



COMUNE DI LESA



PROVINCIA  
DI NOVARA

PROVINCIA DI NOVARA



PROVINCIA  
DI NOVARA

REGIONE



PIEMONTE

## IMPIANTO IDROELETTRICO CON DERIVAZIONE DELLE ACQUE DI RESTITUZIONE DELLA CENTRALE ESISTENTE SUL T. ERNO

**L.R. n° 40 del 14 dicembre 1998 s.m.i.**

art. 10 - Fase di Verifica della procedura di V.I.A.

*"Disposizioni concernenti la compatibilità ambientale e le procedure di valutazione"*

**D.Lgs. n° 387 del 29/12/2003 e s.m.i.**

*"Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità"*

## RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA PRELIMINARE

### Committente

Sig.

**PAGANI Andrea**

Via Dante Alighieri, 37/bis  
28865 Crevoladossola (VB)

### Data:

Dicembre 2017

### Il Tecnico:

Dr. Geol. Fabio Rastelli

STUDIO GEOLOGICO Dr. Fabio RASTELLI

Piazza Dell'Oro, 6 - 28845 Domodossola (VB)

Tel.: +39 0324 280505 - Cell. +39 347 8283919 - e-mail: f.rasty@alice.it

## INDICE

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>3</b>
2.1 <i>Volumi di scavo e superfici modificate complessive.....</i>	5
<b>3. DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO .....</b>	<b>5</b>
<b>4. CENNI DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE SU SCALA REGIONALE E LOCALE .....</b>	<b>6</b>
4.1 <i>Aspetti tettonico-strutturali locali .....</i>	9
<b>5. ASPETTI GEOMORFOLOGICI GENERALI E SPECIFICI DELL'AREA .....</b>	<b>9</b>
5.1 <i>Lito-geomorfologia locale di dettaglio .....</i>	10
5.2 <i>Osservazioni in merito ai fenomeni valanghivi.....</i>	13
<b>6. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' E DELLA PARAMETRAZIONE SISMICA DEL SITO INDAGATO .....</b>	<b>13</b>
6.1 <i>Pericolosità sismica del sito .....</i>	14
6.2 <i>Strategia di progettazione con prestazioni dell'opera attese.....</i>	15
6.3 <i>Determinazione dell'azione sismica di progetto .....</i>	17
6.3.1 <i>Analisi di risposta sismica locale .....</i>	17
6.3.2 <i>Risultati ottenuti.....</i>	18
6.4 <i>Stabilità nei confronti delle liquefazione .....</i>	19
<b>7. CARATTERI IDROLOGICI ED IDROGEOLOGICI .....</b>	<b>19</b>
7.1 <i>Circolazione idrica superficiale .....</i>	19
7.2 <i>Analisi dei possibili effetti indotti dalla derivazione in progetto sul regime idraulico del T. Erno .....</i>	20
7.4 <i>Circolazione idrica sotterranea .....</i>	20
7.4 <i>Considerazioni sulle captazioni idropotabili nell'area di studio .....</i>	21
<b>8. ANALISI DELLO STATO DEI LUOGHI - RILIEVO DI DETTAGLIO .....</b>	<b>22</b>
8.1 <i>Vincoli e rapporti rispetto al quadro programmatico di settore .....</i>	22
<b>9. CARATTERIZZAZIONE DEI LITOTIPI RILEVATI .....</b>	<b>25</b>
<b>10. CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE .....</b>	<b>25</b>
<b>11. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>26</b>

<b>12. ASSETTO GEOSTATICO E STABILITÀ GLOBALE .....</b>	<b>28</b>
<b>13. STIMA DELLA PORTANZA DEL TERRENO DI FONDAZIONE .....</b>	<b>29</b>
13.1 Metodo di Brinch Hansen (1970) .....	30
13.1.1 Risultati ottenuti .....	31
13.2 Verifica allo scorrimento della fondazione .....	33
<b>14. PRESCRIZIONI A LIVELLO TECNICO-ESECUTIVO .....</b>	<b>33</b>
<b>15. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>36</b>

### **ALLEGATI**

- *Elaborati numerici di calcolo della capacità portante – verifiche di sicurezza tipo GEO*
- *Estratto della Carta geologico-strutturale di P.R.G.C.*
- *Estratto della Carta di Sintesi e delle NTA geologiche di P.R.G.C.*

## **1. PREMESSA**

Al fine di fornire un supporto geologico-geotecnico al progetto per la realizzazione di un impianto idroelettrico con derivazione delle acque di restituzione della centrale esistente della Ditta Gator S.r.l., nel territorio del Comune di Lesa (NO), è stato predisposto il presente studio mirato alla caratterizzazione geologica, geomorfologica, sismica, geotecnica ed idrogeologica dell'area di interesse e di un suo intorno.

Il progetto è sottoposto al procedimento unico ai sensi del D.Lgs. 387/2003 e s.m.i. – art. 12 contestualmente alla Fase di Verifica della procedura di V.I.A. ai sensi dell'art. 10 della L.R. 40/98 e s.m.i.

L'indagine è stata svolta in ottemperanza al D.M. 14/01/2008 (NTC) ed alla L.R. 45/89 s.m.i.

Il soggetto committente è il Sig. PAGANI ANDREA, residente in Via Dante Alighieri n° 37/bis – Crevoladossola (VB).

Il lavoro svolto si è articolato in più fasi successive, in modo da caratterizzare l'area di intervento dal punto di vista geologico, geolitologico, geomorfologico, geotecnico, sismico ed idrogeologico.

La prima fase ha previsto la raccolta e la consultazione del materiale bibliografico esistente, mentre in un secondo tempo si è proceduto con una serie di dettagliati sopralluoghi in sito atti a verificare la situazione territoriale puntuale ed al contorno, nonché all'acquisizione dei parametri essenziali a stabilire la fattibilità dell'intervento previsto.

L'analisi geologico-tecnica ha quindi consentito di valutare la compatibilità dell'opera con l'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico della porzione territoriale interessata dai lavori, nonché di un significativo intorno, secondo i criteri dettati dalla normativa specifica vigente, ponendo particolare attenzione alla stabilità dei terreni di imposta.

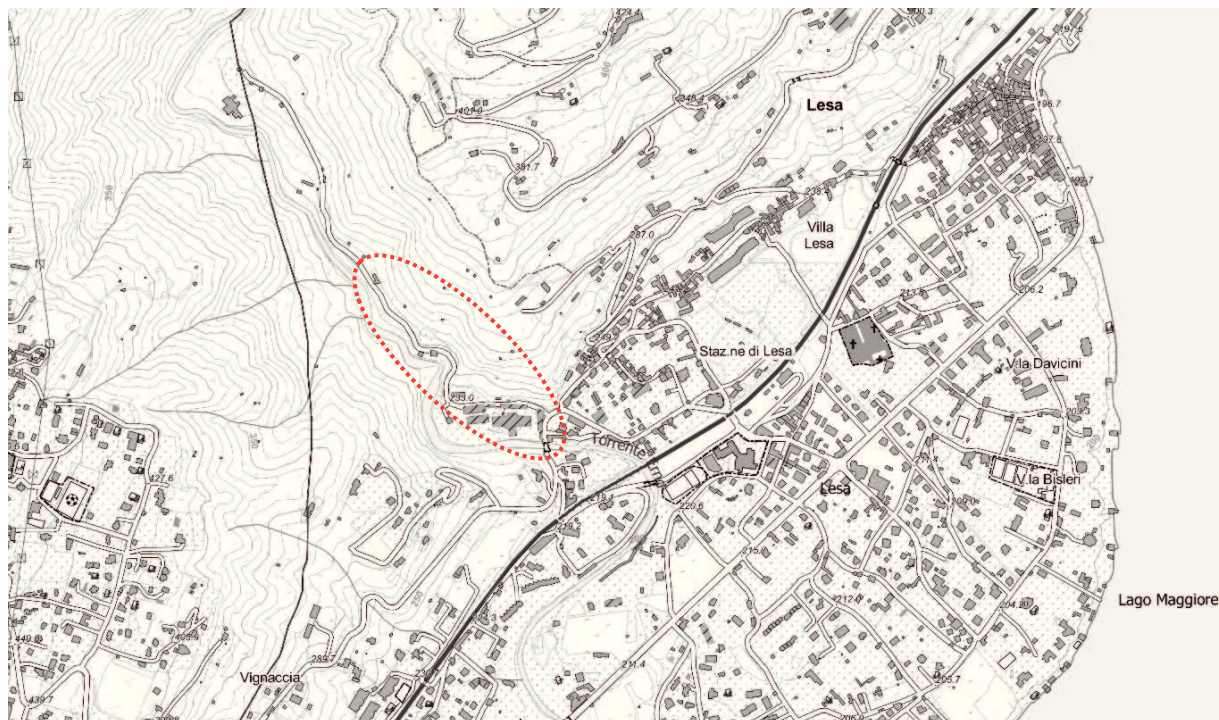
## **2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE**

La zona di indagine risulta localizzata nella zona di imbocco della valle dell'Erno, a monte dell'apice di conoide dell'omonimo corso d'acqua, ovvero a Nord-Ovest dell'abitato di Lesa, all'interno del territorio di competenza del Comune di Lesa (NO).

Topograficamente l'intervento è localizzato sulla Carta Tecnica Regionale C.T.R. in scala 1:10.000 – sezione n° 073150 "Lesà".

Geograficamente, l'impianto previsto rimane ubicato in sinistra idrografica del torrente Erno, collettore di drenaggio principale dell'intera vallata omonima.





L'ubicazione della nuova opera di captazione dal canale di scarico della centrale esistente è prevista alla quota altimetrica media di circa 249 metri s.l.m., mentre l'edificio centrale sarà invece localizzato a quota 227 metri s.l.m. circa (quota strada), nel settore in sponda sinistra del T. Erno ed a margine della viabilità (S.P. n° 37, Via Opifici/Strada vicinale della Valle).







### **2.1 Volumi di scavo e superfici modificate complessive**

Dal computo di progetto si evince come il volume relativo ai lavori di sbancamento complessivi necessari alla realizzazione delle opere in progetto, risulti essere approssimativamente pari a circa  $1.774 \text{ m}^3$ .

Il materiale di scavo verrà in buona parte - circa  $1.356 \text{ m}^3$  - reimpiegato in cantiere per rinterri e rimodellamenti.

Il "volume di scavo" così come definitivo dalla L.R. 45/89 s.m.i. (scavi+riporti) è pertanto quantificabile in complessivi  $1.774 \text{ m}^3$  circa.

La superficie di intervento risulta approssimativamente essere pari a  $1.885 \text{ m}^2$  (comprensiva anche delle superfici oggetto di modifica temporanea di cantiere).

## **3. DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO**

Le caratteristiche peculiari di progetto relative al tracciato ed ai manufatti previsti sono descritte negli elaborati redatti a cura dei Tecnici progettisti incaricati, e possono essere di seguito riassunti.

L'intervento prevede la realizzazione di un piccolo impianto idroelettrico che sfrutta le acque di scarico (turbinate) dall'esistente centrale a servizio dell'impianto con derivazione sul T. Erno, di proprietà della Ditta Gator S.r.l.; nel complesso l'impianto risulterà costituito da un'opera di captazione (249 metri s.l.m. circa), da un apparato sghiaiatore e vasca di carico, dalla condotta forzata ( $D_{\text{ext}}$  500 mm) e dal fabbricato centrale che ospiterà il gruppo turbina-generatore (quota pavimento 225 metri s.l.m. circa) e, infine, dal canale di scarico.

#### **4. CENNI DI INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE SU SCALA REGIONALE E LOCALE**

La caratterizzazione geologica dell'area, su ampia scala, fa riferimento alla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 - Foglio n° 31 "Varese", unitamente alla cartografia di P.R.G.C. ed a cartografie tematiche a scala di dettaglio.

La zona in analisi ricade nel basamento delle Alpi Meridionali, o Sudalpino, separato a nord, all'altezza dell'abitato di Vogogna, dalle strutture a falde Europa-vergenti per mezzo dell'importante lineamento strutturale denominato Linea Insubrica (o Linea del Canavese).

Le Alpi Meridionali costituiscono una sezione pressoché completa e quasi perfettamente preservata della crosta continentale prealpina, tuttavia non continua per la presenza di svincoli tettonici interni.

La discontinuità maggiore, rappresentata dalle linee Cossago-Mergozzo-Brisago e del Pogallo (Casati, 1987), suddivide il basamento Sudalpino in due unità principali: la Zona Ivrea-Verbanò e la Serie dei Laghi.

Tale distinzione si basa sulle evidenti differenze litologiche e strutturali che consentono di attribuire alla Zona Ivrea-Verbanò il significato di crosta continentale inferiore e alla Serie dei Laghi quello di crosta intermedia e superiore.

La Zona Ivrea-Verbanò, che caratterizza la fascia a N.W. della zona in analisi, comprende due principali unità litologiche di età diverse, ovvero il complesso gabbrico-stratificato dell'unità più recente e profonda, che affiora con continuità a contatto con la Linea del Canavese ed il complesso kinzigitico che costituisce il tetto attualmente ruotato e deformato dei plutoni gabbrici.

La Serie dei Laghi affiora a S.E. della Zona Ivrea-Verbanò e si estende fino al margine della Pianura Padana. Il contatto tra le due unità è di natura tettonica. La Serie dei Laghi, è suddivisa in due unità litologiche distinte:

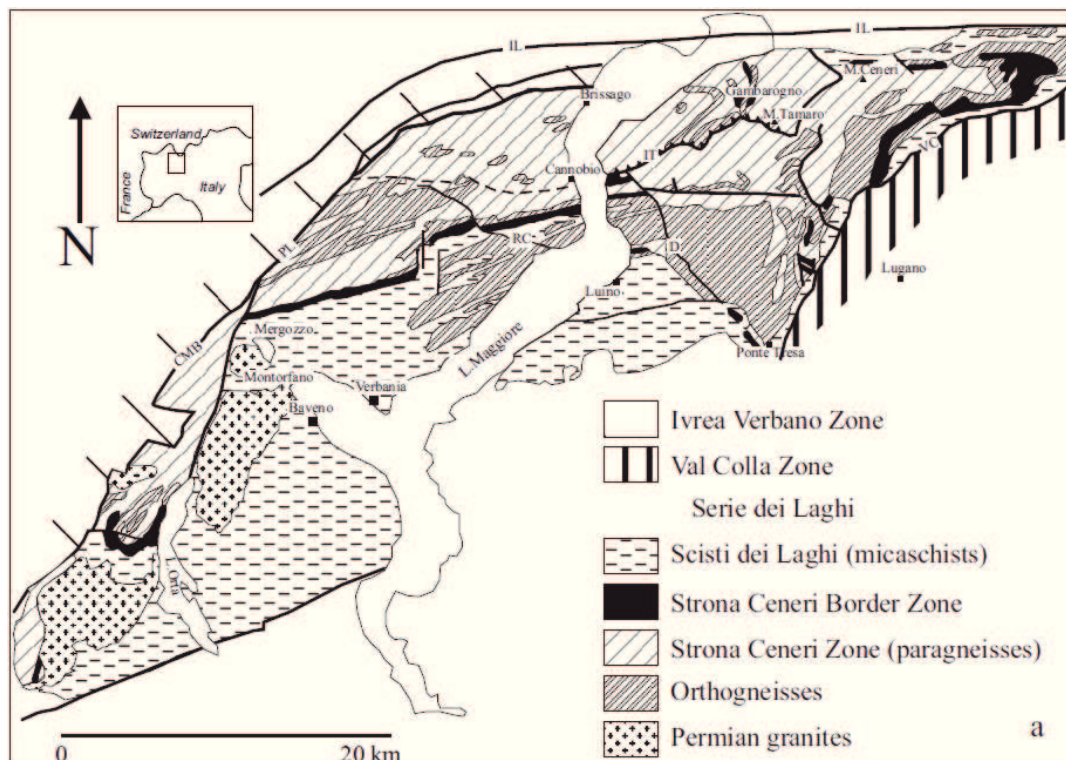
- la Zona Strona-Ceneri, che rappresenta un segmento di crosta intermedia prealpina che affiora con notevole estensione tra il Lago Maggiore e la Val d'Ossola;
- gli Scisti dei Laghi, che rappresentano una tipica sezione di crosta superiore che affiora da Borgosesia al Lago Maggiore.

Le due unità sono separate da una banda di anfiboliti e subordinate ultramafiti diretta E.-W. Tale Zona è costituita da un basamento a metamorfismo varisco in facies anfibolitica, derivato da protoliti a dominante arenacea, e a sua volta suddiviso nei complessi degli Cenerigneiss e degli Gneiss minuti.

Gli Cenerigneiss sono paragneiss psefitico-psamminici con noduli silicatici di calcio e locale cianite, mentre gli Gneiss minuti sono rappresentati da paragneiss di colore scuro a due miche, con aspetto tabulare e struttura granoblastica minuta.

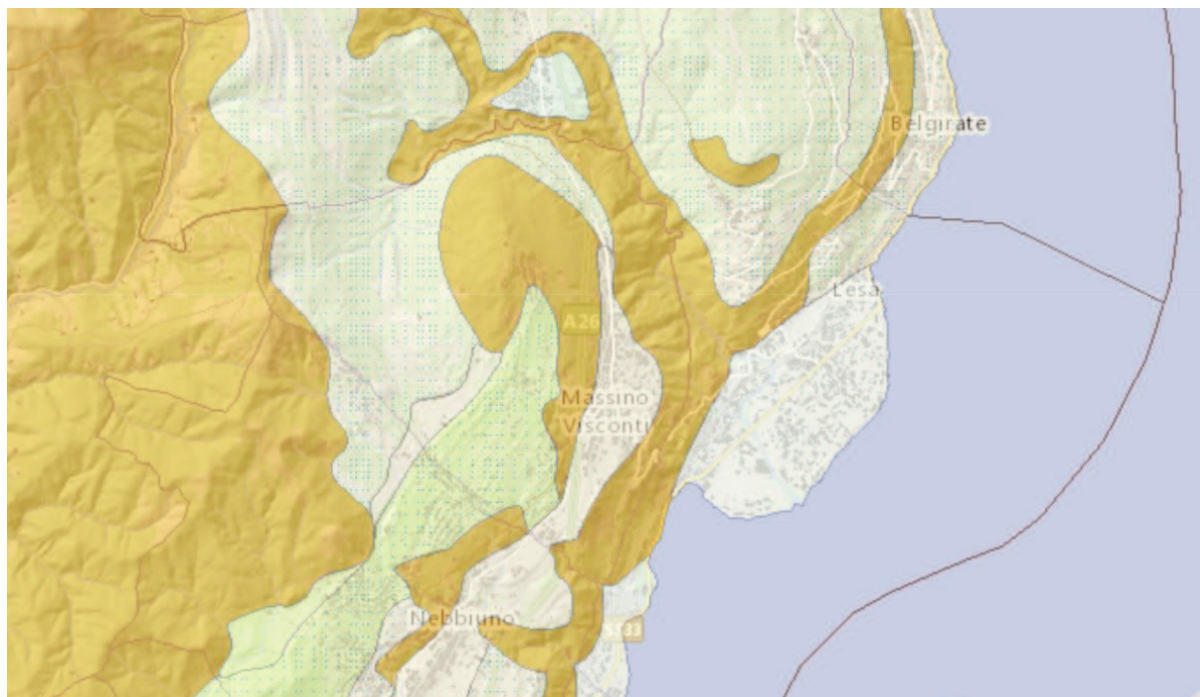
Inoltre, la Zona Strona-Ceneri contiene grandi corpi lenticolari di ortogneiss granitico-dioritici, ad affinità calcalcalina.

Verso S.E., in prossimità della zona cosiddetta "marginale", ovvero nei pressi della zona di transizione tra la Zona Strona-Ceneri e gli Scisti dei Laghi, il basamento evidenzia un aspetto composizionale molto eterogeneo, in cui si osservano lenti di rocce mafiche ed ultramafiche (metagabbri, anfiboliti, eclogiti, pirosseniti e serpentine), spesso associate a paragneiss di origine terrigena.



L'area specifica indagata ricade nelle formazioni della Serie dei Laghi, ed in particolare appartiene agli Scisti dei Laghi; i litotipi dominanti sono composti da micascisti e paragneiss a biotite e muscovite di natura pelitica, talora con presenza di granato, cianite e staurolite e con rare intercalazioni anfiboliche. Il basamento ha subito un metamorfismo varisco, che ha caratterizzato la scistosità regionale.





Piana et al., 2017, Journal of Maps - servizio WebGIS ARPA Piemonte  
 F. Piana, G. Fioraso, A. Irace, P. Mosca, A. d'Atri, L. Barale, P. Falletti, G. Monegato, M. Morelli, S. Tallone, G.B. Vigna (2017).  
 GEOLOGY OF PIEMONTE REGION (NW Italy, Alps-Apennines junction zone).

### Serie dei Laghi Complex

### Complesso della Serie dei Laghi

#### Scisti dei Laghi Auct. (Lake schists)

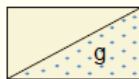
LAM



Amphibolite-facies micaschist and paragneiss partially re-equilibrated under greenschists-facies conditions

*Micascisti e paragneiss*

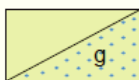
P14a,b



**Alluvial, fluvioglacial and megafan deposits. Lodgement and ablation till (Pg14a/b)**  
 (Middle-Upper Pleistocene)

*Depositi fluviali, depositi fluvioglaciali, depositi di megafan e depositi glaciali di fondo e di ablazione*

P13



**Alluvial, fluvioglacial and megafan deposits. Lodgement and ablation till (Pg13)**  
 (upper part of Middle Pleistocene)

*Depositi fluviali; depositi glaciali di fondo e di ablazione; depositi fluvioglaciali*

Gli Scisti dei Laghi sono composti da alternanze di paragneiss e micascisti, con rare intercalazioni di filoni aplitici; talvolta sono presenti filoni pegmatitici e livelli anfibolitici di spessore pluri-decimetrico.

In genere assumono alterazione di colore rossastro e si presentano come alternanze tra bancate decimetriche/pluri-decimetriche più competenti a composizione paragneissica (plagioclasio, quarzo, biotite, muscovite,  $\pm$  staurolite e cianite) e livelli di micascisti con maggiori percentuali di muscovite e biotite (e granato) e di conseguenza più fittamente foliati; la grana può variare da minuta a media.

Tali rocce sono caratterizzate dalla presenza di una marcata foliazione data dalla riorientazione in piani subparalleli delle miche.

I livelli di micascisti presentano numerosi "occhi" quarzosi (denominati "rods") oltre a bande millimetriche a composizione quarzosa o quarzoso-feldspatica, mentre nelle

porzioni paragneissiche sono riconoscibili livelli leucocrati geometricamente più continui, con assenza di strutture quali rods o cerniere di pieghe sradicate.

#### **4.1 Aspetti tettonico-strutturali locali**

A vasta scala, si possono individuare due importantissimi lineamenti strutturali, ovvero la Linea Insubrica, o Linea del Canavese, e la Linea Cossato-Mergozzo-Brissago, il cui passaggio avviene più a S.E. rispetto al lineamento precedente.

La Linea Insubrica separa in modo netto la catena a falde Europa-vergenti dal basamento Sudalpino (Alpi Meridionali). Tale lineamento tettonico, detto Periadriatico, si estende dalla linea del Canavese a quella del Tonale (linea Insubrica).

In un breve tratto del settore Nord-Occidentale, il lineamento si suddivide in due rami che delimitano la ristretta zona tettonica del Canavese, interposta fra l'Austroalpino ed il Sudalpino.

La seconda importante discontinuità è rappresentata dalle linee Cossato-Mergozzo-Brissago e del Pogallo (che disloca in trascorrenza la Linea CMB), che suddivide il basamento sudalpino nelle due unità formazionali precedentemente descritte, la Zona Ivrea-Verbano e la Serie dei Laghi.

Infine, si cita la Linea della Cremona, elemento tettonico regionale con movimento trascorrente destro, di presunta età neoalpina. Traccia di tale lineamento strutturale si rilevano anche nei settori meridionali del territorio comunale di Lesa, e gli effetti sono osservabili sugli affioramenti rocciosi di prossimità, rappresentati da fasce cataclastiche.

## **5. ASPETTI GEOMORFOLOGICI GENERALI E SPECIFICI DELL'AREA**

Dal punto di vista geomorfologico, l'area vasta in analisi risulta condizionata dagli eventi che dal Quaternario si sono susseguiti sino ai giorni nostri, sviluppando una serie di processi naturali che hanno condotto alla formazione dell'attuale assetto morfologico.

Originariamente, con il ritiro del ghiacciaio del Verbano, i detriti derivanti dal modellamento e dalla disgregazione del substrato roccioso si sono depositati su quest'ultimo, formando potenti coltri di copertura morenica. I risultati dell'azione modellatrice dei ghiacci è ancora oggi ben evidente nelle forme arrotondate di alcuni rilievi, quali il Monte Rosso, il Montorfano, ecc...

Sono ancora ben riconoscibili, infatti, una serie di terrazzi fluvio-glaciali, talora incisi in corrispondenza del periodo di abbassamento del livello dei ghiacci del Verbano.

Anche l'areale ristretto di indagine, ossia le porzioni montane e vallive laterali al Lago Maggiore, mostrano chiaramente un assetto morfologico di origine glaciale, ai conseguenti fenomeni erosivi e deposizionali ed alle successive attività gravitative di versante. Gli effetti del modellamento glaciale sono peraltro osservabili in alcune zone attraverso affioramenti rocciosi montonati e striati, con la presenza di massi erratici anche di dimensioni importanti nonché con l'andamento del profilo dei versanti spesso gradoni e con tipiche rotture di pendenza.

Successivamente, i depositi glaciali sono stati a loro volta modellati, erosi e rielaborati da eventi di origine fluvio-torrentizia anche molto intensi, con alternanze tra fasi erosive e deposizionali; l'azione delle acque superficiali ed il conseguente coinvolgimento delle coltri di copertura, erose e rielaborate, ha determinato la formazione dei depositi eluvio-colluviali che obliterano il basamento roccioso.

Ulteriori forme morfologiche sono osservabili in prossimità dello sbocco sul fondovalle dei principali collettori di drenaggio delle acque superficiali, dove la dinamica evolutiva torrentizia ha generato, nel corso del tempo, l'edificazione di conoidi di deiezione alluvionale. In ambito locale si segnala infatti l'ampia conoide alluvionale del T. Erno, edificata a seguito delle pulsazioni torrentizie, sulla quale si insedia l'abitato di Lesa e la località Solcio.

### **5.1 Lito-geomorfologia locale di dettaglio**

La captazione delle acque di restituzione della centrale Gator S.r.l. esistente (foto sotto a sinistra) è prevista in corrispondenza del canale in pietrame che convoglia le acque nel T. Erno.

Immediatamente a valle di tale canale, in corrispondenza di un pianoro con copertura detritica di moderato spessore (foto sotto a dx), verrà realizzato il canale sghiaiatore con vasca di carico interrati.



La condotta forzata che si diparte dalla vasca di carico prosegue interrata lungo l'esistente viabilità sterrata comunale, come osservabile nelle fotografie seguenti.





I terreni oggetto di scavo in trincea per l'alloggiamento della tubazione interrata sono composti da detrito misto costipato.



Per tutto lo sviluppo la condotta forzata risulterà interrata sotto la viabilità (strada vicinale della Valle dell'Erno); le riprese fotografiche mostrano i punti principali della strada, ripresi da monte verso valle.



Localmente è possibile rilevare la roccia in affioramento lungo il margine di monte della strada o nei settori poco a monte della stessa; i depositi di copertura nell'intorno sono costituiti da depositi glaciali/fluvio-glaciali di spessore variabile a luogo a luogo, ma generalmente di ordine moderato.





Raggiunta la zona dell'intersezione della strada vicinale, la strada comunale di Via Belvedere e la S.P. (Via Opifici), si raggiunge la zona di prevista realizzazione dell'edificio centrale completamente interrato; la collocazione della struttura è prevista a tergo dell'esistente muro visibile nella fotografia sopra a destra. I depositi di copertura rilevabili in loco sono di origine glaciale e presentano spessore di ordine metrico/pluri-metrico.

Il pendio a monte del muro assume acclività elevata, dell'ordine dei 35°-40° e si rilevano due linee di muri in pietrame. In funzione della presenza di strutture murarie esistenti, della viabilità e dell'acclività del pendio a monte del sito, saranno da prevedere interventi provvisori di sostegno dello scavo prima di procedere allo sbancamento s.s. (es. paratia di micropali).



Nelle fotografie sovrastanti si mostra il tratto stradale in cui è previsto l'interro della tubazione di restituzione delle acque turbinate, interessando materiali di riporto stradale costipati; la foto sopra a sinistra mostra il tratto della S.P. (Via Opifici), e sullo sfondo al centro il sito di realizzazione della centrale interrata, mentre la foto sopra a destra mostra il tratto di S.C. (Vicolo Opifici) in cui prosegue il tubo di restituzione interrato.



Infine, la foto precedente mostra la zona di restituzione delle acque nel T. Erno, dalla sponda sinistra.

### **5.2 Osservazioni in merito ai fenomeni valanghivi**

L'analisi dettagliata del territorio, nonché la consultazione del materiale storico e tecnico esistente in riferimento all'area vasta indagata (P.R.G.C. vigente e relativi elaborati), non individuano aree soggette a fenomeni valanghivi che possano interferire con le opere in progetto.

## **6. ANALISI DELLA PERICOLOSITA' E DELLA PARAMETRAZIONE SISMICA DEL SITO INDAGATO**

La presente analisi è stata condotta ai sensi delle nuove "*Norme tecniche per le costruzioni*" di cui al D.M. 14/01/2008.

Tale normativa impone l'utilizzo di metodi di calcolo agli stati limite e l'inserimento delle azioni sismiche locali. Lo studio si è articolato in tre diverse fasi allo scopo di determinare l'azione sismica massima di progetto preventivabile per un determinato tempo di ritorno della stessa ed una fissata probabilità di eccedenza, azione da inserire successivamente nei calcoli della capacità portante del terreno di fondazione in termini di effetti inerziali. Tale azione viene ottenuta sulla base di spettri di risposta definiti mediante le seguenti tre diverse fasi:

- ☞ individuazione della pericolosità del sito (sulla base dei risultati del progetto S1-INGV);
- ☞ scelta della strategia di progettazione;
- ☞ determinazione dell'azione di progetto.

Si sottolinea che tutte le tre fasi sopra indicate sono state affrontate con l'utilizzo del software "*Spettri NTC ver. 1.0.3*" approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e messo a disposizione dei tecnici di settore.

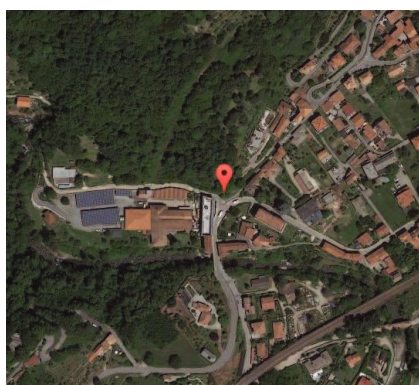
## 6.1 Pericolosità sismica del sito

Nella *prima fase* la "pericolosità sismica di base" del sito di intervento è definita in termini sia di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido di categoria di sottosuolo A (*categorie classificate nella tabella 3.2.II del D.M. 14/01/2008*) con superficie topografica orizzontale, sia in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  (*definite nella tabella 3.2.1. delle NTC-08*) nella vita di riferimento dell'opera  $V_R$ .

Ai fini della presente normativa le forme spettrali ottenute sono definite per ciascuna delle probabilità di superamento  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ▣  $a_g$  accelerazione massima sul sito (espressa in  $g/10$ );
- ▣  $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (valore adimensionale);
- ▣  $T^*_c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (espresso in secondi).

Tali parametri sono forniti nella tabella 1 dell'allegato B delle NTC-08 per 10751 punti (nodi) del reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio italiano (ad esclusione delle isole per le quali occorre consultare la tabella 2) e per 9 valori del periodo di ritorno  $T_R$ . Tali punti sono definiti in termini di coordinate di latitudine e longitudine (*in gradi decimali*).



(1)\* Coordinate WGS84 (°)

Latitudine 45.825117

Longitudine 8.553314

(1)\* Coordinate ED50 (°)

Latitudine 45.826048

Longitudine 8.554395

coordinate in gradi decimali  
(edificio centrale)

Per qualunque punto del territorio non ricadente sui nodi del reticolo di riferimento, come nel caso in esame, il valore del generico  $p$  ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*_c$ ) ad esso corrispondente è ricavato per interpolazione a partire dai dati relativi a prefissati  $T_R$  (periodo di ritorno dell'azione sismica espresso in anni), utilizzando il valore ottenuto dalla media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia del reticolo di riferimento contenente il punto in esame.

Ad ogni stato limite considerato corrispondono valori differenti di tali parametri.

Come definito al § 7.1 delle NTC-08 e al § C7.1 della circolare attuativa relativa (*"Requisiti nei confronti degli stati limite"*) per stati limite di tipo geotecnico sotto l'effetto di azioni sismiche, le verifiche di sicurezza da affrontare per costruzioni con classe d'uso II come quella in esame sono:

- ♦ stati limite di esercizio SLD (Stato Limite di Danno) con verifica del contenimento delle deformazioni del sistema fondazione-terreno (cedimenti);
- ♦ stati limite ultimo SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) con verifica della resistenza del sistema fondazione-terreno, della stabilità dei rilevati, dei muri di sostegno e dei fronti di scavo.

Prendendo in considerazione lo stato limite ultimo SLV, dagli elaborati di calcolo si ottengono per il sito in esame (*vedi tabelle e grafici seguenti al Paragrafo 6.2*) i seguenti valori:

- ☞  $a_g = 0,040$  (g)
- ☞  $F_0 = 2,673$
- ☞  $T^*_c = 0,281$  (s)
- ☞  $T_R = 475$  anni, ove  $T_R = [-V_R / \ln(1-P_{VR})]$ , con  $V_R$  e  $P_{VR}$  definiti di seguito

## 6.2 Strategia di progettazione con prestazioni dell'opera attese

Nella seconda fase, a partire dai coefficienti che definiscono il tipo di opera e la classe d'uso della costruzione, si valutano alcuni parametri *fondamentali* (*vedasi capitolo 2 NTC-08*) che brevemente riassumiamo, alcuni dei quali già menzionati sopra.

- **$V_N$  => vita nominale dell'opera** in base al tipo di costruzione *"intesa come il numero di anni nel quale la struttura deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata"*;
- **Classe d'uso** della costruzione in presenza di azioni sismiche;
- **$V_R$  => Periodo di riferimento per l'azione sismica**, *"che si ricava per ciascun tipo di costruzione moltiplicando la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ "*, ove  $C_U$  è definito, al variare della classe d'uso, in base alla tabella seguente.

Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente $C_U$	0,7	1	1,5	2

Considerando per periodi  $\leq 35$  anni un  $V_r$  minimo pari a 35 anni

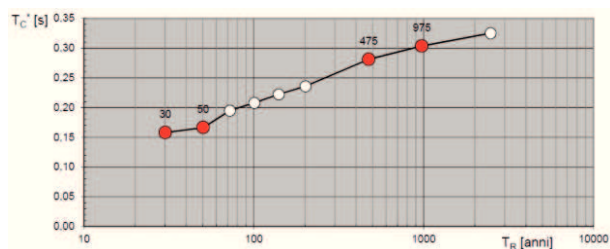
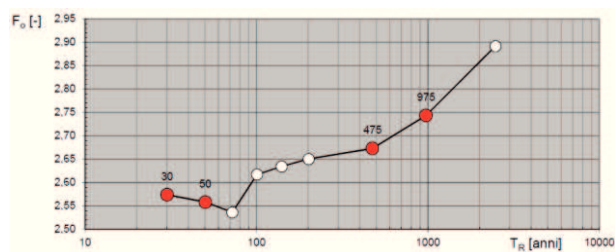
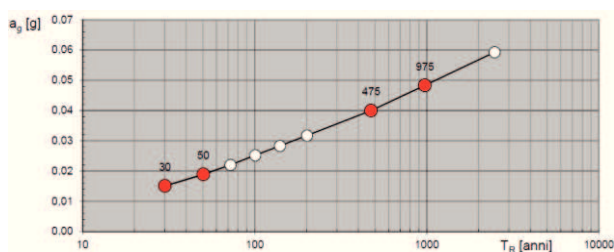


- **$P_{VR}$**  => **Probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $V_R$** , che si ricava in valore percentuale per ciascuno Stato Limite considerato.

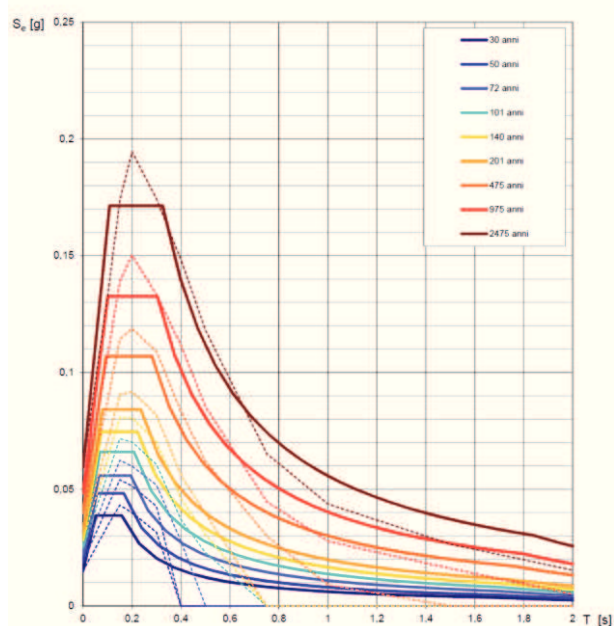
Considerando l'intervento in progetto sono stati attribuiti i seguenti valori riferiti alle tabelle relative inserite nel D.M. 14/01/2008:

- ♦  **$V_N \geq 50$  ANNI** (tipo di costruzione 2 => tabella 2.4.1)
- ♦ **Classe d'uso II;**
- ♦ **Coefficiente d'uso  $C_U$**  riferibile a classe II => 1;
- ♦  **$P_{VR} = 63\%$**  per stato limite di esercizio (SLD);
- ♦  **$P_{VR} = 10\%$**  per stato limite ultimo (SLV).

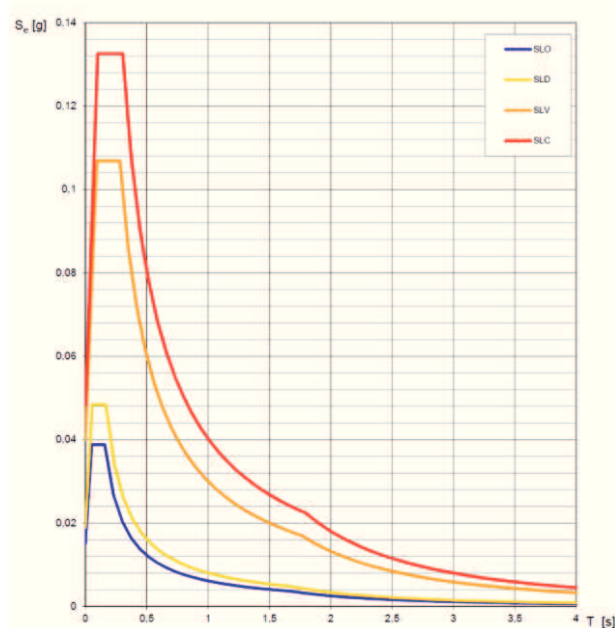
### Valori di progetto dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C$ in funzione del periodo di ritorno $T_R$



Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



### Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,015	2,574	0,158
SLD	50	0,019	2,558	0,167
SLV	475	0,040	2,673	0,281
SLC	975	0,048	2,743	0,303

### 6.3 Determinazione dell'azione sismica di progetto

La terza fase permette infine di ottenere il valore di progetto dell'azione sismica (definita al § 3.2.3) massima orizzontale preventivabile sul sito in esame con prefissati  $T_R$  e  $P_{VR}$ . Tale azione è caratterizzata da 3 componenti traslazionali, due orizzontali contrassegnate da X e Y e da una verticale Z, da considerare tra loro indipendenti.

Generalmente, come nel caso in esame, per le opere ed i sistemi geotecnici la componente verticale risulta trascurabile. Le componenti possono essere descritte mediante l'accelerazione massima attesa in superficie o accelerazione massima e relativi spettri di risposta attesi in superficie. Le due componenti orizzontali ortogonali tra loro sono caratterizzate dal medesimo spettro di risposta.

Tale spettro in accelerazione è utilizzato per strutture con periodo fondamentale  $\leq 4,0$  s ed è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) moltiplicata per il valore della accelerazione massima orizzontale  $a_g$ , ottenuto in precedenza su sito di riferimento rigido orizzontale: sia la forma spettrale che il valore di  $a_g$  si differenziano al variare della probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento  $T_R$ .

#### 6.3.1 Analisi di risposta sismica locale

Al fine di rendere più puntuale l'analisi effettuata, è necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale che si basa sui seguenti parametri:

- ☞ categoria di sottosuolo presente (ottenuta dalla tabella 3.2.II delle NTC-08);
- ☞ coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  (ottenuto dalla tabella 3.2.V delle NTC-08 in base a categoria di sottosuolo presente);
- ☞ coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  (ottenuto dalla tabella 3.2.IV delle NTC-08).

In riferimento ai criteri elencati al punto 3.2.2 del D.M. 14/01/2008 è possibile assimilare i terreni in analisi, in via sufficientemente cautelativa, alla categoria di suolo ( $S_s$ ) di fondazione tipo "E", ossia "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  $V_{s,30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $N_{SPT,30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina)".

Tale fattore è correlato al tipo di sottosuolo presente e nel caso in esame  $S_s = 1,60$  [cat. sottosuolo "E"].

CATEGORIA DI SUOLO	$S_s$
A	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$
<b>E</b>	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$

Di seguito si considerano, invece, le condizioni topografiche che possono determinare un'amplificazione sismica dell'evento in base alle categorie topografiche definite nelle norme (coefficiente  $S_t$ ).

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA	$S_t$ (max)
<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1,00
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	1,20
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	1,20
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1,40

Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica

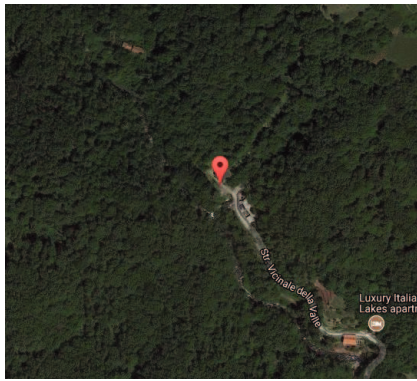
### 6.3.2 Risultati ottenuti

Ottenuti i parametri necessari per l'analisi di risposta sismica locale, è possibile definire l'accelerazione massima di progetto attesa al suolo  $A_{max}$  mediante la seguente relazione:

$$\text{Centrale} - A_{max} = S \times a_g = [(1,60 \times 1,00) \times 0,040 \text{ g}] = \mathbf{0,064 \text{ g}}$$

dove  $S = S_s \times S_t$

Con analogo procedimento, si è valutata l'accelerazione massima di progetto attesa al suolo  $A_{max}$  in corrispondenza del sito di imposta dell'opera di captazione/vasca di carico in progetto.



(1)\* Coordinate WGS84 (°)

Latitudine 45.827507

Longitudine 8.548714

(1)\* Coordinate ED50 (°)

Latitudine 45.828438

Longitudine 8.549795

coordinate in gradi decimali

### Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,015	2,573	0,158
SLD	50	0,019	2,559	0,166
SLV	475	0,040	2,673	0,282
SLC	975	0,049	2,745	0,303

$S_s = 1$  (categoria sottosuolo "E")

$S_t = 1$  (categoria topografica "T2")

captazione/vasca di carico -  $A_{max} = S_s \times S_t \times a_g = [(1,60 \times 1,02) \times 0,040 \text{ g}] = \mathbf{0,065 \text{ g}}$

### 6.4 Stabilità nei confronti delle liquefazione

Ai sensi del D.M. 14/01/2008 (NTC), ovvero della valutazione della pericolosità sismica locale sopra esplicitata, per il sito esaminato sono emerse accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g, rientrando così nei casi previsti di esclusione della verifica alla liquefazione.

## 7. CARATTERI IDROLOGICI ED IDROGEOLOGICI

### 7.1 Circolazione idrica superficiale

Il collettore principale del reticolato idrografico locale è rappresentato dal Torrente Erno, il quale trae origine dalle pendici del Mottarone, nel territorio del Verbano-Cusio-Ossola; in questo primo tratto è denominato Airola, per poi ricevere l'affluenza del T. Valleggia in prossimità del confine con la provincia di Novara.

Da qui, alla confluenza del torrente Grisana e del torrente Scoccia, prende il nome di T. Erno, attraversando i territori di Massino Visconti, Brovello-Carpugnino e Lesa, dove sfocia nel Lago Maggiore presso la località Solcio. Il corso d'acqua presenta un tipico regime torrentizio.



La dinamica evolutiva del T. Erno ha portato alla "costruzione" dell'ampia conoide alluvionale su cui si imposta l'abitato di Lesa e la frazione Solcio; la tendenza evolutiva dell'asta ha probabilmente provocato la naturale migrazione dell'asta verso Sud.

L'analisi dell'idrografia superficiale si completa con i fenomeni di ruscellamento diffuso sui versanti marginali all'asta torrentizia dell'Erno e dei suoi affluenti, talora incanalato in corrispondenza di canali morfologici più o meno accentuati e/o depressioni naturali del terreno, sino al convogliamento delle acque nelle naturali linee di impluvio esistenti.

### ***7.2 Analisi dei possibili effetti indotti dalla derivazione in progetto sul regime idraulico del T. Erno***

La scelta progettuale non prevede la captazione delle acque defluenti nell'alveo naturale del T. Erno, bensì delle acque di restituzione della centrale esistente della Ditta Gator S.r.l., con captazione allo sbocco del canale di restituzione.

Non sono pertanto previste opere in alveo che possano turbare o modificare le condizioni idromorfologiche del corso d'acqua.

E' tuttavia da considerare che allo stato di fatto le acque di restituzione della centrale esistente confluiscono nel T. Erno, mentre con la derivazione in progetto tale contributo verrà sempre reimpresso nel T. Erno, ma più a valle rispetto alla restituzione della esistente centrale, ovvero rispetto al punto di captazione previsto da progetto.

Il tratto del T. Erno interferito è quindi compreso tra lo scarico dell'esistente centrale Gator S.r.l. ed il ponte sul T. Erno, per uno sviluppo dell'asta torrentizia pari a circa 630 ml.

Per quanto concerne il tratto d'alveo a valle della sezione di captazione, è possibile ipotizzare alcune modeste modificazioni del regime idraulico e geomorfologico del T. Erno.

In particolare si assisterà ad una diminuzione della portata naturale in arrivo, determinata dalla perdita parziale dell'apporto delle acque restituite in alveo dall'impianto esistente Gator S.r.l., ed al conseguente abbassamento del tirante idrico della corrente, alla diminuzione della velocità del flusso idrico e quindi della portata solida.

### ***7.4 Circolazione idrica sotterranea***

Da un'analisi su vasta scala del territorio costituente il bacino imbrifero naturale del T. Erno, e quindi in funzione delle caratteristiche geolitologiche della coltre di

copertura e geomorfologiche del territorio, la circolazione idrica sotterranea risulta piuttosto limitata e discontinua.

Infatti, il territorio vasto risulta interessato da settori con roccia affiorante e sub-affiorante, da coperture quaternarie di versante o eluvio-colluviali e da modeste placche residue di origine glaciale con potenze sempre piuttosto limitate.

Tali caratteristiche, unitamente all'acclività del versante, possono inibire la formazione di un acquifero sotterraneo; la circolazione idrica nel sottosuolo risulta pertanto possibile solo a seguito di eventi meteorici di una certa intensità e per lo più lungo la superficie di interfaccia tra roccia e detrito, mentre l'esaurimento della stessa avviene in periodi immediatamente successivi al termine delle precipitazioni.

Non è comunque da escludere una circolazione profonda delle acque, che può avvenire per porosità secondaria, ovvero lungo fratturazioni e/o fessure della roccia; tale fenomeno è strettamente legato alle caratteristiche della roccia stessa quali scistosità, grado di fratturazione, etc.

Nel settore a valle dell'impianto, la presenza dell'apparato di conoide del T. Erno a bassa pendenza e buona permeabilità consente una certa infiltrazione delle acque meteoriche e di quelle di ruscellamento superficiale.

L'alimentazione della falda sotterranea, per lo più identificabile in una circolazione di subalveo, è agevolata dalla tipologia dei depositi di copertura che caratterizzano un intorno dell'area in esame; pertanto le acque di infiltrazione permeano nei depositi di copertura andando ad alimentare la falda acquifera.

#### ***7.4 Considerazioni sulle captazioni idropotabili nell'area di studio***

Il censimento delle sorgenti presenti nell'ampio settore areale all'intorno dell'impianto in progetto, deriva dalle informazioni acquisite dalla consultazione delle cartografie tematiche a corredo del P.R.G.C.

Nell'ambito del territorio comunale risultano censite n° 1 sorgente idropotabile (sorgente Calogna), ubicata immediatamente ad Ovest dell'abitato di Calogna, a quota 550 metri s.l.m. circa. Tale sorgiva ricade esternamente al bacino imbrifero del T. Erno, ad una distanza lineare minima di oltre 2.2 Km dall'impianto in progetto.

Inoltre, si rilevano n° 3 pozzi idropotabili sulla conoide alluvionale del T. Erno, a valle dell'impianto in progetto; uno in destra del T. Erno, a Sud della restituzione prevista ed alla distanza di circa 600 metri, gli altri 2 pozzi in sinistra idrografica del T. Erno ed a 730 metri circa di distanza minima (verso E.S.E.) dalla restituzione in progetto.

In relazione alla collocazione delle emergenze idriche rispetto al tratto torrentizio oggetto di derivazione, ovvero in riferimento a posizione e quote plano-altimetriche

reciproche ed alla distanza rispetto alle opere di derivazione previste e del circuito idrogeologico di alimentazione delle stesse (da ricercarsi per la sorgente Calogna nel settore di versante sotteso alla stessa, e per i pozzi ai flussi di subalveo in ambito di conoide), è possibile escludere fenomeni di interferenza e/o impatti quali-quantitativi sulle captazioni idropotabili individuate, determinati dalla derivazione in progetto, anche durante la fase di cantiere.

Si precisa, infine, che le opere in progetto non interferiscono con zone di rispetto di captazioni idropotabili delimitate ai sensi del D.Lgs. 152/06 s.m.i. o ridefinite ai sensi della D.G.R. 15/R del 2006.

## 8. ANALISI DELLO STATO DEI LUOGHI - RILIEVO DI DETTAGLIO

Il presente studio è stato supportato da una preliminare analisi bibliografica, con lo scopo di inquadrare in un contesto generale il settore territoriale interessato dalle opere previste da progetto.

### 8.1 Vincoli e rapporti rispetto al quadro programmatico di settore

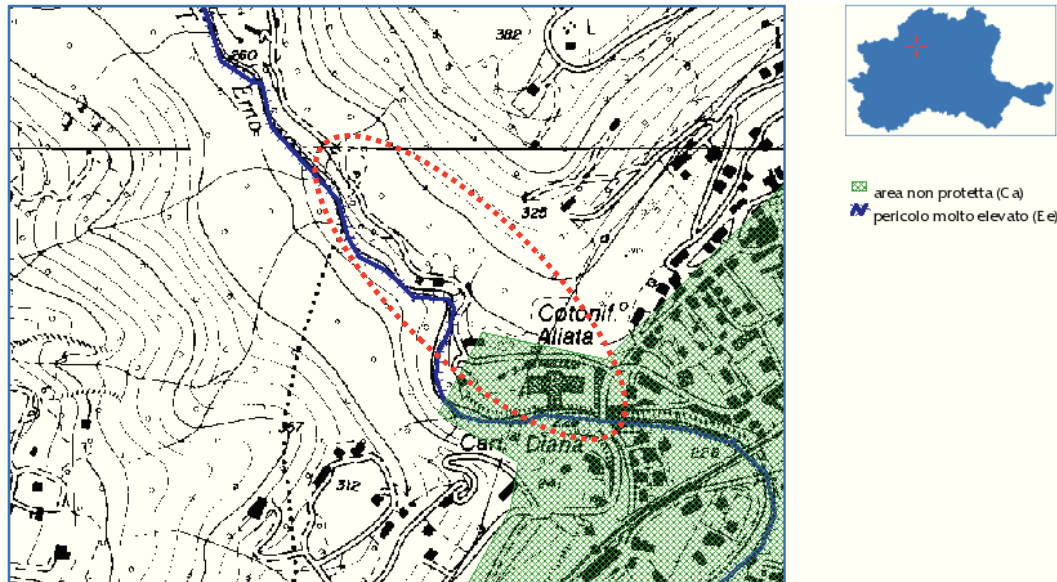
Il territorio interessato dalla realizzazione dell'impianto idroelettrico è sottoposto ai vincoli della L.R. 45/89 e s.m.i.; inoltre, l'area è soggetta al D.Lgs. 42/04 (vincolo paesistico-ambientale).

Dall'analisi della cartografia relativa al Progetto I.F.F.I. – *Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia* – emerge che lo sviluppo dell'impianto in progetto non interferisce direttamente con aree di dissesto censite.

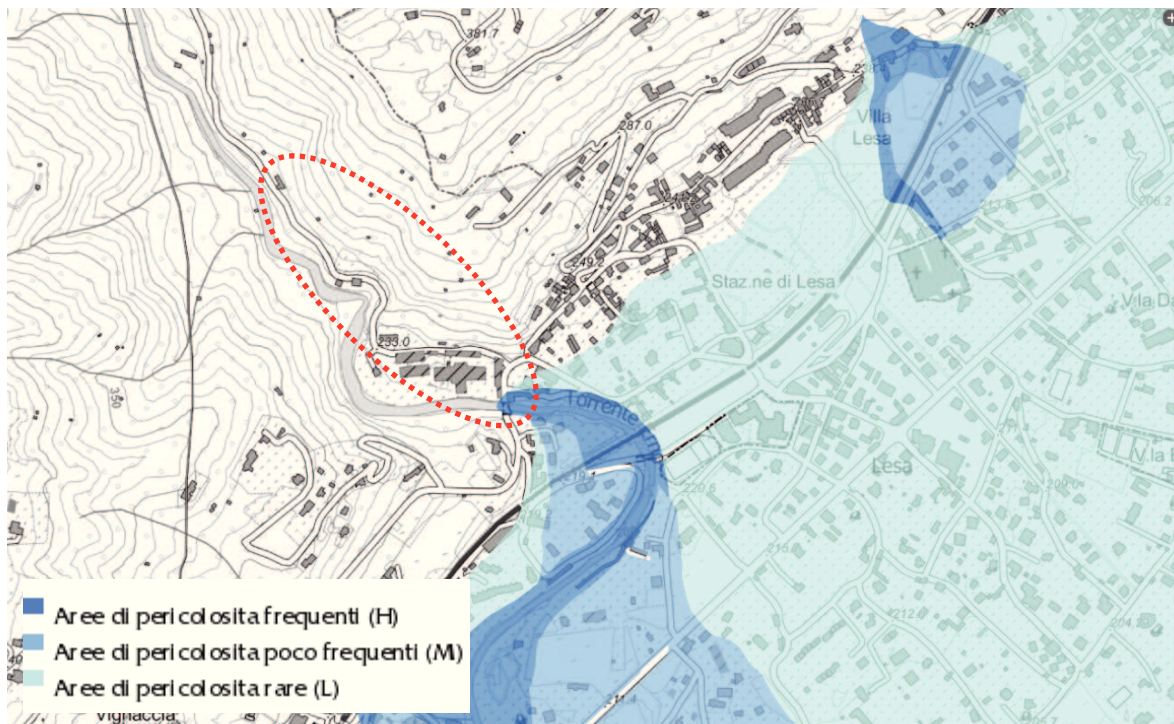




Dall'analisi della cartografia delle aree in dissesto del P.A.I. - *Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici - Delimitazione delle aree in dissesto* è emerso che l'intervento in progetto interferisce con un'area di conoide attivo non protetta (Ca), relativamente al tratto terminale della condotta forzata (interrata lungo la strada), all'edificio centrale ed al canale di restituzione.



Dall'analisi della cartografia relativa alla Direttiva Alluvioni (o Direttiva 2007/60/CE), non emergono interferenze tra opere in progetto e classificazione delle aree di pericolosità. Si segnala infatti che solo a partire dal ponte sul T. Erno, e a valle dello stesso, sono censite aree di pericolosità frequenti (H), poco frequenti (M) e rare (L).



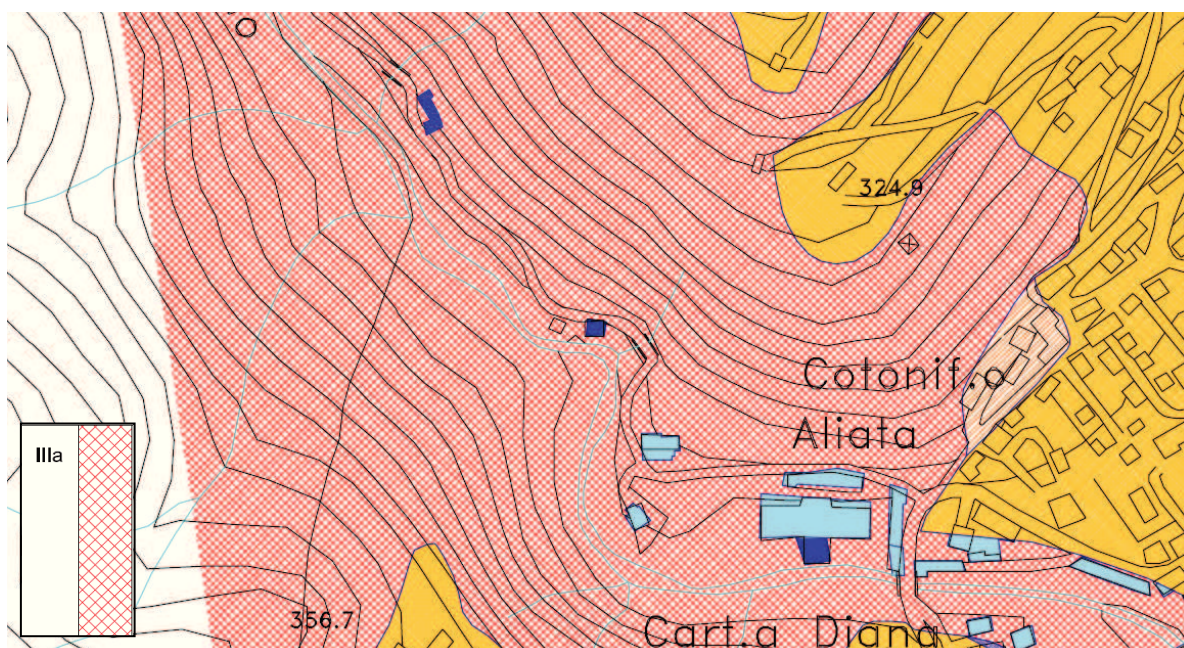
Il Comune di Lesa (NO) è dotato di P.R.G.C. redatto ai sensi della L.R. n°56/77 e s.m.i. e della Circolare P.G.R. n° 7/LAP del 08/05/1996, nonché in adeguamento al P.A.I.



In seguito alla redazione del P.R.G.C., con l'avvenuto recepimento del quadro dei dissesti del P.A.I., si è giunti alla ridefinizione e ripermimetrazione delle aree in dissesto del territorio. L'analisi geologica a supporto dello strumento urbanistico ha confermato il dissesto lineare "EeL" a pericolosità elevata lungo l'alveo del T. Erno (tuttavia non direttamente interessato da opere in progetto), mentre è stata ridefinita la perimetrazione dell'ambito di conoide alluvionale attivo, limitandone l'apice alla zona del ponte di attraversamento del T. Erno, coerentemente con la perimetrazione della Direttiva Alluvioni.

Dalla consultazione della *Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica* si evince i settori interessati dall'impianto ricadono in Classe III *"Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, derivanti questi ultimi dalla urbanizzazione dell'area, sono tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, richiedendo, viceversa, la previsione di interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente"* - Sottoclasse IIIa definita come *"Porzioni di territorio inedificate che presentano carattere geomorfologici o idrogeologici che le rendano inidonee a nuovi insediamenti (aree dissestate, in frana, potenzialmente dissestabili o soggette a pericolo di valanghe, aree alluvionabili da acque di esondazione ad elevata energia). Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili (con specifico riferimento ad es. ai parchi fluviali) vale quanto già indicato all'art.31 della L.R. 56/77"*.

Le Norme geologiche di P.R.G.C. ammettono, per le aree in Classe IIIa, la realizzazione di alcuni interventi tra cui le *"le opere pubbliche non altrimenti localizzabili attinenti alla viabilità, alla produzione e al trasporto dell'energia, alle reti e agli impianti di depurazione, alle telecomunicazioni o ad altre attrezzature e impianti per l'erogazione di servizi pubblici o di pubblica utilità"*.



## 9. CARATTERIZZAZIONE DEI LITOTIPI RILEVATI

Il territorio interessato dai lavori in progetto risulta caratterizzato dalle tipologie litologiche elencate di seguito, le quali, peraltro, caratterizzano anche tutto un intorno dell'area in esame.

- ▣ Detrito misto costipato (sede stradale): tale detrito inerte misto rappresenta la maggiore parte del terreno interessato dalla posa della condotta interrata e del cavidotto.
- ▣ Depositi glaciali/fluvio-glaciali: tale copertura caratterizza tutto l'intorno delle opere previste, e viene interessata (oltre che in modo misto e rimaneggiato lungo la sede stradale in cui verrà interrata la condotta) presso il sito di realizzazione dell'edificio centrale. Trattasi di depositi a supporto clastico (diamicton), a pezzatura cm/dm talora con blocchi metrici, e con potenza generalmente di ordine metrico/pluri-metrico. Possono talvolta presentare intercalazioni lentiformi di sabbie limose o limi-sabbiosi. Localmente la copertura può risultare mista o passante a coltri eluvio-colluviali.
- ▣ Depositi alluvionali di conoide: sono individuabili verso valle a partire dal ponte stradale (S.P.) sul T. Erno; le opere in progetto interferiscono con tale copertura solo lungo parte del canale di restituzione (anche se in parte misti o sostituiti dal detrito rimaneggiato costipato lungo la viabilità locale).

## 10. CLASSIFICAZIONE DELLE TERRE

In relazione all'osservazione diretta dei prevalenti terreni detritici glaciali rilevati nell'areale di intervento, e sulla scorta di analisi correlative svolte in merito, il terreno (relativamente alla matrice del detrito) può essere in prima analisi caratterizzato utilizzando la Classificazione U.S.C.S. (United Soil Classification System) ed assimilato al gruppo GM, definito sinteticamente come ghiaie limose, miscele di ghiaia, sabbia e limo.

La classificazione, inoltre, permette di "entrare" nella tabella che definisce i "Valori orientativi dei parametri che caratterizzano la curva sforzi-deformazioni di forma iperbolica - Primo Carico". Le caratteristiche peculiari di tale gruppo di terre sono:

- possibile azione del gelo:	da lieve a media
- compressibilità e rigonfiamento:	molto lieve
- permeabilità:	da $10^{-3}$ ÷ $10^{-6}$ cm/sec
- caratteristiche di drenaggio:	da discreto a scarso
- densità secca AASHO:	$1,90 \div 2,15 \text{ T/m}^3$

- caratteristiche di compattazione:	buone, con accurato controllo, ruote gommate, rullo a piede di pecora
- valori tipici di progetto:	
C.B.R.	40 ÷ 60
moduli di sottofondo	5,5 ÷ 8,3 Kg/cm <sup>2</sup>

## 11. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Lo studio dettagliato dell'area, supportato dalla consultazione del materiale bibliografico a disposizione e da specifici sopralluoghi in sito, ha evidenziato come i terreni detritici interessati dai lavori in progetto siano in prevalenza costituiti da depositi glaciali e/o fluvio-glaciali.

Per la definizione dei parametri caratteristici da considerare nelle verifiche di calcolo, le NTC (D.M. 14/01/2008) nonché il C.S.L.P., ritengono inoltre corretto il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno (quale è il caso, ad esempio, delle fondazioni superficiali in esame), quindi con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti.

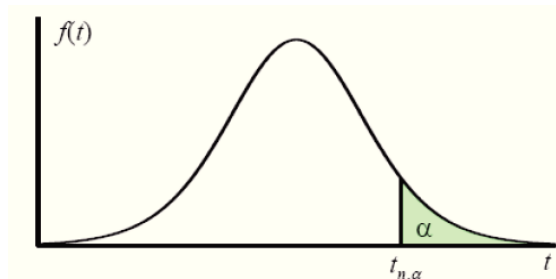
Dovendo utilizzare i parametri di resistenza del terreno per le verifiche analitiche del caso, ed al fine di porsi nelle condizioni maggiormente cautelative, si è ritenuto idoneo, non avendo in tale fase di progetto effettuato prove di laboratorio e/o dirette sui terreni di indagine, valutare l'angolo d'attrito caratteristico attraverso l'elaborazione statistica di alcuni valori tipici acquisiti da bibliografia, nonché da rilievi diretti condotti su materiali analoghi, per la tipologia di terreno di copertura interessato dalle opere di fondazione.

In particolare, sulla scorta di dati pregressi acquisiti su terreni analoghi, si è attribuita alla litologia considerata la classificazione del suolo secondo la U.S.C.S. (Unified Soil Classification System), come indicato nel precedente *Capitolo 10*.

L'Eurocodice 7 introduce il concetto dei valori caratteristici dei parametri geotecnici. Il valore caratteristico, inteso come una stima cautelativa del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite in considerazione, dovrà essere utilizzato in qualsiasi tipo di verifica geotecnica, che si tratti di SLU o di SLE.

Se si utilizzano metodi statistici (peraltro non obbligatori), la derivazione del valore caratteristico deve essere tale che la probabilità calcolata di un valore peggiore (più sfavorevole) che governa l'insorgere dello stato limite in considerazione non sia maggiore del 5%.

Si tratta pertanto di un margine conservativo del 5% (che può coincidere con un 5° percentile od un 95° percentile della distribuzione statistica in considerazione), il quale ci garantisce probabilisticamente di avere un 95% dei casi per i quali il valore caratteristico ci cautele. Il valore del 95% è anche quello indicato come probabilità 'u', o integrale della funzione, nelle tavole statistiche relative ai percentili della legge di Student come illustrato in figura:



In geotecnica è circostanza decisamente non infrequente il dovere eseguire delle verifiche in presenza di scarsità di dati.

Il trattamento statistico dei dati può essere eseguito anche con pochi dati a disposizione, utilizzando la discriminazione e il giudizio tecnico e la conoscenza regionale e locale.

Quando ci si trova, infatti, in condizioni di compensazione (generalmente strutturale) e il dataset ha una numerosità piccola (da 1 a 5 dati usualmente), possiamo ricorrere alla statistica classica, con ipotesi di varianza nota.

L'equazione assume pertanto la seguente forma:

$$x_k = \bar{x} \pm z_{0.05} \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \approx \bar{x} \pm 1.645 \cdot \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

dove:

- $x_k$  è il valore caratteristico desiderato
- $\bar{x}$  con barra il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione
- $z$  è la distribuzione normale standardizzata
- $\sigma$  è la deviazione standard della popolazione
- $n$  è la numerosità del campione

Il valore di  $\sigma$  nell'equazione precedente andrebbe determinato con l'ausilio di database locali specifici; quando questi mancano, si possono utilizzare i valori reperibili in letteratura. A tale proposito è utile esprimere la variabilità in termini di coefficiente di variazione COV espressa anche in termini percentuali:

$$COV = \frac{\sigma}{\mu}$$



dove:

$\sigma$  = deviazione standard della popolazione

$\mu$  = media della popolazione

Su base osservazionale ed in funzione di quanto indicato da Nadim-Lacasse (1996) e da Baecher-Christian (2003), si è scelto un COV pari al 7%.

VALUTAZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI E DI PROGETTO (5° PERCENTILE DISTRIBUZIONE DELLA MEDIA)

Depositi glaciali/fluvio-glaciali

Per tale tipologia di detrito alluvionale si è considerata una classificazione U.S.C.S tipo GM con variabilità dell'angolo d'attrito di picco circa compresa tra 31° e 42°. Dalla trattazione statistica si ottiene:

dati	media dati	Xk	
31	36,50	33,5	Valore caratteristico
42	COV $\Phi$ %	Xd	
	7	27,9	Valore di progetto
	n° dati		
	2		

$$X_k = \bar{X} - 1.645 \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

$Z_{0,05} \quad -1,6449$

I parametri caratteristici saranno inseriti nel software di calcolo utilizzato per l'effettuazione delle verifiche analitiche; a fini cautelativi il valore dell'angolo d'attrito caratteristico ottenuto dall'analisi statistica è stato arrotondato per difetto.

DEPOSITI GLACIALI/FLUVIO-GLACIALI			
angolo d'attrito	$\varphi_K$	33	[°]
peso di volume	$\gamma$	1,85	[T/m³]
coesione	c	0,0	[T/m²]
permeabilità	k	discreta/scarsa	

I parametri geotecnici sopra indicati sono stati assunti in termini di valori caratteristici, ove con il termine caratteristico si intende una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro che influenza l'insorgere dello stato limite considerato.

## 12. ASSETTO GEOSTATICO E STABILITÀ GLOBALE

Si premette che in riferimento alle operazioni di scavo in detrito necessarie alla creazione del modesto setto entro cui verrà alloggiata la condotta ( $D_{ext}$  500 mm), l'incidenza degli scavi stessi sul terreno risulta modesta e tale da non interferire

particolarmente con l'assetto geostatico delle coltri di copertura superficiali, anche in relazione all'acclività sempre piuttosto moderata dei settori interessati dalle opere, purché vengano adottate le opportune misure tecniche di azione e prevenzione come indicato al successivo *Capitolo 14*.

L'interro della condotta forzata e della restituzione avverranno infatti lungo la viabilità esistente.

In riferimento, invece, all'imposta della struttura principale completamente interrata, l'edificio centrale, si prevedono operazioni di sbancamento dell'ordine di circa 7/8 metri dal p.c.; l'edificio sarà costituito da un piccolo fabbricato con dimensioni in pianta di 6,35 x 4,60 metri.

In relazione all'assetto morfologico del sito di prevista imposta della centrale ed alla necessità di operare in condizioni di sicurezza, si dovranno prevedere adeguati interventi di sostegno preventivo dei fronti di scavo in detrito, operando ad esempio mediante paratia di micropali adeguatamente dimensionata.

Dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti tecnico-esecutivi necessari a garanzia della stabilità provvisoria degli scavi, come meglio specificato al successivo *Capitolo 14*.

### **13. STIMA DELLA PORTANZA DEL TERRENO DI FONDAZIONE**

Si può ottenere il valore di pressione limite che il terreno può sostenere senza che si producano rotture attraverso una serie di formule sviluppate nel tempo da diversi autori.

Per gli scopi della presente indagine si è scelto di utilizzare la formula di Brinch-Hansen ben applicabile per fondazioni superficiali, che rappresenta una rielaborazione del lavoro di Meyerhoff a cui sono stati aggiunti nuovi fattori, che tengono conto di una eventuale inclinazione della fondazione rispetto l'orizzontale e di un terreno posto su pendio.

Le verifiche analitiche di seguito riportate permettono quindi la valutazione della capacità portante del terreno di imposta dell'edificio centrale, ossia la resistenza del sistema geotecnico, in funzione del predimensionamento delle opere di fondazione proposto dal Tecnico progettista e delle condizioni litostratigrafiche preventivate e della relativa parametrizzazione geotecnica precedentemente indicata.

Nel modello geologico-tecnico semplificato (monostrato) adottato per la verifica di calcolo, si è tenuto conto di un livello di falda impostato a livello medio-superficiale, in modo da operare in condizioni cautelative, e di parametri geotecnici caratteristici.

Inoltre, nel calcolo in condizioni sismiche, sono stati considerati gli effetti inerziali dovuti ad un sisma con accelerazione massima al suolo ( $A_{\max}$  di progetto) pari a 0,064g, preventivabile per un tempo di ritorno  $T_R$  (nel caso in esame pari a 475 anni) determinato in relazione ai parametri  $V_R$  (vita di riferimento della costruzione pari in questo caso a 50 anni) e  $P_{VR}$  (per verifiche SLV pari a 10%), introducendo dei fattori correttivi "Z" (Paolucci & Pecker, Shikhiev & Jakovlev).

In base al D.M. 14/01/2008 – Capitolo 6 - al fine di effettuare le verifiche di sicurezza di tipo geotecnico (verifiche agli stati limite ultimi SLU di tipo SLV) richieste per opere di fondazioni superficiali, il tecnico deve scegliere l'approccio progettuale di verifica più idoneo (vedasi § 6.2.3.1) tra l'approccio 1 (combinazione 2) e l'approccio 2 (un'unica combinazione).

Considerando più idoneo per il caso in esame utilizzare l'approccio 2 (A1+M1+R3), al valore del carico limite risultante deve essere applicato un coefficiente di riduzione parziale  $\gamma_R$ , che per la capacità portante (utilizzando valori R3 della tabella 6.4.1 delle NTC-08) è pari a 2,3 mentre per quanto riguarda i coefficienti di riduzione dei parametri del terreno, tale approccio considera i coefficienti della colonna M1, quindi pari a 1, ovvero i parametri caratteristici e cautelativi considerati rimangono invariati con l'approccio 2 e possono essere utilizzati come valori di progetto.

### **13.1 Metodo di Brinch Hansen (1970)**

Deriva dalla formula di Meyerhof, dalla quale differisce per i valori dei fattori correttivi di forma, di approfondimento, d'inclinazione dei carichi e per il fattore di portanza  $N_y$  e per l'introduzione di fattori correttivi relativi al caso di fondazione su pendio e di fondazioni con base ruotata. Ha la seguente espressione:

$$Q_{lim} = c \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c \times b_c \times g_c \times z_c + s_q \times \gamma \times D \times N_q \times d_q \times i_q \times b_q \times g_q \times z_q + 0.5 \times \gamma \times B \times N_y \times s_y \times d_y \times i_y \times b_y \times g_y \times z_y \quad (\text{per } \Phi > 0)$$

in cui:

$N_c, N_q, N_y$  = fattori adimensionali di portanza, dove  $N_c$  e  $N_q$  hanno la stessa forma dei corrispondenti parametri della relazione di Meyerhof e  $N_y$  è dato da:

$$N_y = 1.5 \times (N_q - 1) \times \tan j$$

$s_c, s_q, s_y$  = fattori di forma, dati da:

$$s_c = 0.2 \times B/L \text{ per } j = 0$$

$$s_c = 1 + (N_q/N_c) \times (B/L) \text{ per } j > 0$$

$$s_q = 1 + (B/L) \times \tan j$$

$$s_y = 1 - 0.4 \times (B/L)$$

$d_c, d_q, d_y$  = fattori correttivi per l'approfondimento, dati da:

$$d_c = 0.4 \times k \text{ per } j = 0$$

dove:

$$k = D/B \text{ per } D/B \leq 1 \text{ e } k = a \cdot \tan(D/B) \text{ per } D/B > 1$$

$$dc = 1 + 0.4 \times k$$

$$dq = 1 + 2 \times \tan j \times [1 - \sin j]^2 \times k$$

$$dy = 1$$

ic, iq, iy = fattori correttivi per carichi inclinati, dati da:

$$ic = 0.5 - 0.5 \times \sqrt{1 - H/(A \times c)} \text{ per } j = 0$$

$$ic = iq - (1 - iq)/(Nq - 1) \text{ per } j > 0$$

$$iq = [1 - 0.5 \times H/(V + A \times c \times \cotg j)]^5$$

$$iy = [1 - 0.7 \times H/(V + A \times c \times \cotg j)]^5 \text{ per } b^\circ = 0$$

$$iy = [1 - (0.7 - b^\circ/450) \times H/(V + A \times c \times \cotg j)]^5 \text{ per } b^\circ > 0$$

dove:

H = componente longitudinale del carico

V = componente assiale del carico

b\_ = inclinazione della base della fondazione rispetto all'orizzontale

A = area effettiva della fondazione

bc, bq, by = fattori correttivi per l'inclinazione della base della fondazione, dati da:

$$bc = b^\circ/147 \text{ per } j = 0$$

$$bc = 1 - b^\circ/147 \text{ per } j > 0$$

$$bq = \exp[-2 \times b(\text{rad}) \times \tan j]$$

$$by = \exp[-2.7 \times b(\text{rad}) \times \tan j]$$

gc, gq, gy = fattori correttivi per fondazioni su pendio, dati da:

$$gc = p^\circ/147 \text{ per } j = 0$$

$$gc = 1 - p^\circ/147 \text{ per } j > 0$$

$$gq = gy = (1 - 0.5 \times \tan p^\circ)^5$$

zc, zq, zy = fattori correttivi in condizioni sismiche

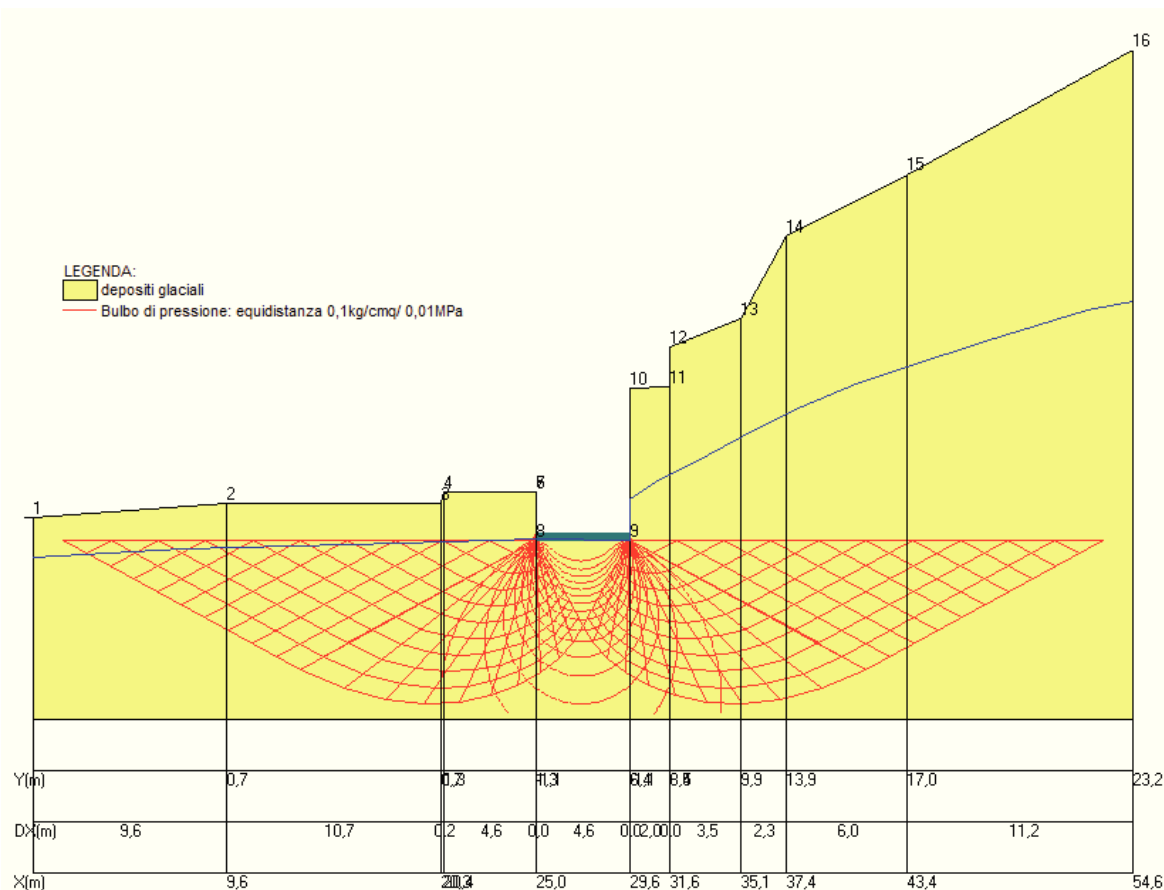
### 13.1.1 Risultati ottenuti

In funzione delle caratteristiche di progetto, gli elaborati di calcolo allegati alla presente relazione evidenziano come la verifica agli stati limite ultimi della *resistenza di progetto del sistema geotecnico (portanza agli S.L.U/S.L.V.)*, risulta:

CONDIZIONI STATICHE	LARGHEZZA [m]	LUNGHEZZA [m]	PORTANZA DEL TERRENO ALLO STATO LIMITE ULTIMO <b>Q<sub>slu</sub></b> [Kg/cm <sup>2</sup> ]
	4,60	6,35	<b>1,69</b>

CONDIZIONI SISMICHE	LARGHEZZA [m]	LUNGHEZZA [m]	PORTANZA DEL TERRENO ALLO STATO LIMITE ULTIMO <b>Q<sub>slv</sub></b> [Kg/cm <sup>2</sup> ]
	4,60	6,35	<b>1,53</b>





I valori della capacità portante sopra indicati derivano dall'applicazione della *correzione di Terzaghi* alla portanza limite. I dati sperimentali confermano, infatti, che per valori della  $Q_{lim}$  superiori a  $4,5 \text{ kg/cm}^2$  (ottenuti nel caso specifico in assenza di correzione), la relazione sforzi-resistenza al taglio non è più di tipo lineare.

Il Tecnico strutturista dovrà verificare la disuguaglianza  $R_d \geq E_d$ , ovvero che il valore di progetto dell'effetto delle azioni sia compatibile con la resistenza di progetto del terreno di fondazione come precedentemente verificato nella combinazione fondamentale e sismica.

Per la determinazione dello spettro di progetto, indispensabile per ricavare il coefficiente sismico orizzontale di struttura ( $k_{hi}$ ) e poter quindi effettuare la verifica a scorrimento della fondazione, si è assunto in prima ipotesi, non avendo a disposizione allo stato di redazione della presente relazione i dati dello strutturista, un fattore di struttura pari a 3 ed un fattore di smorzamento pari al 5%.

I sopra indicati valori della *resistenza di progetto* devono essere tali che i cedimenti assoluti non superino i limiti accettabili per la funzionalità della struttura in esame, ovvero sia verificato agli stati limite d'esercizio SLE.

La modellazione ha permesso di verificare anche i cedimenti dei livelli di terreno interessati dalle opere di fondazione in progetto; la verifica è stata applicata secondo la Teoria dell'elasticità, secondo cui il cedimento calcolato corrisponde alla sola componente immediata, mentre quella secondaria viene considerata trascurabile. Il

valore del cedimento calcolato, nel caso di fondazioni rigide (la ridotta sagoma della platea prevista, in rapporto allo spessore, può ragionevolmente considerarsi rigida), va moltiplicato per un fattore correttivo generalmente posto uguale a 0,75.

Si è inoltre stimato, in prima analisi, il coefficiente di sottofondazione secondo il criterio di calcolo proposto da Bowles.

E' importante premettere che, non conoscendo allo stato di redazione della presente relazione il valore delle azioni agente sulle fondazioni in condizioni di progetto, viene cautelativamente verificato lo SLE adottando carichi corrispondenti alla portanza SLU valutata in precedenza.

CONDIZIONI	cedimento immediato [mm]	coefficiente correttivo di Terzaghi	cedimento "corretto" [mm]	coeff. sottofondazione [kg/cm <sup>3</sup> ]
<b>STATICHE</b>	20,00	0,75	<b>15,00</b>	2,53

Il valore dei cedimenti assoluti risultanti sono da ritenersi compatibili con la natura del terreno di fondazione e la tipologia di fondazione prevista. In allegato vengono proposti gli elaborati numerici e grafici dei calcoli di verifica sopra sintetizzati, a cui si rimanda per ulteriori dettagli.

### **13.2 Verifica allo scorrimento della fondazione**

Un'ulteriore verifica agli Stati Limite Ultimi riguardante le fondazioni superficiali riguarda il collasso per scorrimento della fondazione lungo il piano di posa.

In generale deve essere soddisfatta la seguente disuguaglianza:

$$H \leq S + E$$

dove  $H$  è la forza orizzontale esterna applicata,  $S$  è resistenza di taglio mobilitata lungo la base della fondazione ed  $E$  è la forza corrispondente alla spinta passiva che agisce sul lato a valle, rispetto al verso di applicazione di  $H$ , della fondazione stessa.

Normalmente  $E$  viene trascurata, perché le deformazioni necessarie per la sua mobilitazione sono spesso incompatibili con l'integrità dell'opera.

Nel caso analizzato si sono ottenuti i risultati consultabili negli elaborati numerici di calcolo allegati in calce.

## **14. PRESCRIZIONI A LIVELLO TECNICO-ESECUTIVO**

Nel presente capitolo verranno trattati i criteri tecnici e le modalità esecutive per eseguire i lavori necessari alla realizzazione delle opere compatibilmente con l'equilibrio idrogeologico e geostatico del territorio.

### Note tecniche generali per gli scavi e la movimentazione di materiale

- I lavori di movimentazione del materiale potranno essere eseguiti tramite mezzi meccanici dotati di benna rovescia per la movimentazione dei materiali sciolti superficiali e/o di singoli elementi litoidi, mentre nei casi in cui verrà interessato il substrato roccioso oppure laddove necessitino operazioni di riduzione di trovanti rocciosi si dovrà ricorrere all'uso di martello demolitore.
- Le operazioni di movimentazione del materiale, e dei mezzi, dovranno avvenire in condizioni sicurezza, eventualmente adottando idonee misure preventive e/o opere provvisorie al fine di prevenire rotolamenti/movimenti di materiale verso valle e in alveo e/o fenomeni di fluidificazione e scoscendimento del materiale.
- In corrispondenza delle zone soggette a movimentazione di materiale detritico, dovrà essere previsto il tempestivo recupero del terreno smosso, in modo da evitare potenziali fenomeni di dilavamento e/o l'innescare di processi evolutivi.
- In corrispondenza dei settori in cui si prevedono profondità di scavo in detrito di rilevanza (sito edificio centrale), si dovrà procedere all'abbassamento progressivo dal piano campagna, mettendo in atto adeguati interventi di stabilizzazione provvisoria dei fronti di scavo e/o operando con profili di scavo inclinati e gradonati. La soluzione raccomandabile è tuttavia quella di eseguire una paratia in micropali, adeguatamente dimensionata, per il sostegno preventivo dei fronti di scavo.
- Il materiale di risulta dagli scavi, previa adeguata selezione, potrà essere riutilizzato per i ritombamenti/rinterri e per i riporti eventualmente previsti, nonché per il rimodellamento finale dei settori interessati dai lavori; la cubatura eventualmente in eccedenza, ossia non riutilizzata in loco, dovrà essere allontanata dai luoghi di intervento e gestita in ottemperanza alla vigente normativa di settore (rifiuto o sottoprodotto).

### Note tecniche per la posa della condotta

- Il ritombamento del setto di scavo dovrà essere eseguito di volta in volta, sfruttando il materiale di risulta dagli scavi, previa adeguata compattazione; tale accorgimento consentirà di evitare il formarsi di una linea di drenaggio preferenziale per le acque sotto-superficiali ed inibire possibili fenomeni di dilavamento e fluidificazione del materiale smosso. Inoltre, l'esecuzione ad arte dell'interro della tubazione, garantirà un'adeguata protezione contro i fenomeni esogeni ed evolutivi del territorio.

### Note tecniche per la realizzazione dei manufatti principali

- Le pressioni/azioni massime esercitate dalle strutture sul suolo di fondazione dovranno essere compatibili con il valore della capacità portante del terreno in termini di stati limite (SLU/SLV) come emerso dalle verifiche di calcolo effettuate per l'edificio centrale e tarate in base alla tipologia dei terreni preventivata.
- Le ipotesi litostratigrafiche di progetto dovranno essere confermate in sede esecutiva mediante l'osservazione diretta del suolo a scavi aperti, e qualora non venissero validate le condizioni stratigrafiche previste, si dovrà provvedere ad un'indagine integrativa specifica, adeguatamente riveduta e corretta.
- Il piano di imposta delle fondazioni dovrà essere opportunamente livellato, compattato ed assestato in modo omogeneo prima di procedere al getto delle fondazioni.
- I lavori di scavo in detrito sciolto dovranno essere tempestivamente seguiti dall'elevazione delle strutture in c.a. (edificio centrale), e dovranno essere attuati gli interventi provvisori di armatura o stabilizzazione degli scavi.
- I setti di scavo detritici, anche se provvisori, dovranno essere immediatamente coperti con teloni impermeabili in occasione di eventi meteorici, al fine di inibire eventuale evoluzione delle pareti.
- All'intorno delle parti perimetrali dell'edificio centrale interrato a contatto con il terreno circostante, sarà da prevedere la posa di uno strato drenante composto da materiale selezionato ghiaioso-ciottoloso. Inoltre le parti controterra dovranno essere adeguatamente impermeabilizzate mediante guaine e/o materiali a base di resine viniliche opportunamente trattate.
- A tergo del muro perimetrale di monte dell'edificio centrale, alla base del dreno sopra citato, è raccomandabile la posa di tubazione micro-fessurata rivestita con tessuto-non-tessuto atta ad intercettare e smaltire le acque di infiltrazione, ed inibire l'instaurarsi di spinte idrostatiche a tergo della struttura.

### Accorgimenti tecnici per il ripristino delle aree modificate

- Sarà indispensabile eseguire un tempestivo ripristino dei setti di scavo, da effettuarsi mediante il riporto del terreno di scavo e la ricostituzione della situazione originaria.

### Accorgimenti tecnici di prevenzione

- Sui luoghi di intervento non dovranno essere stoccati materiali e/o sostanze potenzialmente inquinanti, se non in corrispondenza delle aree appositamente scelte come aree di cantiere ed adottando tutte le precauzioni per operare in condizioni di sicurezza.



- Nel corso dei lavori, eventuali sversamenti accidentali di sostanze contaminanti sul suolo e/o su scavi aperti, che potrebbero interferire anche con la falda sotterranea, dovranno essere tempestivamente bonificati utilizzando le migliori tecnologie ad oggi disponibili (seppiolite, panne contenitive, etc..).

## **15. OSSERVAZIONI CONCLUSIVE**

Lo studio dell'area specifica di imposta delle opere previste e di un suo significativo intorno, supportato da analisi bibliografica, sopralluoghi e indagini dirette in campo, ha permesso di delineare un quadro completo ed esauriente del territorio indagato, e quindi di evincere le condizioni geolitologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche della zona indagata, i caratteri geotecnici dei litotipi interessati dai lavori, nonché di valutare la possibile incidenza delle opere in progetto sul territorio.

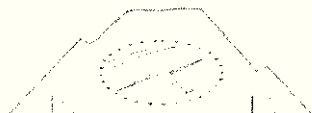
Da quanto emerso dall'indagine svolta e dalle risultanze delle verifiche analitiche eseguite, è quindi possibile ritenere che gli interventi previsti come da progetto risultano fattibili dal punto di vista geologico-tecnico, purché nel rispetto delle prescrizioni tecniche e delle modalità esecutive precedentemente indicate, in quanto non creano sostanziali modifiche all'assetto geostatico attuale del territorio, non generano variazioni all'equilibrio idrogeologico esistente.

*Domodossola, Dicembre 2017*

## **ALLEGATI**

DATI NUMERICI DI CALCOLO  
DELLA CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO

CONDIZIONI STATICHE



Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

Data: Dicembre 2017

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

## Parametri geotecnici del terreno di fondazione

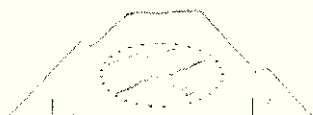
Strato n.

1

Descrizione litologica:

depositi glaciali	
Angolo di attrito (°):	33
Densità relativa (%):	60
Coesione(kg/cmq):	0
Peso di volume sopra falda(kg/mc):	1850
Peso di volume sotto falda(kg/mc):	2050
Modulo di Young o edometrico (terreni coesivi) (kg/cmq):	300
Coefficiente di Poisson:	0,35
O.C.R.:	1
Indice di compressione:	
Indice di compressione secondaria:	
Indice di ricomprensione:	
Indice dei vuoti iniziale:	
Coefficiente di consolidazione verticale (cmq/s):	
Numero di colpi Spt medio:	
Resistenza alla punta media (C.P.T.)(kg/cmq):	0
R.Q.D. (%)	
Limite di liquidità (%):	
Contenuto naturale d'acqua (%):	
Fattore di portanza Nq:	9,03
Fattore di portanza Nc:	18,56
Fattore di portanza Ny:	4,75
Comportamento meccanico:	Livello incoerente
Caratteristiche idrogeologiche:	Livello permeabile





Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

Data: Dicembre 2017

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

## Geometria della fondazione

Fondazione n.

Larghezza o diametro base B (m):

Lunghezza della base L (m):

Profondità di posa lato destro d1(m):

Profondità di posa lato sinistro d2(m):

Profondità scavo destro s1(m):

Profondità scavo sinistro s2(m):

Inclinazione pendio a valle  $\alpha$ (°):

Inclinazione pendio a monte  $\beta$ (°):

Distanza bordo scavo destro x1(m):

Distanza bordo scavo sinistro x2(m):

Inclinazione base lato B(°):

Inclinazione base lato L(°):

Inclinazione carico lato B  $i_b$ (°):

Inclinazione carico lato L (°):

Eccentricità carico su B in condizioni statiche(m):

Eccentricità carico su L in condizioni statiche(m):

Eccentricità carico su B in condizioni sismiche(m):

Eccentricità carico su L in condizioni sismiche(m):

Peso di volume del cls (kg/mc):

Peso di volume terrapieno (kg/mc):

Altezza del terrapieno Ht (m):

Larghezza sommità terrapieno Ls(m):

Tipologia fondazionale:

1

4,6

6,35

7,6

2,45

0

0

3

40

0

0

0

0

0

0

0

0

0

0

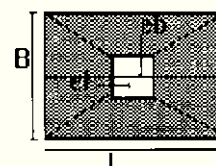
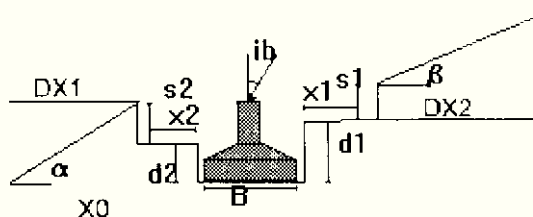
2500

1850

0

0

Platea





Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

Data: Dicembre 2017

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

## Riassunto del calcolo della portanza delle fondazioni

Secondo il D.M. 14.01.2008 App.II Combinazione delle azioni: fondamentale

Fondazione n. ....	1
Larghezza della fondazione (m):	4,6
Lunghezza della fondazione (m):	6,35
Profondità di posa lato destro (m):	2,45
Profondità di posa lato sinistro (m):	7,6

Metodo di calcolo: Brinch Hansen modificato stato limite ultimo

### Fattori di forma

Sc: 1,35 Sq: 1,39 Sy: 0,71

### Fattori di profondità

Dc: 1,21 Dq: 1,14 Dy: 1

### Fattori inclinazione carico

lc: 1 lq: 1 ly: 1

### Fattori inclinazione pendio

Gc: 0,98 Gq: 0,9 Gy: 0,9

### Fattori inclinazione base

Bc: 1 Bq: 1 By: 1

### Fattori correttivi per gli effetti cinematici del sisma

Zc: 1 Zq: 1 Zy: 1

### RISULTATO

Coefficiente di sicurezza parziale per l'angolo di attrito:	1
Coefficiente di sicurezza parziale per la coesione:	1
Coefficiente di sicurezza globale:.....	2,3
Correzione di Terzaghi:	applicata
Capacità portante S.L.U. (kg/cmq):	1,69
Profondità del cuneo efficace (m):	4,24
Accelerazione sismica orizzontale (g):	0



Studio Geologico Dr. Fabio RASTELLI

Piazza dell'Oro, 6-28845 Domodossola (VB)-0324 280505

Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

Data: Dicembre 2017

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

## Calcolo della pressione efficace e totale del terreno

Quota dal p.c. (m)	Pressione efficace(kg/cm <sup>q</sup> )	Pressione totale(kg/cm <sup>q</sup> )
-1,34	0,02	0,04
-1,54	0,04	0,08
-1,74	0,06	0,12
-1,94	0,08	0,16
-2,14	0,11	0,21
-2,34	0,13	0,25
-2,54	0,15	0,29
-2,74	0,17	0,33
-2,94	0,19	0,37
-3,14	0,21	0,41
-3,34	0,23	0,45
-3,54	0,25	0,49
-3,74	0,27	0,53
-3,94	0,29	0,57
-4,14	0,32	0,61
-4,34	0,34	0,66
-4,54	0,36	0,7
-4,74	0,38	0,74
-4,94	0,4	0,78
-5,14	0,42	0,82
-5,34	0,44	0,86
-5,54	0,46	0,9
-5,74	0,48	0,94
-5,94	0,5	0,98
-6,14	0,53	1,02
-6,34	0,55	1,07
-6,54	0,57	1,11
-6,74	0,59	1,15
-6,94	0,61	1,19
-7,14	0,63	1,23
-7,34	0,65	1,27
-7,54	0,67	1,31
-7,74	0,69	1,35
-7,94	0,71	1,39
-8,14	0,74	1,43
-8,34	0,76	1,48
-8,54	0,78	1,52
-8,74	0,8	1,56
-8,94	0,82	1,6
-9,14	0,84	1,64
-9,34	0,86	1,68
-9,54	0,88	1,72
-9,74	0,9	1,76
-9,94	0,92	1,8

Profondità di calcolo dal p.c.(m): 10,0

Coordinata X di calcolo (m): 27,3

Passo di calcolo (m): 0,2



Studio Geologico Dr. Fabio RASTELLI

Piazza dell'Oro, 6-28845 Domodossola (VB)-0324 280505

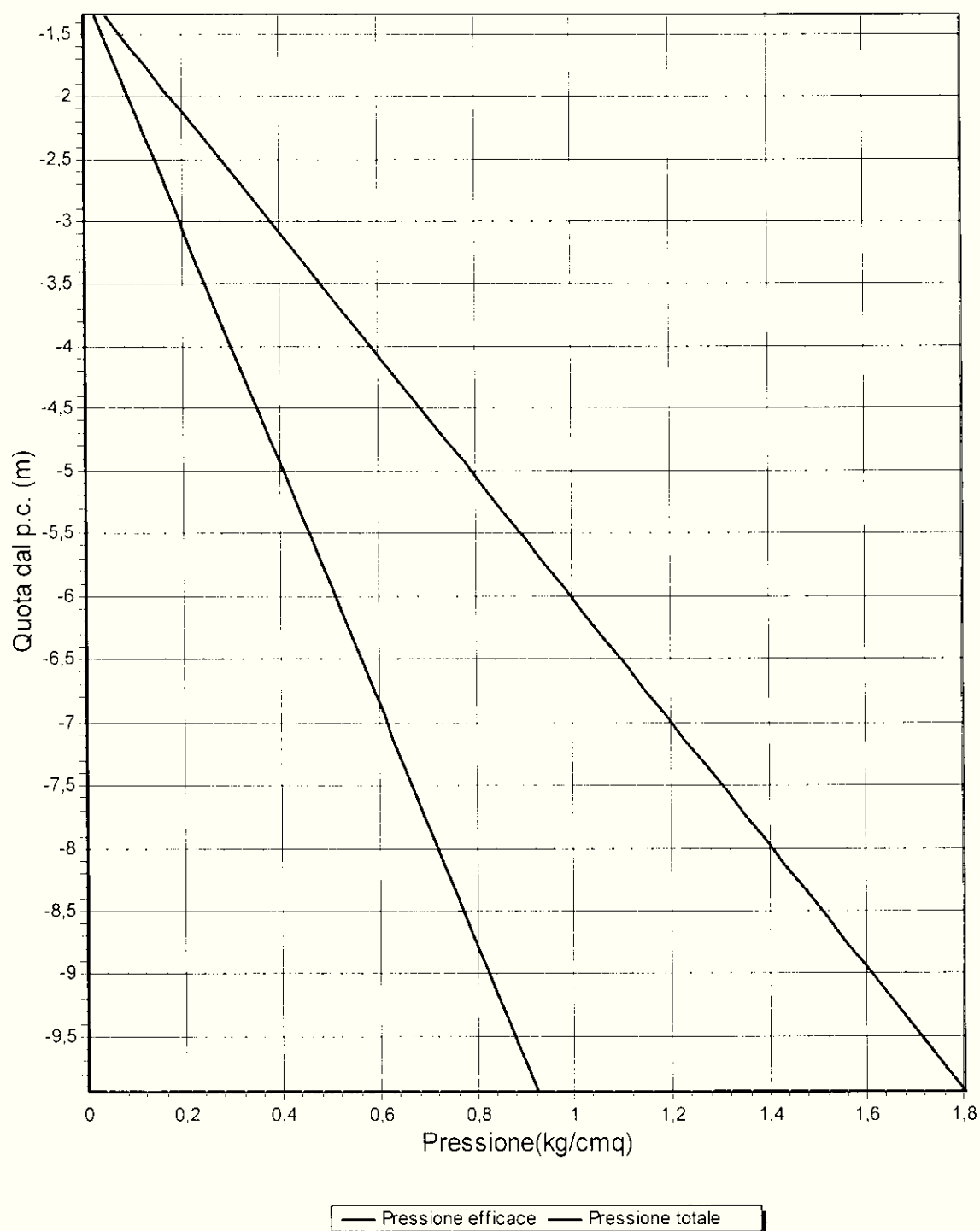
Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

Data: Dicembre 2017

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

## Grafico della pressione efficace e totale del terreno



Profondità di calcolo dal p.c.(m): 10,0

Coordinata X di calcolo (m): 27,3

Passo di calcolo (m): 0,2





Studio Geologico Dr. Fabio RASTELLI  
Piazza dell'Oro, 6-28845 Domodossola (VB)-0324 280505

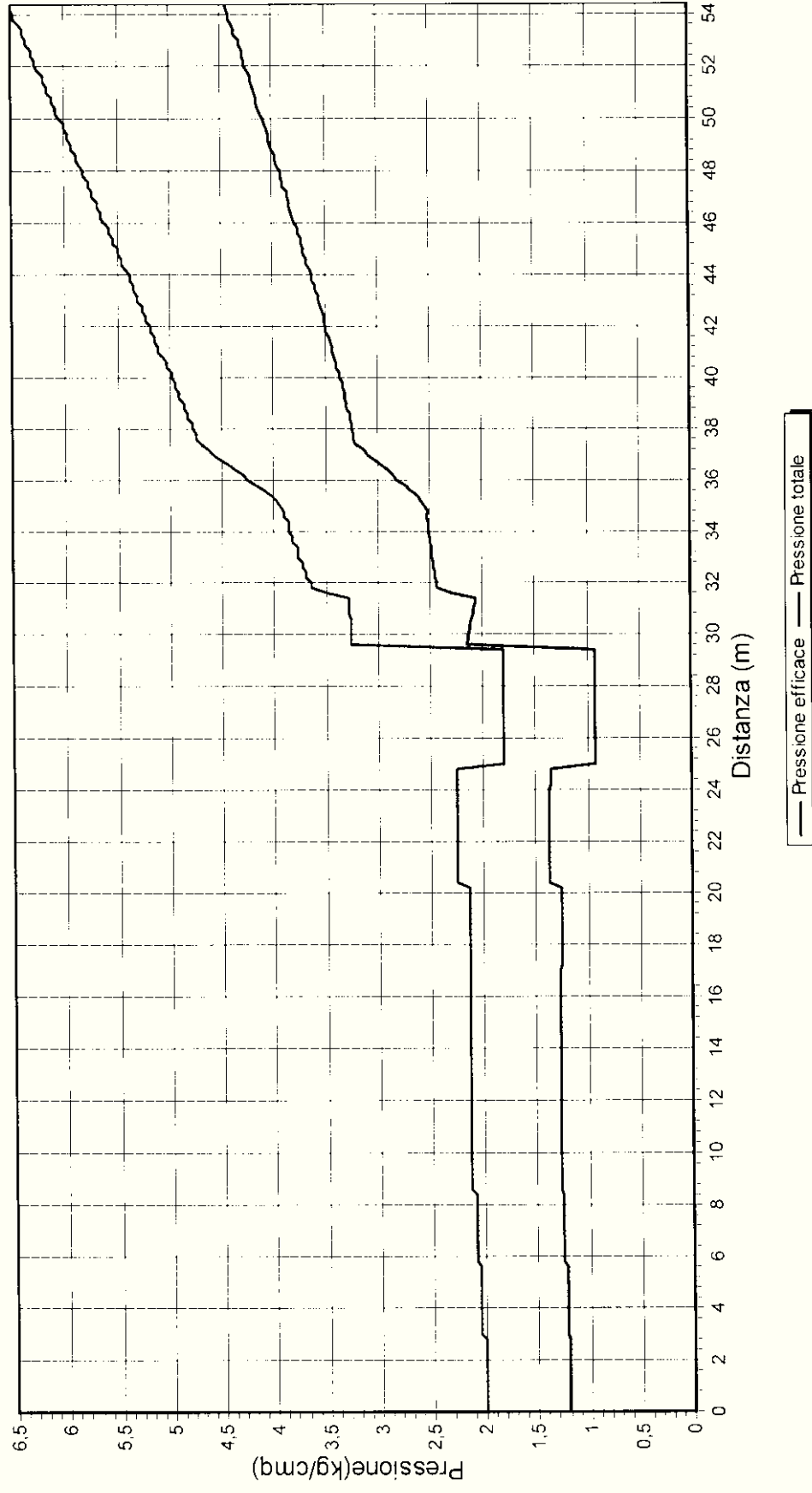
Committente: Pagani Andrea

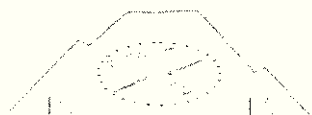
Località: Erno - Lesa (NO)

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

Data: Dicembre 2017

## Andamento della pressione litostatica lungo la sezione





Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

Data: Dicembre 2017

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

## Andamento dell'incremento di pressione indotto nel terreno

Quota dal p.c. (m)	Sollecitazioni indotte(kg/cm <sup>2</sup> )
-1,34	1,66521
-1,54	1,68538
-1,74	1,67526
-1,94	1,65695
-2,14	1,62965
-2,34	1,59351
-2,54	1,54942
-2,74	1,49873
-2,94	1,443
-3,14	1,3838
-3,34	1,32257
-3,54	1,26057
-3,74	1,19882
-3,94	1,13814
-4,14	1,07914
-4,34	1,02225
-4,54	0,96777
-4,74	0,91589
-4,94	0,86668
-5,14	0,82018
-5,34	0,77635
-5,54	0,73511
-5,74	0,69638
-5,94	0,66005
-6,14	0,62599
-6,34	0,59407
-6,54	0,56417
-6,74	0,53617
-6,94	0,50993
-7,14	0,48535
-7,34	0,4623
-7,54	0,44069
-7,74	0,42041
-7,94	0,40137
-8,14	0,38349
-8,34	0,36668
-8,54	0,35086
-8,74	0,33597
-8,94	0,32195
-9,14	0,30872
-9,34	0,29625
-9,54	0,28447
-9,74	0,27334
-9,94	0,26282

Profondità di calcolo dal p.c.(m): 10,0

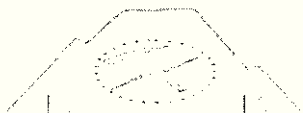
Coordinata X di calcolo (m): 27,3

Passo di calcolo (m): 0,2

Metodo di calcolo: Boussinesq

Sezione di calcolo: Sezione centrale

Coordinata Y di calcolo (m): 3,17



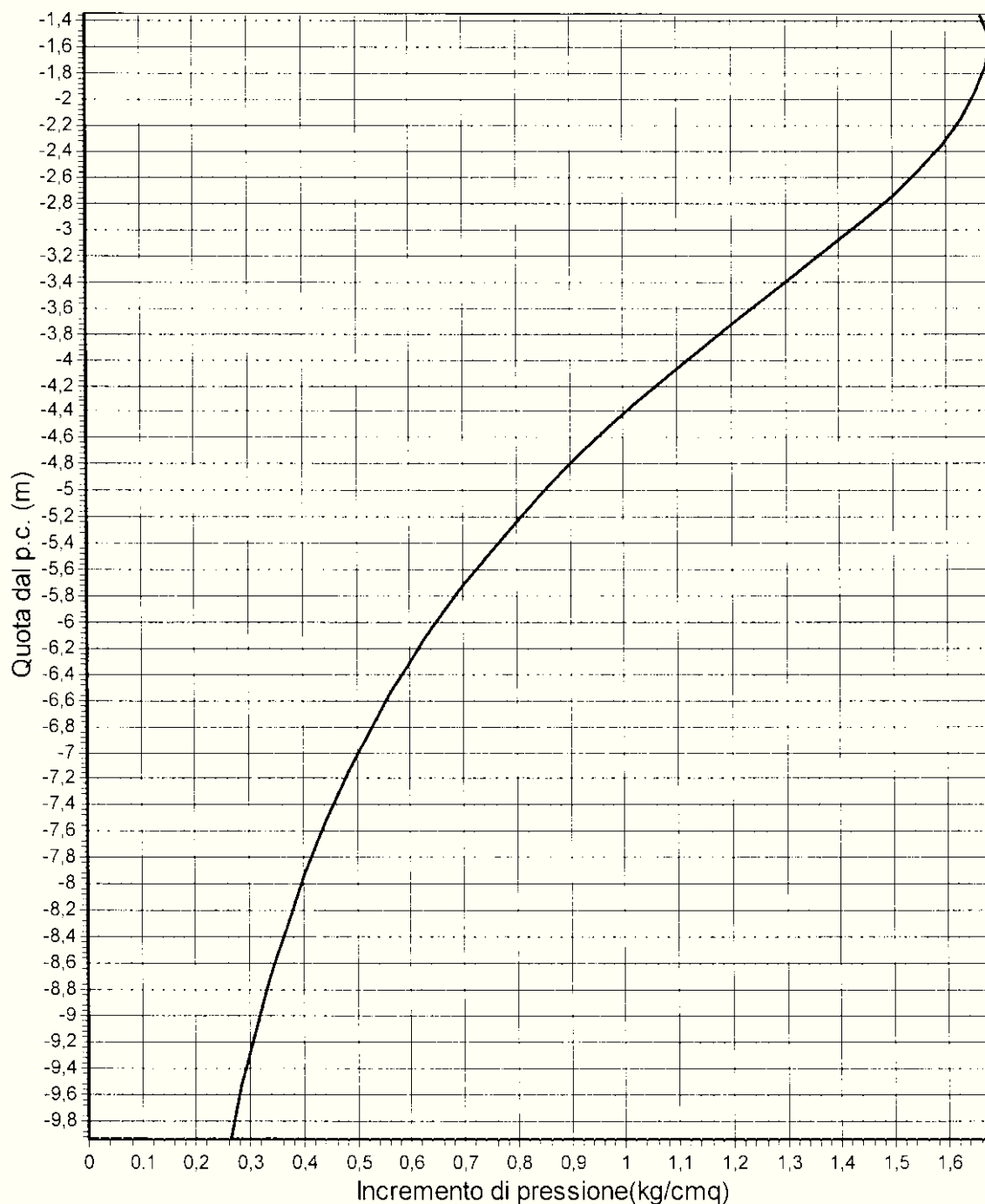
Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

Data: Dicembre 2017

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

### Grafico dell'incremento di pressione indotto nel terreno



Profondità di calcolo dal p.c.(m): 10,0

Coordinata X di calcolo (m): 27,3

Passo di calcolo (m): 0,2

Metodo di calcolo: Boussinesq

Sezione di calcolo: Sezione centrale

Coordinata Y di calcolo (m): 3,17



Studio Geologico Dr. Fabio RASTELLI  
Piazza dell'Oro, 6-28845 Domodossola (VB)-0324 280505

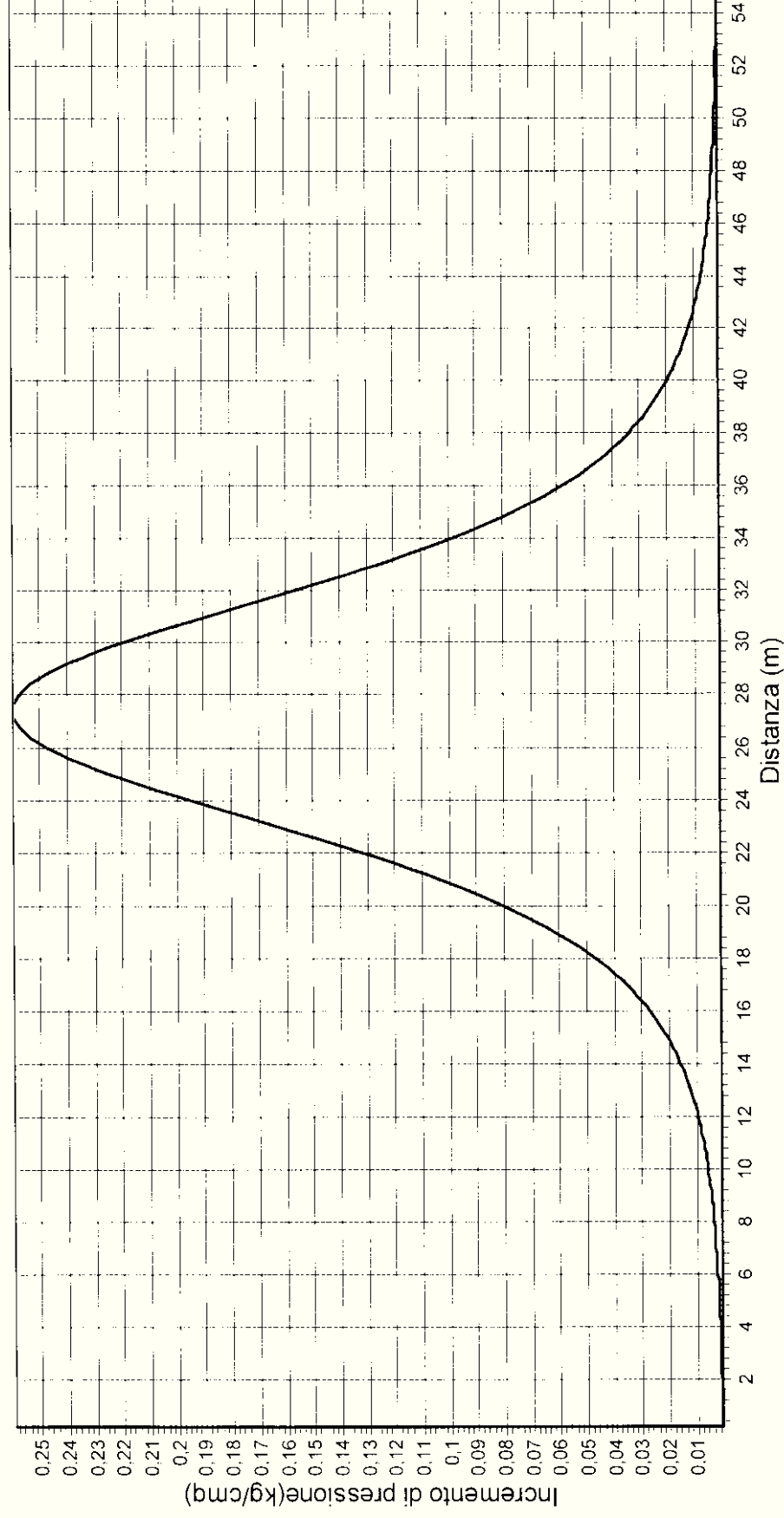
Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

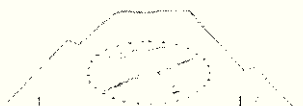
Data: Dicembre 2017

### Andamento dell'incremento di pressione indotto dalle fondazioni nel terreno lungo la sezione



Profondità di calcolo dal p.c. (m): 10,0





Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

Data: Dicembre 2017

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

**Riassunto del calcolo dei cedimenti**

Fondazione n. .... 1

**Verifica allo Stato Limite d'Esercizio**

Larghezza della fondazione (m):	4,6
Lunghezza della fondazione (m):	6,35
Carico applicato sulla fondazione (kg/cmq):	1,69

**Livelli incoerenti**

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli incoerenti:	Teoria dell'elasticità
Tempo di calcolo dei cedimenti secondari (anni):	30
Carico statico o pulsante (Burland e Burbridge):	n.c.
Nspt crescente o decrescente (Burland e Burbridge):	n.c.

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento immediato (mm):	0	20	0
Cedimento secondario (mm):	0	0	0
Somma ced. incoerenti (mm):	0	20	0

**Livelli coesivi**

Metodo di calcolo dei cedimenti nei livelli coesivi:	Teoria dell'elasticità
Tempo di calcolo cedimenti di consolidazione(anni):	20

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Ced.di consolidazione (mm):	0	0	0
Cedimento secondario (mm):	0	0	0
Somma ced. coesivi (mm):	0	0	0

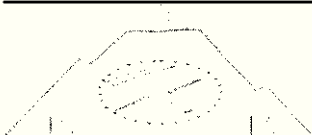
**Cedimenti complessivi (incoerenti+coesivi)**

	Vertice sinistro	Punto centrale	Vertice destro
Cedimento complessivo (mm):	0	20	0
Max cedim. differenziale(mm):	0		
Massima distorsione (%):	0		

Fondazione rigida o flessibile: Fondazione rigida

**Verifica allo Stato Limite di Danno**

Cedimento indotto dal sisma (mm):	0
-----------------------------------	---



Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

Data: Dicembre 2017

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

## Modulo di reazione del terreno di fondazione

Fondazione n.	1
Larghezza della fondazione (m):	4,6
Lunghezza della fondazione (m):	6,35

### Metodo di Vesic completo

Modulo elastico medio del terreno (kg/cmq):	301,3
Coef. di Poisson medio del terreno (kg/cmc):	0,35
Modulo elastico della fondazione(kg/cm <sup>q</sup> ):	0
Momento d'inerzia della fondazione (cm <sup>4</sup> ):	0

### Metodo di Vesic semplificato

Modulo elastico medio del terreno (kg/cm <sup>q</sup> ):	301,3
Coef. di Poisson medio del terreno (kg/cmc):	0,35

### Metodo di Terzaghi (da SPT)

Nspt medio nel terreno di fondazione :	0
Lato o diametro della piastra di prova (cm):	0

### Metodo di Terzaghi (da piastra)

k misurato nella prova di carico (kg/cmc):	0
Lato o diametro della piastra di prova (cm):	0

### Metodo di Bowles

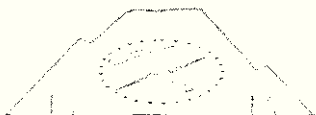
Cedimento del terreno di fondazione (cm):	2
Carico applicato sulla fondazione (kg/cm <sup>q</sup> ):	1,69

## RISULTATI

Metodo di calcolo utilizzato:	Metodo di Bowles
Modulo di reazione (kg/cm <sup>q</sup> ):	2,53

DATI NUMERICI DI CALCOLO  
DELLA CAPACITA' PORTANTE DEL TERRENO

CONDIZIONI SISMICHE



Committente: Pagani Andrea

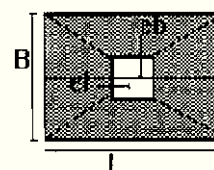
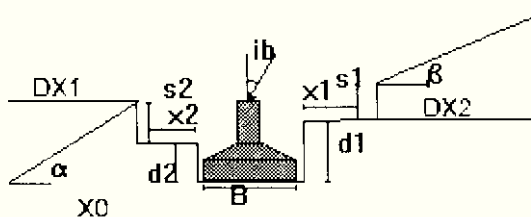
Località: Erno - Lesa (NO)

Data: Dicembre 2017

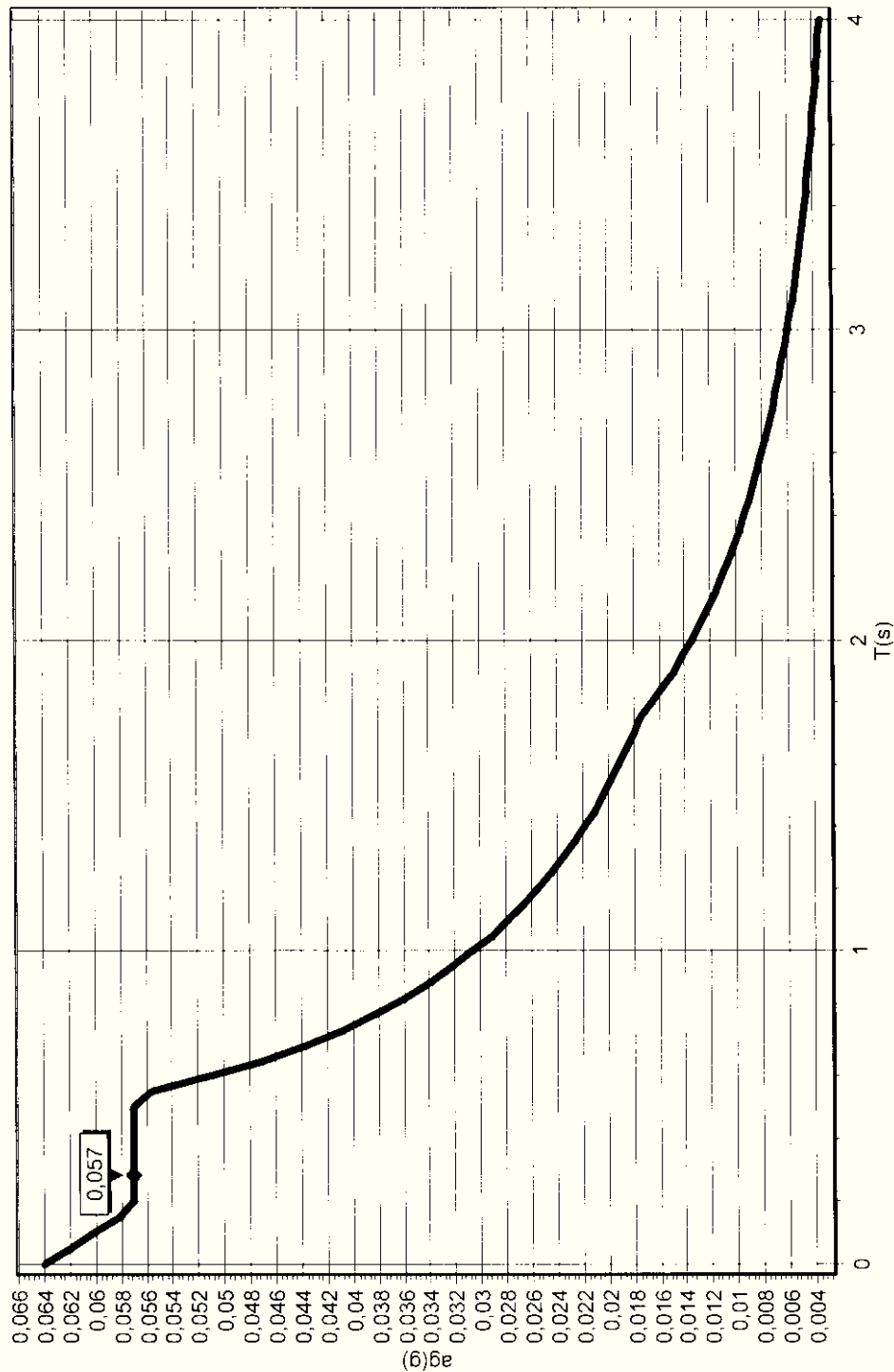
Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

## Geometria della fondazione

Fondazione n.	1
Larghezza o diametro base B (m):	4,6
Lunghezza della base L (m):	6,35
Profondità di posa lato destro d1(m):	7,6
Profondità di posa lato sinistro d2(m):	2,45
Profondità scavo destro s1(m):	0
Profondità scavo sinistro s2(m):	0
Inclinazione pendio a valle $\alpha$ (°):	3
Inclinazione pendio a monte $\beta$ (°):	40
Distanza bordo scavo destro x1(m):	0
Distanza bordo scavo sinistro x2(m):	0
Inclinazione base lato B(°):	0
Inclinazione base lato L(°):	0
Inclinazione carico lato B da sisma $i_b$ (°):	3,3
Inclinazione carico lato L da sisma (°):	3,3
Eccentricità carico su B in condizioni statiche(m):	0
Eccentricità carico su L in condizioni statiche(m):	0
Eccentricità carico su B in condizioni sismiche(m):	0
Eccentricità carico su L in condizioni sismiche(m):	0
Peso di volume del cls (kg/mc):	2500
Peso di volume terrapieno (kg/mc):	1850
Altezza del terrapieno Ht (m):	0
Larghezza sommità terrapieno Ls(m):	0
Tipologia fondazionale:	Platea



SPETTRO DI PROGETTO componente orizzontale



Accel.sismica max terreno(g):0.064 Coef.sismico orizzontale struttura (khi)(g):0.057 Inclinazione del carico dovuta al sisma( $^{\circ}$ ):3,26  
 Categoria sottosuolo:E Categoria topografica:T1Fattore di amplificazione spettrale F0:2.67 Periodo inizio velocità costante tc\*(s):0.281





Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

Data: Dicembre 2017

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

## Riassunto del calcolo della portanza delle fondazioni

Secondo il D.M. 14.01.2008 App.II Combinazione delle azioni: sismica

Fondazione n. ....	1
Larghezza della fondazione (m):	4,6
Lunghezza della fondazione (m):	6,35
Profondità di posa lato destro (m):	2,45
Profondità di posa lato sinistro (m):	7,6
Metodo di calcolo:	Brinch Hansen modificato stato limite ultimo

### Fattori di forma

Sc:	1,35	Sq:	1,36	Sy:	0,75
-----	------	-----	------	-----	------

### Fattori di profondità

Dc:	1,21	Dq:	1,14	Dy:	1
-----	------	-----	------	-----	---

### Fattori inclinazione carico da sisma

Ic:	0,91	Iq:	0,92	Iy:	0,87
-----	------	-----	------	-----	------

### Fattori inclinazione pendio

Gc:	0,98	Gq:	0,9	Gy:	0,9
-----	------	-----	-----	-----	-----

### Fattori inclinazione base

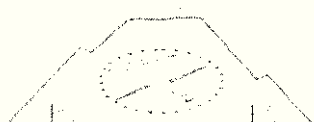
Bc:	1	Bq:	1	By:	1
-----	---	-----	---	-----	---

### Fattori correttivi per gli effetti cinematici del sisma

Zc:	1	Zq:	1	Zy:	0,99
-----	---	-----	---	-----	------

### RISULTATO

Coefficiente di sicurezza parziale per l'angolo di attrito:	1
Coefficiente di sicurezza parziale per la coesione:	1
Coefficiente di sicurezza globale:.....	2,3
Correzione di Terzaghi:	applicata
Capacità portante S.L.U. (kg/cmq):	1,53
Profondità del cuneo efficace (m):	4,24
Accelerazione sismica orizzontale (g):	0,064



Studio Geologico Dr. Fabio RASTELLI

Piazza dell'Oro, 6-28845 Domodossola (VB)-0324 280505

Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

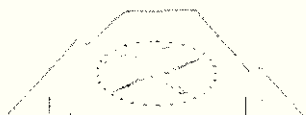
Data: Dicembre 2017

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

## Riassunto verifica allo scorrimento

Secondo il D.M. 14.01.2008 App.II Combinazione delle azioni: sismica

Fondazione gettata in opera n.	1
Larghezza della fondazione (m):	4,6
Lunghezza della fondazione (m):	6,35
Profondità di posa lato destro(m):	2,45
Profondità di posa lato sinistro (m):	7,6
AZIONI SULLA FONDAZIONE	
Fattore di sicurezza di Legge:	1,1
Coefficiente sismico orizzontale della struttura (k <sub>hi</sub> ):	0,057
Carico assiale S.L.U. (kg):	0
Carico longitudinale S.L.U.(kg):	0
Carico assiale S.L.V./S.L.C.(kg):	0
Carico longitudinale S.L.V./S.L.C.(kg):	0
RISULTATO	
Resistenza allo scorrimento(kg):	0
Fattore di sicurezza allo scorrimento:	11,39



Studio Geologico Dr. Fabio RASTELLI

Piazza dell'Oro, 6-28845 Domodossola (VB)-0324 280505

Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

Data: Dicembre 2017

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

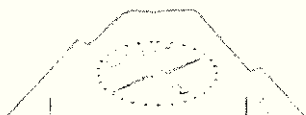
## Calcolo della pressione efficace e totale del terreno

Quota dal p.c. (m)	Pressione efficace(kg/cmq)	Pressione totale(kg/cmq)
-1,34	0,02	0,04
-1,54	0,04	0,08
-1,74	0,06	0,12
-1,94	0,08	0,16
-2,14	0,11	0,21
-2,34	0,13	0,25
-2,54	0,15	0,29
-2,74	0,17	0,33
-2,94	0,19	0,37
-3,14	0,21	0,41
-3,34	0,23	0,45
-3,54	0,25	0,49
-3,74	0,27	0,53
-3,94	0,29	0,57
-4,14	0,32	0,61
-4,34	0,34	0,66
-4,54	0,36	0,7
-4,74	0,38	0,74
-4,94	0,4	0,78
-5,14	0,42	0,82
-5,34	0,44	0,86
-5,54	0,46	0,9
-5,74	0,48	0,94
-5,94	0,5	0,98
-6,14	0,53	1,02
-6,34	0,55	1,07
-6,54	0,57	1,11
-6,74	0,59	1,15
-6,94	0,61	1,19
-7,14	0,63	1,23
-7,34	0,65	1,27
-7,54	0,67	1,31
-7,74	0,69	1,35
-7,94	0,71	1,39
-8,14	0,74	1,43
-8,34	0,76	1,48
-8,54	0,78	1,52
-8,74	0,8	1,56
-8,94	0,82	1,6
-9,14	0,84	1,64
-9,34	0,86	1,68
-9,54	0,88	1,72
-9,74	0,9	1,76
-9,94	0,92	1,8

Profondità di calcolo dal p.c.(m): 10,0

Coordinata X di calcolo (m): 27,3

Passo di calcolo (m): 0,2



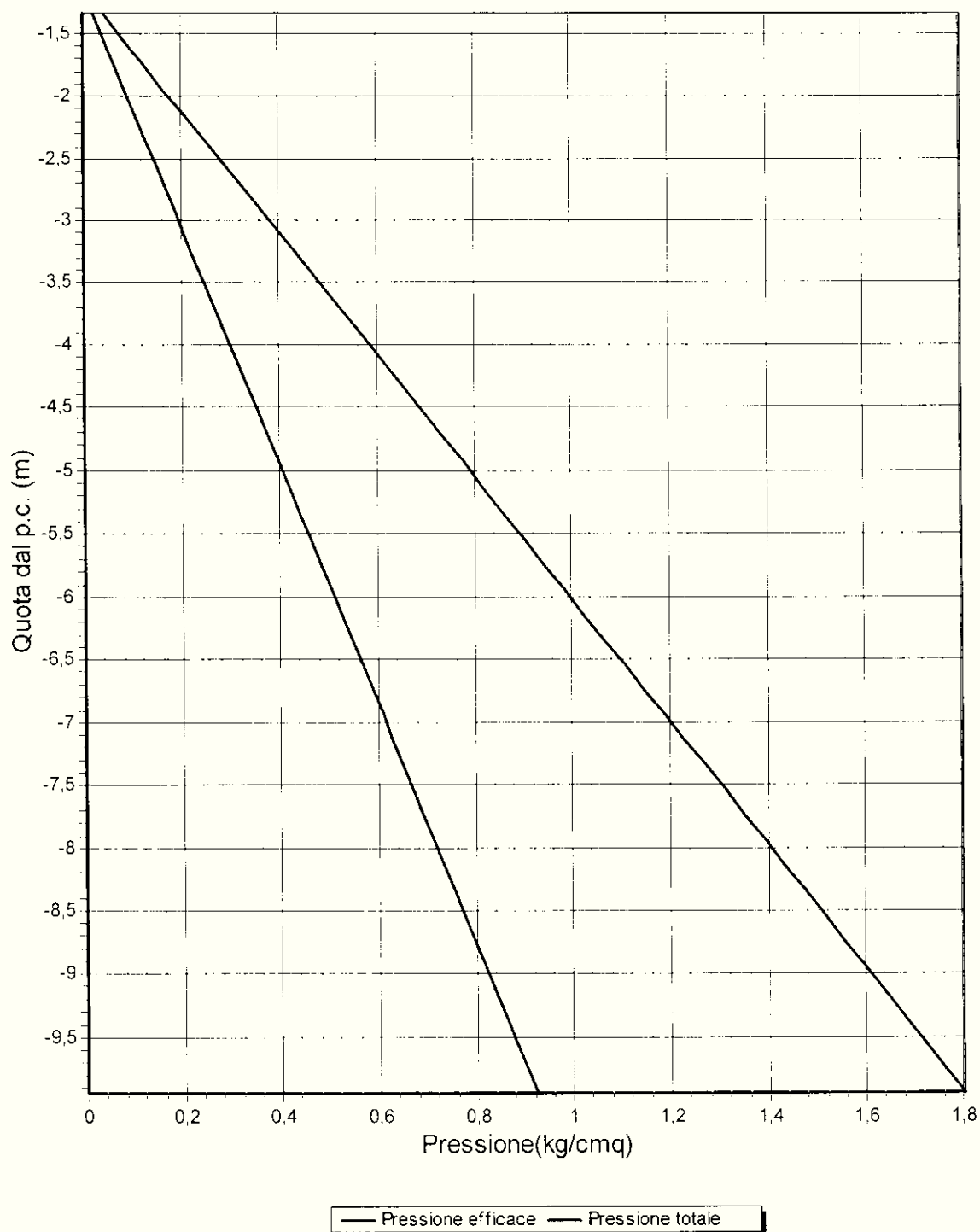
Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

Data: Dicembre 2017

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

## Grafico della pressione efficace e totale del terreno



Profondità di calcolo dal p.c. (m): 10,0

Coordinata X di calcolo (m): 27,3

Passo di calcolo (m): 0,2



Studio Geologico Dr. Fabio RASTELLI  
Piazza dell'Oro, 6-28845 Domodossola (VB)-0324 280505

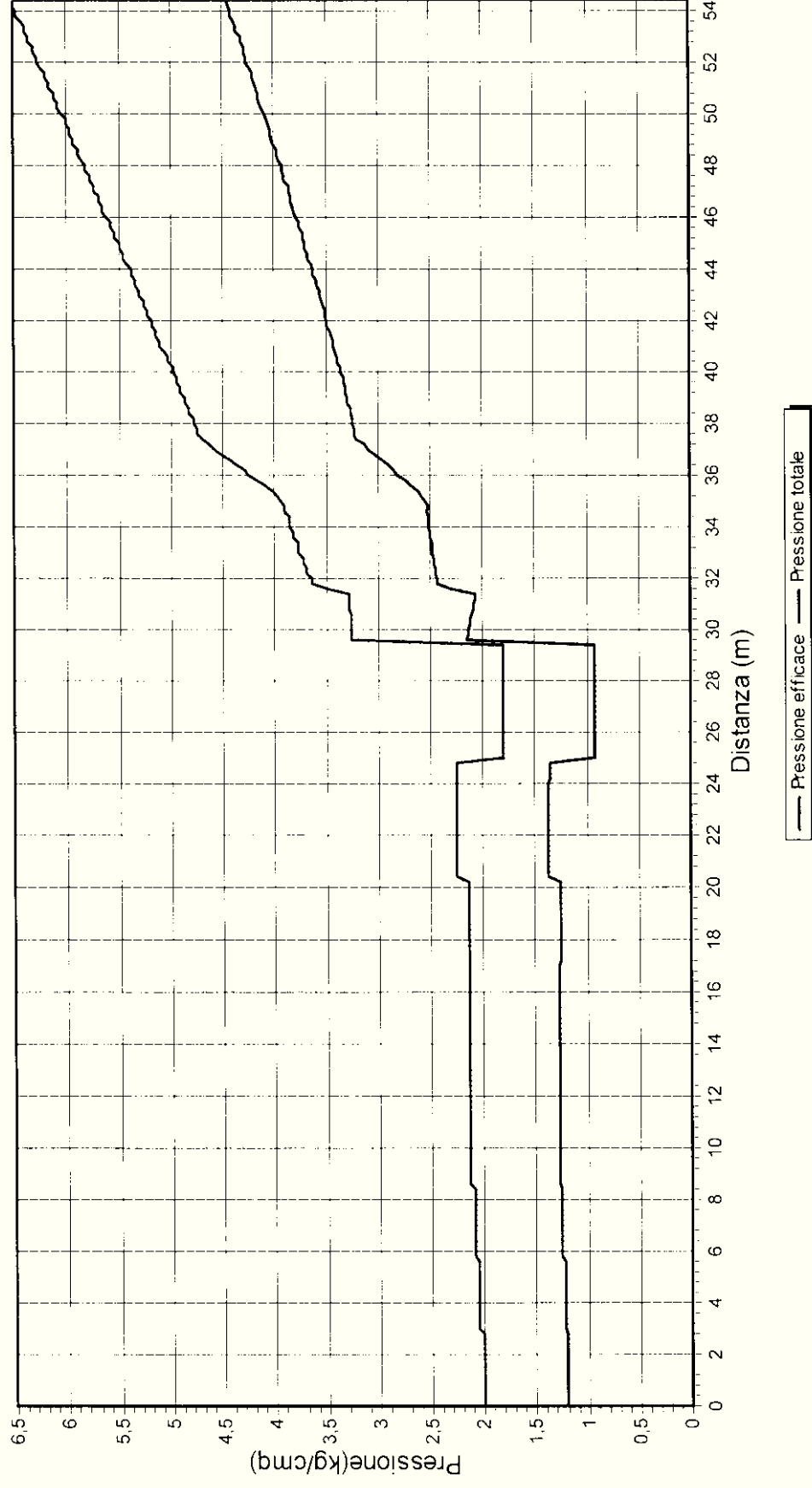
Committente: Pagani Andrea

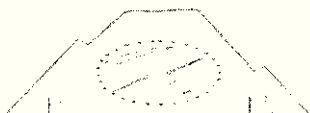
Località: Erno - Lesa (NO)

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

Data: Dicembre 2017

## Andamento della pressione litostatica lungo la sezione





Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

Data: Dicembre 2017

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

### Andamento dell'incremento di pressione indotto nel terreno

Quota dal p.c. (m)	Sollecitazioni indotte(kg/cm <sup>2</sup> )
-1,34	1,50463
-1,54	1,52286
-1,74	1,51372
-1,94	1,49717
-2,14	1,47251
-2,34	1,43985
-2,54	1,40001
-2,74	1,35421
-2,94	1,30385
-3,14	1,25036
-3,34	1,19504
-3,54	1,13902
-3,74	1,08322
-3,94	1,02839
-4,14	0,97508
-4,34	0,92368
-4,54	0,87445
-4,74	0,82757
-4,94	0,78311
-5,14	0,74109
-5,34	0,70149
-5,54	0,66423
-5,74	0,62923
-5,94	0,5964
-6,14	0,56563
-6,34	0,53679
-6,54	0,50977
-6,74	0,48447
-6,94	0,46076
-7,14	0,43855
-7,34	0,41772
-7,54	0,3982
-7,74	0,37987
-7,94	0,36267
-8,14	0,34651
-8,34	0,33132
-8,54	0,31703
-8,74	0,30358
-8,94	0,2909
-9,14	0,27896
-9,34	0,26768
-9,54	0,25704
-9,74	0,24698
-9,94	0,23747

Profondità di calcolo dal p.c.(m): 10,0

Coordinata X di calcolo (m): 27,3

Passo di calcolo (m): 0,2

Metodo di calcolo: Boussinesq

Sezione di calcolo: Sezione centrale

Coordinata Y di calcolo (m): 3,17





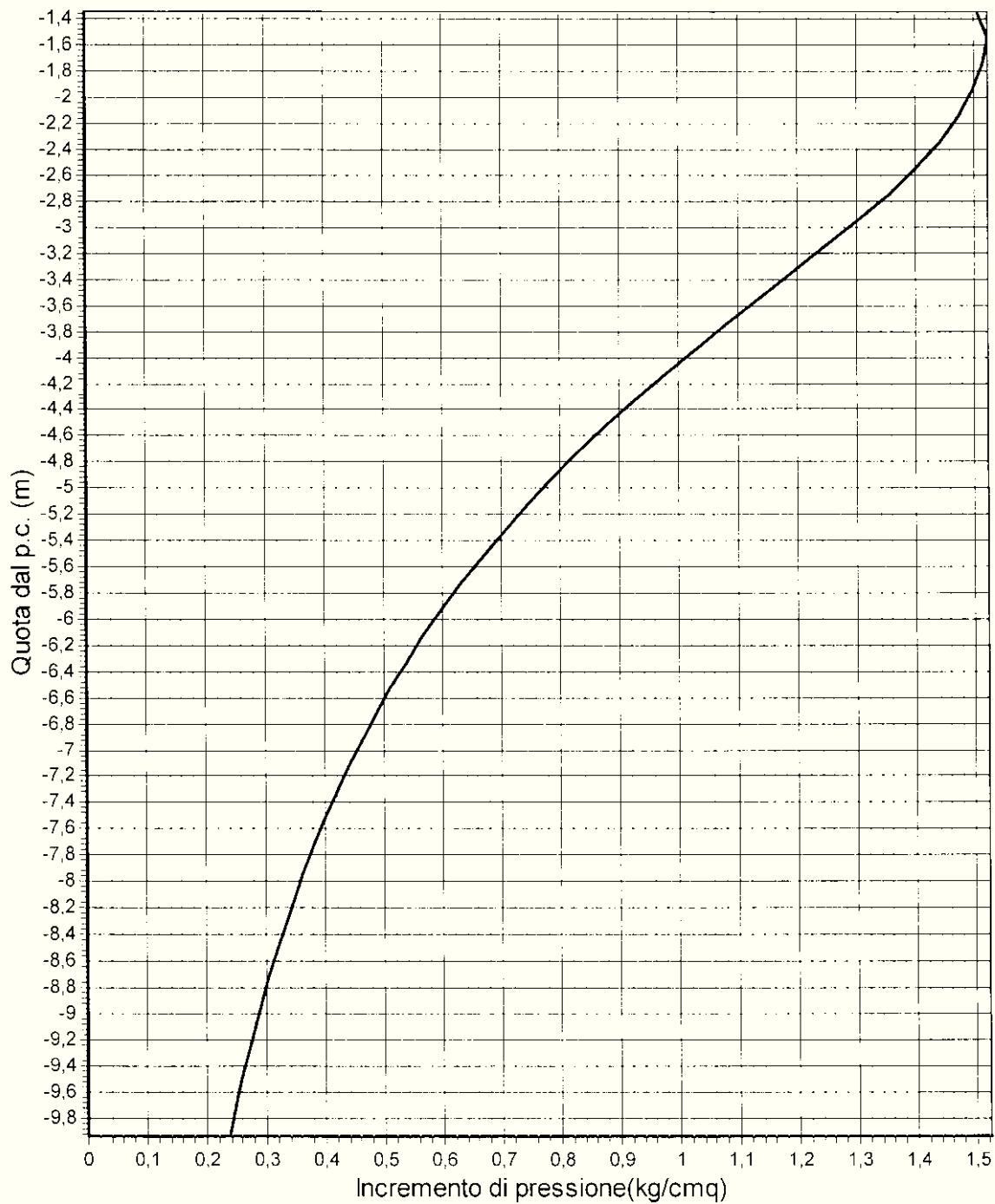
Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

Data: Dicembre 2017

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

### Grafico dell'incremento di pressione indotto nel terreno



Profondità di calcolo dal p.c.(m): 10,0

Coordinata X di calcolo (m): 27,3

Passo di calcolo (m): 0,2

Metodo di calcolo: Boussinesq

Sezione di calcolo: Sezione centrale

Coordinata Y di calcolo (m): 3,17



Studio Geologico Dr. Fabio RASTELLI  
Piazza dell'Oro, 6-28845 Domodossola (VB)-0324 280505

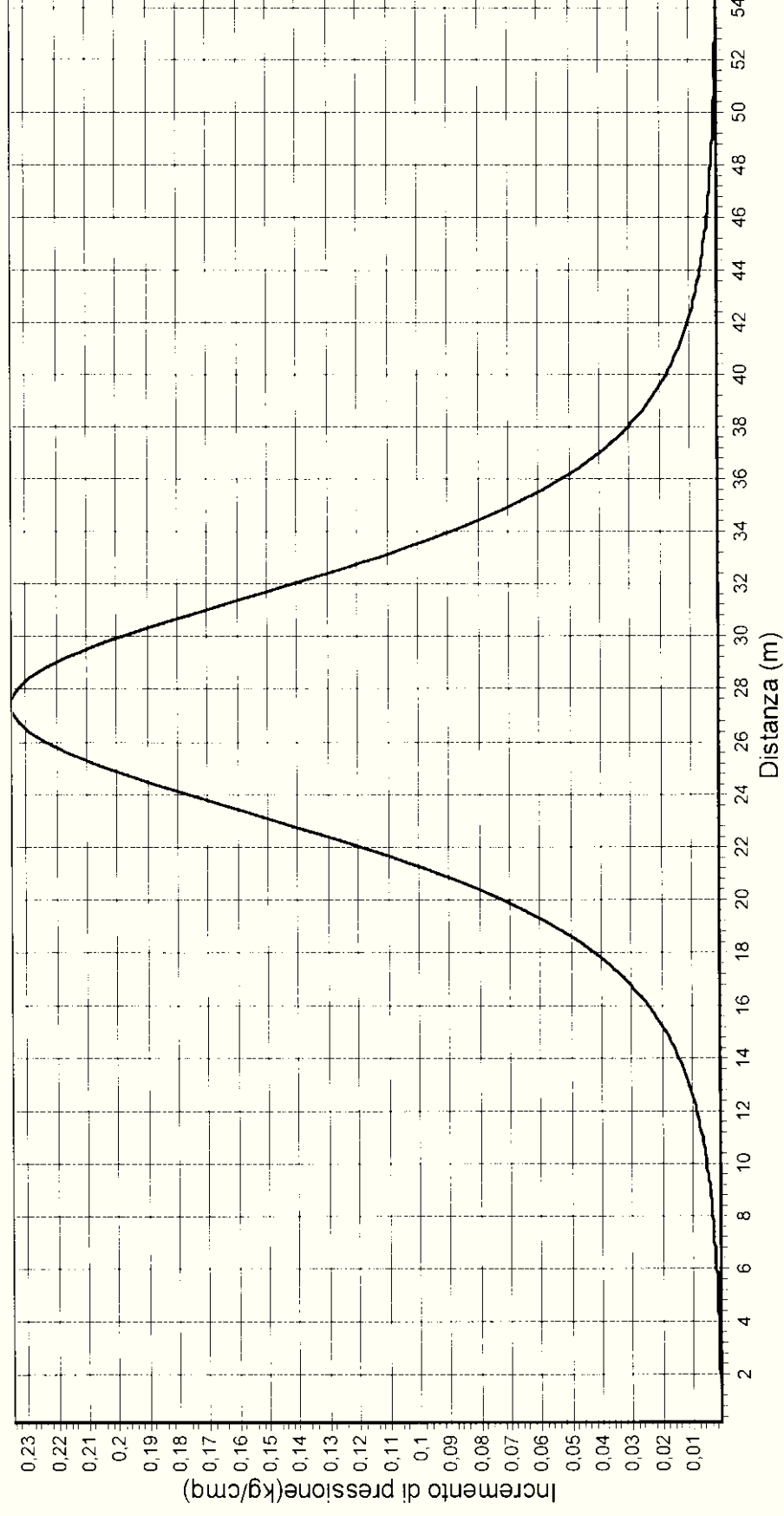
Committente: Pagani Andrea

Località: Erno - Lesa (NO)

Data: Dicembre 2017

Riferimenti: Impianto idroelettrico con derivazione acque di scarico centrale esistente

### Andamento dell'incremento di pressione indotto dalle fondazioni nel terreno lungo la sezione



Profondità di calcolo dal p.c.(m): 10,0

REGIONE PIEMONTE  
PROVINCIA DI NOVARA  
COMUNE DI LESA

# PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNALE

Progetto definitivo  
Adeguamento al PAI e riadozione  
ai sensi dell'Art. 15 comma 15 L.R. 56-77 s.m.i.

CARTA  
GEOLOGICO-STRUTTURALE

ELABORATO:

**GEO 2**

STESURA:

**MARZO 2004**

**Scala 1:5.000**

Dott. Geol. Italo Isoli  
via alla Cartiera 52/a 28923 - Verbania Possaccio

Dott. Geol. Marco Carmine  
via Paletta 10 28100 - Novara

Collaboratore: Dott. Geol. Stefano Fardelli  
via Amendola 5 21054 - Fagnano Olona (VA)







## LEGENDA



Scisti del Lago a) affioranti  
b) subaffioranti



Depositi di origine glaciale e/o fluvio-glaciale



Limi sovraconsolidati di origine glaciale  
(probabili depositi di fondo glaciale)



Detriti di falda colonizzati



Depositi di conoidi alluvionali torrentizia



Depositi alluvionali torrentizi dell'alveo montano del T. Erno



Depositi alluvionali torrentizi di spessore variabile  
molto grossolani e caratterizzati da assetto caotico



Faglie

Giaciture della foliazione



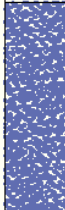


a) debolmente inclinata ( $>15^\circ$ )




b) suborizzontale ( $<15^\circ$ )

# LEGENDA LITOTECNICA

## CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI DEPOSITI SUPERFICIALI

S i m b o l o	Tipologia del terreno	Ambito di variazione dei parametri						
		Peso di volume (ton/m3)		Angolo di attrito		Coesione (kg/cm2)		
		min	max	min	max	min	max	
	Ghiaie e sabbie a disposizione lenticolare localmente caotica	1.8	2.1	35°	40°	0.0	0.0	Presenza di falda freatica con livello piezometrico a profondità variabile
	Sabbie e ghiaie a disposizione lenticolare frequentemente clinostratificate	1.7	2.0	30°	35°	0.0	0.0	
	Detriti grossolani in matrice sabbiosa o sabbioso limosa generalmente consolidati o sovraconsolidati	1.9	2.1	30°	40°	0.1	1.0	Possibile falda o strato saturo al contatto con il substrato
	Sabbie limose e limi sabbiosi generalmente consolidati	1.8	2.0	25°	35°	0.1	1.0	Possibile falda o strato saturo al contatto con il substrato
	Detriti grossolani, blocchi, lastre con matrice sabbiosa	1.8	2.0	35°	45°	0.0	0.0	Possibile falda o strato saturo al contatto con il substrato

## CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEL SUBSTRATO ROCCIOSO

S i m b o l o	Litologia		Parametri classificazione B.G.D.				
			Alterazione	Spessore strati	Intercetta	Resistenza compres. monoass.	Angolo di attrito
	Scisti dei Laghi a) affioranti b) subaffioranti	Micasclisti	W2 localmente W3	L3-L4	F3 localmente F4	S3	A3-A4
		Paragneiss	W1-W2 localmente W3	L3-L4	F3	S2-S3	A3-A4



REGIONE PIEMONTE  
PROVINCIA DEL VERBANO-CUSIO-OSSOLA  
COMUNE DI LESA

# PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNALE

Progetto definitivo

Adeguamento al PAI e riadozione  
ai sensi dell'Art. 15 comma 15 L.R.56 s.m.i.

CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITA'  
GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITA'  
ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA  
DELL'INTERO TERRITORIO COMUNALE

ELABORATO:

**GEO 8**

STESURA:

**MARZO 2004**

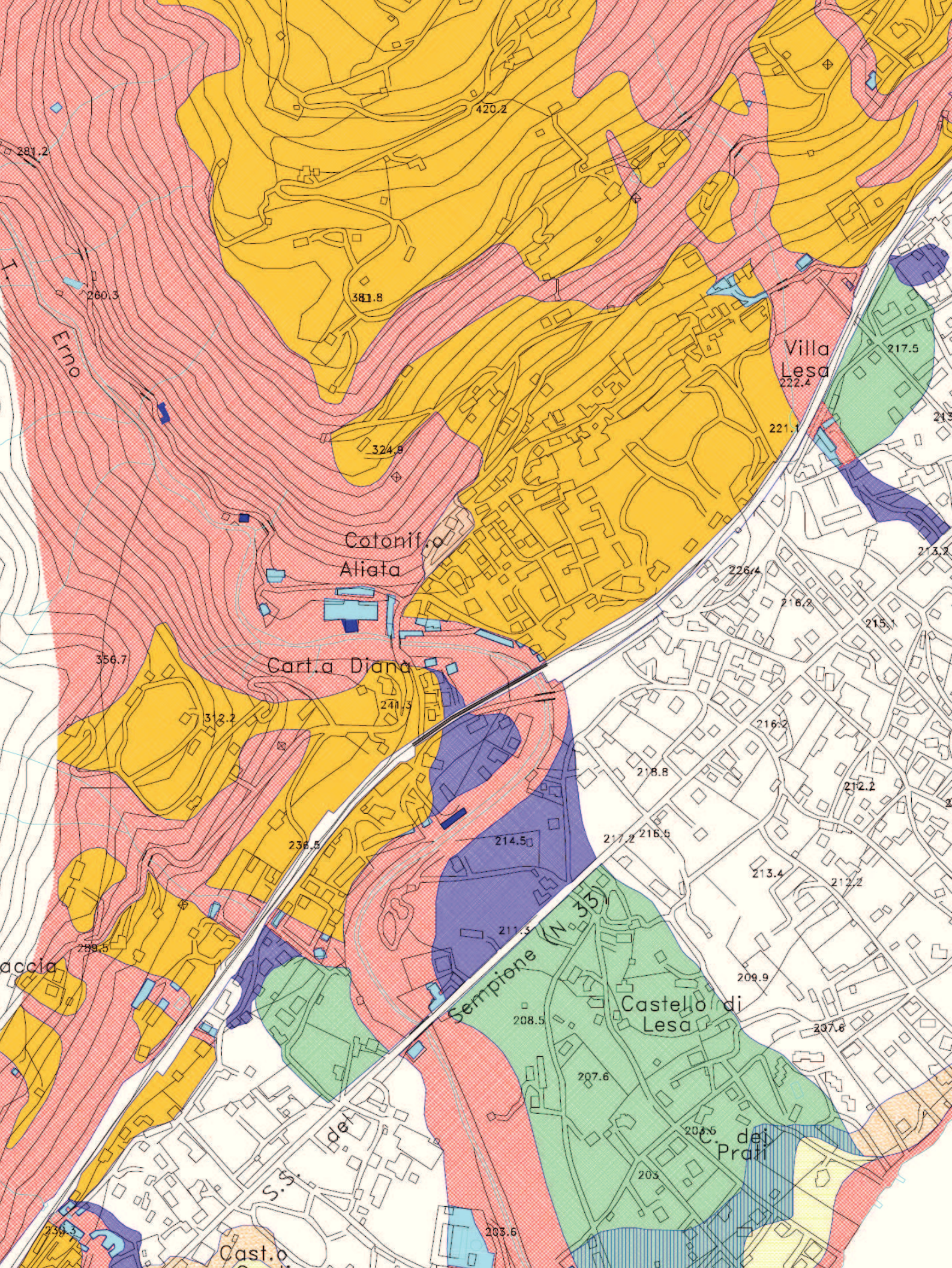
**Scala 1:5.000**

Dott. Geol. Italo Isoli  
via alla Cartiera 52/a 28923 - Verbania Possaccio

Dott. Geol. Marco Carmine  
via Paletta 10 28100 - Novara

Collaboratore: Dott. Geol. Stefano Fardelli  
via Amendola 5 21054 - Fagnano Olona (VA)







## VALUTAZIONE DEL RISCHIO GEOLOGICO IN RELAZIONE ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA

PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA		Presenza di edificazioni o valutazione del rischio in atto		Possibilità di eliminazione o minimizzazione del rischio in atto sulle aree urbanizzate e del rischio potenziale connesso con nuove urbanizzazioni			IDONEITA' ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA		
S I N B O C O	Agente geomorfologico prevalente	Valutazione di pericolosità				Attraverso interventi globali (Progetti Pubblici di Riuspetto litologico)	Attraverso interventi locali di risasso	Attraverso il rispetto di norme tecniche	Condizioni per l'utilizzazione urbanistica
I	Porzioni di territorio dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche: gli interventi sia pubblici sia privati sono di norma consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11.03.88			Non necessari	Non necessari	Non necessari	Non necessari	Non necessari	Nessuna particolare condizione salvo il rispetto del D.M. 11.03.88
	Aree sulle quali non sono stati evidenziati particolari pericoli e non sono presenti condizioni geotecniche pericolose			Non necessari	Non necessari	Non necessari	Non necessari	Non necessari	
II	Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità possono essere agevolmente superate attraverso l'adozione e il rispetto di modesti accorgimenti tecnici esplicitati a livello di norme di attuazione ispirate al D.M. 11.03.88 e realizzabili a livello di progetto esecutivo esclusivamente nell'ambito del singolo lotto edificatorio o dell'intero significativo distretto			Non necessari	Non necessari	Non necessari	Non necessari	Non necessari	
	IIa	Versanti caratterizzati da dislivelli medio-alti con modesta pendenza, con presenza di possibile presenza di versanti a medio-alta pericolosità geotecnica, sia ad attività medio-alta con substrato roccioso e affioramenti di calcareo, sia con substrato argilloso e localizzati versanti instabili in occasione di piene eccezionali.	Pericolosità moderata.	Aree sia inedificate sia edificare con localizzate problematiche geotecniche. Rischio moderato.	Non necessari	Non necessari	Necessari in alcuni casi	Necessari per quanto concerne le nuove edificazioni.	Condizionata all'esecuzione di interventi di risasso locale e/o al rispetto di norme tecniche, illustrate nelle N.T. con particolare riferimento alle verifiche di stabilità locale e alle opere di sovrano e di sostegno.
IIb	Aree localizzate nelle parti distali delle conoidi del T. Enna e del R. Colubo caratterizzate da terreni a granulometria medio-fine, da falda freatica con soggiacenza percolante superficiale (inferiore ai 3 m) e con possibilità di portate in occasione di piene eccezionali e localizzati versanti instabili in occasione di piene eccezionali.	Pericolosità moderata.	Aree sia inedificate sia edificare con problemi geotecnici di tipo "condizionale". Rischio moderato.	Non necessari	Non necessari	Necessari in alcuni casi sugli edifici esistenti.	Necessari per quanto concerne le nuove edificazioni.	Condizionata al rispetto di norme tecniche, illustrate nelle N.T. Non ammissibili nuovi piani residenziali o produttivi, costruzioni accessorie e strutture tecniche al di sotto della quota 190,50 m s.l.m., con deroghe solo per motivi storico-architettonici e funzionali documentati e con obbligo di presa d'atto dell'entità del rischio.	
III	Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, derivanti quest'ultimo dall'urbanizzazione dell'area, sono tali da impedire l'edificazione qualora ineditificata, richiedendo, viceversa, la previsione di interventi di risasso antiriscio a tutela del patrimonio esistente.			Non necessari	Non necessari	Non necessari	Non necessari	Non necessari	Nulla.
	IIIa	Alvei attivi di corsi d'acqua. Fasse spondali di corsi d'acqua soggette a dinamica trasversale di media o alta energia. Versanti vallivi ad elevata attività trasversale dal punto di vista gravitativo. Porzioni di conoidi torrenziali soggette a dinamica di energia elevata o molto elevata. Versanti localizzati in cui per l'altissima attività per le nature dei terreni il bosco assumeva squamemente l'ordine di dinamicità di energia elevata o molto elevata. Aree alligabili a bassa energia per l'ordine di dinamicità di energia elevata o molto elevata. Irradimento del livello lacustre con elevati gradienti cinetici.	Pericolosità da media a molto elevata.	Aree inedificate, in attesa di dinamica trasversale o gravitativa. Rischio nullo in quanto ineditificata.	In genere non necessari. Auspicabili laddove il risasso produce l'eliminazione di pericolosità sulle aree urbanizzate limitrofe.	Non necessari.	Non necessari.	Non necessari.	
IIIb4	Settori apicali delle conoidi e porzioni limitrofe all'asse alluvio soggette a dinamica torrenziale ad energia molto elevata o elevata. Aree ai piedi di versanti soggette ai fenomeni di dinamica gravitativa ad elevata energia per crollo in rocce o sconvolgimenti superficiali in depositi.	Pericolosità da elevata a molto elevata.	Aree completamente edificare, vulnerabili da dinamica trasversale o gravitativa. Rischio elevato o molto elevato.	Parziale o totale.	Necessari dopo l'esecuzione delle opere di difesa.	No	No	Nulla per nuove edificazioni. Per gli insediamenti esistenti sono ammessi gli interventi elencati nelle N.T., che garantiscono requisiti di sicurezza propri. L'eventuale esecuzione di Progetti Pubblici di Riuspetto litologico può trasformare le condizioni di "habilità urbanistica, secondo quanto previsto dai Progetti stessi.	
IIIb3a	Fasce spondali di corsi d'acqua e settori di conoidi in zona alligabile e medio-apicale potenzialmente soggette a dinamica trasversale di media energia.	Pericolosità da media a elevata.	Aree parzialmente o completamente edificare, vulnerabili da dinamica trasversale o gravitativa. Rischio da medio-elevato ad elevato.	Parziale o totale.	Necessari dopo l'esecuzione delle opere di difesa.	No	No	Nulla per nuove edificazioni. Per gli insediamenti esistenti sono ammessi gli interventi elencati nelle N.T., che garantiscono requisiti di sicurezza propri. L'eventuale esecuzione di Progetti Pubblici di Riuspetto litologico può trasformare le condizioni di "habilità urbanistica, secondo quanto previsto dai Progetti stessi.	
IIIb3b	Zona alla base di versanti potenzialmente ineditificabili a dinamica gravitativa per fenomeni di soll'alto.	Pericolosità da media a elevata.	Aree parzialmente o completamente edificare, vulnerabili da dinamica trasversale o gravitativa. Rischio da medio ad elevato.	Parziale o totale.	Possibile solo dopo l'acseguimento delle opere di difesa.	Possibile	Possibile	Nulla per nuove edificazioni. Per gli insediamenti esistenti sono ammessi gli interventi elencati nelle N.T., che garantiscono requisiti di sicurezza propri. L'eventuale esecuzione di Progetti Pubblici di Riuspetto litologico può trasformare le condizioni di "habilità urbanistica, secondo quanto previsto dai Progetti stessi.	
IIIb2a	Fasce spondali di corsi d'acqua e settori di conoidi in zona medio-apicale, potenzialmente soggette a dinamica trasversale di media energia.	Pericolosità media.	Aree parzialmente o completamente edificare, vulnerabili da dinamica trasversale o gravitativa. Rischio da medio ad elevato.	Parziale o totale.	Possibile solo dopo l'acseguimento delle opere di difesa.	Parziale o totale.	No	Per gli insediamenti esistenti sono ammessi gli interventi elencati nelle N.T., che garantiscono requisiti di sicurezza propri. L'eventuale esecuzione di Progetti Pubblici di Riuspetto litologico può trasformare le condizioni di "habilità urbanistica, secondo quanto previsto dai Progetti stessi.	
IIIb2b	Fasce spondali di corsi d'acqua e settori di conoidi medio-apicali potenzialmente soggette a dinamica trasversale di bassa energia.	Pericolosità moderata.	Aree parzialmente o completamente edificare, vulnerabili da dinamica trasversale o gravitativa. Rischio da medio ad elevato.	Non necessari	Necessari	Non necessari	Possibile per quanto concerne le nuove edificazioni.	Condizionata al rispetto di norme tecniche illustrate nelle N.T. e a programmi di controllo e manutenzione delle opere esistenti.	
IIIb2c	Porzione distale delle conoidi del T. Enna e del R. Colubo potenzialmente soggette a dinamica trasversale di bassa energia e caratterizzate da presenza di falda freatica percolante superficiale (< 3m).	Pericolosità moderata.	Aree parzialmente o completamente edificare, con presenza di opere di difesa adeguata. Rischio moderato.	Non necessari	Necessari	Non necessari	Possibile per quanto concerne le nuove edificazioni.	Condizionata al rispetto di norme tecniche illustrate nelle N.T. e a programmi di controllo e manutenzione delle opere esistenti. Non ammissibili nuovi piani residenziali o produttivi, costruzioni accessorie e strutture tecniche al di sotto di una quota inferiore a quella del livello freatico medio al tempo di ritorno 50 anni, con deroghe solo per motivi storico-architettonici e funzionali documentati e con obbligo di presa d'atto dell'entità del rischio.	
IIIb5	Aree edificare o potenzialmente edificare situate lungo la fascia laterale del Lago Mazzone, nelle quali sono presenti zone con quote < 190,00 m s.l.m., che possono essere interessate da zionamenti lacustri con tempo di ritorno fino a 100 anni, caratterizzate da innalzamento lento ed energia discreta esclusivamente dal moto oncoso.	Pericolosità bassa.	Aree sia inedificate che edificare, con presenza di opere di difesa adeguata. Rischio da basso a moderato.	Non necessari.	Non necessari.	Non necessari	Non necessari	Condizionata al rispetto di norme tecniche, illustrate nelle N.T. Non ammissibili nuovi piani residenziali o produttivi, costruzioni accessorie e strutture tecniche al di sotto della quota 190,50 m s.l.m., con deroghe solo per motivi storico-architettonici e funzionali documentati e con obbligo di presa d'atto dell'entità del rischio.	
IIIb6	Aree pericolose soggette ai fenomeni di allagamento in occasione di eventi di piena a carattere eccezionale.	Pericolosità bassa.	Aree sia inedificate che edificare, con presenza di opere di difesa adeguata. Rischio da basso a moderato.	Non necessari.	Non necessari.	Non necessari.	No.	È ammessa la permanenza delle strutture a cuneo esistenti, anche con razionalizzazioni e adeguamenti alle normative specifiche del settore, previa sussistenza di un Piano di Protezione Civile per ciascun impianto, che definisca le tipologie e i livelli di rischio all'interno dell'area, nonché le opere da realizzare per l'eliminazione o la minimizzazione di tale rischio.	

REGIONE PIEMONTE  
PROVINCIA DI NOVARA  
COMUNE DI LESA

# PIANO REGOLATORE GENERALE COMUNALE

Progetto definitivo  
Adeguamento al PAI e riadozione  
ai sensi dell'Art. 15 comma 15 L.R. n.56/77 s.m.i.

RELAZIONE  
GEOLOGICA

ELABORATO:

**GEO 1**

STESURA:

**MARZO 2004**

Professionisti incaricati:  
Dott. Geol. Italo Isoli  
Via alla Cartiera 52/a – Verbania Possaccio

Dott. Geol. Marco Carmine  
Via Paletta 10 - Novara

Collaboratore:  
Dott. Geol. Stefano Fardelli  
Via Amendola 5 – Fagnano Olona (VA)



nulla e battenti d'acqua modesti) con tempi di ritorno superiori a 50-100 anni.

In tale classe le relazioni geologiche e geotecniche dovranno verificare e valutare l'interferenza della falda freatica superficiale con le opere previste e, in particolare, con le eventuali porzioni interrato, per le quali dovrà essere garantita la possibilità di sommersione senza danni.

In ogni caso non sono ammessi piani residenziali o produttivi, costruzioni accessorie e strutture tecniche ad una quota inferiore a quella del livello freatico massimo a tempo di ritorno 50 anni, e comunque non inferiore a 198.50 m s.l.m.; è ammessa deroga a tale quota solo per particolari motivazioni documentate, in relazione a problematiche storico-architettoniche o funzionali. Le misure delle quote di progetto vanno presentate mediante rilievo altimetrico di precisione appoggiato su quote geodetiche sicure.

I progetti devono sempre esplicitare le condizioni di rischio connesse con la possibilità di allagamento con tempi di ritorno superiori e gli accorgimenti tecnici atti al loro superamento, con presa d'atto da parte dei titolari del permesso di costruire dell'entità del rischio, con riferimento agli studi idrologici e idrogeologici presenti nelle analisi di piano, e in relazione alle condizioni di vulnerabilità e al valore dei beni a rischio.

La valutazione dei livelli freatici dovrà tener conto anche delle possibili variazioni nel tempo legate a diversi sfruttamenti della falda. In ogni caso, fra gli accorgimenti tecnici atti alla mitigazione del rischio, non è ammesso l'abbattimento della falda mediante pompaggio.

### **Art. 5.3. - Classe 3**

Ai sensi della Circ. P.G.R. n.7/LAP la Classe III riguarda *«Porzioni di territorio nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio, questi ultimi derivanti dalle urbanizzazioni dell'area, sono tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, richiedendo viceversa la previsione di interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio esistente»*.

La classe III è suddivisa nelle sottoclassi IIIa e IIIb, descritte negli specifici articoli delle presenti norme.

#### **Art. 5.3.1. – Classe 3a**

Ai sensi della Circ. P.G.R. n.7/LAP la Classe IIIa riguarda: *«Porzioni di territorio inedificate che presentano carattere geomorfologici o idrogeologici che le rendano inidonee a nuovi insediamenti (aree dissestate, in frana, potenzialmente dissestabili o soggette a pericolo di valanghe, aree alluvionabili da acque di esondazione ad elevata energia). Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili (con specifico riferimento ad es. ai parchi fluviali) vale quanto già indicato all'Art.31 della L.R. 56/77»*.

In questa classe sono presenti aree inedificate con le seguenti caratteristiche:



- le fasce di pertinenza dei corsi d'acqua torrentizi, e in particolare:
  - zone di alveo e fasce spondali soggette a dinamica attiva attuale o di possibile evoluzione;
  - fasce spondali acclivi in condizioni di incisione valliva, comprensive di franco sommitale;
  - fasce spondali con importanti effetti per la laminazione delle piene;
  - fasce spondali da destinarsi in previsione alla realizzazione di nuove opere idrauliche o all'adeguamento e alla manutenzione di quelle esistenti;
  - porzioni di conoidi alluvionali soggette a dinamica di energia elevata o molto elevata.
- le fasce di territorio potenzialmente soggette a dinamica gravitativa di tipo naturale e in particolare:
  - versanti in frana;
  - versanti boscati a pendenza elevata;
  - versanti boscati in cui per l'elevata acclività e per la natura dei terreni, il bosco assolve fondamentale funzione di difesa del suolo e di protezione dal dissesto idrogeologico;
  - fasce spondali lacustri ad elevata acclività.
- le aree litorali di pertinenza del Lago Maggiore allagabili a bassa o nulla energia per lento innalzamento del livello lacustre con elevati battenti d'acqua.

Per gli edifici isolati non evidenziati in cartografia ma accatastati o la cui pratica di accatastamento è ancora in corso, che sono inseriti in aree soggette a Classe 3a, si applicano le limitazioni previste alla Classe 3b3b.

Nelle aree soggette a classe 3a nel territorio non urbanizzato e rappresentato alla scala 1:5.000, possono essere localmente presenti aree a pericolosità naturale più ridotta, ma non evidenziate per la loro dimensione limitata, in relazione al dettaglio della base topografica.

Qualora, in zona di frangia del territorio urbanizzato, si rendesse necessario un utilizzo di tali aree per motivi strategici di prevalente interesse pubblico, occorrerà comunque procedere ad analisi di dettaglio alla scala di Piano 1:2.000, e a conseguenti varianti di P.R.G.C. con identificazione della nuova idoneità all'utilizzazione urbanistica.

Nelle aree comprese in Classe 3a sono ammessi solo i seguenti interventi, i cui progetti siano stati redatti sulla base di rigorosi accertamenti geologici, geotecnici, idrogeologici e idraulici che stabiliscano gli accorgimenti tecnici atti a garantire la fattibilità degli interventi stessi nell'ambito di requisiti di sicurezza propria e tali da non aggravare la situazione di pericolosità esistente:

- a) le opere previste dal Piano Territoriale e quelle che abbiano conseguito la dichiarazione di pubblica utilità;



- b) le opere pubbliche non altrimenti localizzabili attinenti alla viabilità, alla produzione e al trasporto dell'energia, alle reti e agli impianti di depurazione, alle telecomunicazioni o ad altre attrezzature e impianti per l'erogazione di servizi pubblici o di pubblica utilità;
- c) le opere attinenti alla regimazione e all'utilizzo delle acque, compresi i pozzi, le captazioni sorgive, le derivazioni e gli attingimenti di acqua purché adeguatamente eseguiti e concessi dagli Enti competenti;
- d) le opere attinenti alle sistemazioni idrogeologiche, al contenimento e al consolidamento dei versanti, nonché tutti gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere di difesa esistenti;
- e) l'eliminazione dei tratti coperti dei corsi d'acqua e l'ampliamento delle tombature;
- f) gli attraversamenti dei rii minori e la viabilità per il necessario collegamento, non altrimenti localizzabile, di zone residenziali o produttive esistenti o previste dal P.R.G. e dai P.P.;
- g) le strade e piste ad uso agro-silvo-pastorali, regolamentate ai sensi delle normative vigenti;
- h) i percorsi pedonali o ciclabili, le aree pedonali attrezzate e i percorsi didattici attrezzati;
- i) le attività estrattive e relative strade di accesso autorizzate ai sensi delle normative vigenti;
- j) le opere antincendio, gli interventi selvicolturali e il mantenimento delle colture agricole o le loro trasformazioni previa idonee indagini che definiscano la compatibilità idrogeologica nei riguardi delle trasformazioni previste;
- k) la recinzione dei terreni, realizzabile unicamente con pali infissi e rete metallica, purché le opere non modifichino la stabilità dei versanti e il regolare deflusso delle acque (anche in occasione di piene eccezionali) e permettano lo svolgimento delle operazioni antincendio e di protezione civile;

Le fasce di pertinenza dei corsi d'acqua classificate in Classe 3a costituiscono "disciplina vigente nelle diverse località" ai sensi del R.D. 25/7/1904 n.523 "Testo unico delle disposizioni di legge sulle opere idrauliche", così come normate dalla Circ. P.G.R. n.14/LAP/PET dell'8 ottobre 1998.