



Enel Produzione S.p.A.



GRE CODE

GRE.EEC.R.27.IT.P.14457.00.031.00

PAGE

1 di/of 42

TITLE:

AVAILABLE LANGUAGE: IT

IMPIANTO FOTOVOLTAICO FLOTTANTE PRESENZANO INFERIORE

Presenzano (CE)

42,678 MWdc – 35,64 MWac

Progetto definitivo per autorizzazione

Relazione Geologica

File: GRE.EEC.R.27.IT.P.14456.00.031.00_Relazione geologica.docx

| | | | | | |
|------|------------|-----------------|----------|------------|----------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 00 | 21/02/2024 | Prima emissione | G.Coduri | M.laquinta | G.Coduri |
| REV. | DATE | DESCRIPTION | PREPARED | VERIFIED | APPROVED |

GRE VALIDATION

| | | |
|---------------|-------------|--------------|
| | | |
| COLLABORATORS | VERIFIED BY | VALIDATED BY |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|---------|------|--------|---------|-----|-------|---|---|--------|-------------|----------|---|---|---|---|---|---|---|
| PROJECT / PLANT Presenzano Inferiore | GRE CODE | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | GROUP | FUNCION | TYPE | ISSUER | COUNTRY | TEC | PLANT | | | SYSTEM | PROGRESSIVE | REVISION | | | | | | | |
| | GRE | EEC | R | 2 | 7 | I | T | P | 1 | 4 | 4 | 5 | 6 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | 0 |

| | | | |
|----------------|--------|-------------------|--|
| CLASSIFICATION | Public | UTILIZATION SCOPE | Progetto definitivo per autorizzazione |
|----------------|--------|-------------------|--|

This document is property of Enel Produzione S.p.A. It is strictly forbidden to reproduce this document, in whole or in part, and to provide to others any related information without the previous written consent by Enel Produzione S.p.A.



Enel Produzione S.p.A.



GRE CODE

GRE.EEC.R.27.IT.P.14456.00.031.00

PAGE

2 di/of 42

INDEX

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUZIONE | 3 |
| 2. DESCRIZIONE DEL SITO | 4 |
| 2.1. Collocazione geografica..... | 4 |
| 2.2. Caratteristiche del bacino artificiale di Presenzano..... | 4 |
| 3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO | 6 |
| 3.1. Inquadramento geologico regionale | 6 |
| 3.2. Attività eruttiva del Vulcano Roccamonfina e depositi vulcanici..... | 6 |
| 3.3. Inquadramento geologico di dettaglio | 7 |
| 4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE..... | 12 |
| 4.1. Inquadramento geomorfologico di dettaglio | 12 |
| 5. STABILITÀ DEL TERRITORIO | 14 |
| 5.1. Aree stabili | 14 |
| 5.2. Aree mediamente stabili..... | 14 |
| 5.3. Aree potenzialmente instabili | 14 |
| 5.4. Aree instabili | 15 |
| 5.5. Interferenze delle opere previste con fasce instabili o mediamente stabili..... | 16 |
| 6. IDROGEOLOGIA | 19 |
| 6.1. Complessi idrogeologici..... | 19 |
| 6.2. reticolo idrografico superficiale..... | 21 |
| 7. INQUADRAMENTO GEOTECNICO | 22 |
| 7.1. Dati disponibili | 22 |
| 7.2. Considerazioni sullo stato delle conoscenze ed opere previste | 22 |
| 8. INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA | 24 |
| 8.1. Quadro normativo e pericolosità sismica di base | 24 |
| 8.2. Storia sismica dell'area | 27 |
| 8.3. Caratteristiche litodinamiche..... | 30 |
| 8.4. Carta della microzonazione sismica | 32 |
| 8.5. Zone suscettibili di instabilità | 35 |
| 8.6. Sismicità dell'area | 35 |
| 8.6.1. Premessa | 35 |
| 8.6.2. Effetti di amplificazione topografica..... | 36 |
| 8.6.3. Pericolosità Sismica | 36 |
| 8.6.4. Pericolosità Sismica Di Sito | 38 |
| 9. CONCLUSIONI | 42 |

1. INTRODUZIONE

Stantec S.p.A. ("Stantec"), in qualità di Consulente Tecnico e Progettista, è stata incaricata dalla Proponente di redigere il Progetto Definitivo per la autorizzazione alla costruzione ed esercizio di un impianto fotovoltaico da ubicarsi sul bacino dell'impianto di generazione e pompaggio di Presenzano.

L'impianto in progetto sarà di tipo flottante, ovvero - a valle dell'ottenimento dell'Autorizzazione Unica in accordo all'iter previsto dal D.lgs. 387/2003 - sarà realizzato su piattaforme galleggianti installate sulla superficie del serbatoio idrico. L'impianto di produzione di energia elettrica tramite conversione fotovoltaica avrà una potenza in immissione sulla rete pari a 35,64 MWac nel rispetto delle condizioni per la connessione identificate nel preventivo di connessione STMG Codice rintracciabilità 202001034.

Il progetto prevede l'installazione di pannelli fotovoltaici su una piattaforma galleggiante dotata di un sistema di ancoraggi da posizionarsi lungo argini del bacino. Inoltre, è prevista la realizzazione di opere funzionali all'esercizio dell'impianto, quali cabine e stazione elettrica di trasformazione nonché l'ampliamento della stazione Terna 220kV esistente e localizzata all'interno dell'area di Centrale, a nord del bacino.

La presente relazione riporta gli esiti dello studio condotto da Stantec finalizzato ad una ricostruzione dell'inquadramento Geologico, geotecnico e territoriale dell'area interessata dall'intervento.

Lo studio si è basato sulla valutazione della bibliografia e delle informazioni tecniche rese disponibili dal Proponente risalenti al periodo di realizzazione della diga.

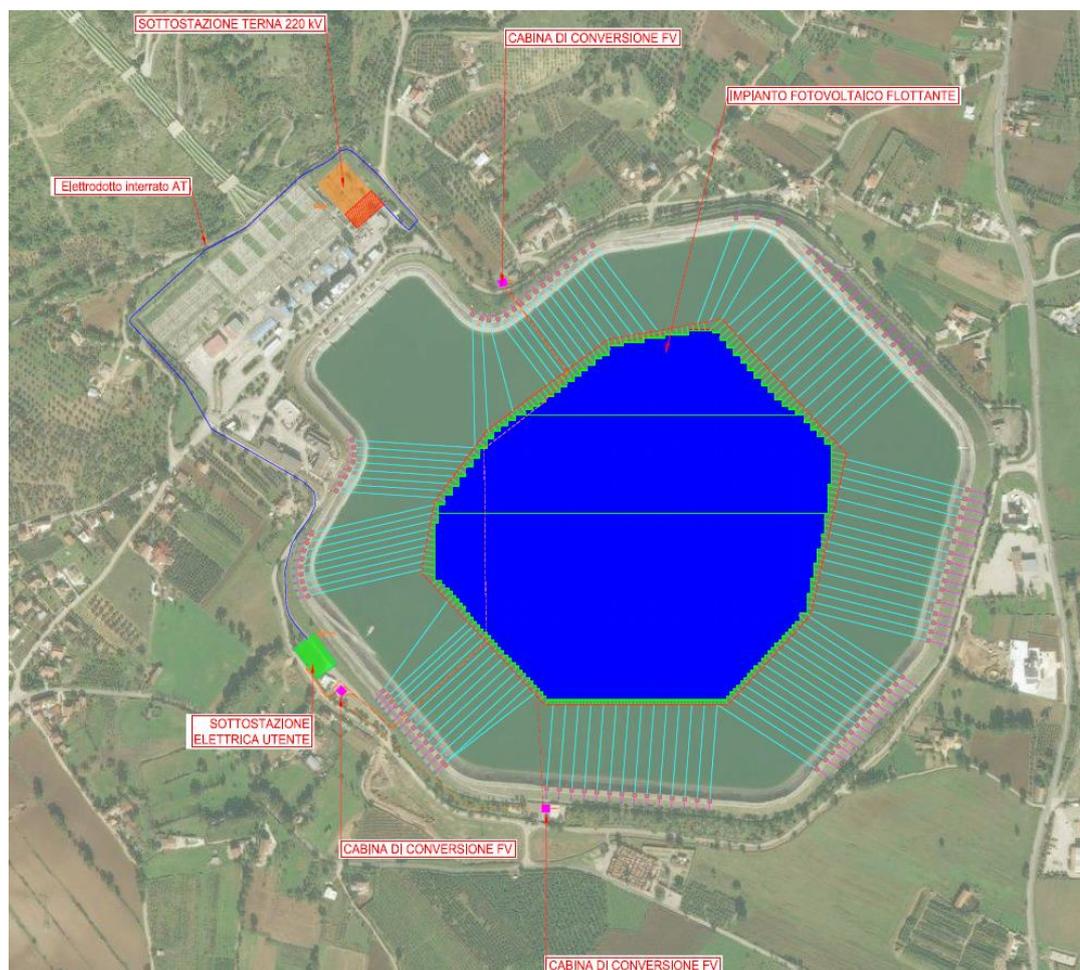


Figura 1-1:- Inquadramento su ortofoto - opere in progetto

2. DESCRIZIONE DEL SITO

2.1. COLLOCAZIONE GEOGRAFICA

Il territorio comunale di Presenzano (CE) è ubicato tra il settore nord occidentale della Provincia di Caserta ed è riportato, nell'ambito della cartografia ufficiale I.G.M. nel Foglio n°161 "Isernia" in scala 1:100.000.

La sua escursione altimetrica varia dai 272 metri s. l. m. , in corrispondenza del centro abitato ai 1180 mt s.l.m di M. Cesima.

Il territorio ricade nel bacino idrografico dei fiumi Volturno e Garigliano, rientrando, quindi, nelle competenze dell'Autorità di Bacino nazionale dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno.



Figura 2-1: Localizzazione nuovo impianto fotovoltaico e opere di rete connesse

2.2. Caratteristiche del bacino artificiale di Presenzano

Il bacino di Presenzano costituisce con il bacino idrico di Cesima, un circuito chiuso che alimenta l'impianto idroelettrico di generazione e pompaggio della capacità di 1000 MW di proprietà Enel S.p.A., che sorge nel territorio del Comune di Presenzano (CE).

L'impianto risulta infatti complessivamente costituito da un serbatoio superiore (M.te Cesima)



Enel Produzione S.p.A.



GRE CODE

GRE.EEC.R.27.IT.P.14457.00.034.00

PAGE

5 di/of 42

nel quale vengono accumulati i volumi idrici pompati nelle ore notturne dal serbatoio inferiore di Presenzano, nel quale viceversa si accumulano i deflussi durante le ore diurne provenienti da quello superiore.

I due serbatoi sono tra loro collegati per mezzo di due gallerie parallele fra loro in pressione con due pozzi piezometrici ubicati al termine di ciascuna galleria, due condotte forzate metalliche bloccate in roccia e quattro condotte forzate metalliche all'aperto.

L'invaso superiore è stato ottenuto sbarrando il corso del Vallone Cesima o Torrente Rava, affluente in dx del T. Peccia ed ampliando l'area con un notevole scavo di materiale (superficie del bacino ca 3,9 Km², capacità di vaso complessiva 6,2km³).

La depressione di Cesima è impostata sul substrato carbonatico calcareo-dolomitico generalmente interessato da un grado di fratturazione elevato e ricoperto in larga parte da una coltre superficiale di materiale vulcanico costituiti da tufi argillificati.

Lo sbarramento della diga è stato ottenuto in rockfill con un manto di tenuta a monte in conglomerato bituminoso.

Il serbatoio inferiore si estende ad est dell'abitato di Presenzano su una superficie di circa 90 ettari con una capacità di vaso 7 milioni 200 mila m³ ottenuta per intero per mezzo di scavi (5,5 milioni di m³ di terreni scavati) e arginature.

L'invaso è caratterizzato da una tenuta idraulica garantita da un rivestimento impermeabile in conglomerato bituminoso steso sia sulle sponde che sul fondo del bacino.

I terreni di imposta del serbatoio sono costituiti da terreni piroclastici alterati e paleosuoli con tufiti cineritiche e sabbie limose prossime alla saturazione.



Enel Produzione S.p.A.



GRE CODE

GRE.EEC.R.27.IT.P.14457.00.034.00

PAGE

6 di/of 42

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

I termini litologici affioranti sono prevalentemente di natura sedimentaria e subordinatamente di origine vulcanica.

Dal punto di vista geologico-regionale nella zona in esame affiora estesamente l'unità stratigrafico-strutturale del Matese - M. Maggiore.

I termini che afferiscono all'Unità Matese - Monte Maggiore risalgono in larga misura all'era Mesozoica, in particolare all'intervallo Trias superiore - Cretacico superiore ed all'era Cenozoica (Periodo Paleocene) per un complessivo intervallo di copertura temporale compreso tra 220 Ma fino a circa 57 Ma.

La provenienza paleogeografica è riconducibile alla piattaforma carbonatica abruzzese-campana di ambiente neritico di retroscogliera.

La successione è interamente carbonatica con litotipi dolomitici nella parte bassa passanti a termini propriamente calcarei.

Sui termini carbonatici meso-cenozoici poggiano in concordanza stratigrafica i sedimenti miocenici trasgressivi costituiti da calcari a litotamni (F. di Cusano), cui seguono marne calcaree ad orbuline (F. di Longano) e arenarie ed argille torbiditiche (F. di Pietraroia) che non affiorano nell'area in esame.

L'età di questi materiali è compresa tra il Langhiano Sup. ed il Tortoniano inf. (tra ca 20 Ma e circa 10 Ma).

Dal punto di vista tettonico, il quadro paleogeografico dal Trias medio all'Aquitano è stato controllato essenzialmente da movimenti di tipo epirogenetici, cioè sollevamenti ed abbassamenti continentali con conseguenti ingressioni e regressioni marine.

A partire dal tardo Miocene, il margine occidentale degli Appennini Centrali, compreso tra la catena s.s. in sollevamento e l'area tirrenica in subsidenza, è stato soggetto a intensi processi geodinamici che hanno prodotto l'attuale assetto strutturale.

Nell'area sono state attive due importanti fasi distensive a partire dal Pliocene Inferiore concomitanti con la migrazione dell'asse della catena appenninica verso E-NE che hanno generato strutture ribassate successivamente riempite da depositi sia marini che continentali.

Alla fine del Pliocene medio il disegno della catena appenninica era simile all'attuale con le grandi traslazioni verso est compiute.

I movimenti che seguono nel tempo sono orogenetici in senso stretto con una tettonica distensiva che ha portato alla surrezione della catena già formatasi ed al ribassamento delle aree peritirreniche con genesi delle ampie piane costiere (es. piana Campana e Piana del Garigliano).

I depositi continentali quaternari riferibili agli ultimi 2 milioni di anni sono di tipo detritico-colluviale, rinvenibili alla base dei versanti carbonatici, fluviale nel fondovalle (depositi F. Voltorno e tributari T. Savone - Rio Maltempo) e fluvio-torrentizi allo sbocco degli impluvi che dissecano i versanti. Particolare importanza rivestono i depositi di origine vulcanica di cui si dirà nel seguito.

3.2. ATTIVITÀ ERUTTIVA DEL VULCANO ROCCAMONFINA E DEPOSITI VULCANICI

A partire dal Pleistocene medio un intenso vulcanismo si è instaurato nell'area in relazione alla tettonica distensiva e guidato principalmente da sistemi di faglie normali con trend N-S e NE-SW che hanno sviluppato il graben del Garigliano a forte tasso di subsidenza.

Il vulcanismo è evidente per mezzo dell'edificio del Roccamonfina che è stato attivo tra circa 650 mila e 50 mila anni fa.

Questo stratovulcano è stato interessato da varie fasi eruttive; tra 630 mila e 400 mila anni fa (prima fase) risalgono le iniezioni intrusive di magna lungo fratture preesistenti che hanno prodotto i dicchi di Presenzano ed i coni eccentrici di Sesto Campano (Di Girolamo et alii, 1991).

Questa prima fase ha prodotto lave e piroclastiti a composizione chimica tefritico-leucitica ad alto tenore di potassio.

Successivamente, tra ca 385 e 150 mila anni fa (seconda fase), una intensa attività esplosiva ha caratterizzato l'apparato vulcanico (Luhr e Giannetti, 1987). Alla fine di questa fase, segnata dalla messa in posto di ingenti volumi di colate piroclastiche a composizione leucitica (Brown leucitic tuff) con pomici bianche a composizione trachitica (White trachitic tuff) si fa risalire la formazione della caldera sommitale.

Segue una attività di tipo idromagmatico all'interno della caldera che si chiude con la messa in posto dei domi lavici latitici di M. S. Croce e M. Lattani (Giordano, 1993).

Lo stadio finale dell'attività del Roccamonfina, compreso tra 230 mila e 54 mila anni fa, è stato invece caratterizzato da un prevalente attività freatomagmatica ed effusiva.

Tra 150 - 53Ka, esauritasi l'attività centrale, si ha ancora la messa in posto di lave e piroclastiti da alcuni apparati eccentrici.

Il deposito vulcanico più recente in affioramento nell'area del vulcano di Roccamonfina è l'Ignimbrite Campana (39Ka, De Vivo et alii, 2001) la cui origine è però legata al vulcanismo dei Campi Flegrei.

3.3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO DI DETTAGLIO

Di seguito vengono riportati stralci delle cartografie sopra citate, ovvero il rilievo di dettaglio del comune di Presenzano e lo stralcio del foglio 1:1000.000 foglio "Isernia".

Nell'Area in esame sono stati distinti i seguenti complessi geolitologici:

- a) **Complesso Carbonatico.** Rientrano in tale complesso tutte le rocce di origine carbonatica, vale a dire le dolomie sub saccaroidi e i calcari dolomitici in strati e banchi (foto 1) del Trias Superiore - Lias Inf. costituenti i rilievi a monte dell'abitato di Presenzano, di Colle Traverso (m. 890,9) e M. S. Leonardo (m. 892,9), calcari pseudoolitici, calciruditi, calcari marnosi rosati e verdi, calcareniti a grana fine da avana a grigie del Lias inf. - Lias Sup.; calcareniti e calcari olitici e pisolitici avana e grigi, calcilutiti grigie e calceruditi a cemento rosso e verde spesso dolomitizzato, marne e calcari marnosi verdastri del Malm-Dogger affioranti nella parte dei rilievi più occidentali di Marra dell'Arco (m. 652,1) e Colle La Coppa (m. 745); calcareniti e calcilutiti biancastre, calcari olitici e pisolitici grigi con rare intercalazioni marnose verdastre del Cretacico Inf. affioranti presso i rilievi di loc. Piloni (m. 688,5). La successione stratigrafica di tali termini litologici carbonatici è continua dal Trias al Cretacico Inf. e potente diverse centinaia di metri. La giacitura degli strati risulta alquanto variabile (immersione prevalente nel quadrante N-NW per i rilievi di M. Alto e verso E per M. S. Leonardo), con inclinazioni comprese tra 10 e 45°, mentre si rileva uno stato di fratturazione da medio ad alto in prossimità dei principali lineamenti strutturali. Presenti anche segni di carsismo epigeo lungo le zone di fratture con creazione di depressioni e conche sede di accumulo di depositi.
- b) **Complesso Detritico-Colluviale** alla base dei versanti. Si tratta di depositi di copertura quaternari del Pleistocene sup. ed Olocene di origine continentale, a luoghi cementati, derivanti dal trasporto gravitativo e/o idraulico di breve percorso che si ritrovano alla base dei rilievi montuosi. Tali depositi sono di origine colluviale, detritico-colluviale ed eluviale cui si associano alcuni coni di deiezione, inattivi, allo sbocco di impluvi. Sono costituiti da clasti eterometrici di natura calcarea da sciolti a cementati frammisti a materiale piroclastico rimaneggiato e terreni umiferi nonché accumuli di paleo frane. Significativi affioramenti di brecce di pendio a clasti carbonatici debolmente cementate si rinvengono alla base dei rilievi di Fosso della Neve. Coni di deiezione allo stato attuale inattivi quiescenti sono stati riconosciuti allo sbocco dei principali valloni.
- c) **Complesso dei Depositi Alluvionali.** Rientrano in tale complesso l'insieme delle alluvioni attuali, recenti ed antiche, del F. Volturno ed i depositi alluvionali di origine fluviotorrentizia delle aste interne al rilievo e tributarie del Rio Maltempo e del Torrente Savone. Si tratta di limi sabbiosi sciolti, sabbie fini e piroclastiti rimaneggiate, ciottoli e lenti di ghiaie.
- d) **Complesso Ignimbritico.** Si tratta di ignimbriti da trachiti a trachifonolitiche del Pleistocene Sup. riconducibili all'eruzione flegrea dell'Ignimbrite Campana (39 mila anni), talora con fessurazione prismatico colonnare, alla base compatta di colore dal marrone bruciato al violaceo, con piccole pomici e scorie ocre e nere, appiattite; verso

l'alto litoide, di colore grigio e con scorie nere, anche di grosse dimensioni, ricche di feocristalli di sanidino. Verso l'alto si presenta per lo più allo stato cineritico di colore violaceo e grigiastro allo stato incoerente. L'ignimbrite presenta diverse litofacies sia in senso verticale che areale passando da facies incoerenti e pulvirulenti a tufi semicoerenti verso il basso. Tali termini affiorano lungo le incisioni torrentizie del Rio Maltempo e del Torrente Savone.

- e) Complesso di depositi Indifferenziati. Prodotti di dilavamento e rimaneggiamento dei versanti dell'edificio vulcanico del Roccamonfina costituiti da limi-sabbiosi e/o sabbielimose di origine piroclastica, sciolti, argillificati, e a tratti scarsamente addensati, frammenti detritici carbonatici e di lave, alluvioni a grana grossa di aste torrentizie in alternanza a depositi umiferi scuri e paleosuoli rossastri. La giacitura è secondaria, massiva con caratteri di rielaborazione e rimaneggiamento. Gli affioramenti sono quasi esclusivi della zona di raccordo tra i diversi affioramenti del complesso ignimbritico. Questi materiali formano delle fasce, piuttosto variabili, che orlano i depositi ignimbritici. La loro origine è ascrivibile ai fenomeni di erosione-trasporto ed accumulo operato dai principali corsi d'acqua provenienti dalle falde del Roccamonfina, tributari del F. Volturno, e dai fenomeni di dilavamento che hanno operato sui versanti coperti da piroclastiti, successive alla deposizione ignimbritica.
- f) Complesso delle Lave: trattasi di limitato affioramento di colate laviche di leucititi omogenee e compatte rinvenibili nella parte orientale dell'abitato di Presenzano completamente separate dal centro vulcanico del Roccamonfina (bocche eccentriche) in relazione alla presenza di faglie tettoniche al bordo dei versanti meridionali di M. Cesima da cui il magma è risalito. Tali lave contengono minerali di augite e leucite in proporzioni preponderanti cui si associano anche fenocx di biotite. Inoltre si rileva l'esistenza di dicchi di intrusione magmatica all'interno di discontinuità nell'ammasso carbonatico nella zona della cava di calcare in loc. Taverna San Felice
- g) Complesso piroclastico tufitico: tale formazione presenta caratteri di deposizione secondaria e comprende i prodotti piroclastici tufitici affioranti soprattutto nelle zone periferiche del Roccamonfina, non sempre isocroni tra loro e spesso anche diversi dal punto di vista litologico. Queste tufiti sono prevalentemente costituite da cineriti arrossate con piccole pomici giallognole più o meno suolizzate e piroclastiti in giacitura anche secondaria a grana medio-fine. In prossimità dei rilievi calcarei si alternano a bancate di detrito. La loro origine è da mettere in relazione con processi di trasporto alluvionale dei materiali piroclastici dilavati dai fianchi orientali del Roccamonfina, precedentemente alla messa in posto dell'ignimbrite.

L'area di studio si estende al di sopra delle seguenti formazioni:

- 1) Complesso di depositi Indifferenziati: il bacino di presenzano ricade per la quasi totalità all'interno di questa formazione
- 2) Complesso Detritico-Colluviale alla base dei versanti: questa formazione risulta presente lungo la porzione verso monte del bacino
- 3) Complesso dei Depositi Alluvionali: i cavidotti in progetto verranno posati su questa formazione

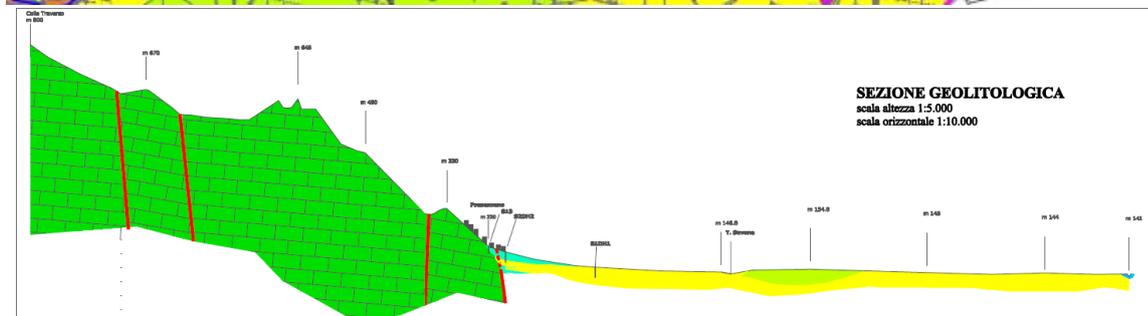
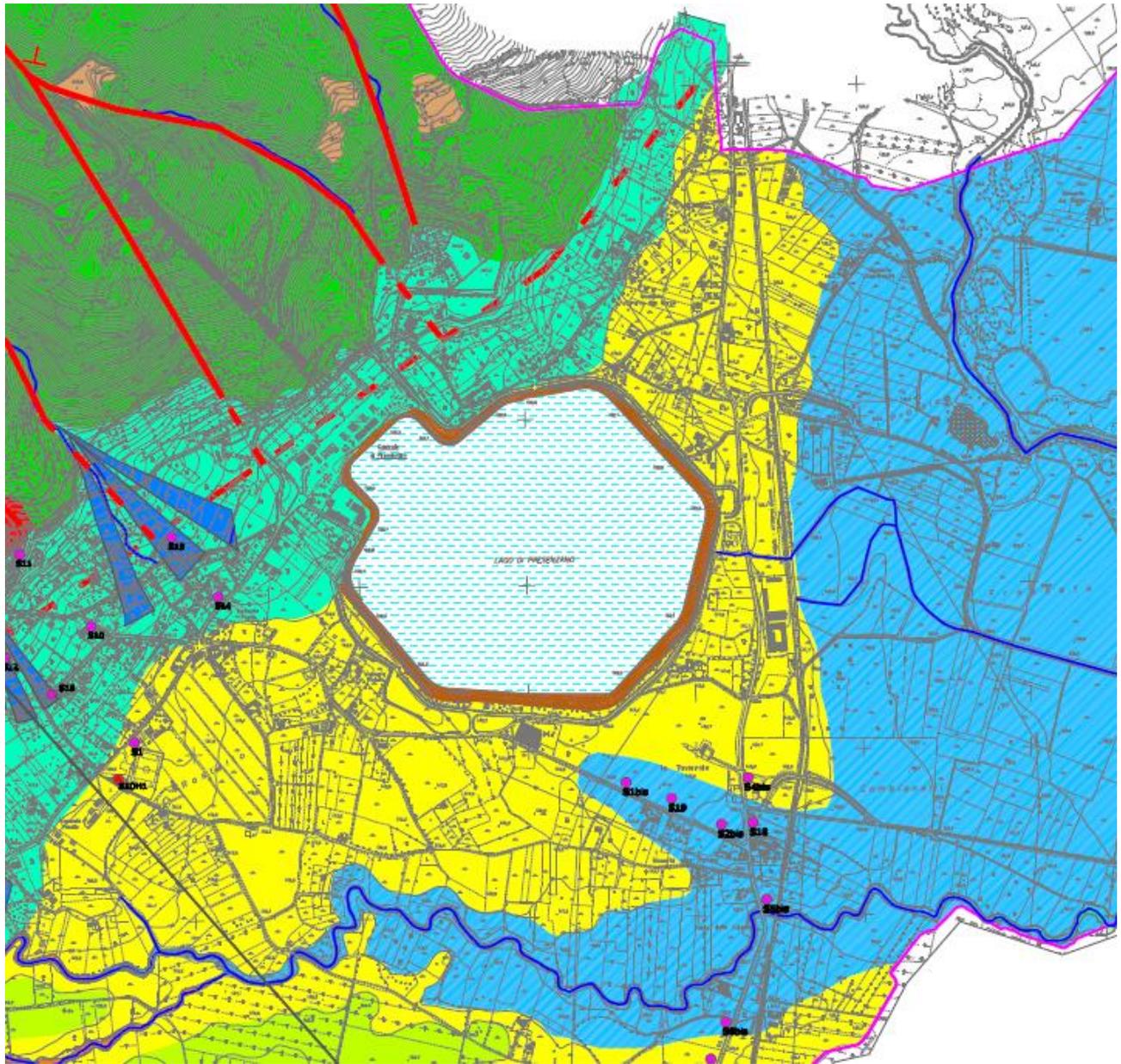


Figura 3-1- Carta geologica del Piano regolatore di Presenzano; la sezione mostra l'assetto del complesso carbonatico su cui insiste il bacino

Legenda

- 
Complesso Carbonatico: dolomie sub saccaroidi e calcari dolomitici in strati e banchi del Trias Superiore - Lias Inf ; calcari pseudoolitici, calciruditi, calcari marnosi rosati e verdi, calcareniti a grana fine da avana a grigie del Lias inf. - Lias Sup.; calcareniti e calcari olitici e pisolitici avana e grigi, calcilutiti grigie e calceruditi a cemento rosso e verde spesso dolomitizzato, marne e calcari marnosi verdastri del Malm-Dogger. calcareniti e calcilutiti biancastre, calcari olitici e pisolitici grigi con rare intercalazioni marnose verdastre del Cretacico Inf. [Giurassico-Cretacico]
- 
Complesso Lavico: colate laviche di leucititi omogenee e compatte rinvenibili nella parte orientale dell'abitato di Presenza come intrusioni in discontinuità negli ammassi carbonatici [Pleistocene]
- 
Complesso Ignimbrítico: ignimbriti da trachiti a trachifonolitiche del Pleistocene Sup. riconducibili all'eruzione flegrea dell'ignimbrite Campana (39 mila anni), talora con fessurazione prismatica colonnare, alla base compatta di colore dal marrone bruciato al violaceo, con piccole pomice e scorie ocra e nere, apfittite; verso l'alto litoide, di colore grigio e con scorie nere, anche di grosse dimensioni, ricche di feocristalli di sanidino. Verso l'alto si presenta per lo più allo stato cineritico di colore violaceo e grigiastro allo stato incoerente. [Pleistocene sup.]
- 
Complesso Depositi Indifferenziati: Prodotti di dilavamento e rimaneggiamento dei versanti dell'edificio vulcanico del Roccamonfina costituiti da limi-sabbiosi e/o sabbie-limose di origine piroclastica, sciolti, argillificati, e a tratti scarsamente addensati, frammenti detritici carbonatici e di lave, alluvioni a grana grossa di aste torrentizie in alternanza a depositi umiferi scuri e paleosuoli rossastri. La giacitura è secondaria, massiva con caratteri di rielaborazione e rimaneggiamento. [Pleistocene-Olocene]
- 
Complesso Detritico - Colluviale alla base dei versanti : depositi di copertura quaternari del Pleistocene sup. ed Olocene di origine continentale, a luoghi cementati, derivanti dal trasporto gravitativo e/o idraulico di breve percorso che si ritrovano alla base dei rilievi montuosi. Tali depositi sono di origine colluviale, detritico-colluviale ed eluviale cui si associano alcuni conoidi di deiezione, inattivi, allo sbocco di impluvi. Sono costituiti da clasti eterometrici di natura calcarea da sciolti a cementati frammenti a materiale piroclastico rimaneggiato e terreni umiferi nonché accumuli di paleo frane [Pleistocene-Olocene]
- 
Complesso dei Depositi Fluvio-torrentizi e Alluvionali: alluvioni attuali, recenti ed antiche, del F. Voltorno ed i depositi alluvionali di origine fluvio-torrentizia delle aste interne al rilievo e tributarie del Rio Maltempo e del Torrente Savone. Si tratta di limi sabbiosi sciolti, sabbie fini e piroclastiti rimaneggiate, ciottoli e lenti di ghiaie [Olocene]
- 
Complesso Depositi Tuffitici: tale formazione presenta caratteri di deposizione secondaria e comprende i prodotti piroclastici tuffitici affioranti soprattutto nelle zone periferiche del Roccamonfina, non sempre isocroni tra loro e spesso anche diversi dal punto di vista litologico. Queste tufiti sono prevalentemente costituite da cineriti arrossate con piccole pomice giallognole più o meno suolizzate e piroclastiti in giacitura anche secondaria a grana medio-fine. In prossimità dei rilievi calcarei si alternano a bancate di detrito. [Pleistocene-Olocene]
- 
Complesso depositi eluvio-colluviali di versante [Olocene]
- 
Terreni di riporto per arginatura e scavo serbatoio inferiore centrale idroelettrica
- 
Conoide alluvionale inattiva quiescente
- 
Faglie normali presunte
- 
Faglia normale
- 
Giacitura strati con verso di immersione
- 
S7 Sondaggio geognostico a c.c. (indagini PRG 1990)
- 
S5DH1 Sondaggio geognostico a c.c. con prova Down Hole (PUC 2013)

Legenda carta geologica del Piano regolatore di Presenzano

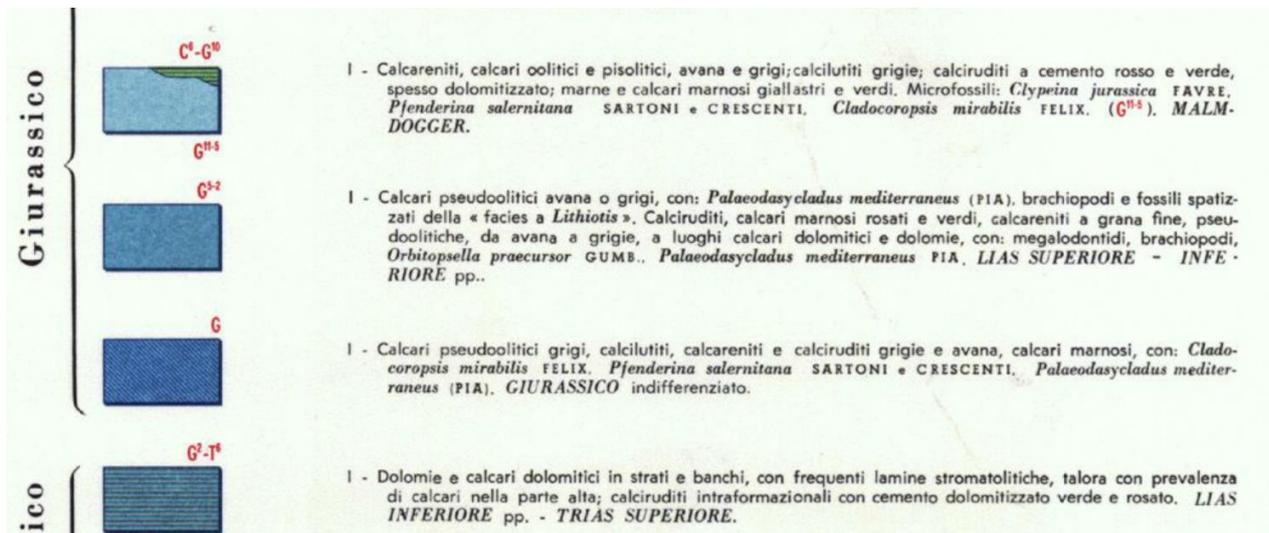
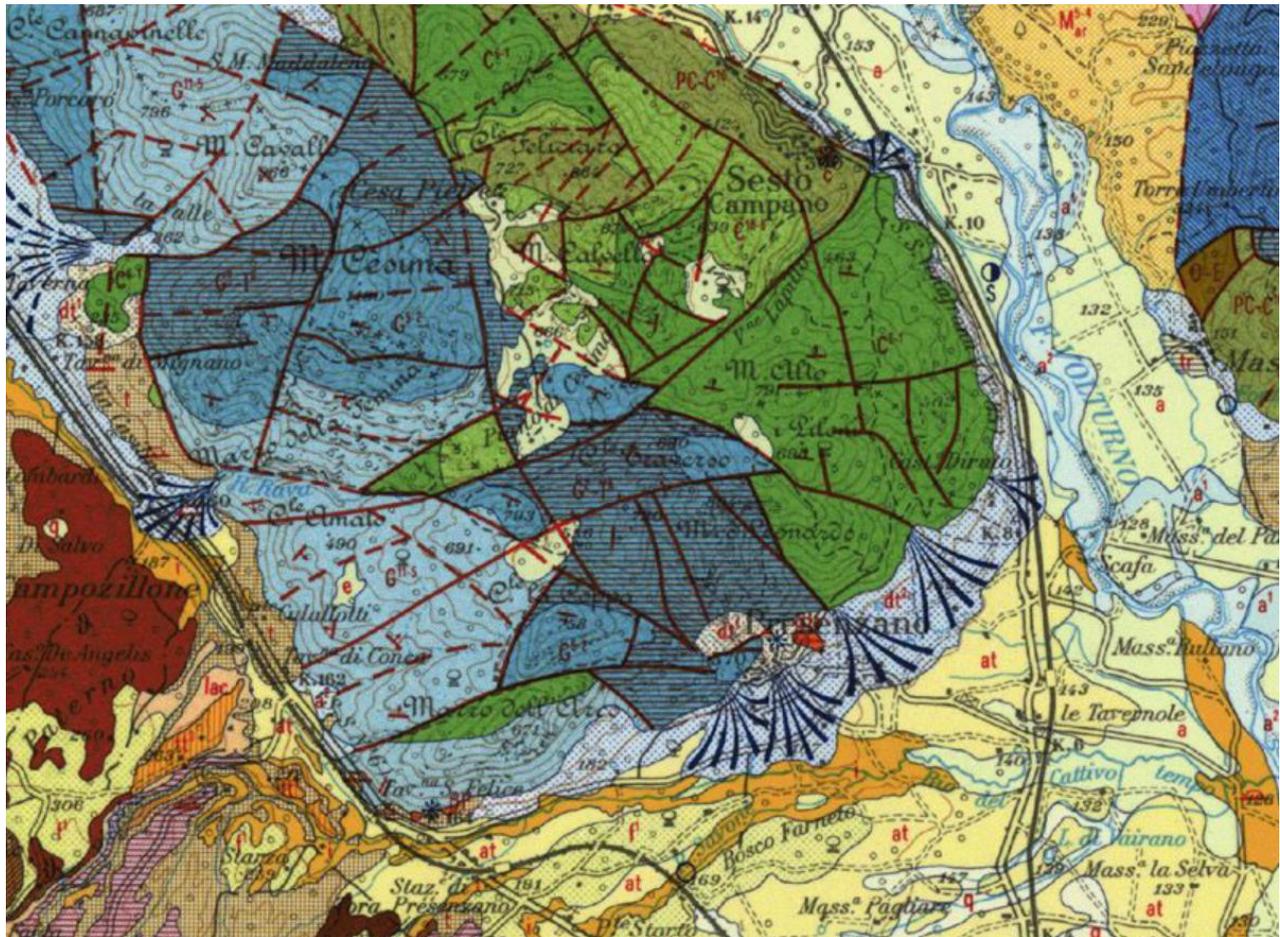


Figura 3-2-Stralcio carta geologica 1:100.000 foglio 161

Viene proposta anche la cartografia del vecchio rilievo in scala 1:100. Come si può notare le formazioni rocciose presenti (complesso carbonatico) sono coerenti in entrambe le carte proposte.



Enel Produzione S.p.A.



GRE CODE

GRE.EEC.R.27.IT.P.14457.00.034.00

PAGE

12 di/of 42

4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE

Il territorio presenta una morfologia articolata scaturita sia dalle caratteristiche, alquanto variegata, dei diversi materiali affioranti su cui hanno inciso i vari fattori legati alla dinamica esogena, sia dal forte controllo strutturale impresso al territorio dalla tettonica distensiva plio-quadernaria.

Quest'ultima ha smembrato in vari blocchi i rilievi monoclinali carbonatici della dorsale di M. Cesima-M. Cavallo- Marro dell'Arco i quali si sviluppano in direzione appenninica NW-SE.

A sud di tali rilievi si delinea un'area depressa sub-pianeggiante, ribassata lungo superfici di faglie dirette ad alto angolo con direzione appenninica, solcata dalla media Valle del F. Volturmo e dai torrenti tributari provenienti dai fianchi orientali dell'edificio vulcanico del Roccamonfina.

A fare da raccordo tra i rilievi carbonatici ed il fondovalle estese fasce detritico-colluviali alla base dei versanti cui si associano conoidi detritico-alluvionali inattive quiescenti allo sbocco di aste torrentizie che dissecano i rilievi.

Inoltre a colmare tale depressione di origine strutturale hanno contribuito enormemente gli apporti piroclastici e subordinatamente lavici dal vicino apparato vulcanico del Roccamonfina.

I rilievi carbonatici presentano versanti strutturali di faglia piuttosto evoluti e con pendenze medie dell'ordine dei 26-35° con valori prossimi alla verticale lungo le cornici litologiche sommitali.

Le aste a regime torrentizio che dissecano i versanti sono quasi esclusivamente impostate su discontinuità tettoniche.

Il fondovalle è rappresentato dalla piana dei depositi alluvionali del Fiume Volturmo nel settore NE e dei suoi tributari, e dai depositi piroclastici sia sciolti, prevalentemente rimaneggiati e rielaborati, che semicoerenti delle coltri ignimbriche.

4.1. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO DI DETTAGLIO

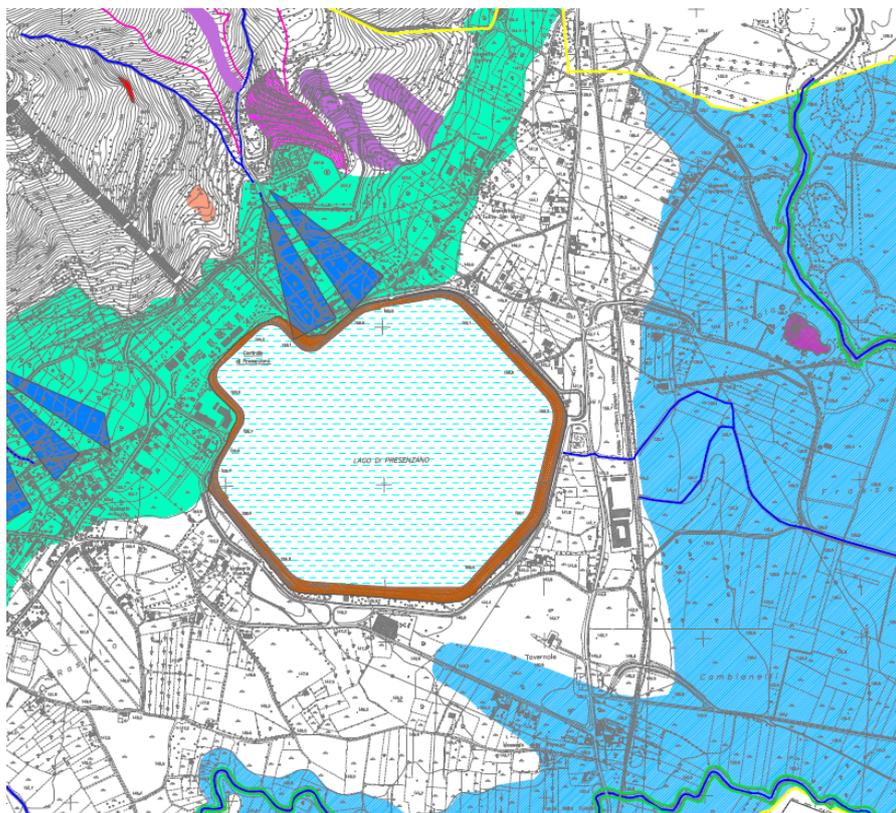
L'assetto strutturale è fortemente riconoscibile sul territorio con la presenza di numerose incisioni lineari susseguenti ed estesi versanti strutturali di faglia in roccia carbonatica.

I versanti dei rilievi carbonatici, infatti, sono tutti litostrutturali in quanto rappresentano areali dove i processi di erosione sono controllati principalmente dalla giacitura degli strati, dall'orientamento della fratturazione e dalla competenza dei litotipi affioranti.

Lungo i versanti si rilevano inoltre numerose zone di scarpate che rappresentano salti morfologici riconducibili principalmente a fenomeni di morfoselezione, che sono aree di innesco e alimentazione di crolli e flussi detritici.

La maggior parte dei fenomeni franosi rilevati nell'area di Presenzano sono riconducibili a crolli/ribaltamenti frontali di masse rocciose lungo superfici di discontinuità preesistenti e di neoformazione caratterizzanti alcuni settori di versanti scoscesi e sub verticali

Tra le varie forme presenti si annoverano inoltre quelle associate al bacino artificiale della centrale idroelettrica come le arginature perimetrali del serbatoio inferiore e i rilievi artificiali terrazzati ottenuti dal voluminoso deposito del materiale di scavo.



-  Depositi fluviali attuali, recenti ed antichi del F. Voltumo e depositi fluvio-torrentizi delle aste interne.
-  Depositi eluvio-colluviali, detritico-colluviali alla base dei versanti e depositi di deiezione.
-  Attività estrattiva attiva e abbandonata
-  Conoide detritico-alluvionale inattiva quiescente
-  Orlo di scarpata di erosione fluviale < 5 m di altezza
-  Idrografia superficiale  Linee di displuvio principali
-  Valli a fondo concavo lungo i versanti
-  Impluvio
-  Crinale montuoso e ripiani intermedi lungo i versanti
-  Depositi intramontani associati a macroforme carsiche
-  Cornici litologiche verticali
-  Terreni di riporto associati alla costruzione del bacino idroelettrico

Figura 4-1- Carta geomorfologica (estratto PRG Presenzano)

5. STABILITÀ DEL TERRITORIO

Nella Carta della Stabilità del Comune di Presenzano, vengono riportate le zone soggette a pericolosità idrogeologica intendendo per queste quelle aree dove esiste la probabilità che un evento calamitoso di una certa intensità possa verificarsi in un dato tempo.

Queste aree, una volta individuate, sono state perimetrate assegnando loro un certo grado di stabilità funzione del livello di pericolosità geomorfologica e idraulica riconosciuto.

Inoltre la carta recepisce integralmente le perimetrazioni contenute nel P.S.A.I. "Rischio Frana" redatto dall'Autorità di Bacino Liri - Garigliano - Volturno attualmente vigenti.

Il territorio comunale è stato, pertanto, diviso in zone con un differente grado di stabilità rispetto alla presenza o meno di problematiche di tipo idrogeologico.

Sono state, quindi, identificate:

- Aree stabili;
- Aree mediamente stabili;
- Aree potenzialmente instabili;
- Aree instabili.

Il bacino di Presenzano si trova principalmente su aree definite stabili, ma nel lato verso monte interessa piccole fasce definite "mediamente stabili" e "potenzialmente instabili".

5.1. AREE STABILI

Rientrano in queste aree:

- a) le zone con pendenze comprese tra 0-10%, che coincidono con la gran parte del territorio comunale che si estende a partire dalla zona pedemontana distale ed il limite comunale meridionale; il substrato è costituito prevalentemente dal Complesso sia Ignimbrítico che Tufitico e dal Complesso dei depositi indifferenziati;
- b) le zone di crinale ed i ripiani intermedi con pendenze comprese tra 0-10%, dove affiorano i terreni carbonatici;

5.2. AREE MEDIAMENTE STABILI

Rientrano essenzialmente in queste zone:

- a) le zone con pendenze comprese tra 10-30 %, dove affiorano i terreni del Complesso Detritico-Colluviale alla base dei versanti (zona medio-distale) e settori di versante carbonatico con tali caratteristiche di acclività.
- b) buona parte delle aree limitrofe a quelle ritenute stabili descritte precedentemente, in cui le pendenze rientrano nel range 10-30 %.

5.3. AREE POTENZIALMENTE INSTABILI

Rientrano tra queste:

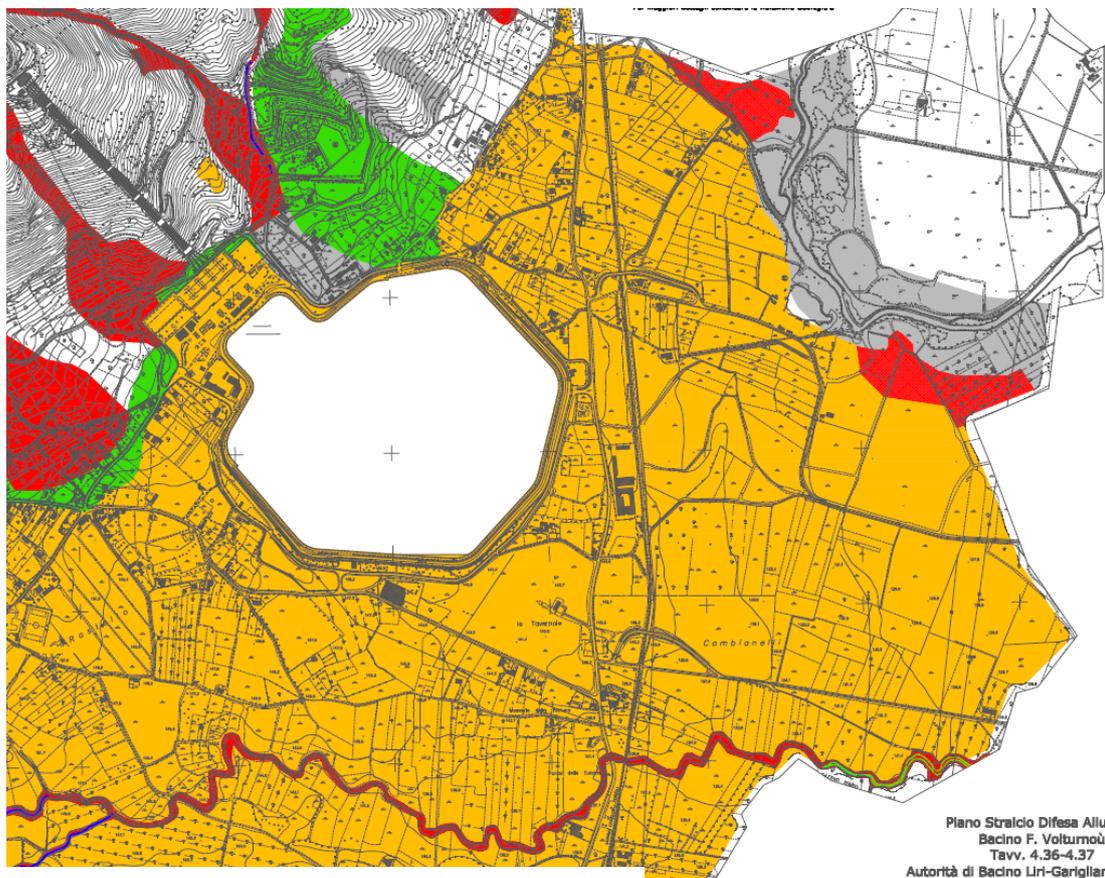
- a) le aree di rispetto ubicate in prossimità dei dissesti rilevati, nonché le possibili aree di ampliamento verso monte del fenomeno di dissesto;
- b) le zone a ridosso dei corsi d'acqua, dove è presente un costante rischio di fenomeni di smottamento con tendenza retrogressiva a causa dello scalzamento al piede realizzato dalle acque. Questi ultimi fenomeni si accentuano nei periodi di intensa e prolungata piovosità, anche laddove la pendenza non è eccessiva. In genere, sono fenomeni locali che comportano un naturale rimodellamento dei versanti, ma che sicuramente vengono stimolati ed accelerati dalla mancanza di opere di regimazione delle acque di scorrimento superficiale;
- c) le aree allo sbocco o in adiacenza ad alvei torrentizi per il pericolo di fenomeni di alluvionamento e trasporto solido;
- d) le valli e le vallecòle a fondo concavo e a V.
- e) le zone con pendenze comprese tra 0-10 %, ubicate nella aree interne al rilievo di origine carsica;

5.4. AREE INSTABILI

Rientrano tra queste le aree:

- a) che coincidono con le fenomenologie franose rilevate;
- b) che coincidono con le aree a rischio idrogeologico molto elevato (**R4**), elevato (**R3**), aree di medio-alta attenzione (**A3**), media attenzione (**A2**) e moderata attenzione (**A1**), come individuate e perimetrate dall'Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno nel PSAI – Rischio frana;
- c) che coincidono con le aree di attenzione e/o rischio potenzialmente alto (**Apa e Rpa**), potenzialmente interessate da fenomeni di innesco, transito ed accumulo di frana di intensità massima attesa elevata, come individuate dall'Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno nel PSAI – Rischio frana; tale attribuzione permane nelle more della stesura di studi di maggior dettaglio che definiscano l'effettivo livello di rischio presente;
- d) che costituiscono le pareti subverticali dei versanti carbonatici e le zone immediatamente a valle e degli stessi in cui esiste il rischio di crolli di blocchi anche di grosse dimensioni (Marro dell'Arco e M. San Leonardo);
- e) le aree comprese nella **Fascia fluviale A** del F. Volturno come perimetrate nel Piano Stralcio Difesa Alluvioni dall'Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno e definita come l'alveo di piena che garantisce il libero deflusso della pienastandard, corrispondente ad un periodo di ritorno di 100 anni;
- f) le aree comprese nella **sottofascia fluviale B3** compresa tra il limite della sottofascia B1 e quello dell'altezza idrica $h=30$ cm della piena standard.

In base ai dati disponibili, le opere in progetto verranno prevalentemente realizzate all'interno delle aree considerate stabili. Solo il cavidotto in AT attraverserà un'area mediamente stabile ed una piccola porzione di area instabile, come dettagliato nel paragrafo che segue.



Piano Stralcio Difesa Alluvioni
Bacino F. Volturmo
Tavv. 4.36-4.37
Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno

Legenda

| | |
|---|---|
|  | AREA STABILE |
|  | AREA MEDIAMENTE STABILE |
|  | AREA POTENZIALMENTE INSTABILE |
|  | AREA INSTABILE |
|  | FASCIA A - PSDA AdB Liri-Garigliano-Volturno |
|  | FASCIA B2 - PSDA AdB Liri-Garigliano-Volturno |
|  | AREA IL CUI GRADO DI STABILITA' DEVE ESSERE DEFINITO A SEGUITO DI STUDI DI MAGGIOR DETTAGLIO |
|  | Confine comunale |

5.5. INTERFERENZE DELLE OPERE PREVISTE CON FASCE INSTABILI O MEDIAMENTE STABILI

Le opere principali sono tutte previste all'interno di aree definite come stabili nel piano urbanistico Comunale.

Le uniche interferenze con le aree definite da mediamente stabili ad instabili, riguardano la posa del cavidotto AT in trincea e la posa di una cabina di trasformazione prevista in area potenzialmente instabile, a ridosso di area stabile. L'installazione del cabinato, in virtù della

sua tipologia prevista, si ritiene compatibile con la zonizzazione del terreno. Ad ogni modo, saranno attuati gli opportuni accorgimenti eventualmente necessari.

Premesso che il cavidotto correrà in prossimità strade esistenti, si sottolinea come la realizzazione di questa tipologia di opera sostanzialmente non causa alterazioni o può potenzialmente peggiorare la situazione esistente.

Le opere consisteranno nella realizzazione di una trincea profonda mediamente meno di un metro, in cui verrà posato il cavo e che poi verrà richiusa, lasciando la situazione complessiva inalterata.

In relazione a quanto detto, risulta necessario dettagliare il tracciato del cavidotto rispetto alle fasce di pericolosità identificate nella cartografia comunale.

Di seguito viene riportato un estratto della mappa del rischio, con sovrapposto il tracciato previsto per il cavidotto.

Come visibile il cavidotto dalla fascia considerata "stabile" (colore ocra), attraversa un breve tratto in area definita "mediamente stabile", per poi entrare nella fascia rossa "instabile".

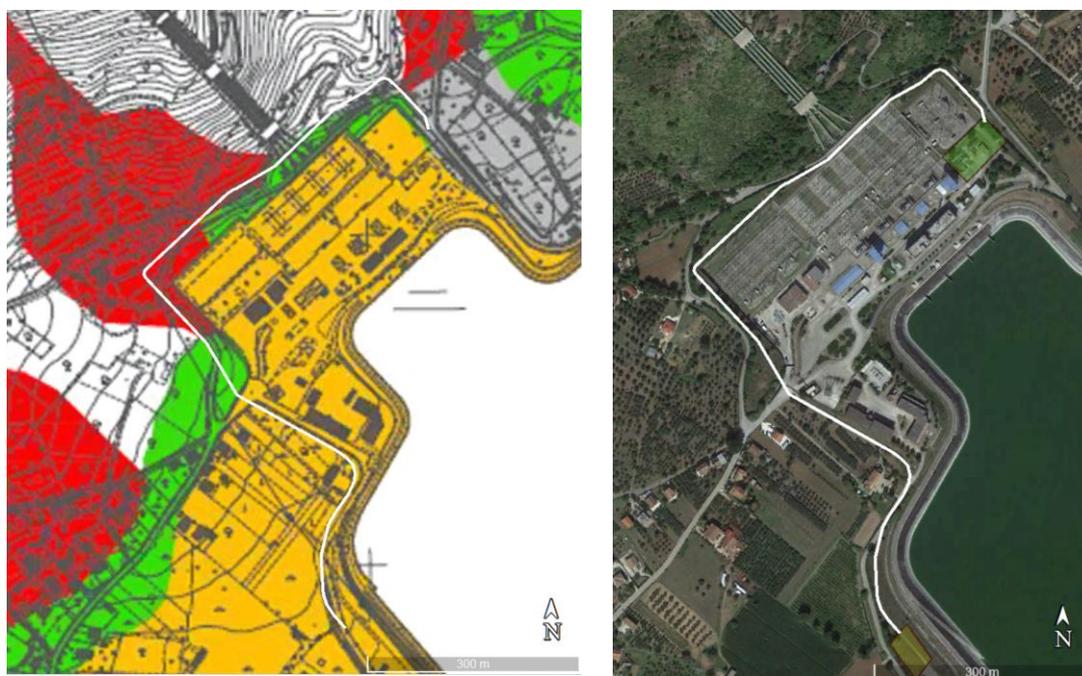


Figura 5-1 -Dettaglio tracciato cavidotto (zone instabilità)

Come visibile nel dettaglio proposto di seguito, relativo all'unica porzione in cui un'opera ricada in fascia a rischio, si può osservare come il cavidotto corra in sintesi in aderenza alla recinzione dell'impianto (in pratica al confine tra zona stabile ed instabile) e appena a valle della strada sotto la quale passano altri sottoservizi, posati presumibilmente con gli stessi criteri con cui verranno realizzate le trincee per il cavidotto.

Considerando le modalità costruttive, che il soprassuolo sarà ripristinato come in origine, si ritiene che le opere previste (cavidotto) siano compatibili con la zonizzazione attuale.



Figura 5-2 -Dettaglio tracciato cavidotto (bianco) e altri sottoservizi presenti nella zona

6. IDROGEOLOGIA

6.1. COMPLESSI IDROGEOLOGICI

Gli elementi che, in generale, caratterizzano le unità idrogeologiche sono:

- l'area di ricarica: corrisponde al bacino idrogeologico di ciascuna unità; si estende a tutti gli affioramenti di rocce permeabili, all'interno delle quali percolano le acque che vanno ad alimentare la falda saturando alla base la stessa unità;
- limiti di permeabilità: costituiti dalla superfici di contatto tra i terreni permeabili, che costituiscono l'area di ricarica, e quelli impermeabili, che circondano e delimitano le falde di base; sono in sostanza i limiti del bacino idrogeologico di quella unità;
- sorgenti: sono i punti in cui riemergono le acque della falda di base; corrispondono alle scaturigini naturali poste lungo i limiti di permeabilità.

In particolare, per quanto riguarda il territorio di Presenzano, il quadro litologicostrutturale permette di dedurre che l'idrogeologia di tutta la zona è definita da tre fattori determinanti:

1. le aree di ricarica corrispondono principalmente con gli affioramenti dei litotipi carbonatici altamente permeabili;
2. la circolazione idrica sotterranea è resa articolata dall'esteso affioramento di coltri piroclastiche argillificate che instaurano complessi rapporti stratigrafici con il substrato carbonatico; la circolazione idrica sotterranea è prevalentemente concentrata nel Complesso Carbonatico.
3. le sorgenti, tutte di piccola entità e a carattere stagionale, sono essenzialmente di trabocco e sono dovute alla presenza di materiale impermeabile che tampona l'acqua accumulata nei livelli più permeabili.

Nell'area del Comune di Presenzano sono stati distinti 6 differenti complessi idrogeologici, ovvero un insieme di litotipi simili aventi una comprovata unità spaziale e giacitura, un tipo di permeabilità prevalente ed un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto.

Nell'area di studio, i complessi idrogeologici sono afferenti al "complesso delle Piroclastiti da Flusso" e del "complesso detritico indifferenziato" ed il "complesso dei depositi alluvionali e torrentizi"

- A. Il **Complesso delle Piroclastiti da flusso** costituito da prodotti piroclastici ignimbrici da coerenti a pseudo coerenti coincidenti con il Complesso Ignimbrico e Tufitico; allo stato incoerente presentano una permeabilità per porosità ed un grado di permeabilità mediobasso. La circolazione idrica avviene prevalentemente nei livelli più grossolani. Data l'esiguità della superficie utile all'infiltrazione in tale complesso non si sviluppa una circolazione idrica sotterranea produttiva; del resto è possibile rinvenire faldine stagionali dalla portata apprezzabile. Laddove si presentano litoidi o semilitoidi costituiscono acquiferi omogenei e anisotropi, caratterizzati localmente da discreta trasmissività, permeabili per fessurazione.
- B. **Complesso di depositi Indifferenziati.** Prodotti di dilavamento e rimaneggiamento dei versanti dell'edificio vulcanico del Roccamonfina costituiti da limi-sabbiosi e/o sabbie-limose di origine piroclastica, sciolti, argillificati, e a tratti scarsamente addensati, frammenti detritici carbonatici e di lave, alluvioni a grana grossa di aste torrentizie in alternanza a depositi umiferi scuri e paleosuoli rossastri. Il tipo di permeabilità è per porosità ed il grado di permeabilità è medio-basso; è sede di falda acquifera con verso di deflusso preferenziale verso sud-est.
- C. Il **Complesso dei Depositi alluvionali e torrentizi** è un acquifero poroso con dunque un tipo di permeabilità per porosità. Esso è costituito da sedimenti clastici trasportati e depositati Esso dal F. Volturno e dai suoi affluenti (torrenti Savone e Rio Maltempo), e dalle aste torrentizie interne. Si tratta di depositi eterogenei perché la sedimentazione fluviale è tipicamente rapida e discontinua con condizioni di deposizione dei sedimenti variabili. Infatti lungo l'alveo fluviale è possibile riscontrare un'accentuata selezione dei clasti sia in senso longitudinale sia in senso trasversale che lungo la verticale. Ciò comporta la giustapposizione disordinata di termini

litologici di varia granulometria aggregati in lenti allungate. Il grado di permeabilità relativo è medio-alto nonostante l'elevato assortimento granulometrico dei depositi. Tale complesso è sede di falda acquifera superficiale nella zona propriamente pianeggiante a ridosso del corso del F. Volturno con rapporti di drenanza dal fiume verso la falda.

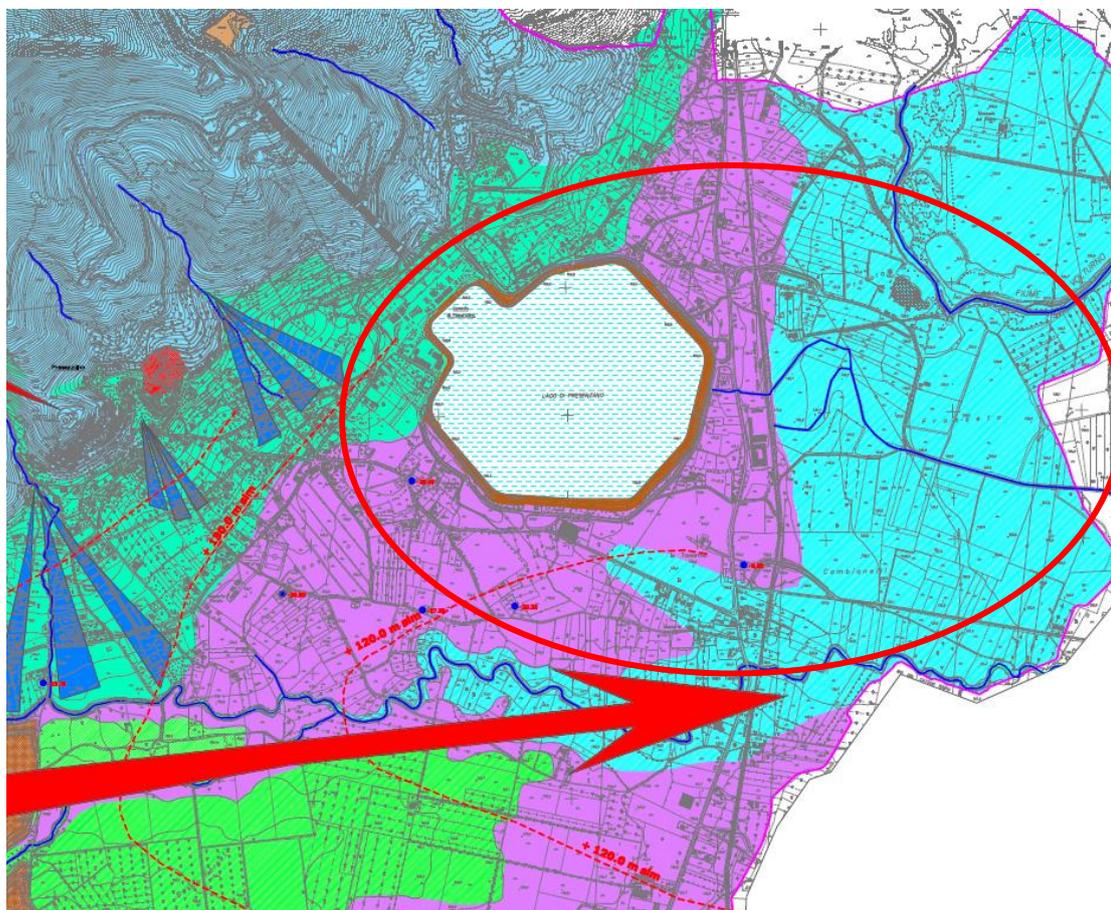


Figura 6-1: Legenda Carta idrogeologica del Piano regolatore di Presenzano



Enel Produzione S.p.A.



GRE CODE

GRE.EEC.R.27.IT.P.14457.00.034.00

PAGE

21 di/of 42

6.2. RETICOLO IDROGRAFICO SUPERFICIALE

Il reticolo idrografico superficiale consta di aste a regime torrentizio, piuttosto rettilinee quando dissecano i versanti carbonatici denotando un adattamento dei corsi d'acqua alle condizioni strutturali della roccia affiorante; il reticolo superficiale è piuttosto fitto, articolato e di vario ordine gerarchico, con ramificazioni più o meno sviluppate, laddove i corsi d'acqua interessano i complessi di fondovalle, dove per le limitate pendenze i corsi d'acqua assumono aspetto meandri forme (Rio Maltempo e Torrente Savone).

Le precipitazioni meteoriche sono concentrate nel periodo autunnale e primaverile con una piovosità media annua di 900-1100 mm/a.

7. INQUADRAMENTO GEOTECNICO

7.1. DATI DISPONIBILI

Le opere in progetto ricadono nell'area di pianura del Comune di Presenzano. Nella documentazione disponibile, prevalentemente afferente al piano regolatore di Presenzano, sono forniti dati relativi a diverse campagne di indagini, condotte nel territorio comunale a partire dal 1990, ovvero a circa 75 prove SPT condotte durante carotaggi e a 30 analisi di laboratorio.

Nel caso in esame sono stati considerati i dati bibliografici relativi alle formazioni di copertura di fondovalle e dei terreni alluvionali

- A. **Formazione di copertura:** rientrano in tale formazione i depositi detritici alla base dei versanti, depositi di origine eluvio-colluviali, ed i terreni piroclastici sciolti in giacitura sia primaria che secondaria. Sono terreni prevalentemente a grana grossolana sabbiosi e a tratti ghiaiosi con zone a carattere limoso a luoghi argillificati (5%) e si prestano in questo caso, se sottoposti a carichi verticali, a fenomeni di cedimento differenziale. La resistenza a rottura è funzione del grado di addensamento, mentre i moduli di compressibilità edometrica sono proporzionali al carico applicato. I parametri geotecnici medi ottenuti dalle analisi di laboratorio, dalle indagini in sito e da dati bibliografici presentano i seguenti valori:

| | |
|---|-------------------------------|
| Peso dell'unità di volume naturale γ_{nat} | 1.10 – 1.80 t/m ³ |
| Peso dell'unità di volume secco γ_{dry} | 0.80 – 1.60 t/m ³ |
| Gravità specifica G_s | 2.45 – 2.70 |
| Porosità "n" | 44 – 65 % |
| Indice dei vuoti "e" | 0.77 – 2.10 |
| Modulo Edometrico "Ed" | 150 – 500 Kg/cm ² |
| Coesione "c" | 0.0 – 0.30 Kg/cm ² |
| Angolo di attrito interno " ϕ " | 23 – 40° |

- B. **Formazione dei terreni alluvionali:** rientrano in tale formazione i terreni limosabbio-ghiaiosi dei depositi del F. Volturno e dei suoi principali tributari (Torrente Savone e Rio Maltempo), i depositi di cono di deiezione. Si tratta di terreni eterogenei, rimaneggiati che hanno subito un processo di trasporto ad opera delle acque, compressibili e dalle caratteristiche di resistenza a taglio in genere molto variabili. Il comportamento geotecnico di questi materiali è differente in funzione del grado di compattazione, di cementazione e delle diverse aggregazioni litologiche e granulometriche.

| | |
|---|------------------------------|
| Peso dell'unità di volume naturale γ_{nat} | 1.20 – 1.85 t/m ³ |
| Peso dell'unità di volume secco γ_{dry} | 1.00 - 1.35 t/m ³ |
| Gravità specifica G_s | 2.55 - 2.65 |
| Porosità "n" | 40 – 60 % |
| Indice dei vuoti "e" | 0.7 – 1.4 |
| Modulo Edometrico "Ed" | 50 – 200 Kg/cm ² |
| Coesione "c" | 0 – 0.35 Kg/cm ² |
| Angolo di attrito interno " ϕ " | 23 – 35 ° |

7.2. CONSIDERAZIONI SULLO STATO DELLE CONOSCENZE ED OPERE PREVISTE

In base alla documentazione disponibile, si desume che le opere preparatorie per la costruzione dell'attuale bacino artificiale, comportarono lo sbancamento di circa 5,5 milioni di metri cubi su un'area di 90 ettari, quindi con profondità di scavo nell'ordine dei 6 metri rispetto al piano campagna originario. Dunque un volume importante è stato rimosso al fine di migliorare le caratteristiche del sottofondo.



Enel Produzione S.p.A.



GRE CODE

GRE.EEC.R.27.IT.P.14457.00.034.00

PAGE

23 di/of 42

In particolare, in base ai dati disponibili, la composizione dell'invaso risulta la seguente:

- a) Arginatura perimetrale: dopo lo sbancamento dei terreni con scarse caratteristiche geotecniche, è stata soggetta ad una ricostruzione del fondo con rocce calcaree
- b) Argini di monte e di valle: hanno una composizione riferibile a "ghiaie con sabbia debolmente limosa e presenza di ciottoli" passante a ciottoli con ghiaia debolmente sabbiosa".
- c) Fondo del bacino: presenta invece uno spessore di circa 50 cm composto da "ghiaia sabbioso-limosa con ciottoli". Inoltre, è presente al di sopra l'impermeabilizzazione di fondo, che nel caso in oggetto prevedeva 60 cm di strato drenante, uno strato di collegamento di 10 cm, uno strato di tenuta peso 98 cm in conglomerato bitumino, ed in superficie uno strato di emulsione bituminosa (2kg/mq)

Non essendo disponibili dati geotecnici dei terreni superficiali, si ritiene opportuno un approfondimento da svolgersi in una fase di progetto successiva, volto a determinare le effettive condizioni del terreno e valutare eventuali ottimizzazioni della progettazione.

8. INQUADRAMENTO SISMICO DELL'AREA

8.1. QUADRO NORMATIVO E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Il comune di Presenzano (CE) è classificato come zona sismica, come indicato nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Campania n. 5447 del 7.11.2002 come **zona sismica 2 ovvero zone con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.**

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

| Zona sismica | Descrizione | accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag] | accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag] | numero comuni con territori ricadenti nella zona (*) |
|--------------|--|--|---|--|
| 1 | Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti. | ag > 0,25 g | 0,35 g | 703 |
| 2 | Zona dove possono verificarsi forti terremoti. | 0,15 < ag ≤ 0,25 g | 0,25 g | 2.224 |
| 3 | Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari. | 0,05 < ag ≤ 0,15 g | 0,15 g | 3.002 |
| 4 | E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. | ag ≤ 0,05 g | 0,05 g | 1.982 |

Tabella caratteristiche zone sismiche

Il territorio in analisi ricade in un settore regionale che presenta un rischio sismico derivante dalla sua posizione rispetto alla catena appenninica.

Questa è, infatti, ancora in fase di prevalente sollevamento rispetto al margine tirrenico ed è caratterizzata dalla presenza di strutture sismogenetiche lungo le quali si distribuiscono maggiormente i principali eventi sismici.

Un lavoro del C.N.R. ("Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980"), per l'area compresa nel foglio 173 e 174 della carta d'Italia in scala 1:100.000, ha messo in evidenza una frequenza medio-alta di eventi sismici aventi un'intensità massima del IX - X grado della scala Mercalli.



ITHACA

Kinematics

- Unknown
- Normal Fault
- .- Oblique Fault
- Reverse Fault
- - Strike Slip

ITHACA – il catalogo delle faglie capaci (sismogenetiche) redatto dall’I.S.P.R.A.- riporta per l’area la presenza della faglia di San Pietro Infine a cinematiso normale a direzione appenninica che si sviluppa nella Valle di Mignano. Dal momento che tale faglia è suscettibile di riattivazione con possibilità di sviluppare rotture in superficie si prescrive l’inedificabilità per un intervallo di +/- 300 metri da detto lineamento.

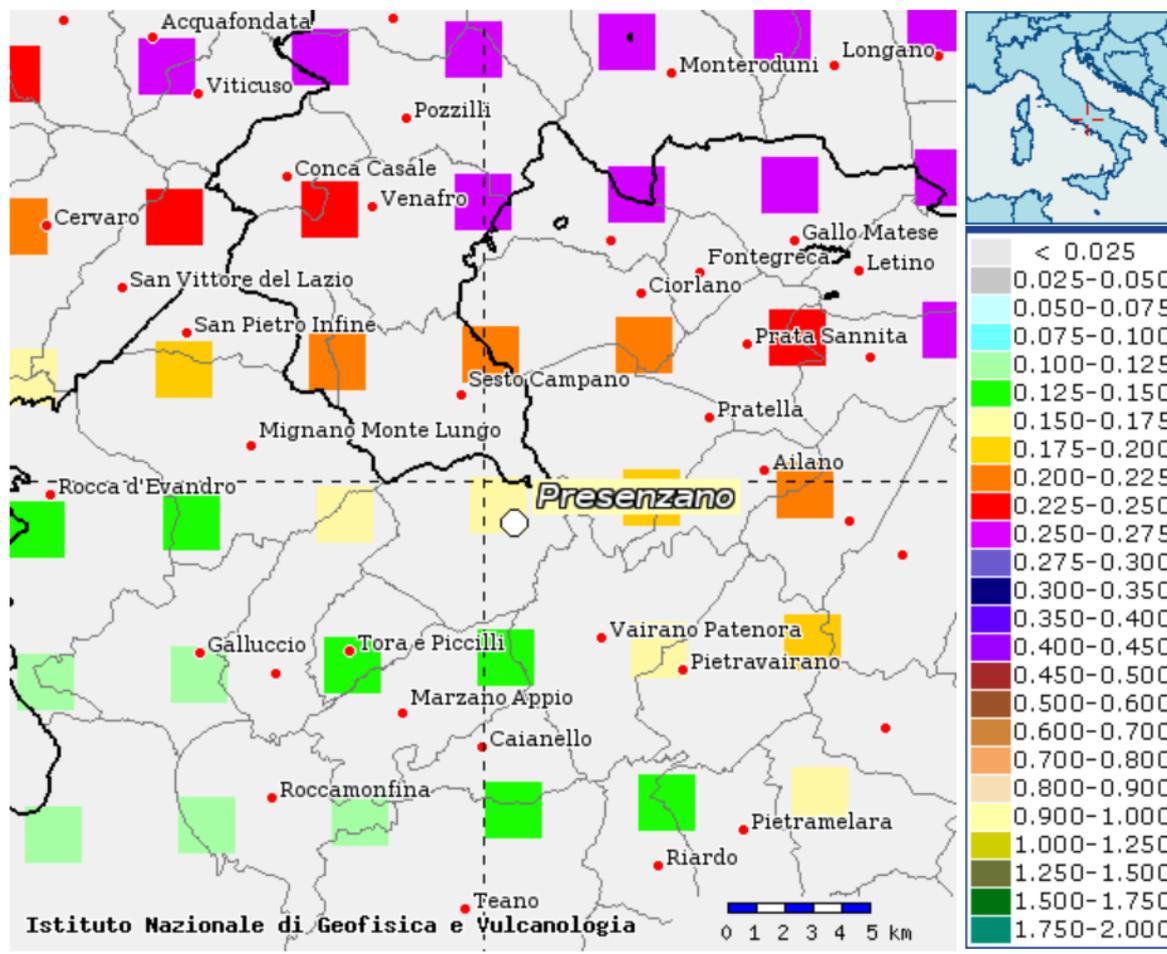


Figura 8-1: Mappa di pericolosità sismica per il comune di Presenzano



Enel Produzione S.p.A.



GRE CODE

GRE.EEC.R.27.IT.P.14457.00.034.00

PAGE

27 di/of 42

8.2. STORIA SISMICA DELL'AREA

Lo studio della bibliografia esistente e del catalogo dei terremoti italiani ha permesso di individuare i sismi ritenuti più significativi avvenuti nel passato, i cui effetti sono stati avvertiti nell'area in studio; questi sono di seguito elencati:

- il terremoto del Sannio del 5 giugno 1668, dell'XI grado Mercalli, che comportò 2115 vittime e che rase quasi al suolo Benevento ed interessò intensamente anche l'Abruzzo ed il Molise;
- quello della Maiella del 3 novembre 1706, del IX-X grado Mercalli, che comportò oltre 1000 vittime danneggiando l'Abruzzo ed il Molise;
- il terremoto interessante la Campania ed il Molise del 26 luglio 1805, del X grado Mercalli, che comportò 5573 vittime e che produsse a Campobasso il crollo del duecentesco convento dei Celestini;
- il terremoto di San Donato Val di Comino, in provincia di Frosinone, del 7 maggio 1984, di 5,9 gradi Richter, che comportò 7 vittime e produsse danni a Sesto Campano e Venafro;
- il terremoto del Molise del 31 ottobre 2002, dell'VIII-IX grado Mercalli, che comportò 30 vittime;
- il terremoto d'Abruzzo del 6 aprile 2009, dell'VIII-IX grado Mercalli, che comportò 308 vittime e che fu chiaramente avvertito in tutto il centro-sud fra cui nei comuni della provincia di Isernia.

Fra i terremoti meno forti e più recenti avvertiti si annoverano quello del 7 agosto 2009, con magnitudo 3,9 ed epicentro tra Alvito, Arpino, Broccostella, Casalattico, Casalvieri, Colfelice, Colle San Magno, Fontechiari, Posta Fibreno, Rocca d'Arce, Roccasecca, Santopadre, Vicalvi e quello del 15 aprile 2011 con magnitudo 2,3 ed epicentro fra Sesto Campano, Venafro, Mignano Montelungo e Presenzano.

Presenzano



PlaceID IT_59173
 Coordinates (lat, lon) 41.376, 14.075
 Municipality (ISTAT 2015) Presenzano
 Province Caserta
 Region Campania
 No. of reported earthquakes 14

| Effects | Reported earthquakes | | | | | | | | | |
|---------|----------------------|----|----|----|----|----|-------------------------|------|-----|------|
| Int. | Year | Mo | Da | Ho | Mi | Se | Epicentral area | NMDP | Io | Mw |
| 6-7 | 1688 | 06 | 05 | 15 | 30 | | Sannio | 215 | 11 | 7.06 |
| 3 | 1914 | 12 | 19 | 03 | 50 | 4 | Isernino | 14 | 5-6 | 4.33 |
| 6 | 1962 | 08 | 21 | 18 | 19 | | Irpinia | 562 | 9 | 6.15 |
| 4 | 1970 | 09 | 27 | 19 | 18 | | Mignano Monte Lungo | 24 | 7 | 4.60 |
| 6 | 1980 | 11 | 23 | 18 | 34 | 5 | Irpinia-Basilicata | 1394 | 10 | 6.81 |
| 6-7 | 1984 | 05 | 07 | 17 | 50 | | Monti della Meta | 911 | 8 | 5.86 |
| 3-4 | 1992 | 03 | 15 | 23 | 44 | 3 | Alta Valle del Volturno | 52 | 5-6 | 3.78 |
| 3-4 | 1992 | 03 | 16 | 05 | 45 | 3 | Alta Valle del Volturno | 40 | 5-6 | 3.78 |
| NF | 1997 | 03 | 19 | 23 | 10 | 5 | Sannio-Matese | 284 | 6 | 4.52 |
| NF | 1998 | 08 | 15 | 09 | 39 | 1 | Isernino | 64 | 5 | 3.54 |
| 3-4 | 2002 | 11 | 01 | 15 | 09 | 0 | Molise | 638 | 7 | 5.72 |
| NF | 2003 | 06 | 01 | 15 | 45 | 1 | Molise | 501 | 5 | 4.44 |
| NF | 2003 | 12 | 30 | 05 | 31 | 3 | Molise | 326 | 4-5 | 4.53 |
| 3 | 2005 | 05 | 21 | 19 | 55 | 1 | Area Nolana | 271 | 5 | 4.07 |

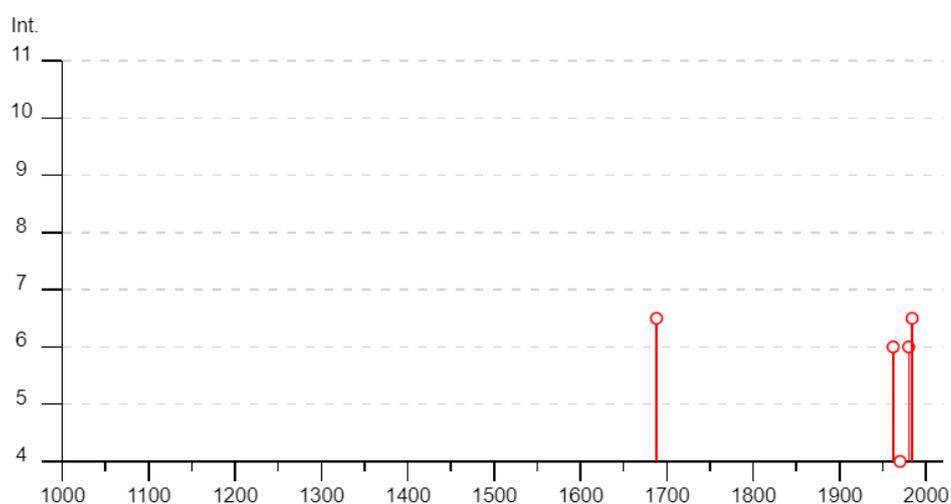


Figura 8-2: Storia sismica a partire dai dati disponibili del sisma del 5 Giugno 1688

Closest localities (within 10km) with reported macroseismic observations

| Place name | EQs | Distance (km) |
|--------------------------|-----|---------------|
| Sesto Campano | 18 | 5 |
| Mastrati | 1 | 5 |
| Tora e Piccilli (Tora) | 13 | 6 |
| Campozillone | 2 | 6 |
| Vairano Patenora | 17 | 7 |
| Cave | 2 | 7 |
| Vairano Scalo | 2 | 7 |
| Marzano Appio (Grottola) | 11 | 7 |
| Roccapipirozzi | 2 | 8 |
| Vallecupa | 2 | 8 |
| Caianello (Santa Lucia) | 9 | 8 |
| Mignano Monte Lungo | 32 | 8 |
| Piantoli | 1 | 8 |
| Conca della Campania | 11 | 8 |
| Vallecupa | 1 | 9 |
| Tramonti | 1 | 9 |
| Orchi | 2 | 9 |
| Caianello Vecchio | 1 | 9 |
| Pratella | 5 | 9 |
| Campagnola | 1 | 9 |
| Caspoli | 2 | 9 |
| Pietravairano | 9 | 9 |
| Vezzara | 1 | 10 |
| Campo | 1 | 10 |

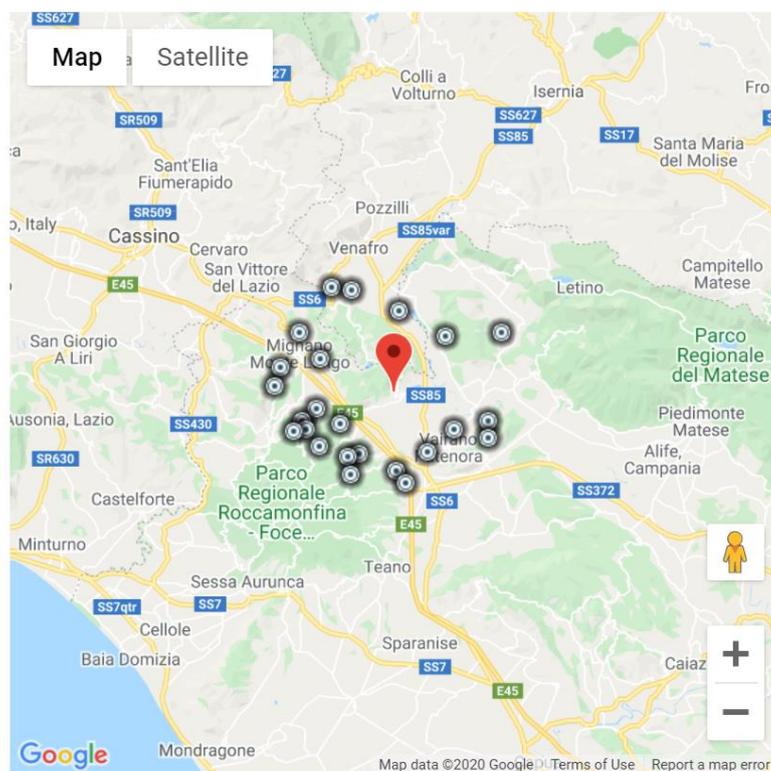


Figura 8-3: Eventi nelle vicinanze dell'area di studio

8.3. CARATTERISTICHE LITODINAMICHE

Per una corretta pianificazione urbanistica, risulta fondamentale conoscere il comportamento dinamico del terreno sotto le sollecitazioni sismiche.

Per raggiungere questo obiettivo è necessario conoscere il livello di scuotibilità regionale e la risposta sismica del sito in esame.

La prima conoscenza si raggiunge con gli studi di pericolosità sismica che permettono di sapere qual' è l'accelerazione massima che non verrà superata con un certo valore di probabilità in un fissato periodo di tempo.

La microzonazione sismica fornisce lo scostamento dovuto alle caratteristiche geologico-tecniche e morfologiche del sito dal livello delle vibrazioni di riferimento.

I terreni che si rinvengono in un'area di studio in virtù delle loro variabili caratteristiche intrinseche comportano differenti comportamenti sotto il profilo dinamico.

A tal fine, facendo esplicito riferimento ai dettami delle leggi specifiche emanate, sono state realizzate all'interno del territorio comunale, oggetto di previsioni di piano, idonee indagini e ricerche bibliografiche per l'acquisizione dei parametri che possano caratterizzare i diversi materiali se attraversati da un treno d'onde sismiche.

Le caratteristiche litodinamiche dei terreni affioranti presentano i seguenti valori medi, tenendo conto che nei primi 2.0 di terreno superficiale la velocità delle onde P risulta generalmente piuttosto bassa con valori compresi tra 250 - 450 m/sec; tali velocità in genere tendono ad aumentare con la profondità e con l'aumento dello stato di addensamento del terreno.

| Terreni di copertura rimaneggiati: | | |
|---|-----------|--------------------|
| Velocità delle onde di compressione "Vp": | 250-500 | m/sec |
| Velocità delle onde di taglio "Vs": | 120-250 | m/sec |
| Rigidità litotipo "R": | 400-600 | t/mq s |
| Modulo di Young "E": | 750-1500 | Kg/cm ² |
| Coefficiente di Poisson "ν": | 0,25-0.33 | |
| Modulo di taglio "G": | 200 -800 | Kg/cm ² |
| Depositi piroclastici in facies primaria e tufi incoerenti | | |
| Velocità delle onde di compressione "Vp": | 500-1.000 | m/sec |
| Velocità delle onde di taglio "Vs": | 240-500 | m/sec |
| Rigidità litotipo "R": | 330-700 | t/mq s |

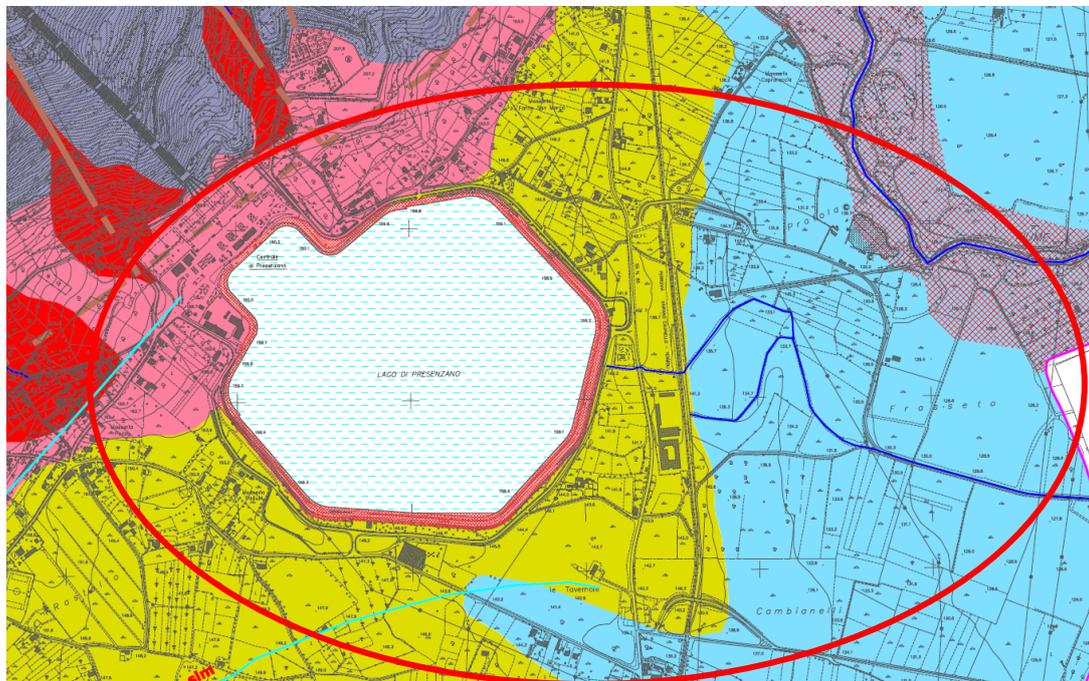
| Depositi detritico-colluviali da incoerenti a cementati | | |
|--|-----------|--------|
| Velocità delle onde di compressione "Vp": | 400-1.700 | m/sec |
| Velocità delle onde di taglio "Vs": | 250-700 | m/sec |
| Rigidità litotipo "R": | 400-1300 | t/mq s |

| Depositi tufacei coerenti | | |
|---|------------|--------|
| Velocità delle onde di compressione "Vp": | 700-1300 | m/sec |
| Velocità delle onde di taglio "Vs": | 500-700 | m/sec |
| Rigidità litotipo "R": | 850-1190 | t/mq s |
| Coefficiente di Poisson "ν": | 0,30 -0,35 | |

| Ammassi carbonatici (dati bibliografici): | | |
|---|----------------|--------------------|
| Velocità delle onde di compressione "Vp": | 3.500-5.000 | m/sec |
| Velocità delle onde di taglio "Vs": | 2.000-2.900 | m/sec |
| Rigidità litotipo "R": | 8.750 | t/mq s |
| Modulo di Young "E": | 80.000-450.000 | Kg/cm ² |
| Coefficiente di Poisson "ν": | 0,22-0,25 | |
| Modulo di taglio "G": | 180.000 | Kg/cm ² |
| Modulo di Bulck "K": | 300.000 | Kg/cm ² |

| Terreni alluvionali e fluvio torrentizi: | | |
|---|-----------|--------|
| Velocità delle onde di compressione "Vp": | 280-1300 | m/sec |
| Velocità delle onde di taglio "Vs": | 300-700 | m/sec |
| Rigidità litotipo "R": | 540-1260 | t/mq s |
| Coefficiente di Poisson "ν": | 0,30-0,35 | |

8.4. Carta della microzonazione sismica



- MICROZONA 2** Rientrano in tale microzona il complesso detritico colluviale alla base dei versanti carbonatici da cementati a debolmente cementati a grana grossolana; inoltre appartengono a tale microzona i depositi riconducibili al complesso ignimbrico tufaceo allo stato litide o poco coesente. In tali aree non si rinviene la falda acquifera nei metri di stretto interesse sismologico (profondità superiori a 30 metri). Zone utilizzabili come siti di costruzione e caratterizzate da profili stratigrafici corrispondenti a categorie di suolo di fondazione di tipo B con valori $360 < V_{s30} < 800$ m/sec ai sensi del DM 14/01/2008, che può risultare localmente di tipo C in presenza di depositi incoerenti. probabilità molto bassa di fenomeni di liquefazione in caso di sisma, nonché eventuali competizioni del non saturo. Effetti amplificativi del moto sismico per la situazione topografica. L'incremento sismico f_e può risultare fino a 1.15. **RISCHIO SISMICO MEDIO-BASSO**
- MICROZONA 3** Rientrano in tale microzona i depositi incoerenti e spesso unificati di copertura quaternari di origine piroclastica, colluviale, eluviale e detritico-colluviale, suoli unifermi e depositi eterogenei sciolti indifferenziati, i prodotti piroclastici tufacei affioranti soprattutto nelle zone periferiche del Roccamonfina. La falda acquifera è rinvenibile a profondità variabili nell'ambito della microzona; man mano che dai rilievi ci si sposta verso il fondovalle la profondità della falda risale a profondità anche di stretto interesse sismologico (soggiacenza inferiore a 15 metri). Zone utilizzabili come siti di costruzione e caratterizzate da profili stratigrafici corrispondenti in generale a categoria di suolo di fondazione di tipo C con valori $180 < V_{s30} < 360$ m/sec ai sensi del DM 14/01/2008. Fenomeni di costipamento del non saturo e liquefazione in caso di sisma da valutare in sede progettuale. L'incremento sismico f_e può risultare fino a 1.20. **RISCHIO SISMICO MEDIO**
- MICROZONA 4** coincidente con il complesso geolitologico delle alluvioni attuali, recenti ed antiche, in parte terrazzate, del F. Volturno ed i depositi alluvionali di origine fluvio-torrentizia delle aste interne al rilievo e tributarie del Volturno. Si tratta di limi sabbiosi sciolti, sabbie fini e piroclastiti rimaneggiate, ciottoli e lenti di ghiaie, livelli di torbe e argille. Trattandosi di materiali fortemente eterogenei ed anisotropi i range delle proprietà sismiche sono piuttosto ampi. Gli spessori tendono ad assottigliarsi verso i rilievi collinari e ad approfondirsi verso l'alveo fluviale del Volturno dove raggiungono spessori dell'ordine delle decine di metri. Zone utilizzabili come siti di costruzione, ad eccezione dell'area compresa nella perimetrazione della Fascia A e B3 ai sensi del PSDA redatto dall'Autorità di Bacino Liri-Garigliano-Volturno, caratterizzate da profili stratigrafici corrispondenti a diverse categorie di suolo di fondazione (tipo C - D - E - S1 - S2). L'incremento sismico f_e è compreso tra 1.10-1.21. Vulnerabilità alla liquefazione medio-alta. **RISCHIO SISMICO MEDIO-ALTO**
- Arree instabili per processi geomorfologici gravitativi in atto o inattivi quiescenti e per fenomeni idraulici legati alla dinamica dei corsi d'acqua come definite nella relativa Carta della Stabilità; pertanto trattasi di zone da escludersi come siti di costruzione per la presenza di aree soggette ad instabilità dei versanti ed eccessivi fenomeni di amplificazione del moto sismico per fattori morfologici.**

Nell'ambito dell'area di studio si possono rintracciare le seguenti microzone:

Microzona 2: Presente lungo il lato del bacino verso monte. Rientrano in tale microzona il complesso detritico colluviale alla base dei versanti carbonatici da cementati a debolmente cementati a grana grossolana; inoltre appartengono a tale microzona i depositi riconducibili al complesso ignimbritico tufaceo allo stato litoide o poco coerente. In tali aree non si rinviene la falda acquifera nei metri di stretto interesse sismologico (profondità superiori a 30 metri); del resto è possibile rinvenire faldine occasionali laddove si rinvengono strati tamponanti poco permeabili di materiale limo-argilloso. Dato le caratteristiche geologico-tecniche (granulometria, stato di addensamento e/o di cementazione) e le condizioni di insaturazione dei materiali, sono altamente improbabili processi di liquefazione in caso di sisma, nonché eventuali compattazioni del non saturo. Altamente probabili i fenomeni di crollo laddove i pendii, naturali o artificiali che siano, presentano pendenze che si avvicinano alla verticale. Le indagini di sismica in foro, condotte in aree mirate, hanno evidenziato, ai sensi del D.M. 14/01/2008, profili stratigrafici prevalenti riconducibili alle categorie di suolo di tipo B o C:

TIPO B: "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa o terreni a grana fine molto consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori Vs30 compresi tra 180 e 360 m/s".

TIPO C: "Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori Vs30 compresi tra 360 e 800 m/s"

L'incremento sismico f_c , calcolato con il metodo Carrara - Rapolla, per tale microzona può risultare fino a 1.15.

Per strutture importanti erette sopra o in vicinanza di pendii con inclinazione $> 15^\circ$ e dislivello superiore a circa 30 m dovrà essere incrementata l'azione sismica di progetto moltiplicandola per un coefficiente di amplificazione topografica ST. In assenza di studi specifici si raccomandano per ST i valori seguenti, desunti da Eurocodice 8:

- ST $\geq 1,2$ per siti con pendii scoscesi isolati con pendenza $> 15^\circ$ e altezza > 30 m;
- ST = 1,0 per siti con superficie pianggiante, pendii e rilievi isolati con pendenza $\leq 15^\circ$;

In tale microzona, inoltre, si esclude la rottura di faglie in superficie in coerenza con quanto riportato anche sul database ITHACA dell'ISPRA delle faglie attive capaci di generare terremoti che provocano deformazione crostali in superficie.

In virtù di quanto esposto è possibile definire l'area in esame a rischio sismico medio-basso.

Microzona 3: Il bacino di Presenzano si trova prevalentemente su questa area.

Rientrano in tale microzona i depositi incoerenti e spesso umificati di copertura quaternari di origine piroclastica, colluviale, eluviale e detritico-colluviale, suoli umiferi e depositi eterogenei sciolti indifferenziati, i prodotti piroclastici tufitici affioranti soprattutto nelle zone periferiche del Roccamonfina, non sempre isocroni tra loro e spesso anche diversi dal punto di vista litologico. Queste tufiti sono prevalentemente costituite da cineriti arrossate con piccole pomice giallognole più o meno suolizzate e piroclastiti in giacitura anche secondaria a grana medio-fine. In prossimità dei rilievi calcarei si alternano a bancate di detrito. La loro origine è da mettere in relazione con processi di trasporto alluvionale dei materiali piroclastici dilavati dai fianchi orientali del Roccamonfina, precedentemente alla messa in posto dell'ignimbrite.

La falda acquifera è rinvenibile a profondità variabili nell'ambito della microzona; man mano che dai rilievi ci si sposta verso il fondovalle la profondità della falda risale a profondità anche di stretto interesse sismologico (soggiacenza inferiore a 15 metri) per cui devono essere

valutati gli effetti di liquefazione in caso di sisma. In tali aree, in caso di una utilizzazione ai fini edilizi, si dovranno valutare con indagini specifiche lo stato di addensamento al fine di prevenire anche eventuali fenomeni di eccessivo costipamento del non saturo.

Il profilo stratigrafico è generalmente riconducibile alla categoria di suolo C: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori Vs30 compresi tra 360 e 800 m/s"

Localmente il profilo stratigrafico può essere attribuito a categorie di suolo di tipo B laddove le caratteristiche litotecniche dei materiali siano particolarmente favorevoli.

L'incremento sismico f_c , calcolato con il metodo Carrara - Rapolla, per tale microzona può risultare fino a 1.20.

Per strutture importanti erette sopra o in vicinanza di pendii con inclinazione $> 15^\circ$ e dislivello superiore a circa 30 m dovrà essere incrementata l'azione sismica di progetto moltiplicandola per un coefficiente di amplificazione topografica ST. In assenza di studi specifici si raccomandano per ST i valori seguenti, desunti da Eurocodice 8:

- $ST \geq 1,2$ per siti con pendii scoscesi isolati con pendenza $> 15^\circ$ e altezza > 30 m;
- $ST = 1,0$ per siti con superficie pianggiante, pendii e rilievi isolati con pendenza $\leq 15^\circ$;

In tale microzona, inoltre, si esclude la rottura di faglie in superficie in coerenza con quanto riportato anche sul database ITHACA dell'ISPRA delle faglie attive capaci di generare terremoti che provocano deformazione crostali in superficie.

In virtù di quanto esposto è possibile definire l'area in esame a rischio sismico medio.

Microzona 4: Microzona esterna ma prossima al bacino di Presenzano. Rientrano in tale microzona l'insieme delle alluvioni attuali, recenti ed antiche, in parte terrazzate, del F. Volturno ed i depositi alluvionali di origine fluvio-torrentizia delle aste interne al rilievo e tributarie del Volturno. Si tratta di limi sabbiosi sciolti, sabbie fini e piroclastiti rimaneggiate, ciottoli e lenti di ghiaie, livelli di torbe e argille. Trattandosi di materiali fortemente eterogenei ed anisotropi i range delle proprietà sismiche sono piuttosto ampi. Gli spessori tendono ad assottigliarsi verso i rilievi collinari e ad approfondirsi verso l'alveo fluviale del Volturno dove raggiungono spessori dell'ordine delle decine di metri. Il profilo stratigrafico è riconducibile a più categorie di suolo tra cui la C, D, E ed S1 e S2. La categoria di suolo E comprende: "Terreni dei sottosuoli C o D con spessori non superiori a 20 metri, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $Vs30 > 800$ m/sec".

La falda acquifera in tale microzona è rilevabile nei primi 15 metri dal p.c. pertanto i fenomeni di liquefazione devono essere attentamente valutati nei livelli di pianificazioni attuativi.

Le speciali categorie S1 ed S2 possono rinvenirsi localmente man man che ci si approssima al corso del F. Volturno; in particolare la categoria S1 comprende depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 metri di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($IP > 40\%$) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di $Vs30 < 100$ m/sec ($10 < Cu < 20$ Kpa).

La categoria S2 comprende depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o di qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti. Pertanto una utilizzazione di questi terreni ai fini urbanistici non può prescindere da una adeguata acquisizione di dati riferiti allo specifico sito di costruzione.

In virtù delle considerazioni esposte è possibile definire l'area in esame a rischio sismico medio-alto.

L'incremento sismico f_c , calcolato con il metodo Carrara - Rapolla, per tale microzona è compreso tra 1.10-1.21.

8.5. Zone suscettibili di instabilità

Rientrano tra queste le aree con fenomenologie franose, le pareti subverticali dei versanti carbonatici fratturati e le zone immediatamente a valle nelle porzioni in cui esiste il rischio di crolli di blocchi anche di grosse dimensioni.

Per quanto riguarda l'area di studio, si sottolinea che le aree sede di terreni di riporto antropico, in particolare le arginature del bacino idroelettrico e i depositi di smarino dello stesso bacino, possono essere soggette in caso di sisma a importanti modificazioni del segnale sismico.

8.6. SISMICITÀ DELL'AREA

8.6.1. PREMESSA

Di seguito viene fornito un inquadramento generale sulla classificazione sismica dell'area in esame nel rispetto delle disposizioni delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del Decreto Ministeriale del 17/01/2018.

Secondo la normativa vigente la tipologia del suolo di fondazione è dipendente dal valore V_s eq definito dalla seguente equazione:

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

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro

$V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità

Le verifiche strutturali nei diversi stati limiti vanno condotte adottando le azioni sismiche che sono funzione della "pericolosità sismica" dell'area in esame. La "pericolosità sismica" è definita a partire dall'accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con piano campagna orizzontale.

Le azioni di progetto dovute al sisma si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali definite in funzione dei parametri:

a_g = accelerazione orizzontale massima al sito

F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T_{c^*} = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori di tali parametri sono riportati nella tabella esposta nell'Allegato A del decreto, grazie alla quale i parametri dell'area in esame vengono ottenuti per interpolazione lineare tra quattro punti di una griglia di punti prefissati sul territorio

Utilizzando il software dedicato si ricavano gli spettri di risposta elastica delle componenti orizzontali di moto, per i diversi periodi di ritorno considerati dal D.M.

Microzonizzazione sismica

La microzonazione sismica ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente piccola (scala comunale o sub comunale) le condizioni di sito che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso (risposta sismica locale) o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

In sostanza lo studio di microzonazione restituisce una mappa del territorio nella quale sono indicate:

le zone in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di terreno rigido (suolo A della norma nazionale) e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e geomorfologiche del territorio.

le zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione fenomeni di deformazione permanenti del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, assestamenti, liquefazioni, fagliazione superficiale).

Nel caso in esame, in base agli studi di microzonizzazione sismica, possiamo dire che ci troviamo in un'area classificata tra B e C. a scopo cautelativo è stata adottata la categoria C

8.6.2. EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Le verifiche sugli effetti di amplificazione topografica si basano puramente su criteri di tipo morfometrico/morfologico; per le sezioni e le misurazioni si è fatto riferimento alla cartografia disponibile.

| Categoria topografica | Ubicazione opera | St |
|---|--------------------|-----|
| T1 (sup. pianeggiante, pendii e rilievi isolati con incl. media $\leq 15^\circ$) | - | 1.0 |
| T2 (pendii con inclinazione media $> 15^\circ$) | Sommità del pendio | 1.2 |
| T3 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media compresa tra $15-30^\circ$) | Cresta del rilievo | 1.2 |
| T4 (rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $> 30^\circ$) | Cresta del rilievo | 1.4 |

Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica (tabella 3.2.IV della N.T.C.):

Nel caso specifico, trattandosi di una superficie pianeggiante, il valore di riferimento è $St = 1.0$

8.6.3. Pericolosità Sismica

Data: 10/01/2021

| | | |
|------------------------------|-----|--------|
| Vita nominale (Vn): | 50 | [anni] |
| Classe d'uso: | II | |
| Coefficiente d'uso (Cu): | 1 | |
| Periodo di riferimento (Vr): | 50 | [anni] |
| Periodo di ritorno (Tr) SLO: | 30 | [anni] |
| Periodo di ritorno (Tr) SLD: | 50 | [anni] |
| Periodo di ritorno (Tr) SLV: | 475 | [anni] |
| Periodo di ritorno (Tr) SLC: | 975 | [anni] |

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84): 41.3781319 [°]

Longitudine (WGS84): 14.0967960 [°]

Latitudine (ED50): 41.3791199 [°]

Longitudine (ED50): 14.0976791 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame

| Punto | ID | Latitudine (ED50) [°] | Longitudine (ED50) [°] | Distanza [m] |
|-------|-------|--------------------------|---------------------------|-----------------|
| 1 | 30756 | 41.383430 | 14.089980 | 801.32 |
| 2 | 30757 | 41.383070 | 14.156580 | 4933.87 |
| 3 | 30979 | 41.333070 | 14.156080 | 7069.77 |
| 4 | 30978 | 41.333430 | 14.089490 | 5126.41 |

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

| Stato limite | Tr [anni] | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO | 30 | 0.053 | 2.449 | 0.280 |
| SLD | 50 | 0.067 | 2.449 | 0.310 |
| | 72 | 0.078 | 2.476 | 0.324 |
| | 101 | 0.090 | 2.482 | 0.335 |
| | 140 | 0.103 | 2.504 | 0.346 |
| | 201 | 0.120 | 2.512 | 0.358 |
| SLV | 475 | 0.173 | 2.484 | 0.380 |
| SLC | 975 | 0.229 | 2.434 | 0.414 |
| | 2475 | 0.319 | 2.459 | 0.431 |

Punto 2

| Stato limite | Tr [anni] | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO | 30 | 0.055 | 2.451 | 0.281 |
| SLD | 50 | 0.070 | 2.427 | 0.310 |
| | 72 | 0.082 | 2.459 | 0.323 |
| | 101 | 0.096 | 2.454 | 0.332 |
| | 140 | 0.111 | 2.466 | 0.343 |
| | 201 | 0.131 | 2.460 | 0.353 |
| SLV | 475 | 0.193 | 2.398 | 0.377 |
| SLC | 975 | 0.259 | 2.370 | 0.407 |
| | 2475 | 0.364 | 2.426 | 0.426 |

Punto 3

| Stato limite | Tr [anni] | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO | 30 | 0.050 | 2.459 | 0.283 |
| SLD | 50 | 0.061 | 2.499 | 0.312 |
| | 72 | 0.072 | 2.501 | 0.330 |
| | 101 | 0.083 | 2.536 | 0.341 |
| | 140 | 0.095 | 2.532 | 0.354 |
| | 201 | 0.111 | 2.524 | 0.369 |

| | | | | |
|-----|------|-------|-------|-------|
| SLV | 475 | 0.157 | 2.505 | 0.416 |
| SLC | 975 | 0.211 | 2.471 | 0.431 |
| | 2475 | 0.301 | 2.450 | 0.446 |

Punto 4

| Stato limite | Tr [anni] | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO | 30 | 0.048 | 2.450 | 0.284 |
| SLD | 50 | 0.059 | 2.510 | 0.313 |
| | 72 | 0.068 | 2.523 | 0.331 |
| | 101 | 0.078 | 2.567 | 0.345 |
| | 140 | 0.089 | 2.559 | 0.357 |
| | 201 | 0.103 | 2.565 | 0.372 |
| SLV | 475 | 0.143 | 2.544 | 0.423 |
| SLC | 975 | 0.185 | 2.578 | 0.438 |
| | 2475 | 0.250 | 2.641 | 0.456 |

Punto d'indagine

| Stato limite | Tr [anni] | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] |
|--------------|--------------|-----------|-----------|------------|
| SLO | 30 | 0.053 | 2.450 | 0.281 |
| SLD | 50 | 0.066 | 2.457 | 0.310 |
| SLV | 475 | 0.171 | 2.482 | 0.387 |
| SLC | 975 | 0.226 | 2.445 | 0.417 |

8.6.4. Pericolosità Sismica Di Sito

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica:

T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

Muri di sostegno NTC 2008

| Coefficienti | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0.014 | 0.018 | 0.059 | 0.096 |
| kv | 0.007 | 0.009 | 0.030 | 0.048 |
| amax [m/s ²] | 0.774 | 0.965 | 2.429 | 3.043 |
| Beta | 0.180 | 0.180 | 0.240 | 0.310 |

Paratie NTC 2008

Altezza paratia (H): 3.0 [m]

Spostamento ammissibile us:

0.015 [m]

| Coefficienti | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0.051 | 0.064 | 0.161 | 0.202 |
| kv | -- | -- | -- | -- |
| amax [m/s ²] | 0.774 | 0.965 | 2.429 | 3.043 |
| Beta | 0.650 | 0.650 | 0.650 | 0.650 |

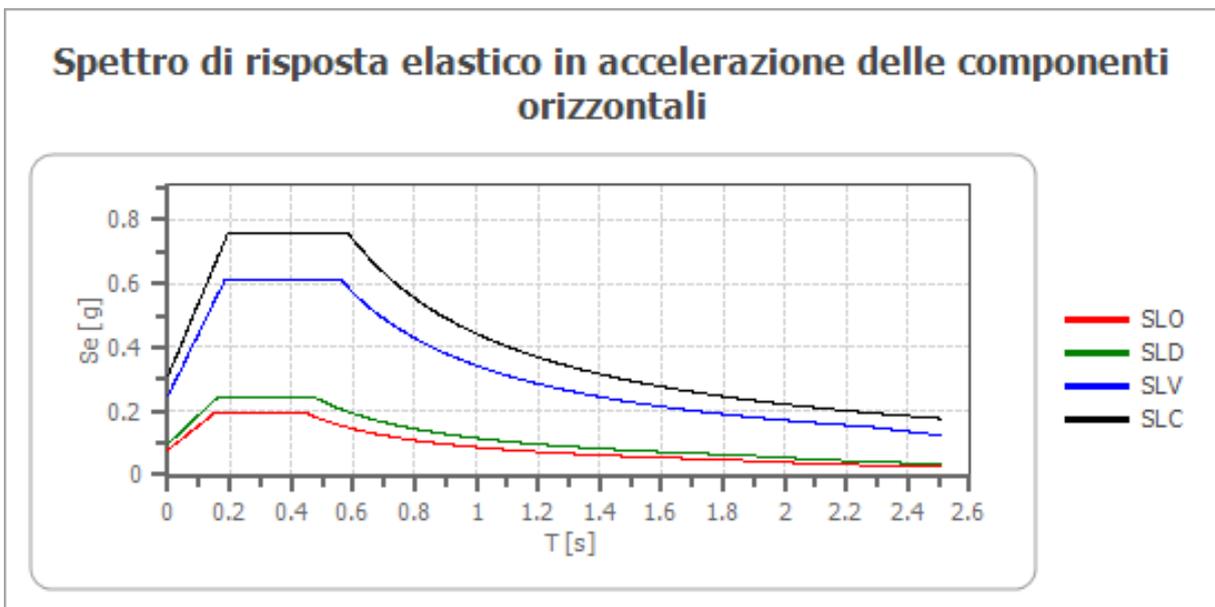
Stabilità di pendii e fondazioni

| Coefficienti | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | 0.016 | 0.020 | 0.059 | 0.087 |
| kv | 0.008 | 0.010 | 0.030 | 0.043 |
| amax [m/s ²] | 0.774 | 0.965 | 2.429 | 3.043 |
| Beta | 0.200 | 0.200 | 0.240 | 0.280 |

Fronti di scavo e rilevati

| Coefficienti | SLO | SLD | SLV | SLC |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|
| kh | -- | 0.046 | 0.094 | -- |
| kv | -- | 0.023 | 0.047 | -- |
| amax [m/s ²] | 0.774 | 0.965 | 2.429 | 3.043 |
| Beta | -- | 0.470 | 0.380 | -- |

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



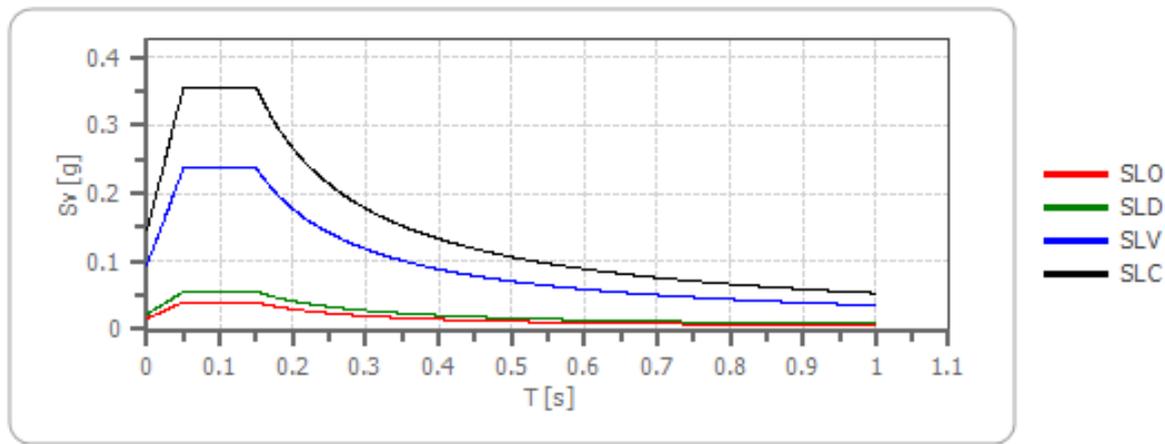
| | cu | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | η [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(T B) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|-----------|-------------|
| SLO | 1.0 | 0.053 | 2.450 | 0.281 | 1.500 | 1.600 | 1.000 | 1.500 | 1.000 | 0.150 | 0.449 | 1.810 | 0.079 | 0.193 |
| SLD | 1.0 | 0.066 | 2.457 | 0.310 | 1.500 | 1.540 | 1.000 | 1.500 | 1.000 | 0.159 | 0.478 | 1.862 | 0.098 | 0.242 |
| SLV | 1.0 | 0.171 | 2.482 | 0.387 | 1.450 | 1.440 | 1.000 | 1.450 | 1.000 | 0.186 | 0.558 | 2.283 | 0.248 | 0.615 |
| SLC | 1.0 | 0.226 | 2.445 | 0.417 | 1.370 | 1.400 | 1.000 | 1.370 | 1.000 | 0.195 | 0.584 | 2.506 | 0.310 | 0.759 |

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



| | cu | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | η [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(T B) [g] |
|-----|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|------------|--------|--------|--------|-----------|-------------|
| SLO | 1.0 | 0.053 | 2.450 | 0.281 | 1 | 1.600 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.016 | 0.040 |
| SLD | 1.0 | 0.066 | 2.457 | 0.310 | 1 | 1.540 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.023 | 0.056 |
| SLV | 1.0 | 0.171 | 2.482 | 0.387 | 1 | 1.440 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.095 | 0.237 |
| SLC | 1.0 | 0.226 | 2.445 | 0.417 | 1 | 1.400 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.146 | 0.356 |

Spettro di progetto

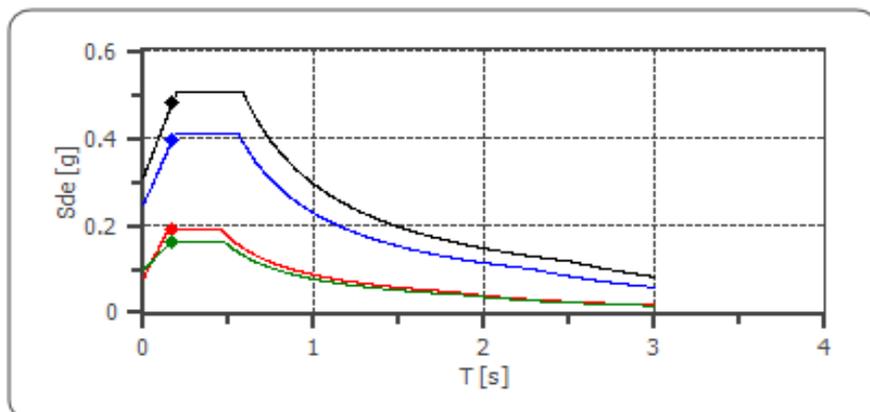
Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50

Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50

Periodo fondamentale T: 0.17 [s]

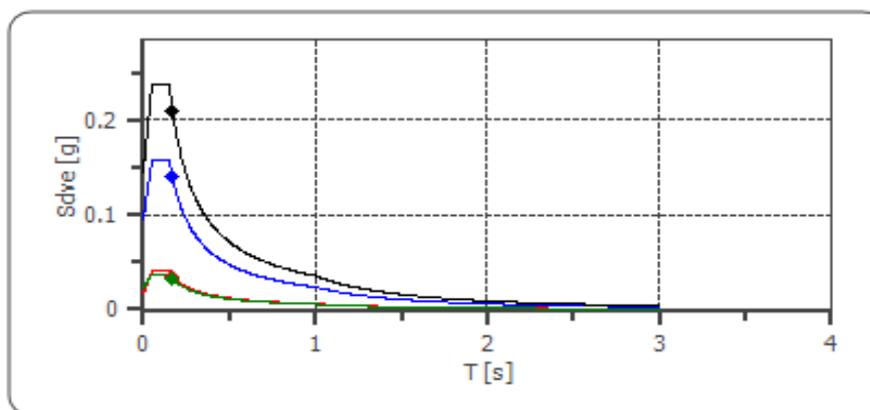
| | SLO | SLD | SLV | SLC |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| khi = Sde(T) Orizzontale [g] | 0.193 | 0.161 | 0.396 | 0.481 |
| kv = Sdve(T) Verticale [g] | 0.035 | 0.033 | 0.139 | 0.209 |

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



- SLO
- SLD
- SLV
- SLC
- ◆ Khi SLO 0.193
- ◆ Khi SLD 0.161
- ◆ Khi SLV 0.396
- ◆ Khi SLC 0.481

Spettro di progetto delle componenti verticali



- SLO
- SLD
- SLV
- SLC
- ◆ Kv SLO 0.035
- ◆ Kv SLD 0.033
- ◆ Kv SLV 0.139
- ◆ Kv SLC 0.209

| | cu | ag [g] | F0 [-] | Tc* [s] | Ss [-] | Cc [-] | St [-] | S [-] | q [-] | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Sd(0) [g] | Sd(TB) [g] |
|-----------------|-----|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|--------|-----------|------------|
| SLO orizzontale | 1.0 | 0.053 | 2.450 | 0.281 | 1.500 | 1.600 | 1.000 | 1.500 | 1.000 | 0.150 | 0.449 | 1.810 | 0.079 | 0.193 |
| SLO verticale | 1.0 | 0.053 | 2.450 | 0.281 | 1.500 | 1.600 | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.016 | 0.040 |
| SLD orizzontale | 1.0 | 0.066 | 2.457 | 0.310 | 1.500 | 1.540 | 1.000 | 1.500 | 1.500 | 0.159 | 0.478 | 1.862 | 0.098 | 0.161 |
| SLD verticale | 1.0 | 0.066 | 2.457 | 0.310 | 1.500 | 1.540 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.023 | 0.037 |
| SLV orizzontale | 1.0 | 0.171 | 2.482 | 0.387 | 1.450 | 1.440 | 1.000 | 1.450 | 1.500 | 0.186 | 0.558 | 2.283 | 0.248 | 0.410 |
| SLV verticale | 1.0 | 0.171 | 2.482 | 0.387 | 1.450 | 1.440 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.095 | 0.158 |
| SLC orizzontale | 1.0 | 0.226 | 2.445 | 0.417 | 1.370 | 1.400 | 1.000 | 1.370 | 1.500 | 0.195 | 0.584 | 2.506 | 0.310 | 0.506 |
| SLC verticale | 1.0 | 0.226 | 2.445 | 0.417 | 1.370 | 1.400 | 1.000 | 1.000 | 1.500 | 0.050 | 0.150 | 1.000 | 0.146 | 0.237 |



Enel Produzione S.p.A.



GRE CODE

GRE.EEC.R.27.IT.P.14457.00.034.00

PAGE

42 di/of 42

9. CONCLUSIONI

L'opera in progetto prevede la realizzazione di un impianto fotovoltaico flottante dotato di un sistema di ancoraggi che verranno posizionati sugli argini del bacino.

Lo Studio non ha evidenziato elementi che sconsiglino la realizzazione dell'opera.

Le opere in progetto - ad esclusione di un breve tratto di cavidotto AT in trincea e di una cabina di trasformazione - ricadono all'interno di aree definite "stabili" dal piano regolatore comunale, ed avranno un impatto praticamente nullo sulle strutture dell'invaso, e le uniche azioni a cui la struttura dell'invaso sarà soggetta, saranno il sistema di ancoraggio e le fondazioni per cabine e stazione elettrica oltre alla realizzazione di trincee per la posa dei cavidotti.

In definitiva si evidenziano le seguenti considerazioni:

- a) Sistema di ancoraggio della piattaforma galleggiante: è previsto un sistema di ancoraggio lungo gli argini. Il sistema di ancoraggio previsto è tale da non inficiare la stabilità del bacino.
- b) Opere di connessione, quali cabine e stazione elettrica: queste avranno un carico agente sul terreno molto limitato, con impatto quindi sostanzialmente nullo. Si rimanda comunque a verifiche puntuali in coincidenza delle aree dove verranno posate le opere di fondazione, al fine di evitare modesti cedimenti conseguenti a livelli superficiali non addensati.
- c) Cavidotto AT: interferisce per un breve tratto con fasce a rischio dissesto, ma in sintesi, come riportato nel paragrafo relativo in dettaglio (par. 5.5), non si apportano variazioni al terreno rispetto alla situazione attuale.
- d) Opere di ampliamento della Stazione Terna 220kV per installazione nuovo stallo di connessione: è previsto l'ampliamento della stazione Terna 220kV esistente e localizzata all'interno dell'area di Centrale, a nord del bacino. Gli interventi necessari all'ampliamento prevedono la realizzazione di un terrapieno nell'area di Centrale oggi adibita a Deposito oli (con conseguente rilocalizzazione dei serbatoi/utilities oggi esistenti). Anche in questo caso si suggerisce una verifica preliminare puntuale nell'area. In ogni caso - in via generale - non si prevedono particolari criticità in quanto le nuove opere in progetto (installazione elementi elettromeccanici) andranno a poggiarsi su terreni su cui insistevano costruzioni con carichi simili e comunque non elevati.