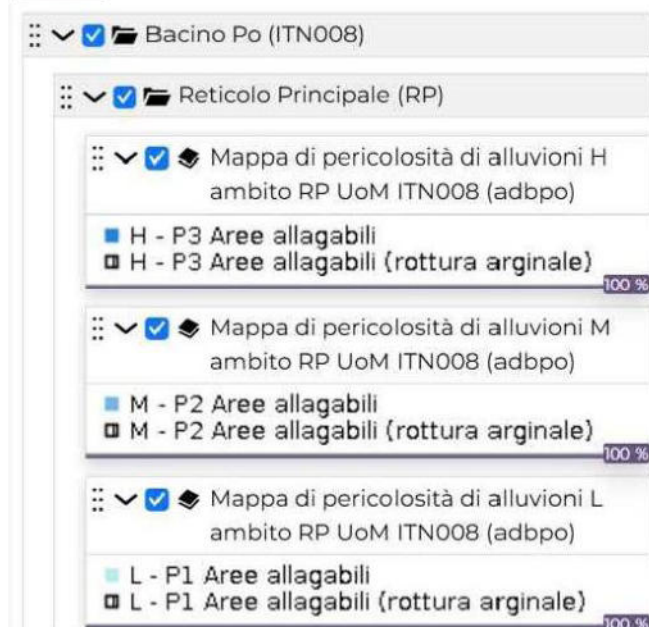
In riferimento al PGRA (Piano Gestione Rischio Alluvioni), introdotto dalla Direttiva europea 2007/60/CE (Direttiva Alluvioni), recepita nel diritto italiano con D.Lgs. 49/2010, si riporta uno stralcio della cartografia riferita a "Scenari di alluvioni – pericolosità", tratta dal portale regionale "Geopiemonte" (www.geoportale.piemonte.it):

Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) Nuove Mappe di Pericolosità e Rischio di Alluvioni (adottato in salvaguardia dalla ADBPO con Decreto n. 4/2026 del 19/01/2026)



Area di intervento

Scala
1:25.000



L'area in esame è ubicata all'esterno degli scenari di alluvione previsti, anche in riferimento al recente aggiornamento delle mappe di pericolosità, adottato in salvaguardia dalla Autorità di bacino distrettuale del fiume Po, con Decreto n. 4/2026 del 19/01/2026.

4 STUDIO IDROGEOLOGICO

4.1 Inquadramento idrogeologico

L'area in esame si colloca nella pianura Novarese, in sponda destra del fiume Ticino, caratterizzata da forme di rilievo morfologico poco pronunciate.

Localmente, la ricarica dell'acquifero superficiale avviene dagli apporti meteorici e dall'adacquamento irriguo, mentre gli acquiferi profondi sono alimentati dal flusso alla base dell'acquifero superficiale attraverso livelli semipermeabili.

Ai sensi del Piano di Tutela Acque (PTA) (Regione Piemonte 2007 e aggiornamento 2018), l'area interessata dal progetto ricade nei seguenti ambiti di interesse idrografico e idrogeologico:

PTA 2007 – Macroaree idrogeologiche di riferimento per l'acquifero superficiale	
Tav. 1 – Inquadramento territoriale	
Sottobacino	Ticino
Area idrografica	AI 32 - Ticino
Macroaree idrogeologiche di riferimento (acquifero superficiale):	MS01 – Pianura Novarese
Aree idrogeologicamente separate (acquifero superficiale):	TE01 – Terrazzi (Corpi idrici potenzialmente influenti sui corpi idrici significativi)
Corsi d'acqua significativi	Nell'area di indagine è indicato il fiume Ticino e il Canale Regina Ellena
Tav. 2 – Elementi di assetto idrogeologico – Parte 1	
Base dell'acquifero superficiale	In corrispondenza del sito la base dell'acquifero è indicata a circa 160 m s.l.m.
Tav. 3 – Elementi di assetto idrogeologico – Parte 2	
Piezometria dell'acquifero superficiale	In corrispondenza del sito la quota della falda freatica è indicata a circa 170 m s.l.m.
Classe di soggiacenza dell'acquifero superficiale	10 – 20 m da p.c.
Tav. 4 – Indicatori di stato dei corpi idrici sotterranei	
Stato quantitativo	Classe A: L'impatto antropico è nullo o trascurabile con condizioni di equilibrio idrogeologico. Le estrazioni di acqua o le alterazioni di velocità naturale di ravvenamento sono sostenibili sul lungo periodo.
Tav. 6 – Carichi da fonte diffusa	
Carico effettivo di azoto da fonte diffusa	Basso: 2,5 – 5,0 t / anno / km ²

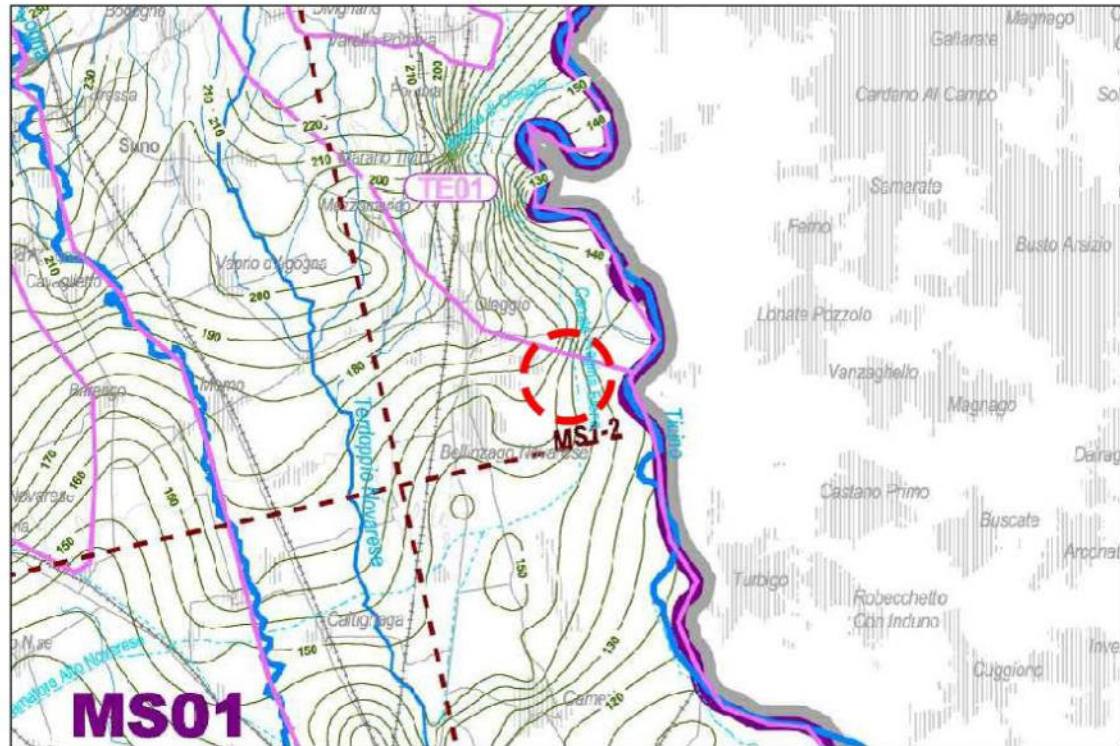
PTA 2007 – Cartografia riferita alla “Macroarea idrogeologica di riferimento – Acquifero profondo: MP 01 - Pianura Novarese Biellese Vercellese”	
Tav. 1 – Inquadramento territoriale	
Macroaree idrogeologiche di riferimento (acquifero profondo):	MP1 – Pianura Novarese Biellese Vercellese
Tav. 2 – Stato quantitativo ed elementi di assetto idrodinamico	
Stato quantitativo	Classe A: L'impatto antropico è nullo o trascurabile con condizioni di equilibrio idrogeologico. Le estrazioni di acqua o le alterazioni di velocità naturale di ravvenamento sono sostenibili sul lungo periodo.
Tav. 3 – Stato chimico	
Classe di stato chimico	Classe 1
Parametri limitanti	Nessuno
Tav. 4 – Rete di monitoraggio e stato ambientale	
Stato ambientale quali-quantitativo dei corpi idrici sotterranei – acquiferi profondi	Buono (zona di Oleggio)

PTA 2007 – Aggiornamento 2018 – Tavole di piano	
Tav. 1 – Corpi idrici superficiali soggetti a obiettivi di qualità ambientale - fiumi e laghi	
Sottobacino idrografico	Ticino
Tav. 2 – GWB - Corpi idrici sotterranei soggetti ad obiettivi di qualità ambientale e aree idrogeologicamente separate	
	GWB-S1 - Acquifero superficiale di pianura e principali fondovalle
	GWB-P1 - Acquifero profondo di pianura
	TE01 - Aree idrogeologicamente separate – acquifero superficiale
Tav. 3 – Laghi naturali e relativi bacini drenanti	
Laghi naturali – aree sensibili	Esterni al “bacino drenante nell’area sensibile” del lago Maggiore
Tav. 4 – Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola	
ZVN	Esterno alle ZVN designate dai regolamenti regionali 9R/2002 e 12R/2007
Tav. 5 – Zone vulnerabili da prodotti fitosanitari	
	Altre aree indagate (aree senza designazione dell’indice di vulnerazione)
Tav. 6 – Aree ad elevata protezione	
	Esterno alle aree di elevata protezione
Tav. 7 – Zone di protezione delle acque destinate al consumo umano	
Area di ricarica degli acquiferi profondi	Compreso nell’area di ricarica degli acquiferi profondi
Zone di riserva	Esterno alle zone di riserva per gli acquiferi superficiali e profondi

Lo stato quantitativo dei corpi idrici sotterranei è valutato in “classe A”, sia per l’acquifero superficiale, che per quelli profondi; mentre lo stato chimico è valutato in “classe 1”, senza parametri chimici limitanti.

Lo stato ambientale quali-quantitativo dei corpi idrici sotterranei – acquiferi profondi, per la zona di Oleggio, risulta quindi “Buono” e il sito risulta esterno all’ “area di ricarica degli acquiferi profondi”.

*Piano di Tutela Acque - PTA (Regione Piemonte 2007)
Macroaree idrogeologiche di riferimento per l'acquifero superficiale
Tav. 2 – "Elementi di assetto idrogeologico- Parte 1"*



Area di intervento

Scala
1:200.000

Base dell'acquifero superficiale



Isolinee della base dell'acquifero superficiale (m s.m.)

Assetto stratigrafico

MS1-2

Tracce delle sezioni schematiche e
relativo codice identificativo

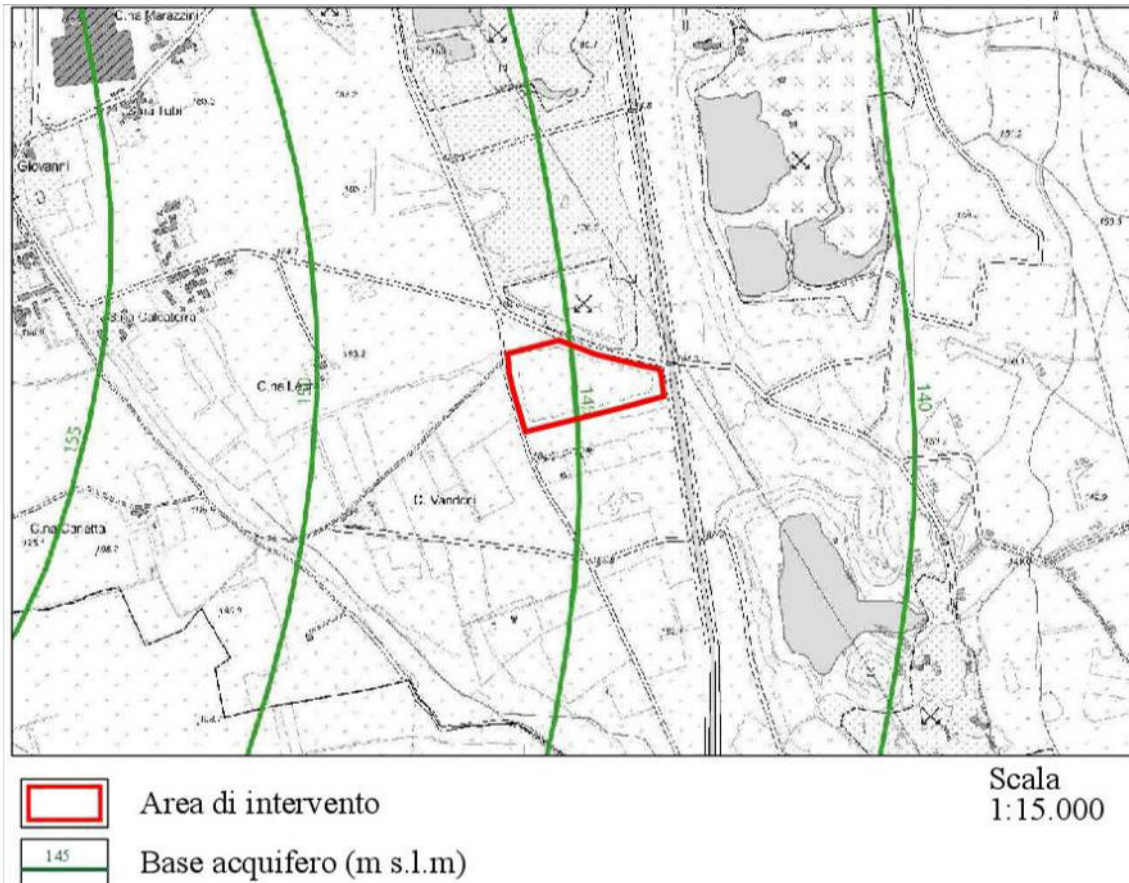
4.2 Identificazione degli acquiferi

La struttura idrogeologica, correlabile alla successione litostratigrafica, può essere così schematizzata (DGR 34-11525 del 03/06/09):

- *Acquifero superficiale:* corrisponde localmente al *Complesso delle alternanze fluviali*, costituito superiormente da ghiaie e sabbie a scarsa frazione limoso-argillosa, correlabili ai depositi fluvioglaciali würmiani del Pleistocene (depositi fluvioglaciali quaternari) ed inferiormente da ghiaie alterate in matrice limoso-argillosa, correlabili alle "Ghiaie di Pombia", attribuite al Villafranchiano superiore. L'acquifero, a falda libera, è alimentato direttamente dalle precipitazioni meteoriche ed è in diretta connessione con i corsi d'acqua superficiali. Lo spessore in corrispondenza del sito, in base alla cartografia allegata alla D.G.R. n. 34-11524 del 3 giugno 2009 e s.m.i. è di circa 37 m da p.c. In base alle colonne litostratigrafiche di piezometri e pozzi terebrati nell'intorno e alle prove di permeabilità effettuate nel corso della realizzazione degli stessi, risultano i seguenti valori di permeabilità: in corrispondenza della successione superiore dell'acquifero, nelle alluvioni fluvioglaciali würmiane, una permeabilità buona (Casagrande e Fadum, 1940) ($K = 1,7 \times 10^{-3}$ m/s), in corrispondenza della successione villafranchiana, una permeabilità scarsa (Casagrande e Fadum, 1940) ($K = 5,45 \times 10^{-4}$ m/s).
- *Acquiferi profondi:* corrispondono al *Complesso delle alternanze Villafranchiane*, costituito da una successione di ghiaie e sabbie con limi e argille, correlabile ai depositi di transizione villafranchiani, attribuiti al Pliocene superiore ed al sottostante *Complesso dei depositi sabbiosi marini*, costituito da una successione di facies marina, con alternanze di sabbie e argille di spessore variabile, da metrico a decametrico, attribuibile al Pliocene. Gli acquiferi profondi sono in condizioni di flusso da semiconfinato a confinato, per la presenza frequente di livelli a bassa permeabilità.

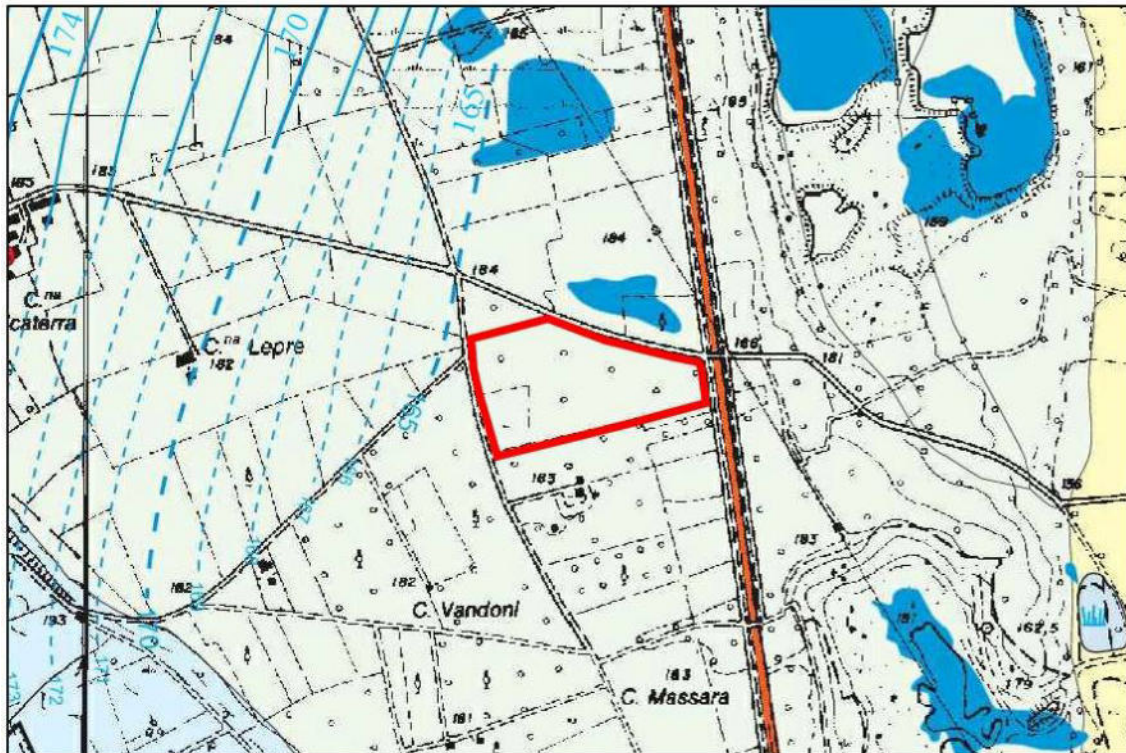
L'area in esame ricade nel *Complesso delle alternanze fluviali*, che ospita l'acquifero a falda libera, caratterizzato localmente dalla presenza a tetto di alluvioni ghiaiose-ciottolose poligeniche.

DGR 34-11525 del 03/06/09
Profondità del primo acquifero (aggiornamento 2022)



Secondo quanto riportato nello studio geologico del PRG del Comune di Oleggio (Tav. 2 - *Carta geoidrologica*), i terreni del sito sono compresi nei "*Depositi fluviali*" costituiti da ghiaie e ciottoli e caratterizzati da permeabilità da buona a elevata (Castany 1963).

*Comune di Oleggio - PRG
Tav. 2 – Carta geoidrologica*



Area di intervento

Scala
1:10.000

COMPLESSI IDROGEOLOGICI



Depositi fluviali ghiaioso-sabbiosi e ciottolosi : ciottoli, ghiaie e sabbie, (permeabilità elevata: $10^{-1} < k < 10^{-2}$ m/s, secondo Castany, 1963)



Depositi fluviali : ghiaie e sabbie con ciottoli (permeabilità da buona a elevata: $10^{-1} < k < 10^{-4}$ m/s, secondo Castany, 1963, con locali diminuzioni in relazione alla litologia nelle valli dei torrenti Terdoppio, Agamo e Rito)

ELEMENTI DELL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE



Corsi d'acqua naturali e artificiali con alveo demaniale o pubblici soggetti ai disposti di cui all'art. 96 del R.D. 523/1904



Corsi d'acqua naturali e artificiali con alveo privato

ELEMENTI IDROGEOLOGICI



Captazione idrica privata (in verde i pozzi non accessibili oppure asciutti al momento della misura)



Linea isofreatica (equidistanza 1 m) e quota della falda freatica (m s.l.m.)



Direzione di deflusso sotterraneo

In base ai dati descritti, si ricava la seguente identificazione degli acquiferi:

ACQUIFERO	COMPLESSO	ORIGINE	SPESSORE	CARATTERISTICHE
Acquifero superficiale	Complesso delle alternanze fluviali	Depositi fluvioglaciali würmiani "Ghiaie di S. Eustachio" e "Ghiaie di S. Gaudenzio" (Pleistocene sup.)	da 11 a 16,5 m	Permeabilità $K = 1,7 \times 10^{-3} \text{ m/s}$ Tramissività $T = 1,36 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$
		Depositi villafranchiani "Ghiaie di Pombia" (Pleistocene medio e inf.)	da 23,5 a 29 m	Permeabilità $K = 5,45 \times 10^{-4} \text{ m/s}$
Acquiferi profondi	Complesso delle alternanze Villafranchiane	Depositi di transizione villafranchiani (Pliocene sup.)	80 m	-
	Complesso dei depositi sabbiosi marini	Depositi marini pliocenici (Pliocene medio)	-	-

4.3 Deflusso delle acque sotterranee

Secondo quanto riportato nello studio geologico del PRG del Comune di Oleggio (Tav. 2 - *Carta geoidrologica*) (Stralcio riportato nel precedente § 4.2), nel territorio in esame la superficie freatica denota l'influenza esercitata dal fiume Ticino, che funge da principale asse di drenaggio, con direzione di flusso prevalentemente orientata verso E-SE e gradiente di circa 2,5 % (aggiornamento febbraio 2004).

In tempi più recenti, nell'ambito del monitoraggio congiunto per le attività estrattive del "Polo di Oleggio", si sono acquisite misurazioni condotte durante le seguenti attività:

- Colabeton S.p.A. - Cava di inerti in località S. Eustachio - C.na Malfatta (M0269N);
- ADM Scavi e Costruzioni s.r.l. - Recupero ambientale della ex cava di inerti in località S. Giovanni (M0589N);
- Italhousing Ambiente Oleggio s.r.l. - Discarica in località "S. Giovanni";
- ADM Scavi e Costruzioni s.r.l. (subentrata alla ditta RAW-MAT s.r.l. e alla ditta Inerti Piemonte s.r.l.) in Cava di sabbia e ghiaia in località "S. Giovanni" (F. 60; mapp. 79, 121, 165, 166) (M1960N) e in Cava di sabbia e ghiaia in località "S. Giovanni" (M1959N).

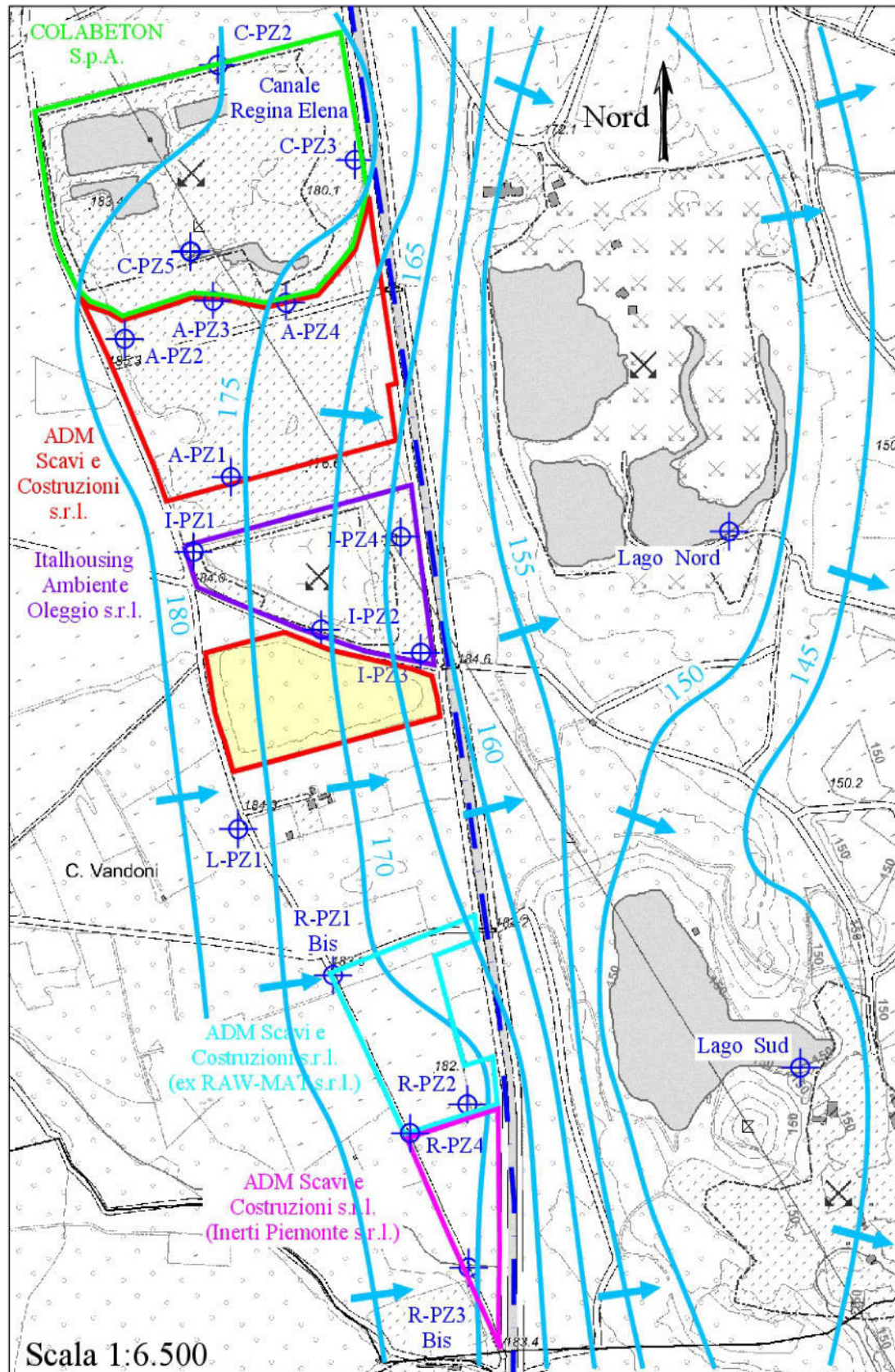
In particolare, le letture freatimetriche si riferiscono ad una rete di monitoraggio che, complessivamente, è composta da 18 piezometri; inoltre vengono effettuate misurazioni nei due laghi di cava a S-SE del sito, alla base del terrazzo "Würm II".

Le misurazioni freatimetriche per il monitoraggio del "*Polo di Oleggio*" cominciarono nel 2019; dai dati raccolti, il periodo estivo risulta caratterizzato dai valori di minima soggiacenza della falda freatica, condizionato anche dall'apporto idrico proveniente dal Canale Regina Elena, mentre nel periodo invernale-primaverile si osservano profondità maggiori.

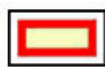
In particolare, è emersa l'interferenza sull'andamento freatimetrico causata dal Canale Regina Elena, infatti nei periodi in cui il canale viene chiuso per manutenzione (solitamente in autunno), il flusso sotterraneo dell'area tende a recuperare la direzione, che caratterizza la falda nell'area vasta, ovvero circa E-SE, per l'effetto drenante del fiume Ticino.

In base alle misurazioni effettuate negli anni nel "*Polo di Oleggio*", la minima soggiacenza si è verificata nel mese di agosto 2025.

Carta della piezometria in condizioni di minima soggiacenza (agosto 2025)



LEGENDA



Area di intervento

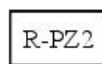
RETE DI MONITORAGGIO



Piezometro



Pozzo ad uso domestico



Identificazione dei punti di monitoraggio
freatimetrico delle acque sotterranee



Isopieze di falda libera (m s.l.m.),
con equidistanza di 5,0 m

Secondo l'elaborazione di tali misurazioni, sopra riportata, in corrispondenza del sito la falda raggiunge quota 176,5 m s.l.m. (margine occidentale), corrispondente ad una soggiacenza di 7 m da p.c. e di circa 0,5 m dal piano di fondo della cavità in esame (177 m s.l.m.).

In riferimento all'escursione, dai dati ottenuti con le misurazioni effettuate dal 2019 nel "Polo di Oleggio", i valori stagionali medi risultano di circa 10 m, influenzati dalla ricarica determinata dal canale Regina Elena.

4.4 Vulnerabilità intrinseca della prima falda

La vulnerabilità intrinseca di un acquifero rappresenta la facilità con cui può essere raggiunto da un eventuale inquinante per infiltrazione dalla superficie topografica o, ancora, la suscettività specifica di questo ad ingerire o diffondere un inquinante liquido idrotrasportato (Albinet e Margat, 1970).

La valutazione viene espressa considerando le condizioni intrinseche dell'acquifero, in funzione delle sue caratteristiche granulometriche, tessiturali e idrauliche.

La valutazione è stata elaborata considerando lo stato attuale dei luoghi e lo stato finale di recupero ambientale previsto dal progetto.

Per tale valutazione, si è utilizzato il metodo G.O.D. (Foster, 1987), che permette una significativa stima della possibilità di diffusione degli inquinanti dalla zona insatura al terreno saturo.

Il metodo si basa sull'identificazione dei seguenti fattori:

- tipo di falda;
- composizione dell'acquifero;
- soggiacenza della falda.

A ciascuno dei parametri si assegna un valore, variabile da 0 a 1, ed il prodotto fornisce il grado di vulnerabilità dell'acquifero, in termini relativi e quantitativi.

Il metodo consente di distinguere i seguenti gradi di vulnerabilità intrinseca della prima falda:

Estrema
Alta
Moderata
Bassa
Trascurabile

Si considerano le seguenti condizioni di calcolo:

- stato attuale
- stato finale di recupero ambientale.

4.4.1 Vulnerabilità nello stato attuale

Si procede alla valutazione della vulnerabilità per lo stato attuale della depressione.

Stato attuale	
Zona di analisi	Piano di fondo Media di circa 177 m s.l.m.
Acquifero	Primo acquifero (<i>Complesso delle alternanze fluviali</i>)
Tipo di falda	Libera
Composizione dell'acquifero	Terrazzo "Würm II" con copertura pedogenizzata (<i>alluvioni ghiaiose-ciottolose + terreno umico</i>)
Profondità della falda in condizioni di minima soggiacenza	0,5 m da piano di fondo
Indice G.O.D.	0,63
Classe di vulnerabilità	Alta

Attualmente, per il piano di fondo dell'area in oggetto, risulta una classe "Alta" di vulnerabilità intrinseca.

4.4.2 Vulnerabilità nello stato finale di recupero

Si procede alla valutazione della vulnerabilità per lo stato finale di progetto, che prevede il completo ritombamento con riporti:

Stato finale di recupero ambientale	
Zona di analisi	Piano campagna ripristinato a quota Media di circa 184,5 m s.l.m.
Acquifero	Primo acquifero (<i>Complesso delle alternanze fluviali</i>)
Tipo di falda	Libera
Composizione dell'acquifero	Terrazzo "Würm II" con ritombamento della depressione e ripristino della copertura pedogenizzata (<i>alluvioni ghiaiose-ciottolose + riporti + 30 cm di terreno umico</i>)
Profondità della falda in condizioni di minima soggiacenza	7,5 m da p.c.
Indice G.O.D.	0,48
Classe di vulnerabilità	Moderata

L'intervento in progetto ricostituirà l'originario spessore insaturo, riportando il sito alle condizioni proprie di vulnerabilità della zona, ovvero alla classe "Moderata".

5 STUDIO GEOTECNICO

5.1 Indagini in sito

Nel terrazzo "Würm II" sono state realizzate numerose attività estrattive, nell'ambito del "Polo di Oleggio", che hanno consentito di indagare la litostratigrafia e di osservarla direttamente sui fronti di scavo.

In particolare, 290 m più a Sud del sito sono presenti le cave denominate "Cave di sabbia e ghiaia in loc. S. Giovanni (M1959N) e (M1960N)", mentre 160 m più a Nord del sito è presente l'attività denominata "Recupero ambientale della ex cava di inerti in loc. S. Giovanni" (M0589N).

L'area in esame è costituita da una depressione provocata da attività estrattive, con profondità di circa 6,5 m da p.c. Tali attività sono dismesse da tempo e attualmente la cavità risulta invasa da vegetazione spontanea, con gli originari fronti di scavo non più osservabili.

Tuttavia, la presenza delle cave citate e la relativa continuità delle condizioni geologiche locali consentono di ricostruire la litostratigrafia del sito.

5.2 Litostratigrafia del sito

Si riporta la stratigrafia ricavata dalle indagini svolte complessivamente nelle cave di inerti del "Polo di Oleggio":

- unità A: ghiaie e sabbie, individuate fino a una profondità di circa 10 m da p.c.;
- unità B: ghiaie e sabbie limoso-argillose.

Poiché la depressione in oggetto ha profondità di circa 6,5 m da p.c., i pendii perimetrali risultano ricavati nell'unità geotecnica A.

In base alla letteratura (Tesi inedita di Dr. O. Da Rold, A.A. 1984-85 - Milano), l'unità risulta riconducibile al terrazzo fluvioglaciale würmiano (Würm II), deposito identificato come "*Ghiaie di S. Eustachio*" (appartenenti al "*Complesso di Castelnovate*"), generalmente costituito da alluvioni ghiaiose-ciottolose poligeniche, con debole strato di alterazione brunastro.

Inferiormente, nel "polo di Oleggio", è presente l'unità B, costituita da "ghiaie e sabbie limoso-argillose", identificata in letteratura come "*Ghiaie di S. Gaudenzio*" (comprese nel "*Complesso di Varallo Pombia*").

5.3 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

Sulla base delle indagini descritte e dal confronto con i dati riportati in letteratura per terreni analoghi (sottoposti alle stesse condizioni geologico-tecniche), le unità geotecniche individuate si possono cautelativamente caratterizzare nel modo seguente ("valori caratteristici", D.M. n. 8 del 17/01/2018 e *Circolare esplicativa 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.*).

Nel caso in esame, i pendii perimetrali della cavità sono costituiti dall'unità "A" di "ghiaia ciottolosa, sabbiosa, limosa"; inoltre, ai fini del recupero ambientale, si caratterizzano cautelativamente i terreni di riporto previsti (unità "R"):

unità A

Angolo di attrito (Meyerhof)

Coesione non drenata

Peso di volume

Ghiaie e sabbie

$\phi_k = 34^\circ$

$Cu_k = 0 \text{ kN/m}^2$

$\gamma_k = 20 \text{ kN/m}^3$

unità B

Angolo di attrito (Meyerhof)

Coesione non drenata

Peso di volume

Ghiaie e sabbie limoso-argillose

$\phi_k = 32^\circ$

$Cu_k = 0 \text{ kN/m}^2$

$\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$

unità R

Angolo di attrito (Meyerhof)

Coesione non drenata

Peso di volume

Riporti

$\phi_k = 30^\circ$

$Cu_k = 5 \text{ kN/m}^2$

$\gamma_k = 17 \text{ kN/m}^3$

5.4 Caratterizzazione sismica

Ai fini della classificazione sismica del territorio nazionale, il territorio di Oleggio (secondo l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 4-3084 del 12/12/2011 ed in seguito modificate con la D.G.R. n. 65-7656 del 21/05/2014 e con la D.G.R. n.6-887 del 30/12/2019) appartiene alla “zona sismica 4”.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono definiti nell'Ordinanza del P.C.M. n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Alla “zona sismica 4” corrispondono valori di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastica $a_g/g = 0,05$.

5.4.1 Categoria di suolo di fondazione

In base a indagini geofisiche svolte in condizioni geologiche simili, i terreni del sito in oggetto possono essere classificati nella categoria di suolo “C”:

“C”: “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.”

5.4.2 Condizioni topografiche

Attualmente l'area è costituita da una depressione con pendii perimetrali caratterizzati da inclinazioni fino a circa 29°; il progetto di recupero ambientale prevede il ritombamento fino a p.c. della cavità.

Nell'ambito del presente studio vengono eseguite verifiche di stabilità dei pendii perimetrali attuali (§ 5.5.2) e di quelli provvisori di riempimento (§ 5.5.3), pertanto ai fini di tali verifiche le condizioni topografiche rientrano cautelativamente nella Categoria T2, ovvero *“Pendii con inclinazione media maggiore di 15°”*.

5.4.3 Caratteristiche dell'opera

Trattandosi di un recupero ambientale realizzato con movimenti terra e finalizzato al rimboschimento, appartiene alla Classe I, ovvero *“Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli ...”*.

Alla Classe d'uso I è associato il coefficiente d'uso $CU = 0,7$.

5.4.4 Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati l'accelerazione orizzontale massima ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale:

ag: accelerazione orizzontale massima di riferimento del terreno

Fo: valore massimo del fattore di amplificazione dell'accelerazione orizzontale dello spettro

Tc*: periodo di inizio del tratto a velocità costante dell'accelerazione orizzontale dello spettro

I valori di questi parametri sono definiti in funzione del tempo di ritorno.

Per ogni altro punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare contenente il punto in esame.

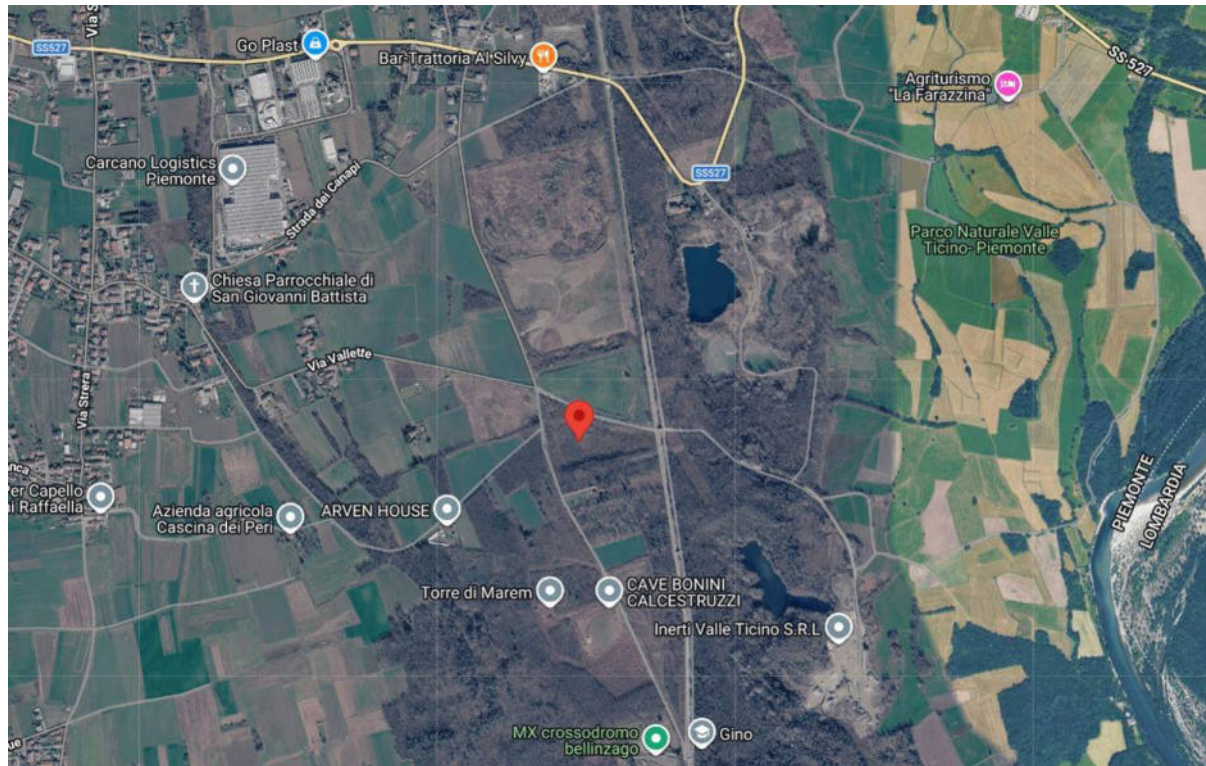
I parametri sismici di base, riportati in allegato, sono calcolati sulla base delle coordinate geografiche del sito, la classe d'uso della costruzione, il relativo coefficiente d'uso e la vita nominale della costruzione.

Vita nominale (Vn): 50 [anni]
Classe d'uso: I
Coefficiente d'uso (Cu): 0,7
Periodo di riferimento (Vr): 35 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLO: 30 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD: 35 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV: 332 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC: 682 [anni]
Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del sito

Latitudine (WGS84): 45, 581649 [°]

Longitudine (WGS84): 8, 673462 [°]



Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per il punto di indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.014	2.560	0.159
SLD	50	0.018	2.527	0.169
SLV	475	0.037	2.612	0.276
SLC	975	0.045	2.627	0.302

5.4.5 Pericolosità sismica di sito

Il moto generato da un terremoto in una zona dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche, dalla successione litostratigrafica e dalle proprietà fisiche e meccaniche delle litologie, che la costituiscono.

Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche, che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Di seguito, sono riportati i valori delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche definite ai vari stati limite.

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.005	0.006	0.013	0.016
kv	0.003	0.003	0.007	0.008
amax [m/s ²]	0.252	0.316	0.660	0.789
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200

5.5 Analisi di stabilità

5.5.1 Impostazione generale

L'area in esame ha una estensione complessiva di circa 40.160 m², di cui circa 32.050 m² interessati dalla depressione morfologica, profonda circa 6,5 m.

L'intervento di recupero ambientale comporta il ritombamento a p.c. con riporti, che sarà realizzato per settori, iniziando da quello occidentale e procedendo successivamente nel centrale e in quello orientale.

Nel settore orientale sarà mantenuto un avvallamento finalizzato alla raccolta delle acque di scorrimento superficiale e alla formazione di un'area umida; tale avvallamento avrà una profondità di circa 4,4 m da p.c.

La restante superficie, oggetto di ritombamento, sarà riprofilata con modesta baulatura sommitale, con pendenze limitate a circa 3 %.

Pertanto, ai fini dell'analisi di stabilità, saranno verificate le condizioni degli attuali pendii perimetrali, di quelli provvisori di riempimento e i pendii finali dell'avvallamento di raccolta delle acque.

5.5.2 Descrizione dei pendii perimetrali attuali

La cavità attuale risulta delimitata da scarpate a falda unica e, fra queste, per le verifiche di stabilità, si considera quella con le condizioni più gravose, ovvero la scarpata occidentale, caratterizzata dalle seguenti condizioni:

- altezza massima = 6,5 m;
- assenza di gradonature o terrazzi;
- inclinazione massima = 29°;
- terreni non saturi;

- sovraccarico stradale sulla sommità, ad una distanza di circa 10 m dal ciglio, per la presenza della strada interpodereale.

5.5.3 Descrizione dei pendii provvisori di riempimento

Come anticipato nel § 5.5.1, il riempimento sarà realizzato per settori, formando quindi pendii provvisori, in riporto, tra ogni settore colmato e il successivo.

Ai fini dell'analisi di stabilità, si considera di realizzare tali raccordi provvisori con pendio unico, limitando cautelativamente l'inclinazione a circa 26°.

Analizzando il pendio provvisorio con le condizioni più gravose, ovvero quello tra il settore occidentale, riempito, e il fondo del settore centrale, risultano le seguenti condizioni:

- altezza massima = 8,5 m;
- assenza di gradonature o terrazzi;
- inclinazione massima = 26°;
- terreni non saturi.

5.5.4 Descrizione dei pendii finali dell'avvallamento

Nella parte orientale sarà mantenuto un avvallamento finalizzato alla raccolta delle acque di scorrimento superficiale e alla formazione di un'area umida; tale avvallamento avrà una profondità di circa 4,4 m da p.c.

I pendii perimetrali saranno profilati in riporto, con inclinazione di 15°, ad eccezione di quello occidentale, di raccordo con la nuova area boscata, che sarà invece profilato con angolo di 10°.

Ai fini dell'analisi di stabilità, si considera cautelativamente il pendio settentrionale, caratterizzato dalle condizioni più gravose, ovvero l'inclinazione maggiore (15°) e la

presenza della viabilità comunale (via Vallette), sebbene tale viabilità risulti comunque ad una distanza di circa 10 m dal ciglio del pendio finale.

In particolare, risultano le seguenti condizioni:

- altezza massima = 4,4 m;
- pendio a falda unica;
- inclinazione massima = 15°;
- in considerazione della funzione dell'avvallamento, terreni saturi per la parte al piede del pendio.

5.5.5 Criteri di analisi

Per quanto previsto dalla normativa (D.M. n. 8 del 17/01/2018 *“Aggiornamento delle NTC”* e *Circolare esplicativa 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP.*), nel caso di *“progettazione per azioni sismiche”* di *“opere e sistemi geotecnici”*, nelle verifiche di sicurezza si deve controllare, che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni, *“ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a $\gamma_R = 1,2$ ”* (NTC 2018, § 7.11.4 e Circ. 2019 § C7.11.4).

Le verifiche vengono condotte nelle condizioni più cautelative, esaminando le “sezioni tipo”, perpendicolari ai pendii, rappresentative delle condizioni più gravose di ciascuna situazione.

Per l'analisi si è applicato il metodo semiprobabilistico agli stati limite ultimi (SLU); in particolare, utilizzando il coefficiente sismico $K_h = 0,013$ (SLV - Stati Limite di salvaguardia della Vita).

Per tali verifiche, si è utilizzato il metodo di Sarma (1974 - 1978), sviluppato da Hoeck (1981, 1983, 1987), prevedendo superfici di rottura circolari, al piede delle scarpate.

In dettaglio, l'analisi è così articolata:

- individuazione, per successivi tentativi, delle superfici di scorrimento critiche;
- assunzione di una distribuzione di tensioni lungo tali superfici;
- risoluzione mediante un'equazione di equilibrio globale del terreno (considerato come corpo rigido), all'interno delle superfici di scorrimento.

Per l'analisi si è valutata la stabilità attraverso l'utilizzo dei valori caratteristici dei parametri geotecnici dei terreni, con applicazione dei coefficienti parziali di sicurezza, considerando accettabile un fattore di sicurezza finale $F_s > 1,2$.

Le condizioni di stabilità si sono verificate utilizzando la caratterizzazione geotecnica descritta nel § 5.3, considerando cautelativamente nulla la coesione dei riporti.

5.5.6 Risultati delle verifiche

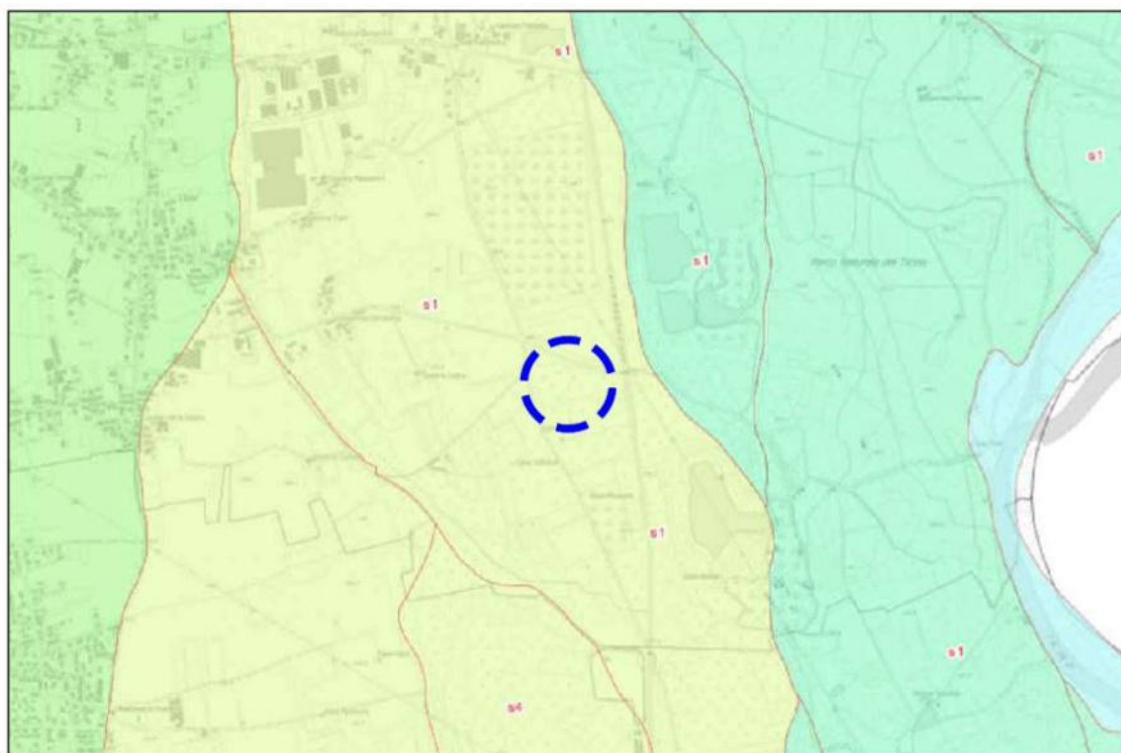
Secondo le verifiche di stabilità eseguite ed in riferimento alla normativa vigente (D.M. n. 8 del 17/01/2018 "*Aggiornamento delle NTC*" e *Circolare esplicativa* 21/01/2019 n.7/C.S.LL.PP), si ottengono i seguenti risultati:

- i pendii attuali, in particolare il più gravoso ubicato sul lato occidentale, presentano condizioni di equilibrio con $FS > 1,24$, quindi a norma (all.n.1);
- i pendii provvisori di riempimento, in particolare il più gravoso, da realizzare tra il settore occidentale e il settore centrale, presentano condizioni di equilibrio, con $FS > 1,26$, quindi a norma (all.n.2).
- i pendii finali dell'avvallamento, in particolare il più gravoso, ubicato sul lato settentrionale, presentano condizioni di equilibrio con $FS > 1,24$, quindi a norma (all.n.3).

6 CARATTERISTICHE PEDOLOGICHE

In riferimento ai suoli, secondo i dati pubblicati dal portale regionale "Geopiemonte" (www.geoportale.piemonte.it), fonte IPLA, in corrispondenza dell'area di indagine sono presenti i seguenti suoli, con le relative caratteristiche.

*Portale Geopiemonte
Capacità d'uso dei suoli*



 Area di intervento

Scala
1:25.000

Capacità d'uso dei suoli

-  I - Prima
-  II - Seconda
-  III - Terza
-  IV - Quarta
-  V - Quinta
-  VI - Sesta
-  VII - Settima
-  VIII - Ottava

Carta dei suoli e carte derivate - scala 1:250.000	
Suoli (IPLA – Sistema informativo pedologico)	
Sottogruppo	1342_01
Nome	Mollic Udifluent, ghiaiosi e non calcarei, delle piane alluvionali
Classificazione	Mollic Udifluent
Legenda	Entisuoli di pianura ghiaiosi (skeletal, fragmental, over)
Fase di riferimento	MARTINI scheletrico-franca, fase tipica
Pedon di riferimento	PIEM0680
Morfologia	Suoli che si sviluppano su superfici ondulate, debolmente terrazzate, da poco a relativamente elevate rispetto al livello attuale dei corsi d'acqua; in alcuni casi sono situate in posizione non del tutto protetta dai fenomeni di esondazione più importanti. Il materiale di partenza è costituito da depositi fluviali costituiti per la maggior parte da materiali grossolani (ciottoli e sabbie). Il paesaggio è tipicamente quello di greto o caratterizzato da agricoltura marginale e frammentata; l'uso delle terre è costituito da boschi semi-naturali governati prevalentemente a ceduo o da aree utilizzate per le colture avvicendate e la praticoltura permanente.
Suolo	Si tratta di suoli recenti e non evoluti, con una profondità utile ridotta dalla presenza di orizzonti fortemente ghiaiosi e con un orizzonte superficiale scuro (epipedon umbrico). La permeabilità è alta o moderatamente alta, il drenaggio da moderatamente rapido a buono e la disponibilità di ossigeno buona. Una leggera idromorfia può essere in alcune particolari situazioni presente nel profilo pedologico oltre 60-70 cm di profondità per l'influenza della falda che è in collegamento con i corsi d'acqua. Il topsoil si presenta di colore da bruno-scuro a nero per l'accumulo rilevante di sostanza organica, la tessitura varia da franco-sabbiosa a sabbioso-franca, lo scheletro è solitamente presente anche se non in percentuali superiori al 20% e la reazione è variabile da acida a subacida. Il subsoil, formato dall'alternanza di differenti livelli deposizionali, ha colore bruno olivastro, bruno olivastro chiaro o bruno giallastro, a seconda delle formazioni litologiche da cui deriva la maggior parte dei depositi, reazione subacida o neutra (raramente acida) ed ha tessitura da franco-sabbiosa a sabbiosa e presenza di scheletro in percentuale mediamente superiore al 35%..
Note	Sono suoli spesso soggetti ad attività di cava. In alcune limitate porzioni territoriali questa tipologia pedologica è utilizzata per la risicoltura in sommersione; si tratta di una pratica colturale da evitare per l'enorme quantità d'acqua necessaria e per l'elevato rischio di contaminazione delle falde idriche sottostanti.
Cenni sulla gestione	Suoli di scarso valore agronomico. La modesta profondità utile può richiedere turni di adacquamento ravvicinati e necessità di notevoli apporti di fertilizzanti, oltre essere la premessa per un bilancio idrico tendenzialmente sfavorevole. Sono suoli parzialmente adatti ad un utilizzo prativo nelle aree con elevate precipitazioni medie o con cereali quali grano ed orzo. Anche per ciò che riguarda l'arboricoltura le limitazioni sono rilevanti anche se in alcune situazioni, dove la falda non è troppo lontana dalla superficie, è possibile un utilizzo con specie come farnia, frassino, carpino bianco e pioppi. Sono per lo più suoli da lasciare alla vegetazione naturale di greto.

Carta dei suoli e carte derivate - scala 1:50.000	
Unità cartografica	U1275
Reazione del subsoil	5,5-6,5 - Subacido
Reazione del topsoil	4,5-5,4 - Acido
Calcare del subsoil	Assente – Non calcareo
Calcare del topsoil	Assente – Non calcareo
Pietrosità del subsoil	< 1 % assente
Pietrosità del topsoil	< 1 % assente
Tessitura del subsoil	Sabbioso- franco
Tessitura del topsoil	Franco-sabbioso
Drenaggio	Moderatamente rapido. L'acqua è rimossa dal suolo rapidamente I suoli hanno comunemente tessitura grossolana (sabbioso-franca o franco-sabbiosa grossolana) e sono superficiali. Sono suoli soggetti saltuariamente a deficit idrico stagionale.
Capacità d'uso dei suoli	II – Seconda Suoli con alcune moderate limitazioni che riducono la produzione delle colture agrarie.
Limitazioni	S1 - profondità utile per le radici delle piante
Capacità protettiva dei suoli	Capacità protettiva moderatamente bassa e basso potenziale di adsorbimento. Suoli con una o più delle seguenti caratteristiche: presenza di scheletro in percentuali comprese tra 36 e 60%, tessitura franco-sabbiosa, presenza di crepacciature irreversibili nel topsoil, orizzonti permanentemente ridotti tra 50 e 100 cm di profondità. Suoli acidi oppure suoli da subacidità alcalini poco dotati in carbonio organico (<1.6%) e con basso tenore in argilla (<18%).

Nell'intorno dell'area, viene indicata la presenza di suoli classificati "*Mollic Udifluvent*", ghiaiosi e non calcarei, delle piane alluvionali, appartenenti alla II° classe di capacità d'uso, con limitazioni legate alla profondità utile per le radici delle piante.

Si tratta di suoli a tessitura franco-sabbiosa e drenaggio moderatamente rapido, con capacità protettiva mediamente bassa nei confronti delle acque sotterranee.

In riferimento al sito, secondo i sopralluoghi eseguiti, l'intera area di intervento risulta uniformemente coperta da terreno umico, che, fra l'altro, ha favorito la proliferazione della vegetazione spontanea di invasione.

In base alla superficie dell'area di intervento, si stima un volume di terreno umico di circa 12.834 m³, che sarà temporaneamente rimosso e stoccato in sito, secondo le modalità descritte nel § 5.3.2 della *Relazione tecnica* del progetto.

Per il recupero, prevedendo il completo ritombamento della cavità fino al piano campagna, sulla superficie dei riporti, riprofilati secondo la morfologia di progetto, sarà ripristinato lo strato superficiale di terreno umico, per uno spessore di circa 40 cm (§ 5.3.3 della *Relazione tecnica*).

Comune di Oleggio (NO)

Ripristino ambientale di un'area

degradata in via Vallette

Pendio perimetrale attuale

Verifica di stabilità - Allegato n. 1

Scala 1:200

Unità A: ϕ [°] = 34

c [kN/m²] = 0

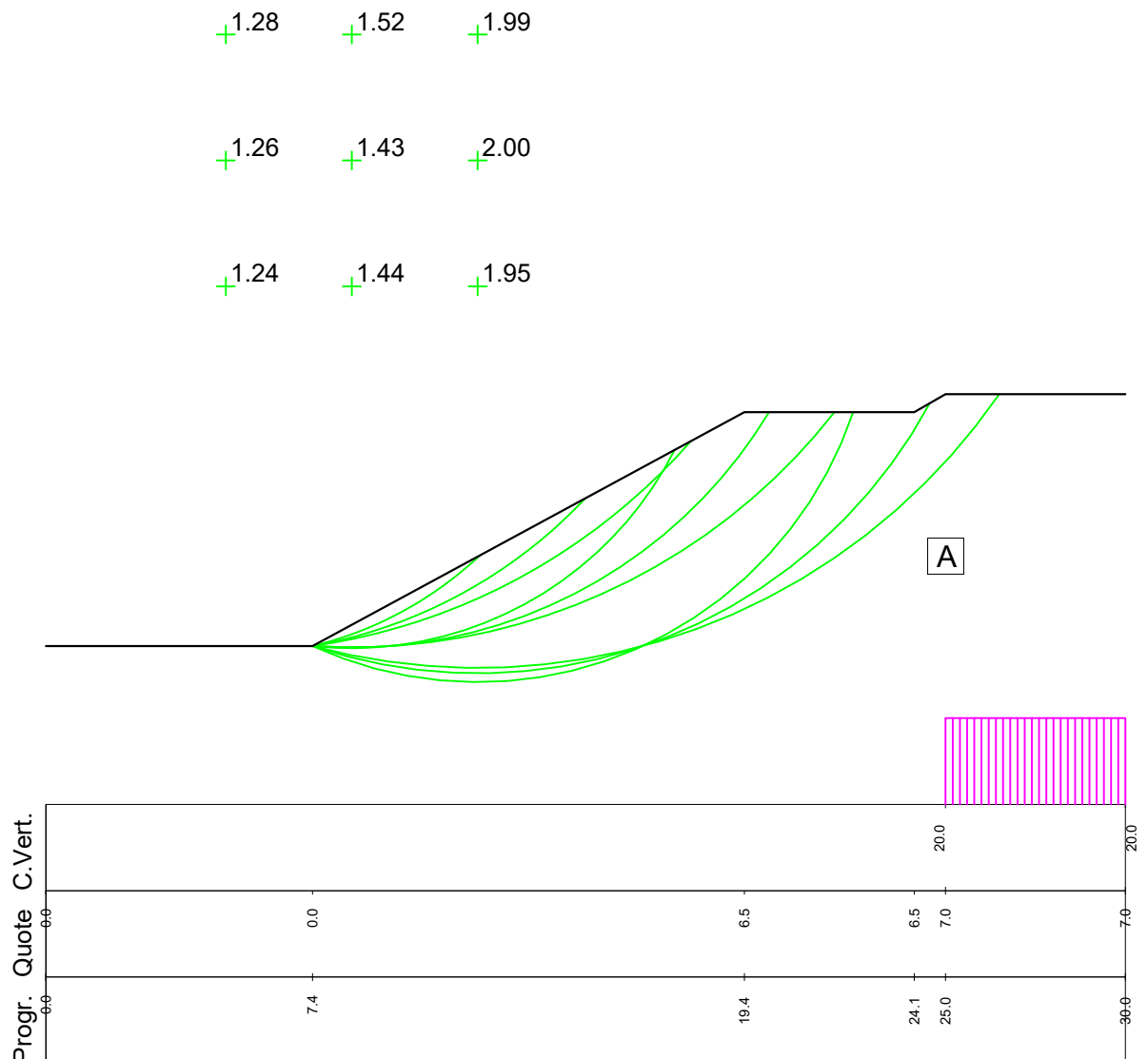
γ [kN/m³] = 20

Gamma acqua [kN/m³] = 1

Comp. sismica orizz.=0.013

Comp. sismica vert.=0.007

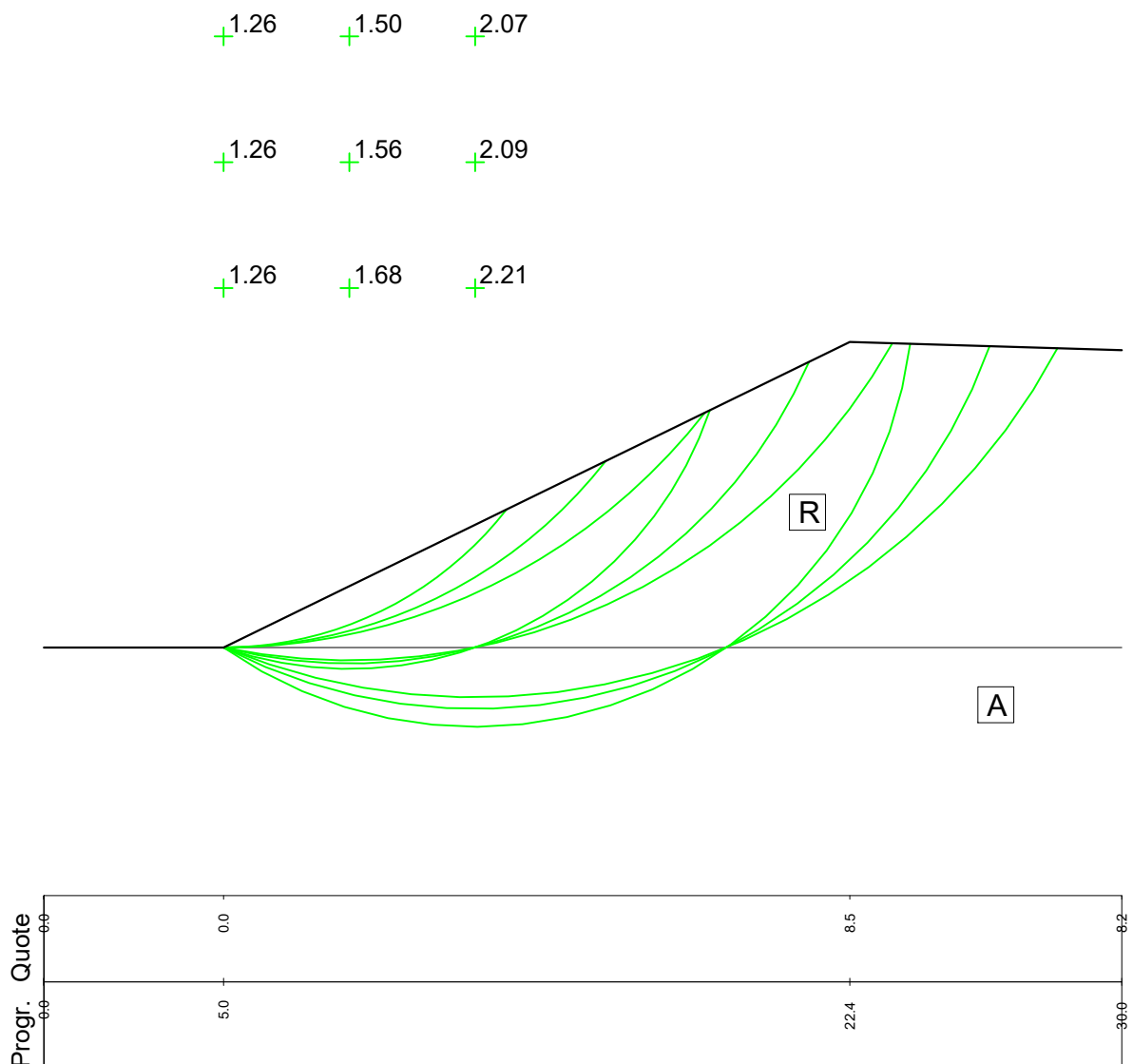
Metodo: Sarma



Comune di Oleggio (NO)

Ripristino ambientale di un'area
degradata in via Vallette
Pendio provvisorio di riempimento
Verifica di stabilità - Allegato n. 2
Scala 1:200

Riporto:	ϕ [°] = 30	c [kN/m ²] = 0	γ [kN/m ³] = 17
Unità A:	ϕ [°] = 34	c [kN/m ²] = 0	γ [kN/m ³] = 20
Gamma acqua [kN/m ³] = 1	Comp. sismica orizz.=0.013		Comp. sismica vert.=0.007
Metodo: Sarma			



Comune di Oleggio (NO)

Ripristino ambientale di un'area

degradata in via Vallette

Pendio finale dell'avvallamento

Verifica di stabilità - Allegato n. 3

Scala 1:250

Riporto:

ϕ [°] = 30

c [kN/m²] = 0

γ [kN/m³] = 17

Unità A:

ϕ [°] = 34

c [kN/m²] = 0

γ [kN/m³] = 20

Gamma acqua [kN/m³] = 1

Comp. sismica orizz.=0.013

Comp. sismica vert.=0.007

Metodo: Sarma

+1.96 +2.19 +2.99

+1.94 +2.13 +2.84

+1.93 +2.06 +2.71

