

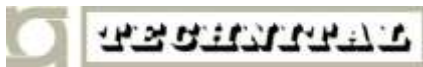


PROGETTO DEFINITIVO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA COMPLESSIVA DI 57 MWp, E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE, CON SISTEMA DI ACCUMULO DI CAPACITA' PARI 10 MWh DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI ROTELLO E MONTEBELLUNO (CB)

PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE: ROTELLO SOLAR s.r.l.

PROGETTISTA:



TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONI
RELAZIONE GEOLOGICO GEOTECNICA E
DI COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA**

ELABORATO n° :

BI026F-D-RO00-GEO-RT-01-00

NOME FILE:

BI026F-D-RO00-GEO-RT-01.docx

SCALA:

-

DATA:

Dicembre 2022

N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	CONTROLLATO	APPROVATO
00	Dicembre 2022	Emissione	E. Fresia	M. Palvarini	S. Venturini
01					
02					
03					
04					

INDICE

1	PREMESSA	3
	1.1 Oggetto e scopo	4
	1.2 Metodologie utilizzate	6
2	RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI	7
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E URBANISTICO	9
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	17
5	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	24
	5.1 Vincolo idrogeologico	31
	5.2 Compatibilità idrogeologica	33
6	IDROGEOLOGIA	35
7	SISMICITA' DELL'AREA	38
	7.1 Norme Tecniche per le costruzioni	40
	7.2 Risposta sismica locale	44
	7.3 Liquefazione dei terreni	46
8	INDAGINI GEOGNOSTICHE	48
	8.1 Zona ovest. Lotti 1-2-3-4.	51
	8.2 Zona nord. Lotti 5-6-7-8.	55
	8.3 Zona est. Lotto 9 e SSEU.	60
	8.4 Cavidotto	63
	8.5 Indagini ambientali e pedologiche	64
9	MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO	66
10	INTERAZIONE OPERE TERRENI E CONCLUSIONI	70

1 PREMESSA

La società Technital S.p.A. ha redatto il presente progetto definitivo per la realizzazione di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare, denominato Impianto Fotovoltaico "Rotello", da realizzarsi nei Comuni di Rotello e Montelongo, Regione Molise, Provincia di Campobasso.

Trattasi di un impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare che prevede di installare, su n° 9 distinti lotti, moduli fotovoltaici bifacciali in silicio monocristallino da 685 Wp montati su strutture ad inseguimento monoassiale in acciaio zincato a caldo. L'impianto sarà corredato da un sistema di accumulo elettrochimico. I lotti saranno collegati alla cabina di consegna (SSEU) mediante cavidotti interrati. Tutta l'energia elettrica prodotta verrà ceduta alla rete.

Ogni lotto sarà recintato e provvisto di un cancello carrabile con annesso passaggio pedonale delle dimensioni rispettivamente di 7,00 e 1,40 m. Le infrastrutture interne prevedono la realizzazione di un asse viario principale perimetrale dal quale si diramano gli assi secondari in cui sono installate le cabine di sottocampo. Gli assi viari sono anche sede delle condotte MT interrate che si collegano alle cabine di centrale in prossimità dell'ingresso per poi proseguire, sempre interrate, lungo la viabilità esterna (Figura 1.1).

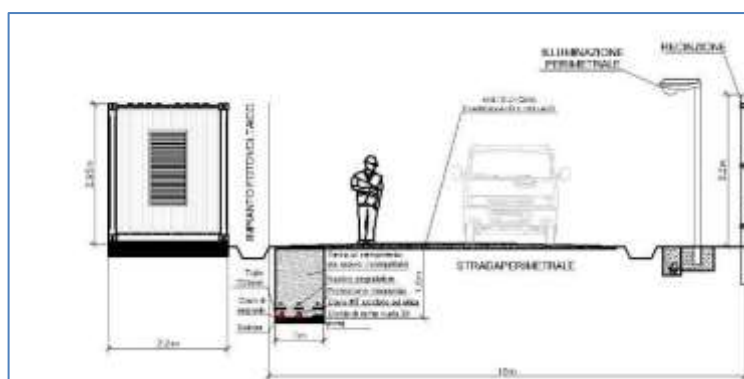


FIGURA 1.1 PARTICOLARE DELLA STRADA PERIMETRALE CON RECINZIONE E CONDOTTE INTERRATE

In Italia l'installazione di impianti fotovoltaici ha avuto un significativo incremento nel momento in cui il Conto Energia ha annunciato l'imminente riduzione delle tariffe incentivanti. Questo ha fatto sì che nel territorio nazionale si sia arrivati ad avere 33,2 milioni di metri quadri di superficie dedicata ad impianti fotovoltaici a terra per una potenza di 1.465,5 Megawatt.

Le regioni con la maggiore superficie di installazione di fotovoltaico a terra sono:

- la Puglia con 14,8 milioni di installazioni;
- il Lazio con 3,8 milioni di installazioni;
- l'Emilia-Romagna con 3,4 milioni di installazioni.

In linea generale l'installazione di impianti fotovoltaici a terra solleva alcune obiezioni, in quanto non è ancora stata pienamente accettata l'idea di sfruttare territori agricoli per l'installazione del fotovoltaico essendo aree, per molti, considerate ideali e necessarie solo per la coltivazione. Tuttavia, l'articolo 2135 del Codice civile definisce un terreno agricolo come un appezzamento dedicato alla coltivazione, alla silvicoltura, allevamento o altre attività annesse, tra le quali può esserci anche la produzione di energia rinnovabile.

Le caratteristiche richieste per i terreni ai fini dell'installazione di un impianto fotovoltaico sono:

- terreni agricoli, aree industriali, cave e discariche dismesse;
- superficie minima netta utilizzabile (senza ostacoli o costruzioni) di almeno 10 ettari;
- terreni pianeggianti o leggermente collinari, esposti prevalentemente a Sud;
- assenza di vincoli naturalistici, paesaggistici, idrologici, etc.;
- presenza nelle vicinanze di una cabina o sottostazione elettrica.

1.1 Oggetto e scopo

Oggetto del presente lavoro è la progettazione di un impianto agro fotovoltaico da realizzare in Comune di Rotello, e parzialmente in Comune di Montelongo, in Provincia di Campobasso, Regione Molise.

L'impianto sorgerà in aree prevalentemente collinari aventi quote comprese tra i 190 m e 450 m slm circa. In figura seguente una corografia a grande scala tratta dal Geoportale Nazionale con evidenza dei limiti comunali e dell'area in studio.



FIGURA 1.2 STRALCIO CARTOGRAFICO CON EVIDENZA DEI LIMITI COMUNALI DI ROTELLO E MONTELONGO

L'ubicazione dei singoli lotti di installazione dei pannelli è individuabile in un arco di circa 3,5 Km a Nord Est, Nord e Nord Ovest rispetto al centro abitato di Rotello, interessando con il lotto 4 anche una porzione dell'attiguo comune di Montelongo.

Si riporta, di seguito, una corografia a grande scala con ubicazione dei lotti di prevista installazione dei pannelli e del cavidotto di collegamento; sull'estrema destra la SSEU.

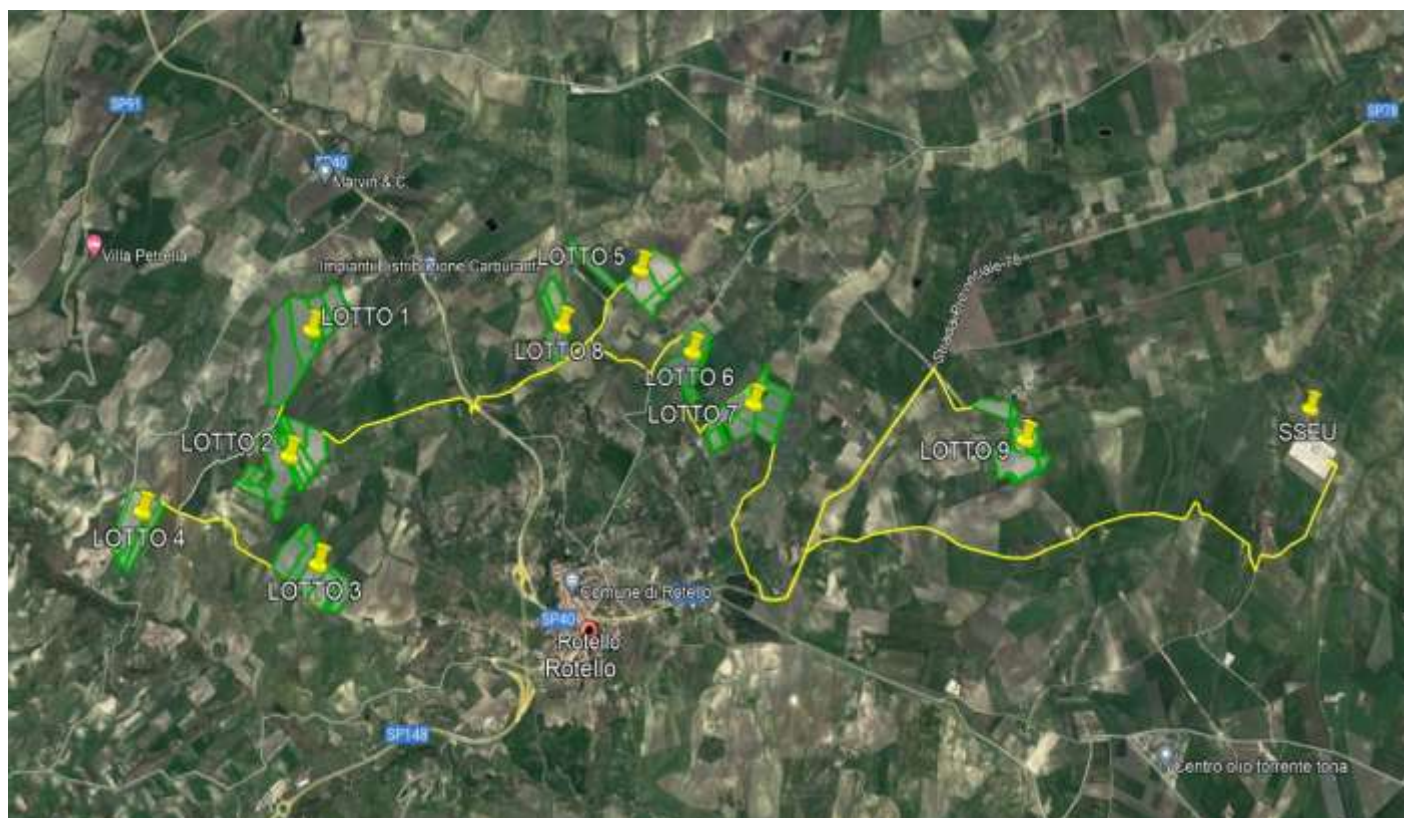


FIGURA 1.3 LOTTI DI INSTALLAZIONE DEI PANNELLI

Lo scopo della relazione è fornire le informazioni atte a delineare un quadro completo delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, sismiche e geotecniche delle aree in cui ricadono gli interventi proposti.

Attraverso l'ausilio di studi mirati sul territorio è stato possibile:

- ricostruire gli aspetti naturalistici del territorio ove sono collocate le opere;
- descrivere le indagini geognostiche eseguite in sede di progettazione;
- rappresentare analiticamente tutta la gamma di informazioni geologiche, geomorfologiche e stratigrafiche individuando il modello di riferimento progettuale;
- definire la distribuzione delle falde idriche presenti nel sottosuolo;

- individuare le condizioni di pericolosità geologica, geomorfologica e idrogeologica e, più in generale, segnalare la presenza di situazioni tali da determinare vincoli o condizionamenti nell'ambito della progettazione;
- valutare l'interferenza fra le aree in progetto e le perimetrazioni di pericolosità geomorfologica del PAI, nonché le perimetrazioni di frana del catalogo IFFI;
- fornire i parametri geotecnici e sismici necessari per il dimensionamento delle strutture;
- definire l'interazione opere - terreni fornendo gli elementi per una corretta progettazione.

1.2 Metodologie utilizzate

Il documento è stato redatto sulla base di documentazione bibliografica acquisita, rilievi di campagna ed informazioni ottenute a seguito di una specifica campagna di indagini geognostiche condotta in sede di progettazione nell'autunno del 2022.

Attraverso l'interpretazione dei dati disponibili si è giunti ad una caratterizzazione stratigrafica e geotecnica dei sedimi e dei terreni d'interesse progettuale compatibile con il livello progettuale in essere.

2 RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086 (G. U. 21 dicembre 1971 n. 321) "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- Legge 5 novembre 1971 n. 1086 (G.U. 21 dicembre 1971 n. 321) "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- Legge 2 febbraio 1974 n. 64 (G.U. 21 marzo 1974 n. 76) "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche". Indicazioni progettuali per le nuove costruzioni in zone sismiche a cura del Ministero per la Ricerca scientifica - Roma 1981.
- Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (11 marzo 1988) "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".
- Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione". (Pres. Cons. Superiore — Servizio Tecnico Centrale).
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (ordinanza n. 3274 – Allegati 1, 2 e 3).
- D.P.R. 13 giugno 2017 n. 120, "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo", ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n.164;
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 17/01/2018, pubblicate sulla G.U. del 20.02.2018. In mancanza di specifiche indicazioni ad integrazione della norma in argomento, e per quanto con essa non in contrasto, sono state utilizzate le indicazioni contenute nei seguenti riferimenti:
 - IEC 60400-1 "Wind Turbine safety and design";
 - Eurocodice 2 "Design of concrete structures".
 - Eurocodice 3 "Design of steel structures" - EN 1993-1-1.
 - Eurocodice 4 "Design of composite steel and concrete structures".
 - Eurocodice 7 "Geotechnical design".

- Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici.
- Circolare 21/01/2019 n 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/01/2018
- Linee guida edite dall'A.R.T.A. nell'ambito del Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.).

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E URBANISTICO

Le aree in studio ricadono nella parte orientale della regione Molise all'interno dei comuni di Rotello (in massima parte) e Montelongo (con il solo lotto 4) in provincia di Campobasso. Il Molise è una regione prevalentemente montuosa e quasi priva di pianure, poco estesa (4.43 km²) confinante con l'Abruzzo a Nord, Lazio ad Ovest, Campania a Sud, Puglia ad Est, bagnata dal Mar Adriatico a Nord-est.

Il comune di Rotello ha circa 1.100 abitanti, si colloca ad una quota media di circa 360 m s.l.m su una delle ultime colline prima della costa molisana, a poca distanza con il confine della Puglia. Il Comune di Montelongo, invece, è un piccolo centro agricolo di poco più di 300 abitanti ad ovest di Rotello, da cui dista in linea d'aria circa 4,5 Km e via strada circa 9 chilometri.

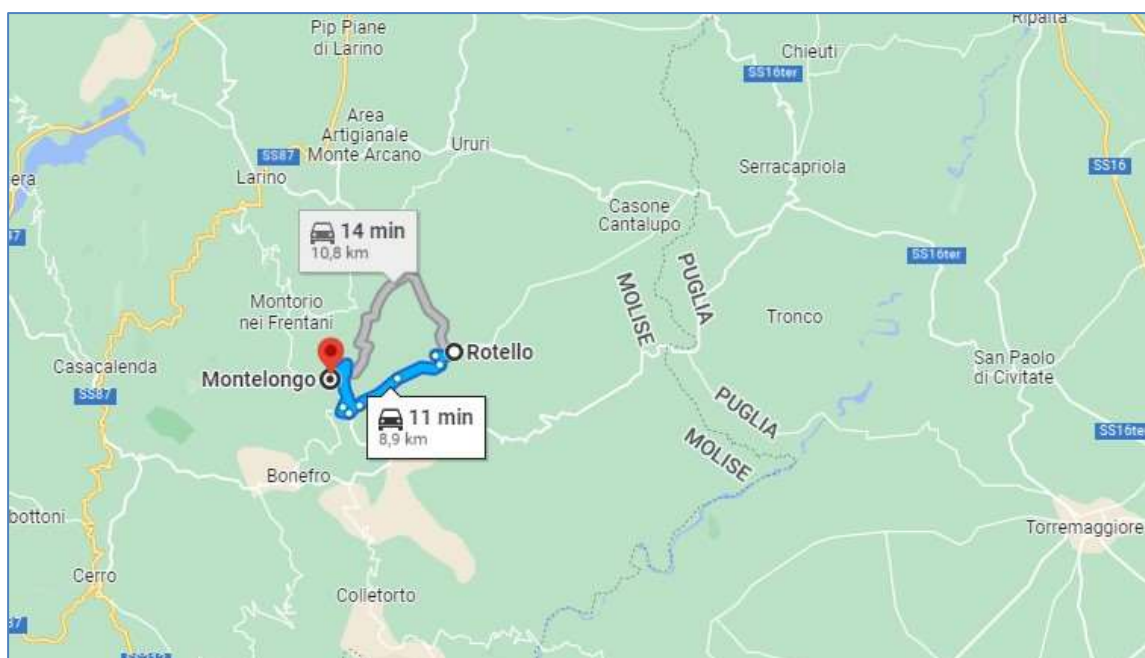


FIGURA 3.1 UBICAZIONE COMUNI DI ROTELLO E MONTELONGO

In quest'ambito gli impianti previsti si trovano a NW, N, e NE dell'abitato di Rotello, ed a NE rispetto a quello di Montelongo (figura 1.3 e figura 3.4).

Quello interessato dagli impianti fotovoltaici è un paesaggio dolcemente collinare a forte matrice agricola caratterizzato prevalentemente da seminativo e più limitatamente uliveti. La presenza antropica è frammentaria in forma di insediamenti rurali, raramente residenziale.

La sottostante carta regionale dell'uso del territorio conferma l'appartenenza ad un ambito a prevalente vocazione agricola.

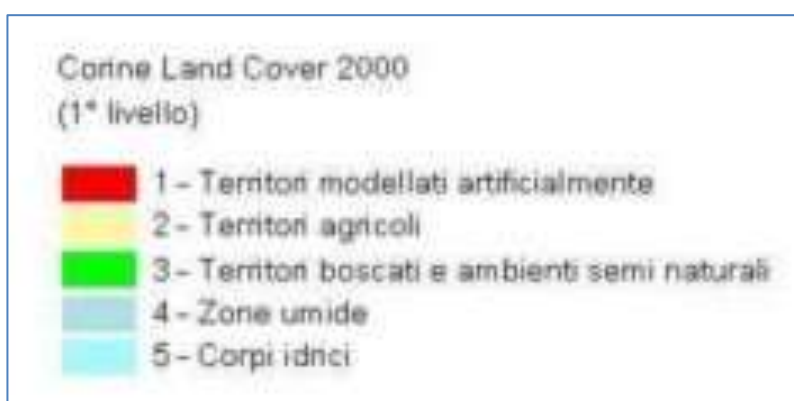
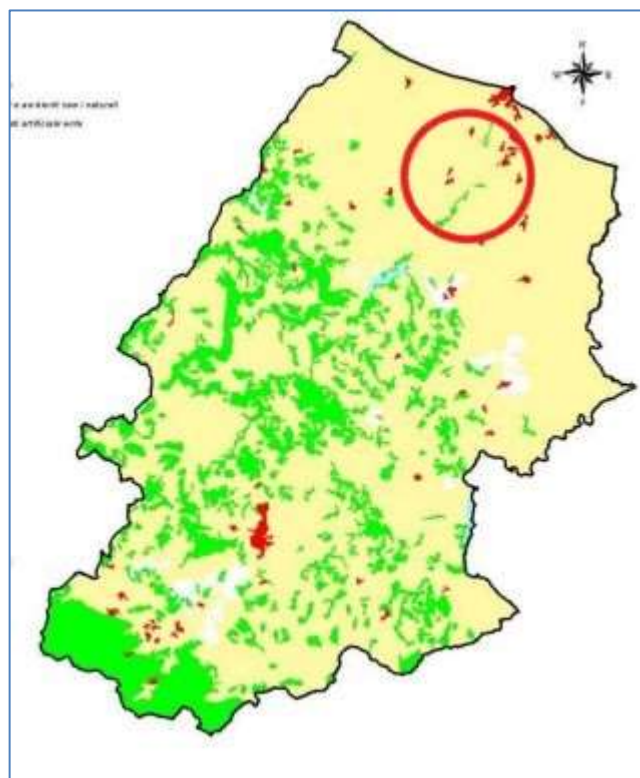


FIGURA 3.2 MOLISE. CARTA DELL'USO DEL TERRITORIO

La carta dell'uso del territorio conferma quindi un prevalente utilizzo a scopo agricolo, cui si affiancano piccoli lembi di terreni boscati e ambienti semi-naturali. I seminativi, in gran parte irrigui, e le colture legnose dominano la fascia costiera e collinare adriatica mentre nelle piane alluvionali di Boiano e Venafro e nei medi bacini del Trigno, Biferno e Fortore il paesaggio è contrassegnato da zone agricole eterogenee dove, in molti casi, è evidente l'abbandono dei terreni con mosaici di vegetazione naturale di neoformazione.

Nelle figure seguenti si riporta l'ubicazione delle aree dove è prevista la collocazione degli impianti su scala regionale e su scala comunale.

RELAZIONE GEOLOGICO GEOTECNICA

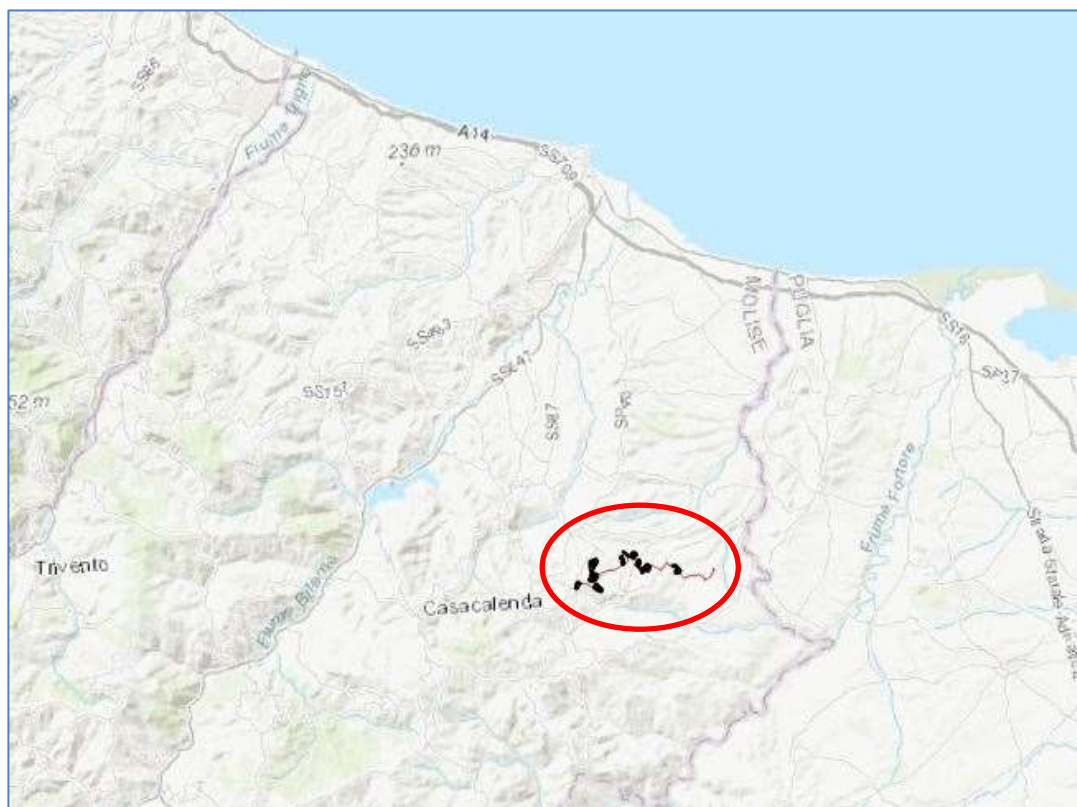


FIGURA 3.3 UBICAZIONE AREE A SCALA REGIONALE (GIS)

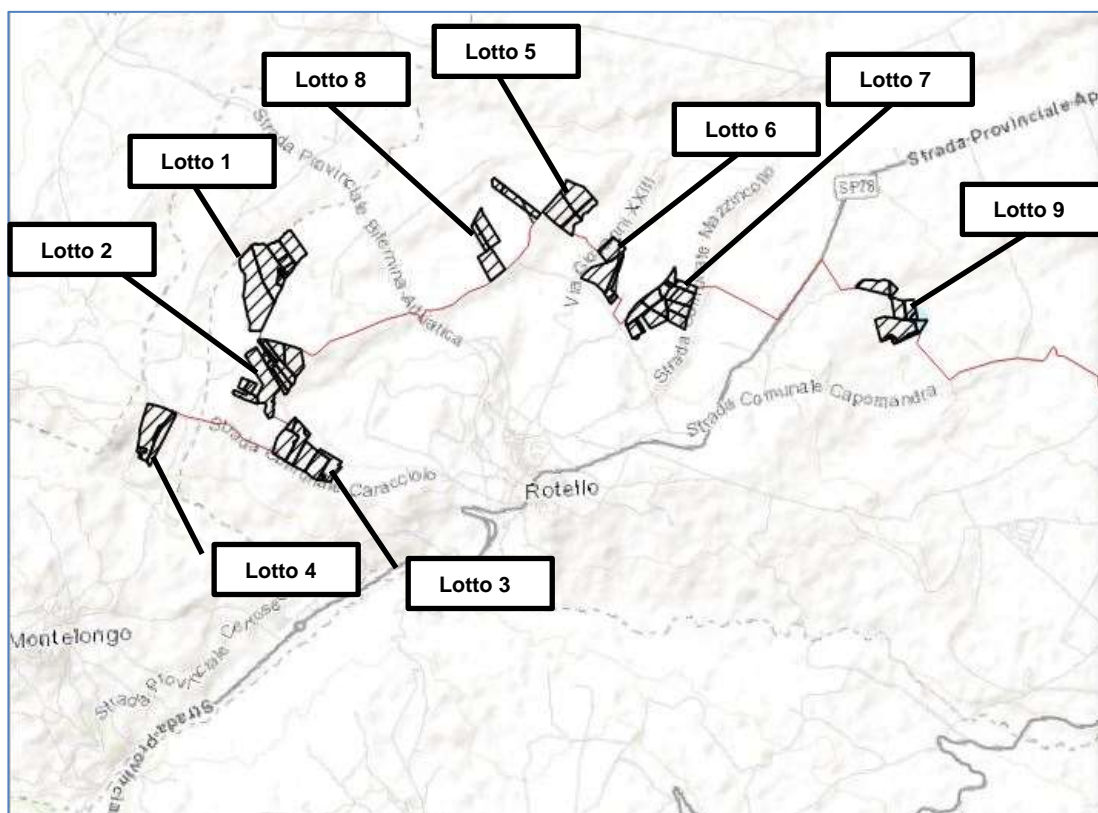


FIGURA 3.4 UBICAZIONE AREE A SCALA COMUNALE (GIS)

A livello regionale ricade nella porzione orientale del Molise a cavallo dei Fiumi Biferno ad ovest e Fortore ad est, ad una distanza di circa 23 Km in linea d'aria dal mare.

A livello comunale come anticipato tutti i lotti insistono in comune di Rotello fatta eccezione per il lotto 4 che si trova in Comune di Montelongo.

In figura 3.5 si evince come logisticamente le arterie stradali principali di collegamento al sedime in studio sono la SP148 a sud di Rotello, la SP78 ad est e la SP 40 ad ovest.

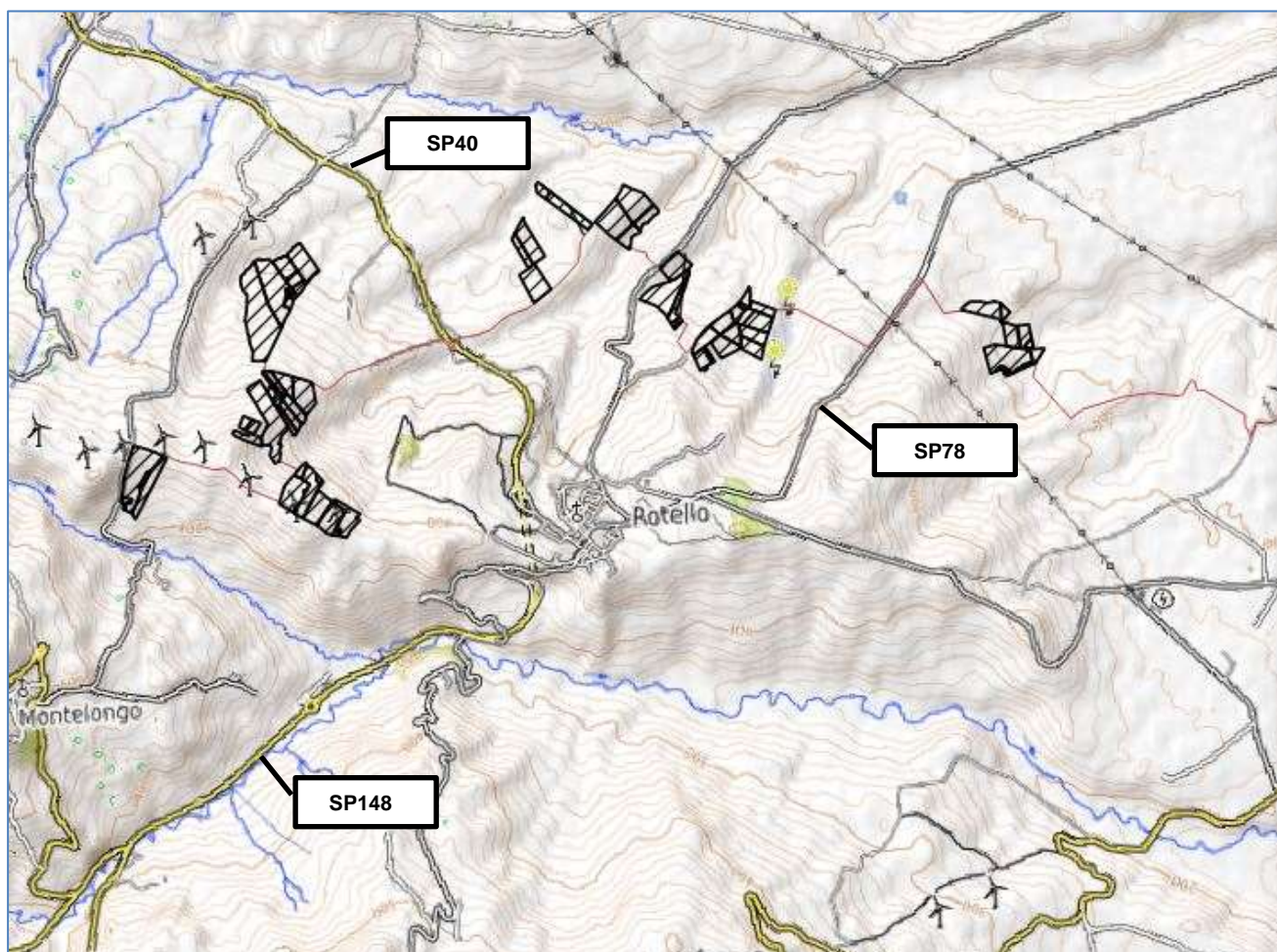


FIGURA 3.5 BASE TOPOGRAFICA CON VIABILITÀ PRINCIPALE (GIS)

Di seguito alcune fotografie scattate in sede di sopralluogo dalle quali si può apprezzare il contesto morfologico dolcemente collinare, la vocazione agricola prevalentemente a seminativo delle aree d'installazione dei pannelli, la presenza di un reticolo idrografico minore poco inciso, ed una viabilità stradale che alla rete principale di cui sopra affianca un reticolo di "tratturi" sterrati che mettono in comunicazione gli appezzamenti agricoli.

RELAZIONE GEOLOGICO GEOTEC-
NICA



RELAZIONE GEOLOGICO GEOTEC-
NICA



RELAZIONE GEOLOGICO GEOTEC-
NICA





FOTO 3.1 DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico le aree in studio ricadono nel quadrante di SW del Foglio n° 155 "San Severo" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, redatto partendo da rilievi di campo alla scala 1: 25.000 effettuati a metà degli anni '60. È questo un foglio occupato prevalentemente da depositi sedimentari recenti Plio-Pleistocenici, delimitato dal Fiume Biferno ad ovest, dal Fiume Fortore ad est, e tagliato in posizione circa intermedia da Torrente Saccione le cui estreme e più meridionali propaggini rimangono poco a nord di Rotello.

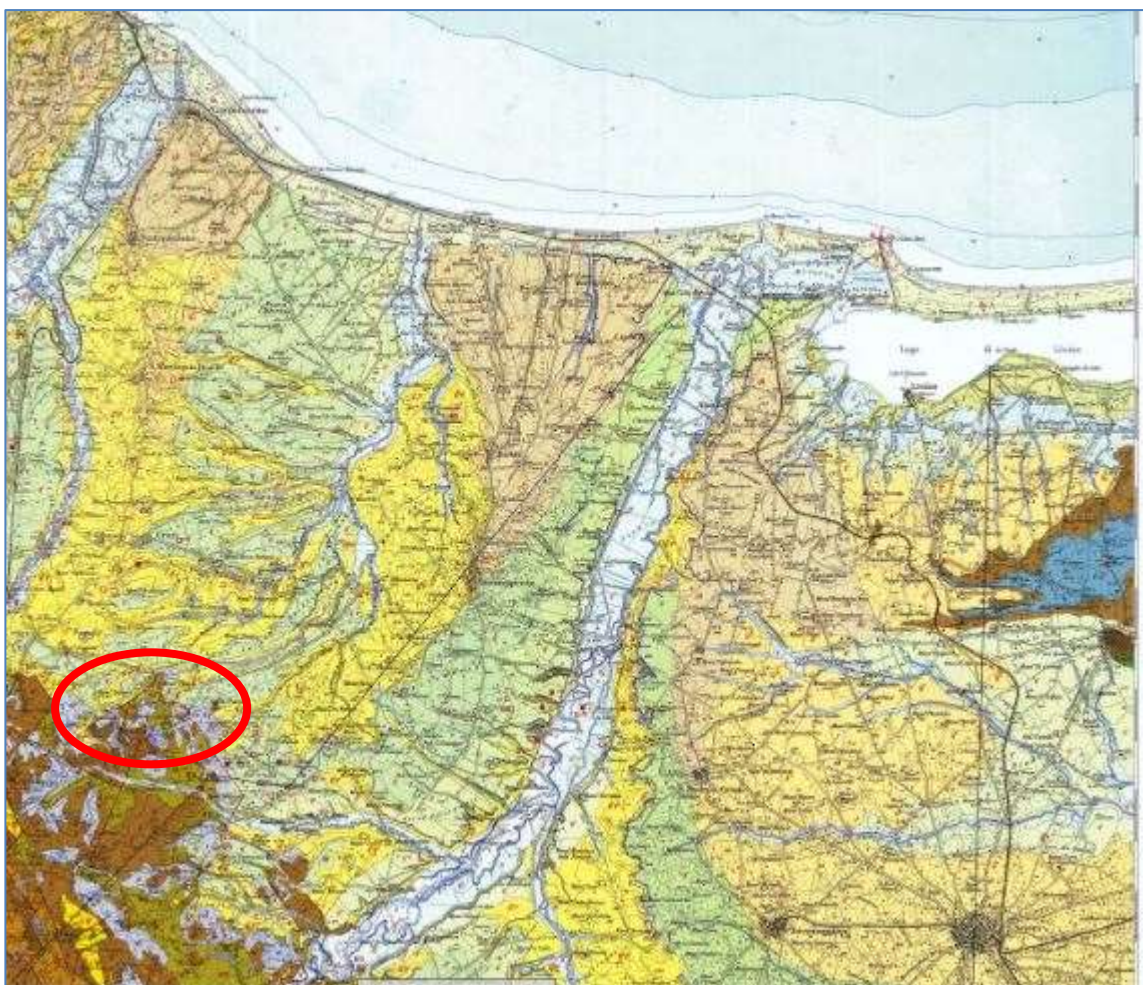


FIGURA 4.1 FOGLIO 155 S. SEVERO DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

Come anticipato la maggior parte del Foglio S. Severo è occupata da sedimenti clastici riferibili al Pliocene e Pleistocene, mentre depositi più antichi compaiono nell'angolo sud-occidentale del foglio, poco a sud dell'area in studio, dove sono cartografati terreni terziari in facies flyschode rappresentati dal basso verso l'alto da:

- argilliti varicolori con livelli diasprigni, calcarei ed arenarie con calcareniti di età oligomiocene inferiore;

- calcari organogeni con livelli calcarenitici e calcarei oltre a marne e lenti di selce (Formazione della Daunia) di età Miocene Serravalliano;
- Marne grigie con livelli di calcare arenaceo verso la base di età tortoniana (Marne di Toppo Capuana).

Su di essi poggiano quei depositi plio pliocenici diffusi e relativamente uniformi sopra accennati rappresentati da:

- Argille marnose e siltoso sabbiose riccamente fossilifere (Argille di Montesecco) di età Pliocene Calabriano;
- Sabbie più o meno cementate con lenti conglomeratiche ed argillose di età pliocene superiore Calabriano (Sabbie di Serracarpola);
- Ghiaie e conglomerati di età Calabriano superiore e post Calabriano (Conglomerati di Campomarino) la cui facies basale pur di ambiente marino va progressivamente variando verso facies continentali
- Depositi alluvionali disposti su più ordini di terrazzi in particolare lungo le valli del Fiumi Biferno e Fortore e relativi affluenti.

Ad un livello di dettaglio locale nell'area in studio, fra i comuni di Montelongo e Rotello, i terreni presenti secondo la carta geologica sono, dal basso verso l'alto:

- Sigla M¹O, Argilliti varicolori in assetto caotico del Miocene-Oligocene;
- M3-1 Formazione della Daunia composta da Calcari organogeni bianchi con intercalazioni di calcari pulverulento e straterelli di calcareniti passante verso il basso a marne a marne calcaree e nella parte inferiore ad arenarie quarzose con intercalazioni di calcareniti. Età Serravalliano, Langhiano – Aquitaniano;
- Sigla Q^cp² Argille di Montesecco, argille marnose siltoso sabbiose di colore grigio azzurro fossilifere del Calabriano – Pleistocene;
- Sigla fl1, Depositi fluviali e fluviolacustri del I ordine di terrazzi composti da ghiaie più o meno cementate, livelli travertinosi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi ricoperti da terre nere (paleosuolo) del Pleistocene medio;
- Depositi detritici (sigla dt) lungo i versanti e alluvionali (sigla a) dei fondivalle di età Olocene.

Sistemi di faglie orientati NE-SW e più limitatamente NW-SE interessano i depositi più antichi e separano i depositi miocenici delle argille varicolori e della formazione di Daunia da quelli pliocenici delle argille di Montesecco. Medesima direzione NE-SW l'hanno i corsi d'acqua i quali probabilmente scorrono lungo zone di debolezza imposte dai sistemi dislocativi.

Si riporta, di seguito, uno stralcio di maggiore dettaglio della carta geologica centrato sull'area in studio con relativa legenda.

RELAZIONE GEOLOGICO GEOTEC-
NICA

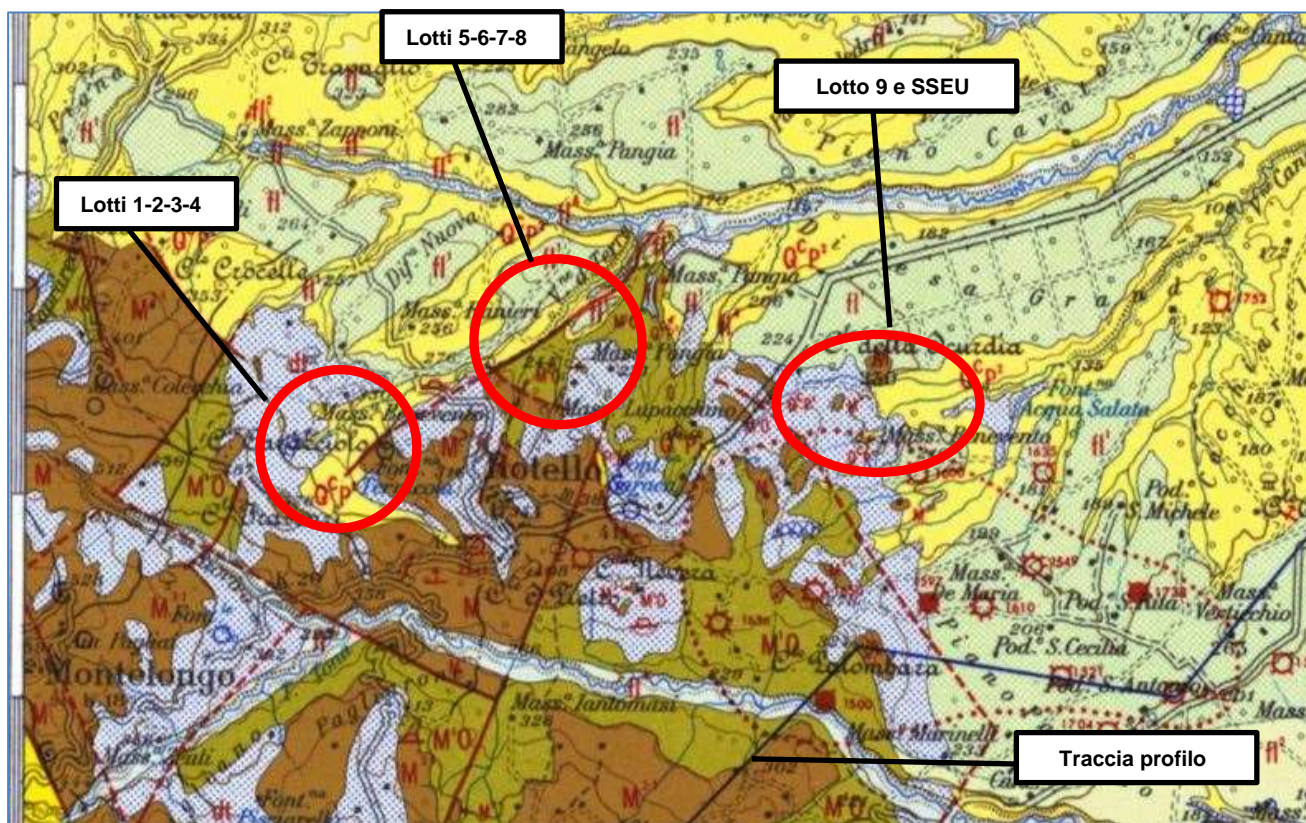
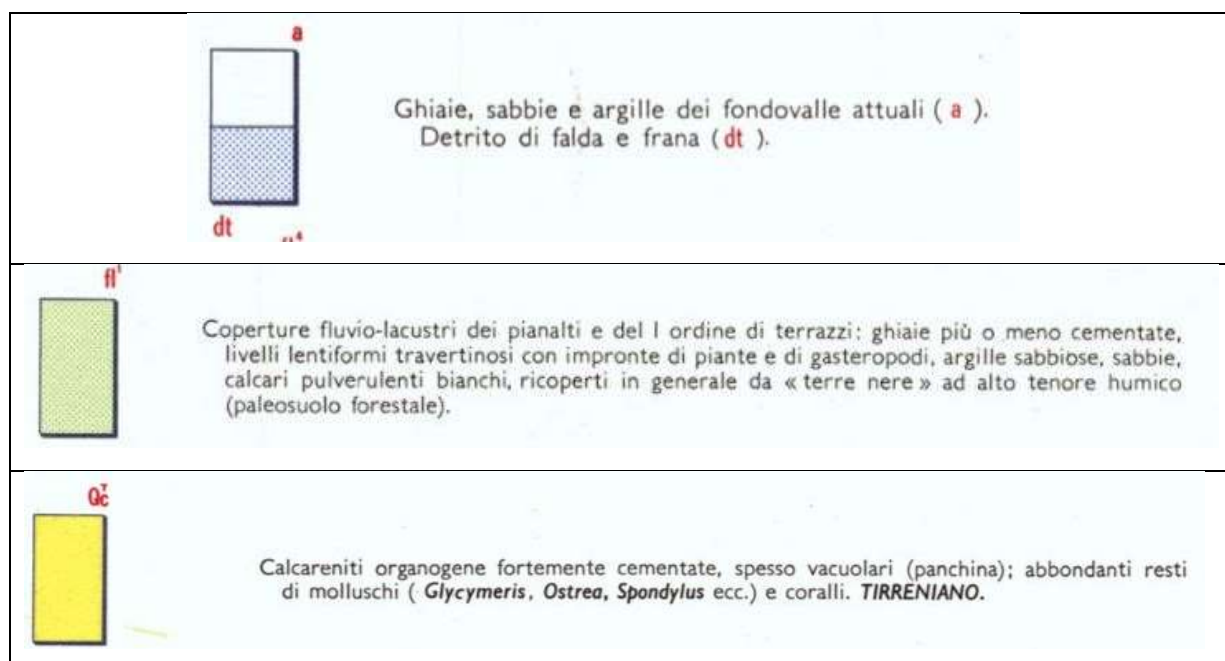


FIGURA 4.2 - STRALCIO CARTA GEOLOGICA 1:100.000







	<p>Q^c</p> <p>SABBIE DI SERRACAPRIOLA – Sabbie giallastre, a grana più o meno grossa, più o meno cementate, a stratificazione spesso indistinta con intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani e di argille; abbondante macrofauna a gasteropodi e lamellibranchi (<i>Ostrea</i>, <i>Pecten</i> ecc.); microfauna a <i>Bulimina marginata</i> d'ORB., <i>B. fusiformis</i> WILL., <i>Eponides frigidus granulatus</i> DI NAPOLI, <i>Ammonia beccarii</i> L.. CALABRIANO - PLIOCENE SUP. ?</p>
	<p>Q^cp²</p> <p>ARGILLE DI MONTESECCO – Argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, con abbondante macrofauna a prevalenti lamellibranchi (<i>Chlamys opercularis</i> L., <i>C. flexuosa</i> POLI, <i>Glycymeris</i>, ecc.) e gasteropodi; microfauna, nella parte alta, a <i>Valvulineria bradyana</i> (FORN.), <i>Bolivina superba</i> EM., <i>B. catanensis</i> SEG. e <i>Bulimina elegans</i> D'ORB., nella parte inferiore, a <i>Globorotalia crassaformis</i> (GALL. e WISS.) e <i>G. scitula</i> (BRADY). CALABRIANO ? - PLIOCENE MEDIO.</p>
	<p>M²¹</p> <p>FORMAZIONE DELLA DAUNIA – Superiormente calcari organogeni bianchi litoidi, con intercalazioni di calcare bianco pulverulento e straterelli di calcareniti compatte o fogliettate a briozoi, corallinacee, echinodermi, pettinidi, miogypsine, amistegine e microfauna a <i>Globigerinoides triloba</i> (REUSS), <i>G. bispherica</i> TODD, <i>Globoquadrina dehiscens</i> (CHAP. PARR. e COLL.); nella parte media, marne calcaree bigie con lenti e solette di selce bruna alternanti con argille siltose grigiastre e qualche livello di tripoli a radiolari; nella parte inferiore, arenarie quarzose giallastre con intercalazioni di calcareniti alternanti con marne argillose verdine, che si rinven-gono anche come intercalazioni tra gli strati di calcare arenaceo o marnoso della parte alta delle « Argilliti varicolori ». SERRAVALLIANO - LANGHIANO - AQUITANIANO ?</p>
	<p>M'0</p> <p>« ARGILLITI VARICOLORI » (« Complesso indifferenziato » p. p. del foglio Lucera). Arenarie giallastre con intercalazioni di calcareniti e di argille verdi; alternanze di argilliti varicolori, prevalentemente rosse, con strati di diaspri neri e rossigni, di calcari a lepidocyclina e con concrezioni manganesifere; in assetto frequentemente caotico. MIOCENE INF. - OLI-GOCENE.</p>

FIGURA 4.3 STRALCIO LEGENDA DELLA CARTA GEOLOGICA

Dalla carta in corrispondenza dei lotti si avrebbe quindi un substrato di argilliti varicolori e/o della Formazione della Daunia sul quale poggiano o si affiancano le argille di Montesecco e le coperture fuviolacustri del I ordine di terrazzi. Lembi detritici o colluviali più o meno ampi, non sempre cartografati, ricoprono i depositi a matrice argillosa.

Le indagini geognostiche eseguite, e descritte nel proseguo del testo, in parziale congruenza con quanto sopra hanno riscontrato in tutti i lotti argille grigio azzurre consistenti e sovraconsolidate ricondotte alle argille di Montesecco, sulle quali poggia una copertura colluviale a composizione limoso argillosa derivante da alterazione dello stesso substrato. Localmente su parte dei lotti 5-6 e sul sedime della SSE sulle colluvioni limoso argillose è stato riscontrato uno spessore di pochi metri di sabbie ghiaiose, o sabbie limose o ancora limi sabbiosi di origine alluvionale. Non è invece stata rilevata in sede d'indagine ed in corrispondenza dei lotti la presenza delle argille varicolori e della Formazione della Daunia.

Uno degli aspetti morfologici peculiari delle argilliti varicolori e delle argille di Montesecco è quello di dare origine, per effetto della spiccata erodibilità e scarsa resistenza agli agenti esogeni, a morfologie blande con forme gibbose ed arrotondate cui si accompagna una tendenza all'instabilità di versante, specie laddove il materiale appare

maggiormente alterato e/o fratturato e/o imbibito d'acqua. Per contro la morfologia ereditata dalla Formazione della Daunia, maggiormente competente, dà luogo a forme più complesse e articolate cui si abbinano pendenze maggiori e spesso quote più elevate.

In figura seguente si riporta uno stralcio della Carta Geolitologica consultabile attraverso il Geoportale Nazionale, con inserito il layer relativo all'intervento in progetto. In carta unità flyschiodi riconducibili alle Argille Varicolori e Formazione della Daunia si affiancano a depositi alluvionali terrazzati ed argille grigio azzurre di Montesecco.

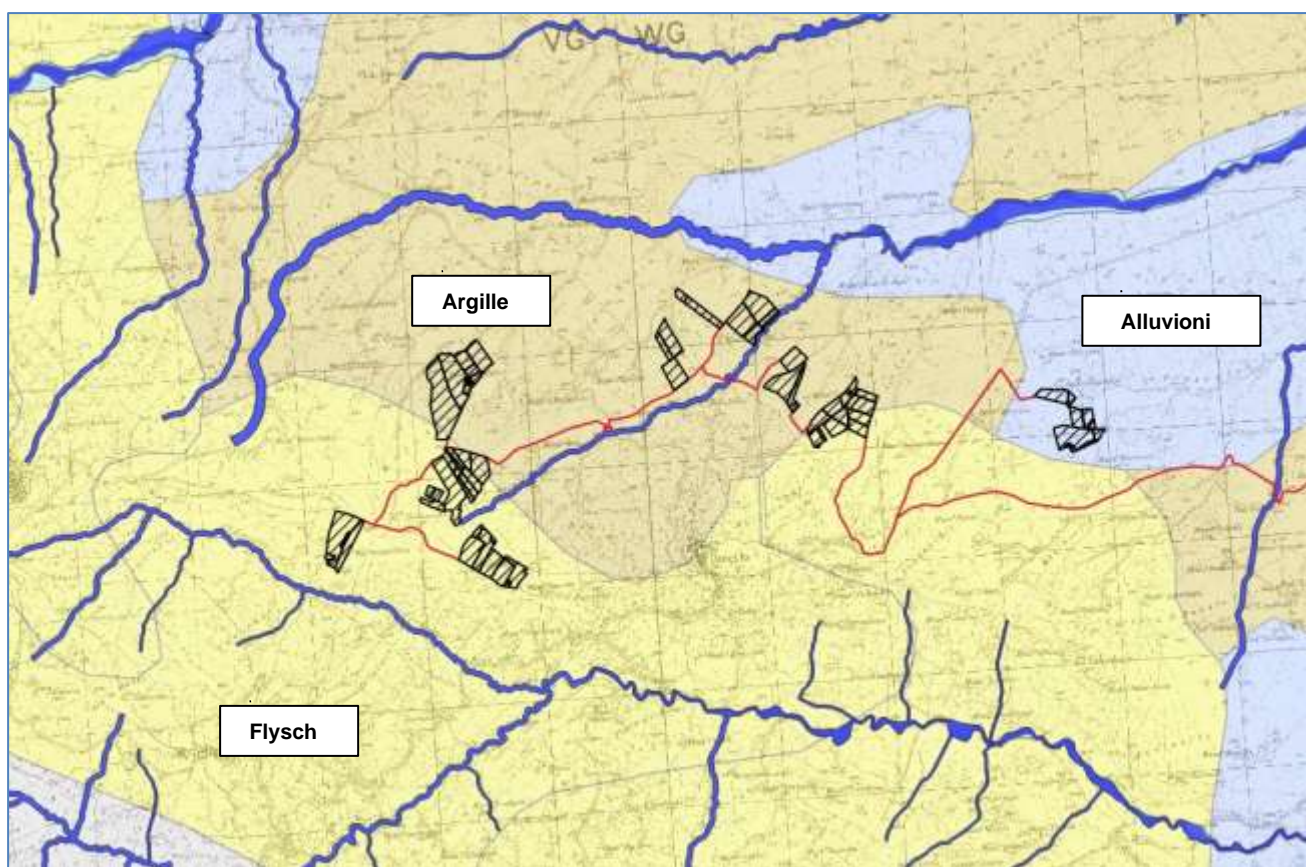


FIGURA 4.4 CARTA GEOLOGICA DAL GEOPORTALE NAZIONALE E RELATIVA LEGENDA

Per maggiore comprensione di seguito si riporta uno stralcio del profilo geologico allegato allo stesso Foglio 155 "San Severo" che con direzione NE-SW rimane poco ad est di Rotello (vedi figura 4.2) e può ritenersi esemplificativo dei rapporti stratigrafici presenti. Dalla figura si evince la presenza di un nucleo di argille varicolori su cui poggia la Formazione della Daunia fino a che, verso nord, una faglia taglia bruscamente la successione miocenica mettendola direttamente e lateralmente a contatto con le argille plioceniche grigio azzurre di Montesecco, sulle quali poggiano lembi di terrazzi pleistocenici del I ordine.

Argille plioceniche e limitati lembi di terrazzi pleistocenici rappresentano quindi il modello stratigrafico “tipo” riscontrato nel corso delle indagini eseguite.

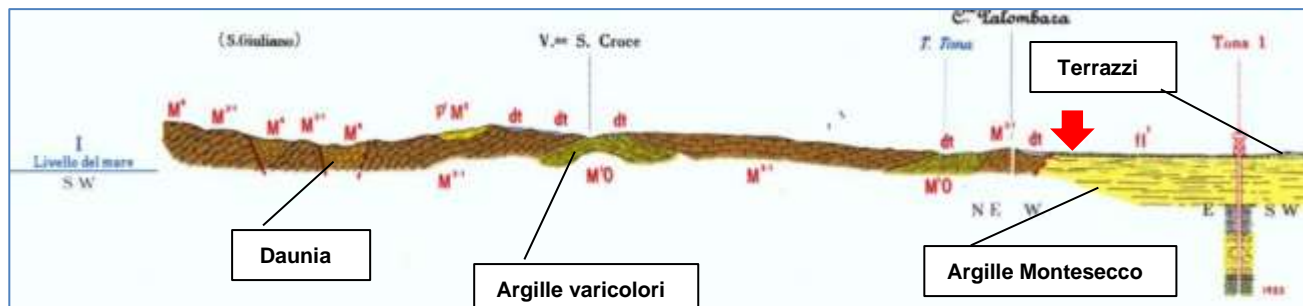


FIGURA 4.5 STRALCIO SEZIONE GEOLOGICA CON LE RELAZIONI GEOMETRICO-STRATIGRAFICHE. LA FRECCIA ROSSA INDICA SCHEMATICAMENTE LA POSIZIONE DEI LOTTI IN PROGETTO

Di seguito alcune fotografie acquisite in sede di sopralluogo



FOTO 4.1 SUB AFFIORAMENTO DI ALLUVIONI QUATERNARIE TERRAZZATE POGGIANTI SU ARGILLE



FOTO 4.2 SUB AFFIORAMENTO DI ARGILLE GRIGIE

5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio della Regione Molise ricade in un settore della catena appenninica di recente corrugamento e sollevamento, ed è pertanto dominato da versanti collinari e montuosi con energia di rilievo da moderata fino ad elevata. Laddove tali versanti sono impostati su litologie scarsamente resistenti all'erosione e/o suscettibili di deformazioni plastiche, come i termini argillosi, la loro evoluzione verso condizioni di maggiore maturità avviene attraverso fenomeni di dissesto. In generale le frane in Molise rappresentano fenomeni la cui attivazione o riattivazione, oltre a dipendere da cause predisponenti legate alla litologia, all'assetto strutturale, all'idrologia ed alla morfologia del versante, sono legate ad una serie di fattori di innesco, fra cui una parte determinante l'hanno gli eventi meteorici di particolare intensità e/o durata e gli scuotimenti sismici. Il Molise è, in linea generale, una regione caratterizzata da una elevata suscettibilità al dissesto cui corrisponde, secondo l'Inventario dei Fenomeni Franosi d'Italia (IFFI) una densità media dei fenomeni franosi di 5,08 frane/Kmq, pari ad un indice di franosità di 11,4%. Tra queste le colate con una incidenza del 47% rappresentano la tipologia più diffusa, seguita dalle frane complesse (30%) e dagli scivolamenti (19%). Sempre secondo l'IFFI circa il 41% dei fenomeni franosi regionali è localizzato in aree dove affiorano successioni a prevalente componente argillosa. Molte delle frane censite, inoltre, sono fenomeni stagionali che si attivano a seguito degli eventi meteorici intensi.

Ciò premesso l'area di specifico interesse progettuale ben rappresenta il contesto regionale sopra descritto, caratterizzata da una morfologia prevalentemente collinare con forme dolci ed arrotondate e quote topografiche variabili dai circa 200 m fino a circa 450 m s.l.m. Nonostante le forme dolci e la scarsa energia di rilievo la diffusa presenza di depositi argillosi affioranti o sub affioranti ascrivibili alle Argille di Montesecco, la scarsità di una copertura vegetale erbacea e soprattutto arborea perenne, e la scarsità del reticolo idrografico favoriscono la presenza di fenomeni di instabilità prevalentemente a decorso lento come colamenti, scivolamenti rototraslazionali e fenomeni complessi, oltre a condizioni di erosione superficiale diffusa lungo i versanti e concentrata nei fondovalle.

Amministrativamente l'area in studio ricade nella competenza dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale e nei bacini idrografici del Fortore del Saccione.

Dal catalogo IFFI, Inventario dei Fenomeni Franosi d'Italia, risulta che alcuni lotti sono parzialmente interessati da fenomeni franosi prevalentemente del tipo a colamento lento e più limitatamente per scivolamento. In particolare:

- colamenti lenti interessano limitati settori dei lotti 2 – 3 – 4 – 5;
- uno scivolamento rototraslazionale interessa un limitato settore del lotto 7.

In figura seguente una sovrapposizione del progetto con le perimetrazioni di frana del catalogo IFFI; sono indicati i singoli lotti, la cabina di SSEU e il tracciato del cavidotto.

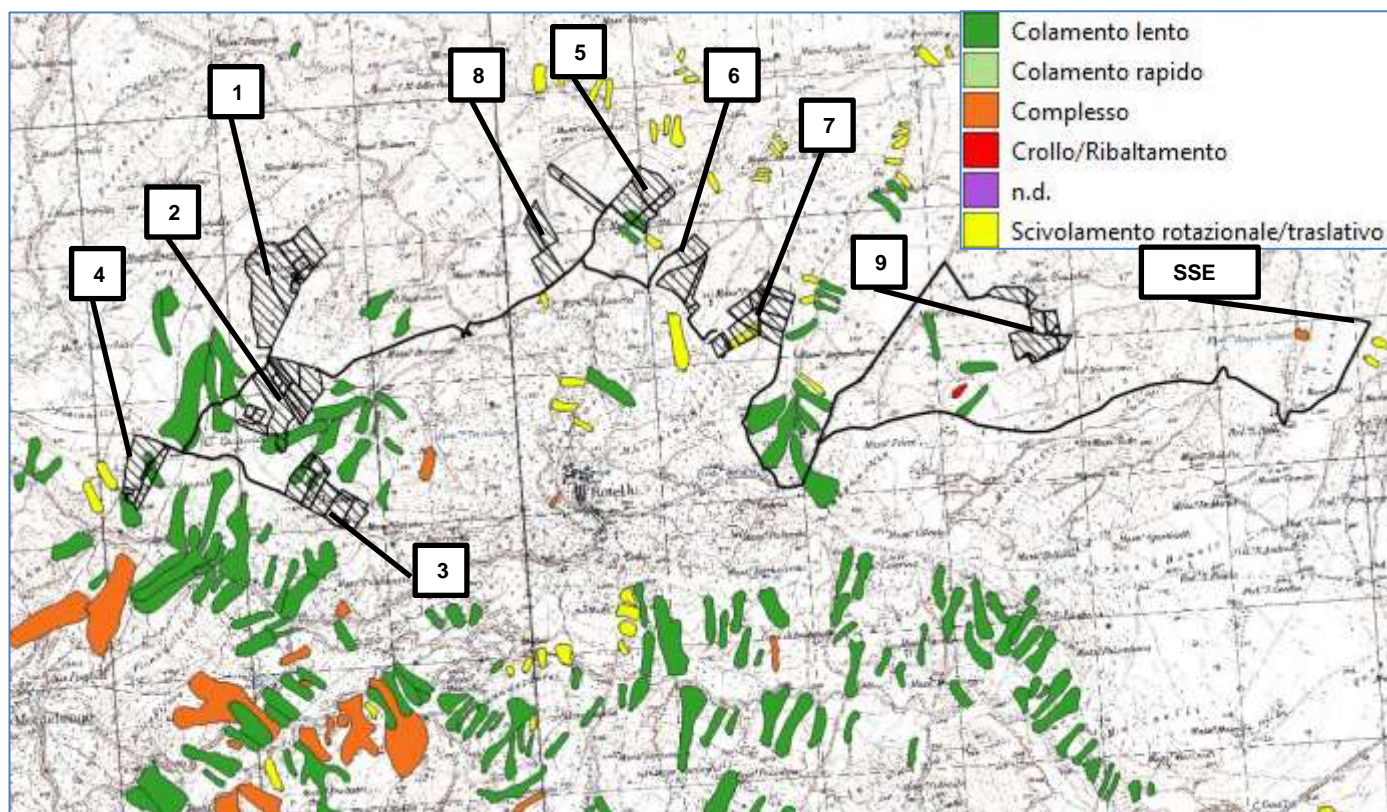


FIGURA 5.1 SOVRAPPOSIZIONE DEL PROGETTO CON LE FRANE DEL CATALOGO IFFI (GIS).

Con buona congruenza la sovrapposizione della pericolosità geomorfologica del PAI del Fortore e di quello del Saccione con il progetto, riportata in figura 5.2, evidenzia:

- una condizione di pericolosità molto elevata P4 su parte del lotto 2 e del lotto 3 per una superficie più ampia delle frane IFFI, oltre che una parte del lotto 9;
- una condizione di pericolosità elevata P3 su parte del lotto 4 e lotto 5 in sostanziale congruenza con le frane IFFI, e sul lotto 7 per un'estensione maggiore della frana IFFI;
- non vi sono perimetrazioni a pericolosità media P2;
- una condizione di pericolosità moderata P1 su parte dei lotti 1 e 5.

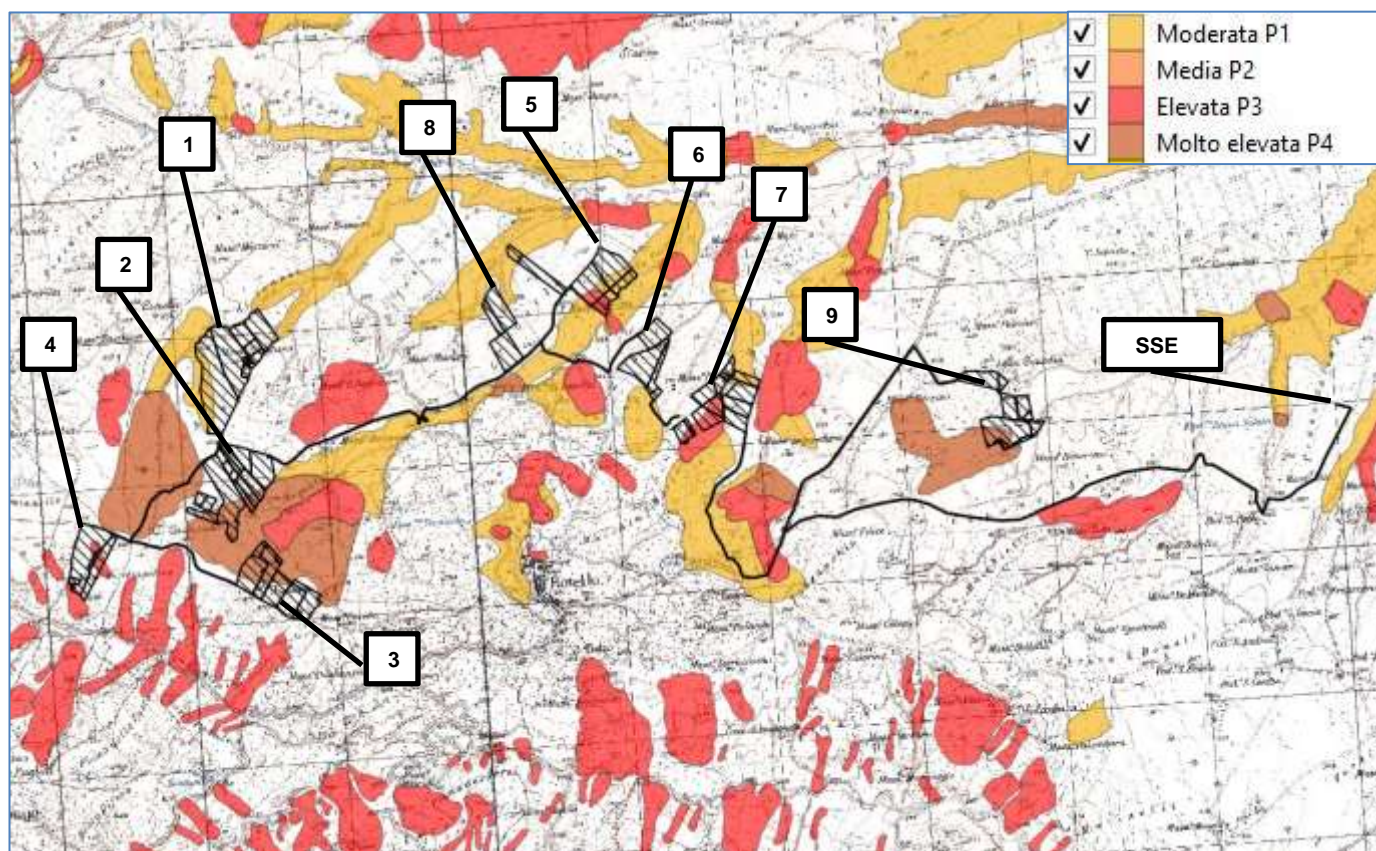


FIGURA 5.2 SOVRAPPOSIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA DEL PAI CON IL PROGETTO (GIS)

Appartengono ad aree a pericolosità molto elevata quelle con movimenti attivi e/o con caratteri evolutivi che mirano all'estensione del fenomeno. Appartengono ad aree a pericolosità elevata quelle con carattere di quiescenza, indicatori diretti relativi a frane preesistenti e con segni precursori di fenomeni gravitativi (ondulazioni, contropendenze ecc) e aree di probabile evoluzione spaziali dei fenomeni attivi, oltre a dissesti superficiali (soflussi e deformazioni viscosi del suolo). Appartengono ad aree a pericolosità moderata quelle prive di indicatori riferibili a movimenti gravitativi veri e propri, aree di probabile evoluzione spaziale di fenomeni quiescenti, e fenomeni stabilizzati naturalmente.

La pericolosità idraulica, rappresentata in figura 5.3, è media circoscritta all'alveo di una rete di corsi d'acqua minori, poco incisi, senza interessamento dei singoli lotti. Una sottile fascia di pericolosità idraulica perimetra il margine orientale del lotto 5 e interseca il tracciato del cavidotto in corrispondenza di piccoli attraversamenti stradali, la cui intersezione viene risolta con strutture scatolari o tubolari (vedi foto 5.1).



FOTO 5.1 INTERSEZIONE FRA CORSO D'ACQUA MINORE E VIABILITÀ LOCALE

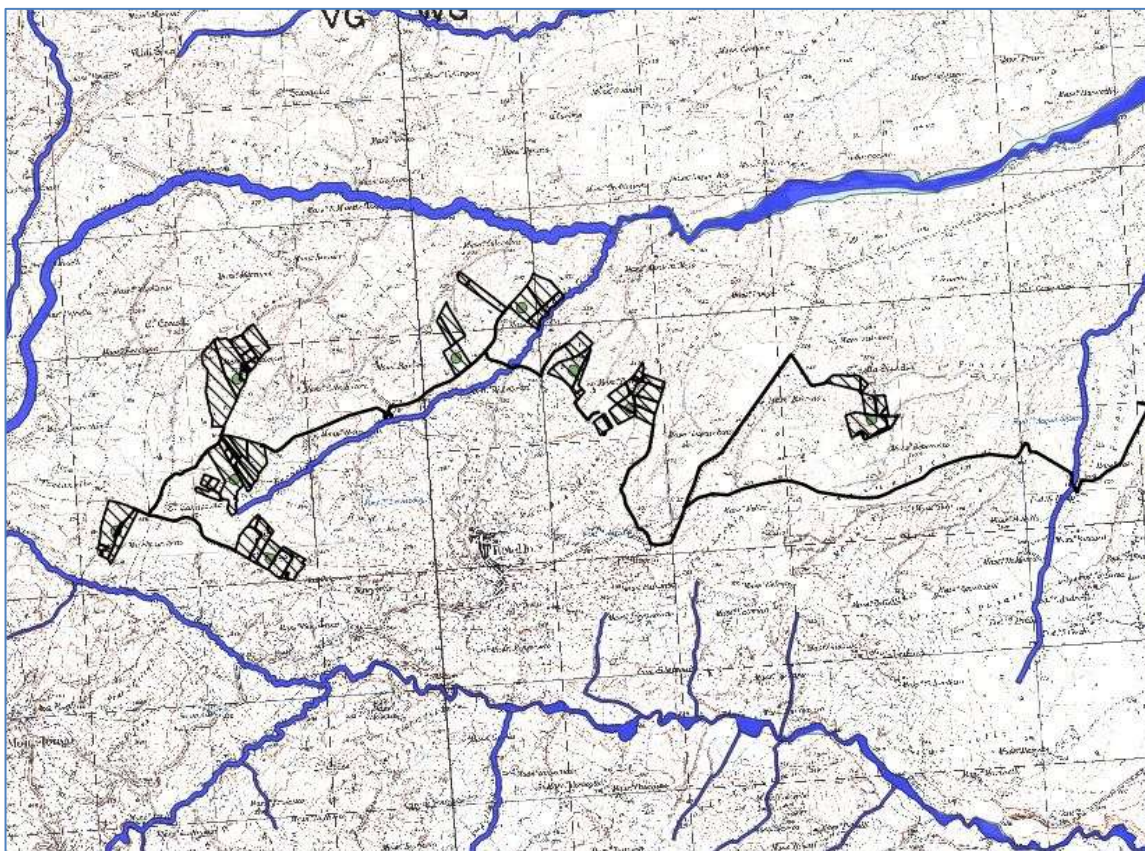


FIGURA 5.3 PERICOLOSITÀ IDRAULICA MEDIA IN CORRISPONDENZA DEI CORSI D'ACQUA (GIS)

I sopralluoghi in sito hanno confermato i riscontri forniti dalla documentazione bibliografica con una condizione di pericolosità geomorfologica potenziale nel complesso media, diffusa ed endemica, imputabile alla morfologia collinare ed alla presenza di terreni limoso argillosi affioranti o subaffioranti. I dissesti sono a decorso lento con dinamiche spesso stagionali che assai raramente evolvono verso un crollo/distacco, quanto piuttosto danno origine a lente deformazioni superficiali più marcate durante la stagione invernale o primaverile, specie a seguito degli eventi meteorici intensi. Più che nelle aree agricole, dove la lavorazione periodica dei terreni tende sovente ad occultare le forme, i dissesti sono resi evidenti da fessurazioni, lesioni ed avvallamenti in corrispondenza delle pavimentazioni stradali, crepe su muretti e piccole strutture, perdita di verticalità dei pali della luce o delle alberature.

In figura seguente alcune fotografie a riguardo acquisite in sede di sopralluogo.



FOTO 5.2 PERDITA DI VERTICALITÀ DEI PALI DELLA LUCE



FOTO 5.3 PERDITA DI VERTICALITÀ E DISALLINEAMENTO DEI PALI DELLA LUCE



FOTO 5.4 LESIONI E AVVALLAMENTI DEL MANTO STRADALE



FOTO 5.5 DEFORMAZIONI SUL TERRENO CON AZIONE DI RICHIAMO LUNGO LA SEDE STRADALE

La maggior parte dei fenomeni franosi censiti dall'IFFI nelle aree in studio hanno dimensioni contenute e rientrano nella categoria dei colamenti e più limitatamente degli scivolamenti. Non mancano, esternamente alle aree di pertinenza progettuale, fenomeni complessi e di dimensioni significative tra cui si ricorda, a puro titolo di esempio, la grande frana di Covatta che nel 1996 sbarrò completamente l'alveo del Fiume Biferno.

La forte instabilità dei versanti che bordano le valli molisane fa sì che la maggior parte dei fenomeni franosi siano in fase di attività o di quiescenza. Questi ultimi vanno considerati però come dissesti che possono avere tempi di quiescenza relativamente brevi e comunque non sono da intendersi come fenomeni stabilizzati.

Come in parte anticipato la locale propensione al dissesto è da ascrivere essenzialmente ad una sfavorevole immaturità morfologica del paesaggio a cui si associa la bassa resistenza al taglio e/o elevata deformabilità di molte delle formazioni geologiche, l'ambiente collinare, la scarsità della rete di deflusso. Tra le unità geologiche più suscettibili sono da ascrivere quelle argilloso-marnose e arenaceo-sabbiose che sono preponderanti lungo il segmento mediano dei fiumi Trigno, Biferno e Fortore, e in più piccola parte nell'area di testata del Fiume Volturno. A tal proposito si riporta, di seguito, una figura che illustra la franosità in percentuale rispetto alla natura dei litotipi. Da un rapido esame risulta

evidente l'incidenza che i terreni sabbioso-arenaceo marnosi e argilloso marnosi hanno rispetto agli altri litotipi.

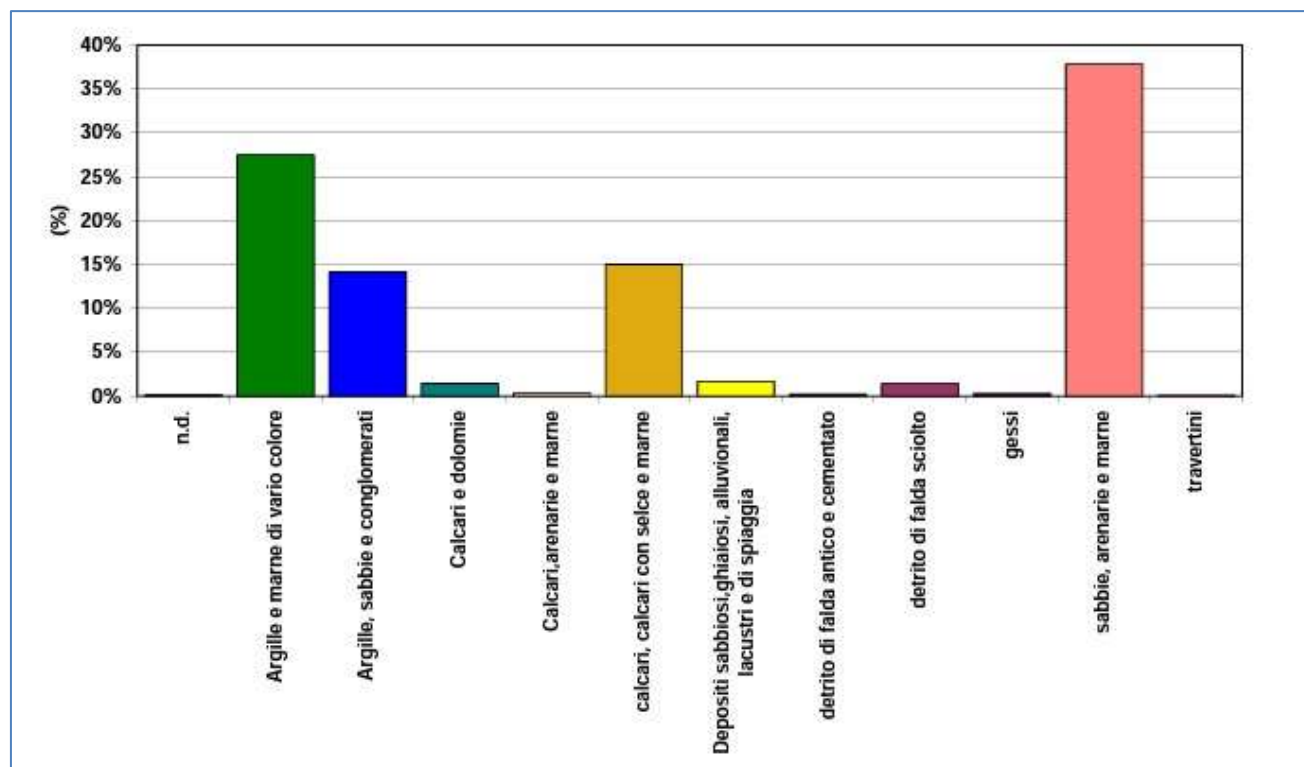


FIGURA 5.4 FRANOSITÀ DEI TERRENI IN FUNZIONE DEI LITOTIPI

5.1 Vincolo idrogeologico

Il R.D. 3267/1923 “*Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani*”, come integrato e modificato dal R.D. 31/01/1926 e n. 23 del 13/02/1933, istituisce il vincolo idrogeologico individuando una serie di misure per definire le modalità di utilizzo del territorio tutelando l’assetto idrogeologico, il paesaggio e l’ambiente. L’articolo 1 del RD 3267 recita testualmente: “*sono sottoposti a vincolo per scopi idrogeologici i terreni di qualsiasi natura e destinazione che, per effetto di forme di utilizzazione contrastanti con le norme di cui agli articoli 7, 8 e 9 possono, con danno pubblico, subire denudazioni, perdere la stabilità o turbare il regime delle acque*”. Con il vincolo idrogeologico lo Stato intende proteggere l’ambiente, le acque ed i terreni dal rischio di danneggiamento che potrebbe derivare da lavori, modifiche nella destinazione d’uso, opere edilizie, movimenti terra ecc. Il vincolo idrogeologico, quindi, è una forma di tutela che prevede la richiesta di specifica autorizzazione per ogni intervento che interagisca con una porzione di territorio oggetto del vincolo stesso. Le aree sottoposte a vincolo idrogeologico sono state individuate dal Corpo Forestale dello Stato negli anni 60 quando, per ogni comune, è stata redatta una carta su base IGM in scala 1:25.000 delle zone sottoposte a vincolo. Nella Provincia di Campobasso la sensibilità del territorio al dissesto

idrogeologico è legata alla presenza di terreni argillosi ed alla conformazione collinare del territorio. Il vincolo, quindi, ha lo scopo di ridurre i dissesti e salvaguardare il territorio.

In tale ottica nel sedime in studio sono presenti due aree sottoposte al vincolo idrogeologico ricadenti in Comune di Rotello e Comune di Montelongo.

In Comune di Rotello il vincolo interessa una fascia allungata con direzione circa est ovest a valle del centro abitato. Essa non interessa il sedime di prevista installazione dei pannelli rimanendo a margine del lotto 3 ed a valle dei lotti 1 e 2 (figura 5.5).

In Comune di Montelongo prosegue la perimetrazione del vincolo idrogeologico già indicata sul Comune di Rotello, la quale interessa interamente il lotto 4, il più meridionale fra quelli in progetto (figura 5.6).

Si riportano, di seguito, alcuni stralci delle cartografie ufficiali del vincolo idrogeologico con la posizione dei lotti interferiti o attigui.

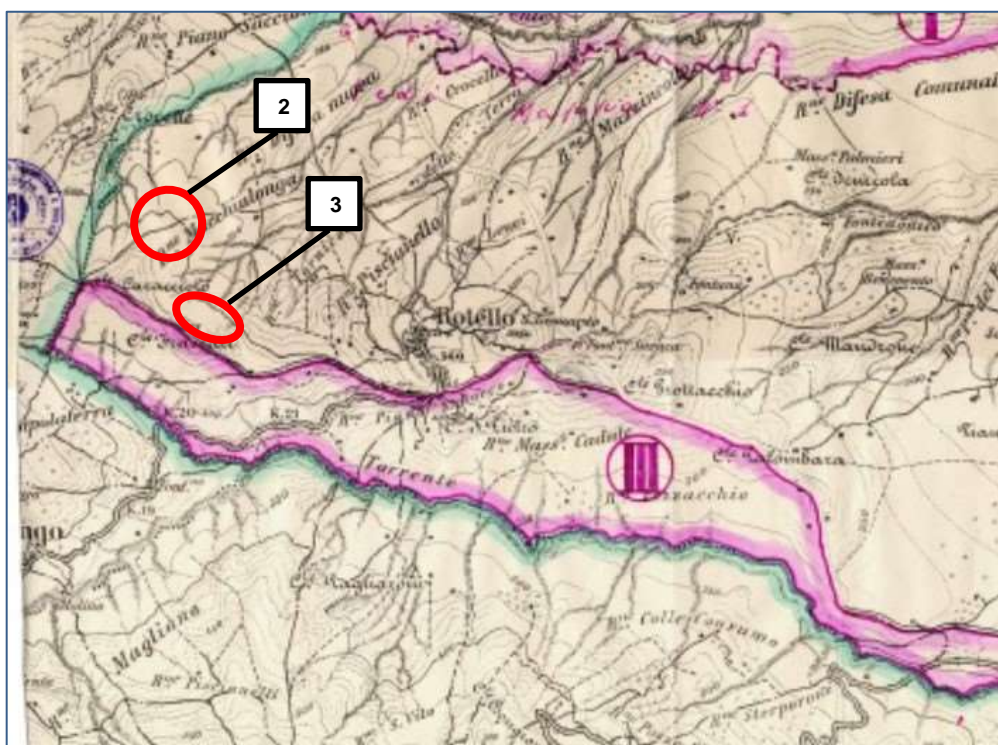


FIGURA 5.5 - CARTOGRAFIA VINCOLO IDROGEOLOGICO DEL COMUNE DI ROTELLO

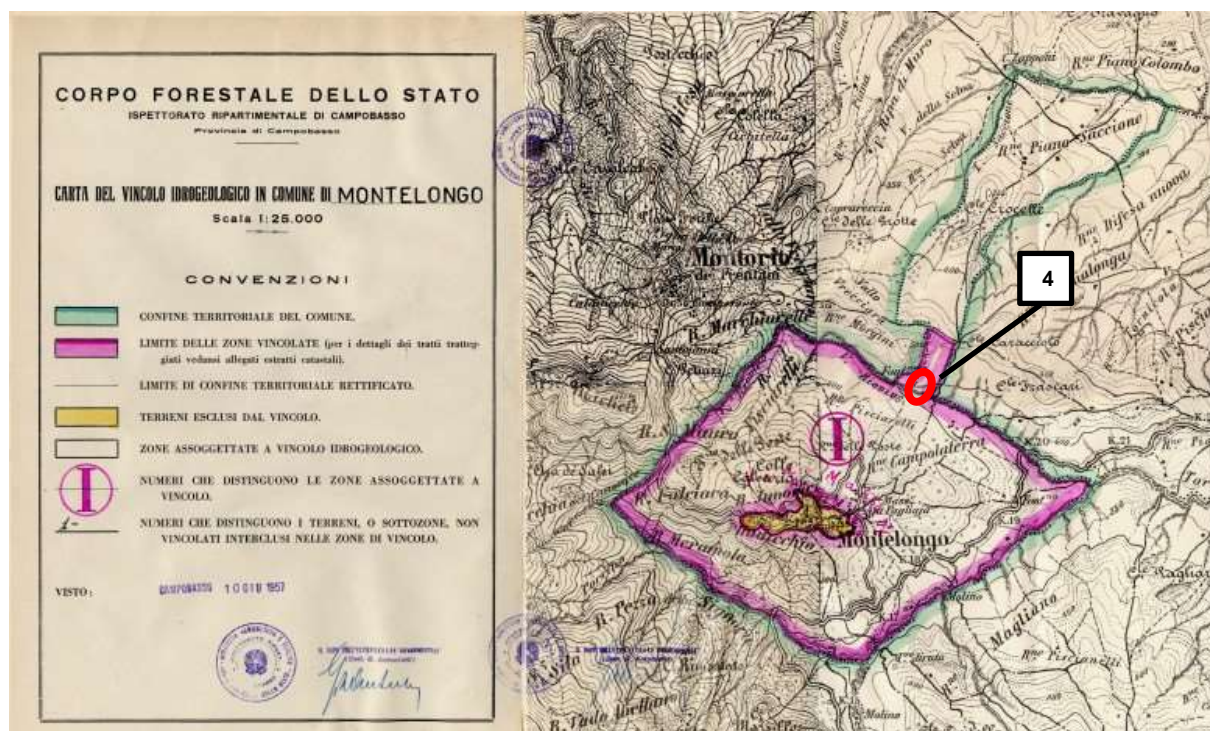


FIGURA 5.6 - CARTOGRAFIA VINCOLO IDROGEOLOGICO DEL COMUNE DI MONTELONGO. IL LOTTO 4 RICADE IN ZONA VINCOLATA

5.2 Compatibilità idrogeologica

Nelle aree a pericolosità geomorfologica gli interventi e nuove attività devono essere tali da: migliorare o comunque non peggiorare la sicurezza del territorio e difesa del suolo, non aumentare la pericolosità geomorfologica, non compromettere la stabilità, non costituire pregiudizio all'attenuazione o eliminazione della pericolosità geomorfologica esistente, garantire adeguate condizioni di sicurezza durante i cantieri senza creare anche temporaneamente un aumento di pericolosità, limitare l'impermeabilizzazione del suolo, rispondere a criteri di basso impatto ambientale facendo ricorso ove possibile ad interventi di ingegneria naturalistica.

Dal punto di vista geologico e geomorfologico gli interventi in progetto non comportano significative ripercussioni sulla componente geologica, non determinano movimenti terra apprezzabili, non sono in alcun modo invasivi, non alterano la preesistente stabilità dei luoghi e non alterano negativamente la potenziale pericolosità geomorfologica delle aree né in fase di cantiere né a lavori ultimati. Se i lavori saranno correttamente eseguiti e gestiti i terreni interessati non andranno a subire denudazioni, perdita di stabilità o turbamento del regime delle acque. Al contrario la perdita delle lavorazioni agricole, che lasciano stagionalmente "nudo" il suolo favorendo l'infiltrazione delle acque meteoriche, la diffusione di una vegetazione erbacea perenne e la regimazione/gestione delle acque

superficiali opportunamente prevista in progetto, potranno determinare un miglioramento rispetto alla situazione in essere in termini di stabilità ed erosione superficiale. In base a quanto esposto ed in relazione alle tipologie di lavori previste è possibile esprimere un giudizio di sostanziale compatibilità idrogeologica.

Ciò detto in un approccio prudenziale si è ritenuto comunque in fase di progettazione di escludere dall'installazione dei pannelli le aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (P4) e le aree perimetrate da frane IFFI. Inoltre, si evita la disposizione dei tracker all'interno delle superfici interessate da pendenze > 22% se orientate N-S e >35° se orientate E-W-

Resta il fatto che gli interventi, ricadenti in aree are collinari con diffusa presenza di terreni argillosi e di una potenziale pericolosità geomorfologica che si manifesta con deformazioni prevalentemente superficiali e stagionali, potranno richiedere periodici interventi di manutenzione a carico delle opere in misura superiore a quella di analoghi interventi realizzati in aree sostanzialmente stabili.

6 IDROGEOLOGIA

L'idrografia superficiale del Molise è caratterizzata dalla presenza di quattro Fiumi a sbocco adriatico (Trigno, Biferno, Fortore e Saccione) cui si affianca una fitta rete di corsi d'acqua di ordine inferiore. I corsi d'acqua principali presentano uno spiccato controllo tettonico in quanto il loro asse, orientato SW-NE, è in perfetta sincronia con i maggiori sistemi dislocativi della catena appenninica.

Dal punto di vista idrogeologico vengono individuate tre fasce con caratteristiche diverse:

- la fascia montana delle strutture carbonatiche;
- la fascia collinare dei complessi argillo marnosi in facies di Flysch, dove ricade il territorio di Rotello e il sedime in studio;
- la fascia costiera a cui possono essere assimilate anche le coperture vallive con depositi alluvionali.

In Molise sono inoltre riconoscibili i trend regionali caratteristici dell'Appennino meridionale costituiti da contatti laterali e verticali fra unità carbonatiche dotate di una elevata permeabilità, elevata infiltrazione efficace e quindi ingente circolazione idrica sotterranea basale, e unità a scarsa permeabilità con circolazione idrica sotterranea modesta se non trascurabile. A contatto con i terreni a minore permeabilità il deflusso idrico sotterraneo delle unità carbonatiche viene a giorno generando grandi sorgenti basali

In tale contesto a livello regionale possono sinteticamente distinguersi i seguenti complessi idrogeologici principali:

- complesso calcareo: ad alta permeabilità è sede di notevoli acquiferi sotterranei e ad esso sono associate le sorgenti più importanti (i Monti del Matese costituiscono una delle più significative strutture idrogeologiche dell'appennino meridionale);
- complesso calcareo-marnoso: a medio alta permeabilità ha una circolazione idrica relativamente limitata che produce effetti di interesse locale;
- complessi marnoso-argillosi: sono sostanzialmente poco permeabili e posti a contatto con i complessi calcarei favoriscono la venuta a giorno di sorgenti;
- depositi alluvionali ed epiclastici continentali a permeabilità da bassa ad elevata, che possono localmente dare origine a falde sotterranee più o meno importanti;
- depositi fluvio lacustri a permeabilità bassa o medio bassa.

In figura seguente si riporta uno stralcio della carta idrogeologica dell'Italia Centro Meridionale (Marche, Lazio, Abruzzo, Molise e Campania) redatta dal Prof Celico nel 1983, da cui si evince la presenza di complessi idrogeologici marnoso calcarei e, fuori carta, calcarei nelle zone più interne con sorgenti e gruppi sorgivi anche importanti. Nel settore centrale dominano i complessi argilloso scistosi le cui estreme propaggini, come visto nel modello geologico, raggiungono le porzioni meridionali del Comune di Rotello e il Comune di Montelongo, ed il complesso argilloso sabbioso conglomeratico epiclastico

RELAZIONE GEOLOGICO GEOTECNICA

continentale che interessa la porzione centrale e settentrionale del Comune di Rotello. Infine lungo la costa e le aste fluviali il complesso sabbioso limoso ghiaioso alluvionale.

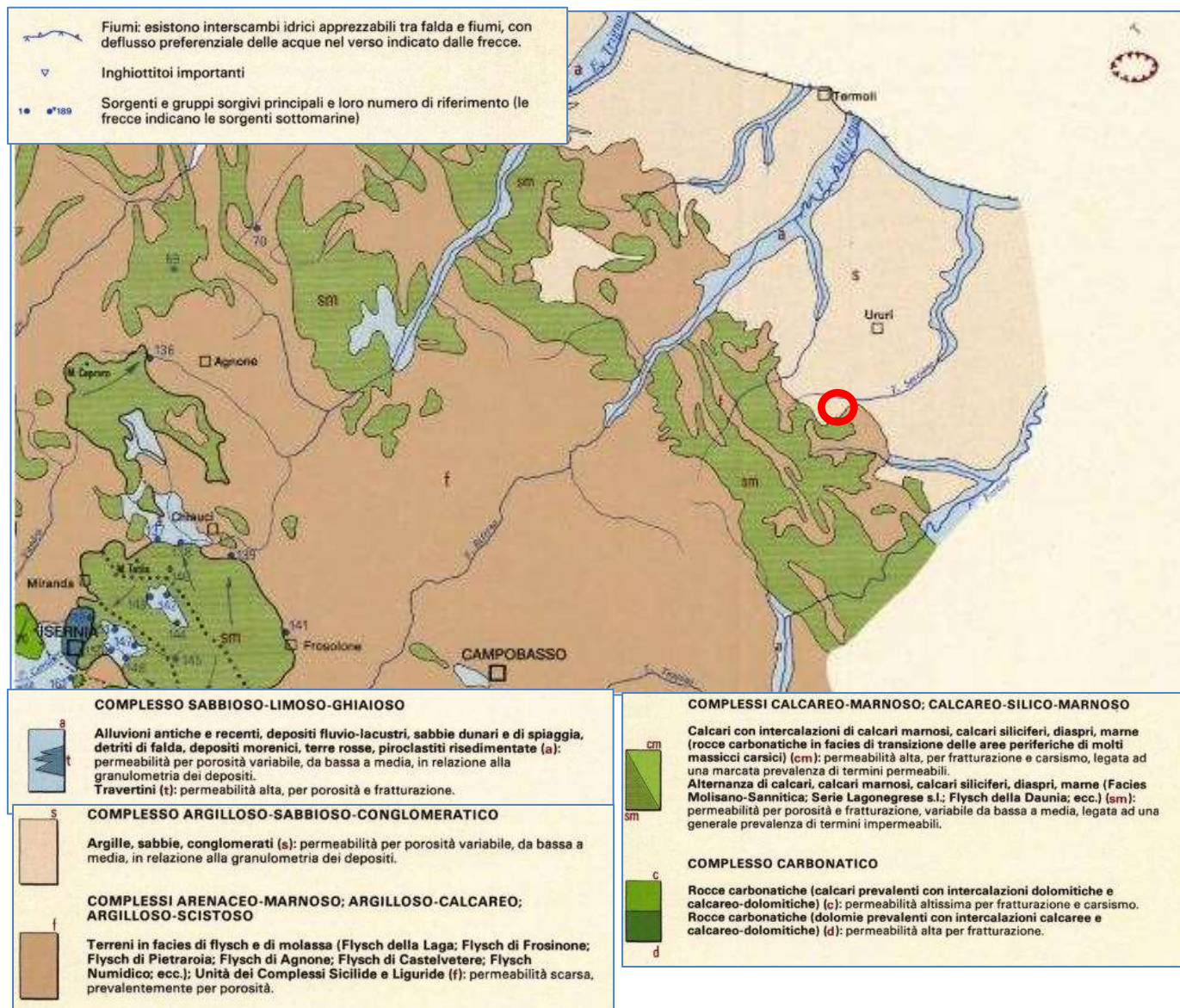


FIGURA 6.1 CARTA IDROGEOLOGICA DELL'ITALIA CENTRO MERIDIONALE (CELICO 1983)

L'area in studio ricade quindi a margine del complesso argilloso scistoso rappresentato dalle Argille Varicolori a permeabilità scarsa, presente nei quadranti meridionali dell'area in studio, interessando il complesso argilloso sabbioso rappresentato da un substrato di argille plioceniche con sovrastanti lembi di terrazzi a permeabilità nel complesso da bassa a media. Nelle argille si ha una sostanziale scarsità di falda sotterranee, nei depositi terrazzati possono essere presenti limitate falde sotterranee in appoggio sulle argille. Come evidenziato nella carta idrogeologica di cui sopra tali falde, oltre a scorrere verso mare con direzione circa SSW-NNE, esercitano un interscambio con i corsi d'acqua dal momento che si realizza un flusso sotterraneo dai terreni incassanti verso alvei e subalvei.

In ogni caso, e come risulta dalla documentazione geognostica commentata in seguito, eventuali falde sotterranee si mantengono a profondità sensibilmente superiori rispetto quelle interessate dai lavori. Non è quindi da attendersi alcuna influenza fra scavi e acque sotterranee. La vulnerabilità idrogeologica delle aree di progetto è da ritenersi bassa.

Non è segnalata nell'area vasta di interesse progettuale la presenza di sorgenti ritenute significative, e non sono state riscontrate sorgenti in corrispondenza delle aree di prevista installazione dei pannelli.

7 SISMICITA' DELL'AREA

In tabella seguente si riporta la classificazione sismica dei comuni di Rotello e di Montelongo fino al 2003.

<i>Comune</i>	<i>Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti sino al 1984)</i>	<i>Categoria secondo la proposta del GdL del 1998</i>	<i>Zona ai sensi del OPCM 3274 20.03.03</i>
Rotello	II	II	2
Montelongo	N.C.	II	2

Tabella 7.1 Classificazione sismica precedente al 2008

Nelle classificazioni sismiche precedenti alla legge n. 64 del 1974 il Comune di Montelongo era considerato non sismico, in contrasto con il vicino Rotello inserito in zona 2. Quando con l'OPCM 2003 tutto il territorio nazionale viene considerato sismico, anche Montelongo è inserito in zona 2.

L'evento sismico che ha colpito il Molise orientale il giorno 31 ottobre 2002 ($M_w=5,74$) con epicentro in provincia di Campobasso fra i Comuni di S Giuliano di Puglia, Colletorto, S Croce di Magliano, Bonefro, Castellino del Biferno e Providenti (quindi a sud di Rotello) determina un riordino della classificazione, anche attraverso la DGR 1171 del 02 agosto 2006, confermando per questi comuni l'appartenenza alla zona sismica 2.

A livello di inquadramento regionale la figura 7.1 riporta la classificazione sismica del Molise. Si può osservare una pericolosità crescente dalla costa verso l'interno, ovvero verso la catena appenninica, con i Comuni di Rotello e Montelongo che ricadono in zona 2, con valori di a_g nel campo 0,200 – 0,225.

La storia sismica dei Comuni di Rotello e Montelongo conferma la media pericolosità sismica. In figura 7.2 la cronistoria degli eventi sismici registrati a Rotello e da cui si evince il risentimento sia per eventi più o meno locali sia per eventi registrati nelle regioni confinanti o nell'Adriatico.

RELAZIONE GEOLOGICO GEOTECNICA

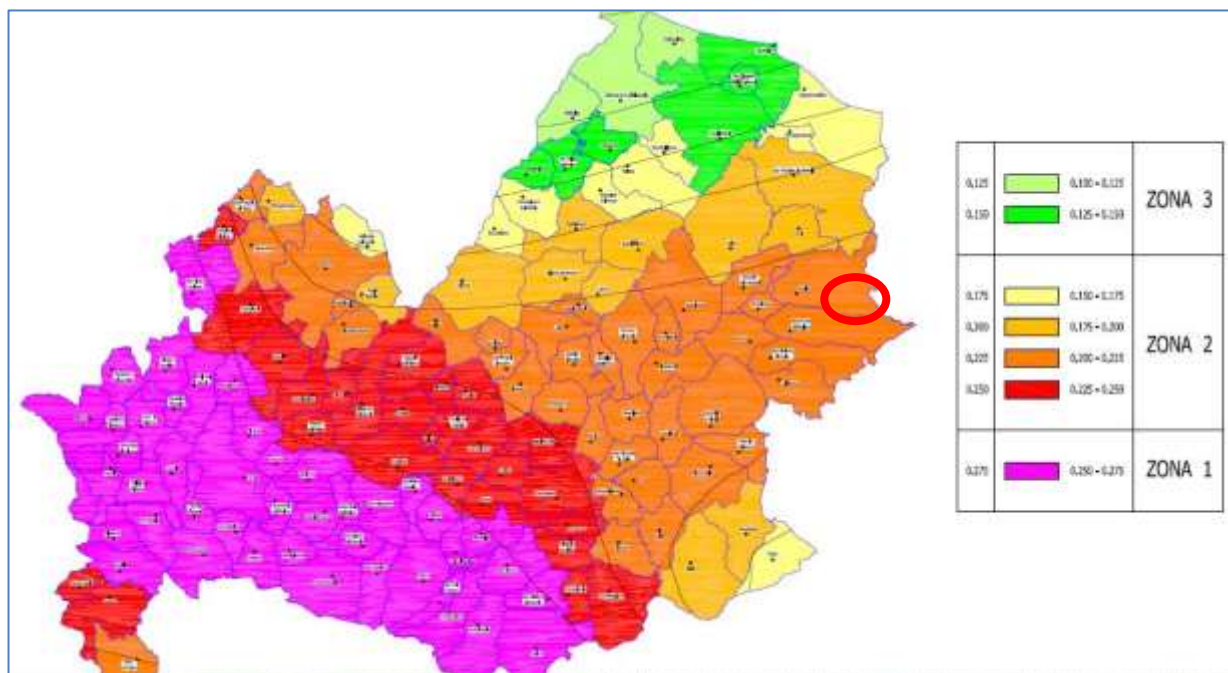


FIGURA 7.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL MOLISE. EVIDENZIATA L'AREA IN STUDIO

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1956	09	22	03	19	3	Gargano	57	6	4.64
6	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
5	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
3	1989	03	11	21	05		Gargano	61	5	4.34
3	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
NF	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
3	1995	09	30	10	14	3	Gargano	145	6	5.15
4-5	1996	11	10	23	23	1	Tavoliere delle Puglie	55	5-6	4.35
NF	1997	03	19	23	10	5	Sannio-Matese	284	6	4.52
3-4	2001	07	02	10	04	4	Tavoliere delle Puglie	60	5	4.26
6	2002	10	31	10	32	5	Molise	51	7-8	5.74
5-6	2002	11	12	09	27	4	Molise	174	5-6	4.57
3-4	2003	01	27	04	03	4	Molise	60	5	3.84
3-4	2003	04	28	20	12	3	Molise	33	4-5	3.64
4-5	2003	06	01	15	45	1	Molise	501	5	4.44
4	2003	12	30	05	31	3	Molise	326	4-5	4.53
3-4	2005	03	01	05	41	3	Molise	136	4	3.68
4	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384		4.64
NF	2006	10	04	17	34	2	Adriatico centrale	98	4-5	4.30
3-4	2006	12	10	11	03	4	Adriatico centrale	54		4.48

FIGURA 7.2 - STORIA SISMICA DEL COMUNE DI ROTELLO

La successiva figura mostra i valori di pericolosità sismica secondo l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006, All. 1b, per l'area in studio. Nella mappa sono riportati i valori medi (con deviazione standard) corrispondenti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (acronimo di Peak Ground Acceleration, ovvero accelerazione massima al suolo). Dalla stessa figura si evince una PGA compresa nel range 0.200 – 0.225 in diminuzione procedendo dall'interno verso la linea di costa. Il valore massimo di accelerazione attesa nell'ambito dei comuni di Rotello e Montelongo è $a_g = 0,225$. Dal grafico di disaggregazione si ottiene una magnitudo massima di 5.32 ad una distanza di 8,31 Km.

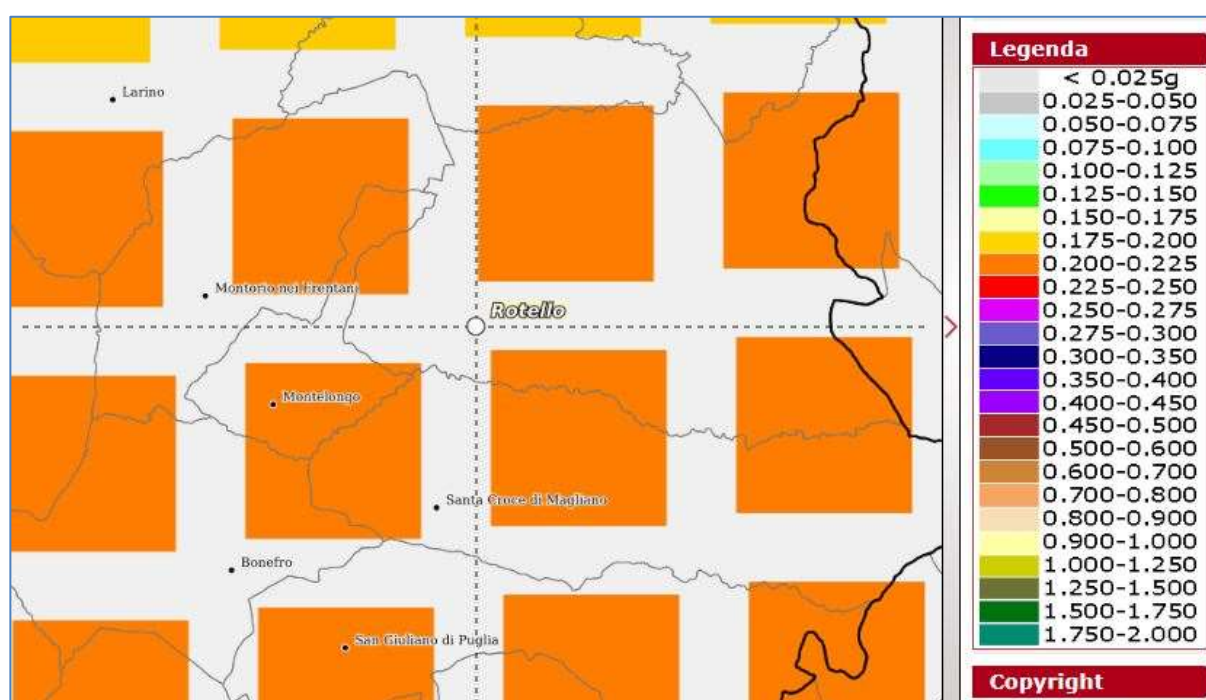


FIGURA 7.3 VALORI DI PERICOLOSITÀ SISMICA OPCM 3519 DEL 28 APRILE 2006

7.1 Norme Tecniche per le costruzioni

Le presenti valutazioni sono svolte ai sensi dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto del 17/01/2018 (NTC 2018), pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n° 42 del 20/02/2018. Come già con le precedenti NTC 2008 la progettazione antisismica viene svincolata dall'appartenenza ad un dato comune e le azioni sismiche sono determinate in funzione del periodo di riferimento e delle coordinate geografiche dell'opera.

Il periodo di riferimento VR si ricava moltiplicando la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU.

La vita nominale di una costruzione V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo alla quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.1 dell'Allegato A delle NTC 2018 (tabella 7.2) e deve essere precisata nei documenti di progetto.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

TABELLA 7.2 TABELLA CON INDICAZIONI SULLA VITA NOMINALE IN FUNZIONE DEL TIPO DI OPERA

Il coefficiente d'uso C_u , riportato in tabella 7.3, esprime la Classe d'uso nella quale sono suddivise le opere con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso. In presenza di Azioni Sismiche le costruzioni sono suddivise in quattro classi d'uso la cui definizione è di seguito sinteticamente riportata:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli;
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, industrie con attività non pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti;
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso provochi conseguenze rilevanti;
- Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente, reti viarie di tipo A o B (come definite nel D.M. 5 novembre 2001 n.6792) importanti per il mantenimento delle vie di comunicazione, dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_u

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0.7	1.0	1.5	2.0

TABELLA 7.3 TABELLA PER I PARAMETRI DI CALCOLO DEL COEFFICIENTE D'USO NTC 2018

Nel caso specifico si può considerare un'opera ordinaria in classe II per cui:

$$VR = VN \cdot CU = 50 \times 1 = 50 \text{ anni}$$

Per quanto riguarda le probabilità PVR di superamento nel periodo di riferimento VR, esse variano al variare dello stato limite considerato. I valori cui riferirsi per individuare l'azione sismica sono indicati in tabella.

STATO LIMITE		P _{VR} - Probabilità di superamento nel periodo di riferimento	
		V _R	
Stati Limite di Esercizio	SLO	81%	
	SLD	63%	
Stati Limite Ultimi	SLV	10%	
	SLC	5%	

TABELLA 7.4 PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PVR AL VARIARE DELLO STATO LIMITE CONSIDERATO

Dove:

SLO = Stato Limite di Operatività: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

SLD = Stato Limite di Danno: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

SLV = Stato Limite di Salvaguardia della Vita: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte di resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli nei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Fissato il periodo di riferimento VR e la probabilità di superamento PVR il periodo di ritorno TR si ricava mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g = accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 = valore massimo di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- TC^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I parametri a_g , F_0 , e TC^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascun SL, che definiscono lo spettro di risposta elastico di riferimento in accelerazione $S_e(T)$ dai quali viene poi ricavato lo spettro di progetto $S_d(T)$, sono stati dedotti mediante il programma “Gestione dei Parametri Sismici” di Geostru sulla base delle seguenti coordinate riferite al lotto che, fra quelli oggetto d’intervento, mostra i maggiori valori di sismicità attesa:

Latitudine: 41,7486; Longitudine: 15,0055



FIGURA 7.4 SCHERMATA DELL'APPLICAZIONE DI GESTIONE DEI PARAMETRI SISMICI (GEOSTRU)

Per il sito di progetto i parametri spettrali sono i seguenti:

PARAMETRI SISMICI SPETTRALI IN FUNZIONE DEI DIVERSI STATI LIMITI				
Stato limite	Tr (anni)	a_g (g)	Fo	Tc* (s)
Operatività (SLO)	30	0,057	2,435	0,286
Danno (SLD)	50	0,075	2,466	0,299
Salvaguardia vita (SLV)	475	0,206	2,464	0,34
Prevenzione collasso (SLC)	975	0,272	2,443	0,348

TABELLA 7.5. PARAMETRI SPETTRALI PER I DIVERSI STATI LIMITE.

7.2 Risposta sismica locale

Un ulteriore elemento di valutazione è rappresentato dall'effetto locale prodotto dal contesto geologico-geomorfologico che caratterizza l'area in studio. Ciò significa valutare le differenze di intensità massima dovute a differenti situazioni geologiche e morfologiche attraverso procedure il cui insieme costituisce la "risposta sismica locale". L'esame della distribuzione dei danni prodotti da un terremoto nello stesso territorio dimostra infatti che le azioni sismiche possono assumere, anche a distanze di poche decine di metri, caratteristiche differenti in funzione delle modifiche all'onda sismica apportate dalle condizioni sito specifiche.

Si denomina quindi come risposta sismica locale l'azione sismica emergente "in superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido e riconducibili principalmente a:

- effetti stratigrafici legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati;
- effetti topografici legati alla configurazione topografica del piano campagna alla quale in alcuni casi (prossimità della cresta dei rilievi), va attribuita la focalizzazione delle onde sismiche a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche; i fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.

L'effetto della risposta sismica locale correlabile con l'effetto stratigrafico viene valutato attraverso specifiche analisi da eseguire con le modalità indicate al capitolo 7.11.3 delle NTC 2018. In alternativa qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite dalla tabella 3.2.II delle NTC 2018, riportata in tabella 7.6, è possibile fare riferimento ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

La classificazione del sottosuolo di cui alla tabella 3.2.II si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori di velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_s eq come definita dall'espressione:

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

(3.2.1 delle NTC 2018)

Con:

 h_i = spessore strato i -esimo; $V_{S,i}$ = velocità onde di taglio strato i -esimo; N = numero strati; H = profondità bedrock caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro V_{S30} ottenuto ponendo $H = 30$.

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

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

TABELLA 7.6 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO AI SENSI DELLE NTC 2018

Nell'ambito del sedime di progetto sono state condotte specifiche indagini tipo Masw da cui risulta l'assenza di un substrato sismico sino alle massime profondità raggiunte, ed una categoria di suolo tipo C, più raramente una tipo B (comunque con valori di V_s prossimi ad una C). Si rimanda ai risultati e commento delle indagini geognostiche per maggiori dettagli sulle prove in argomento.

Per quanto attiene gli effetti topografici è possibile fare riferimento alla tabella 3.2.IV delle NTC 2018 riprodotta in tabella 7.7.

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

TABELLA 7.7 CATEGORIE TOPOGRAFICHE

Poiché l'intervento in progetto s'inserisce in un contesto subpianeggiante o moderatamente collinare si potrà considerare una categoria topografica T1 cui corrisponde un Coefficiente di amplificazione topografica pari a $ST = 1,0$ come da tabella 7.8.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

TABELLA 7.8 VALORI DEL COEFFICIENTE DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

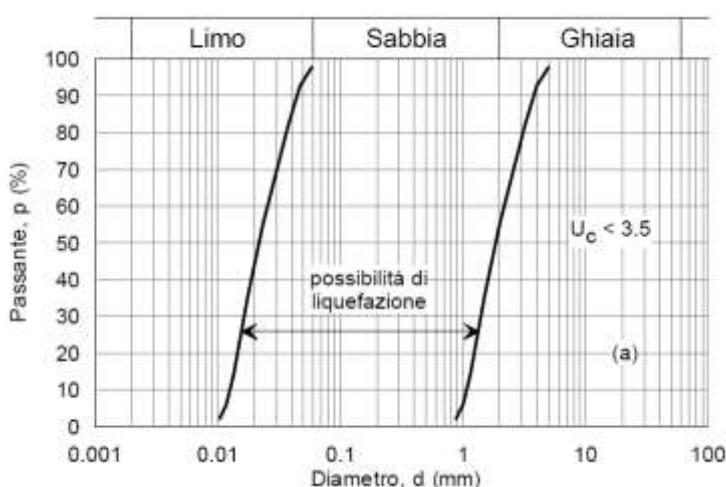
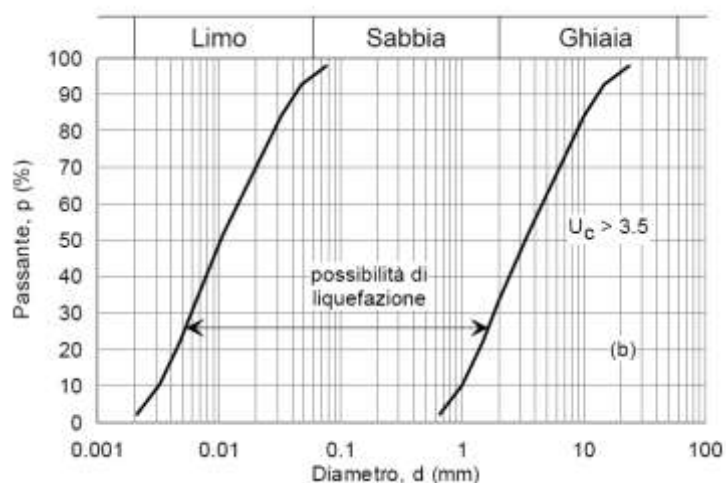
7.3 Liquefazione dei terreni

La presenza di terreni granulari richiede alcuni approfondimenti circa la possibilità o meno di sviluppo di fenomeni di liquefazione durante eventuali attività sismiche. La liquefazione denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo, durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Vale la pena evidenziare che laddove sono presenti i caratteri predisponenti non è detto che si possano realizzare le condizioni di cause scatenanti; ovvero un terreno sabbioso può avere tutti i requisiti granulometrici e di addensamento per liquefarsi, ma nell'area può non verificarsi mai un sisma con energia sufficiente. Viceversa, possono esserci le energie sufficienti ma le caratteristiche granulometriche dei litotipi possono essere tali da non essere suscettibili di liquefazione.

L'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al DM 17/02/2018 indica al punto 7.11.3.4.2 che le verifiche alla liquefazione per le opere possono essere omesse qualora si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero inferiori a 0.1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna suborizzontale e per strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$, dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata attraverso le prove SPT, normalizzata ad una tensione efficace di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna all'ambito dei fusi forniti nella figura 7.5 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in figura 7.6 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$


 FIGURA 7.5 – FUSI GRANULOMETRICI DI TERRENI SUSCETTIBILI DA LIQUEFAZIONE $U_c < 3.5$

 FIGURA 7.6 – FUSI GRANULOMETRICI DI TERRENI SUSCETTIBILI DA LIQUEFAZIONE $U_c > 3.5$

Nel caso in studio la natura prevalentemente fine dei terreni, la tipologia di opere e la profondità/assenza di falda permettono di escludere possibili effetti legati alla liquefazione dei terreni.

8 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per lo sviluppo della progettazione è stata condotta, sulla base di un piano appositamente redatto dagli scriventi progettisti, una campagna geognostica e geofisica volta a definire compiutamente il modello stratigrafico, idrogeologico e geotecnico di riferimento.

Preliminarmente alle attività di campo è stata acquisita la documentazione bibliografica disponibile e sono stati svolti rilievi geologici e geomorfologici di campo. Essi hanno permesso di prendere contatto con le aree ed ottimizzare le ubicazioni delle indagini stesse.

Le indagini sono state suddivise in funzione dei singoli lotti, della sottostazione elettrica SSEU e del cavidotto.

La campagna d'indagine è stata affidata alla ditta Sia Ingegneria Ambiente di S. Angelo dei Goti (Bn) e condotta nell'autunno del 2022.

In dettaglio le attività geognostiche eseguite sono le seguenti:

- n. 11 sondaggi a carotaggio continuo, uno per ciascun lotto oltre ad uno lungo il cavidotto ed uno in corrispondenza della prevista SSEU. I sondaggi sono stati spinti sino a 12m dal p.c. e sono corredati ciascuno da n. 4 SPT, n. 1 prova Lefranc, prelievo di n. 2 campioni rimaneggiati, n. 2 indisturbati (ove possibile) e n. 3 ambientali su cui eseguire prove di laboratorio geotecnico e chimico. Tutti i sondaggi sono attrezzati con piezometro a tubo aperto protetto da pozzetto metallico per il rilievo del livello di falda;
- ai sondaggi ubicati nelle aree d'installazione dei pannelli si aggiungono n° 9 prove penetrometriche statiche continue CPT con punte elettrica, o penetrometriche dinamiche pesanti tipo DPSH in funzione della tipologia di terreni, spinte sino a - 12m dal p.c. o sino a manifeste condizioni di rifiuto;
- lungo il tracciato del cavidotto sono state eseguite ulteriori n° 4 prove penetrometriche statiche CPT o penetrometriche dinamiche DPSH, spinte sino alla profondità di 6,0m dal p.c. o a condizioni di rifiuto, oltre a n° 1 prova penetrometrica dinamica DPSH in corrispondenza della SSEU.

La tabella seguente riepiloga le verticali indagate con il numero e tipo delle prove in sito e dei campioni prelevati.

RELAZIONE GEOLOGICO GEOTEC-
NICA

Indagine	Area	Profondità (m)	Piezometro (m)	SPT (n)	Lefranc (n)	Campione rimaneggiato (n)	Campione indisturbato (n)	Campione ambientale (n)
Sondaggio S2	Lotto 1	12	12	4	1	2	2	3
DPSH2		5.6						
CPT3		6.6						
Sondaggio S3	Lotto 2	12	12	4	1	2	2	3
CPT4		6.6						
Sondaggio S4	Lotto 3	12	12	4	1	2	2	3
DPSH5		6						
Sondaggio S1	Lotto 4	12	12	4	1	2	2	3
DPSH1		4.8						
Sondaggio S6	Lotto 5	12	12	4	1	2	2	3
Sondaggio S8	Lotto 6	12	12	4	1	2	2	3
CPT7		7.2						
Sondaggio 9	Lotto 7	12	12	4	1	2	1	3
CPT8		3.6						
CPTB		3.4						
Sondaggio S5	Lotto 8	12	12	4	1	2	2	3
CPT6		7						
Sondaggio S10	Lotto 9	12	12	4	1	2	2	3
CPT9		4.6						
Sondaggio S11	SSE	12	12	4	1	2	2	3
DPSH11		12						
Sondaggio S7	Cavidotto	12	12	4	1	3	0	3
CPTA		6						
DPSHC		6						
CPT10		4						
DPSHD		6						
Totale sondaggi n° 11		132	132	44	11	23	19	33
Totale CPT n° 9		49						
Totale DPSH n° 6		40.4						

TABELLA 8.1 – TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per la caratterizzazione sismica ai sensi delle NTC 2018 sono state eseguite n. 9 prove tipo Masw, di cui 8 posizionate per quanto possibile in zona baricentrica rispetto ai lotti di installazione dei pannelli e una in corrispondenza della SSEU. Si riporta, di seguito, la tabella riassuntiva delle Masw.

Indagine	Area	Sigla
Masw	Lotto 1	M2
Masw	Lotto 2	M3
Masw	Lotto 3	M4
Masw	Lotto 4	M1
Masw	Lotto 5	M5
Masw	Lotto 6	M6
Masw	Lotto 7	M7
Masw	Lotto 9	M8
Masw	SSE	M9

TABELLA 8.2 RIEPILOGO INDAGINI GEOFISICHE

In figura seguente uno stralcio di foto aerea a grande scala con ubicazione delle indagini eseguite. Ulteriori stralci di maggiore dettaglio sono riportati nei paragrafi seguenti.

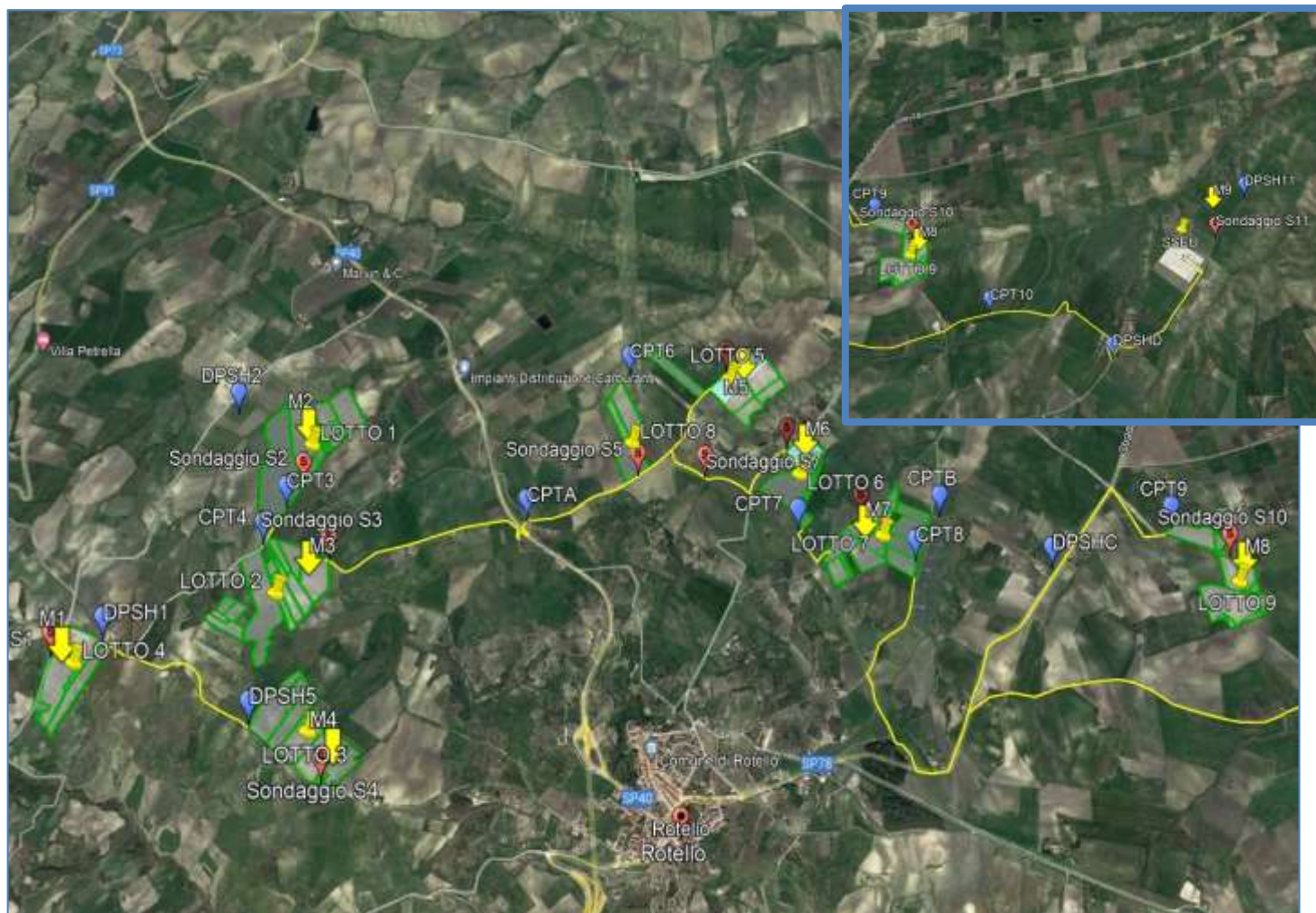


FIGURA 8.1 PLANIMETRIA GENERALE INDAGINI

Per ogni verticale d'indagine è stata condotta una prospezione georadar preventiva per escludere la presenza di eventuali sottoservizi o masse metalliche interrato.

Tutte le verticali sono georeferenziate planoaltimetricamente.

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi si sono acquisite sistematicamente sulle carote, ed annotate in colonna stratigrafica, le rilevazioni con pocket penetrometer. Particolare attenzione è stata posta all'identificazione della coltre di terreno vegetale e/o eventuali materiali di riporto.

Le prove SPT nel corso dei sondaggi sono state eseguite a 1-2-4-7 m dal p.c.

I campioni rimaneggiati e indisturbati sono distribuiti fra le profondità di 1,0m e 10,0m in modo da identificare e caratterizzare, per quanto possibile, le principali unità litologiche

presenti. Ove la natura dei terreni non ha permesso il prelievo di campioni indisturbati sono stati prelevati, in sostituzione, campioni rimaneggiati.

Su tutti i campioni, rimaneggiati ed indisturbati, sono state eseguite analisi granulometriche per setacciatura e sedimentazione oltre alla determinazione dei limiti di Atterberg. Sui campioni indisturbati oltre a quanto sopra si è proceduto nella maggior parte dei casi alla determinazione del P/V, contenuto naturale d'acqua, prova di taglio diretto CD e/o prova triassiale CIU, oltre ad alcune compressioni ad espansione laterale libera.

Sui piezometri sono state effettuate misure del livello di falda durante la campagna d'indagine. Al termine di ciascuna CPT (o DPSH) si è provveduto ad eseguire una misura di livello di falda mediante freatimetro. In nessun caso gli esecutori riportano la presenza di una falda idrica.

Sono state altresì eseguite le seguenti attività:

- n° 28 prelievi geopedologici profondi 50 cm, ciascuno rappresentativo di un'area di 5-10 Ha e dell'orizzonte coltivo;
- da ciascun sondaggio geognostico si sono prelevati n° 3 campioni ambientali (totale quindi 33) rispettivamente fra 0,5-1 m; 2,0-3,0m; 5,0-6,0 m da p.c, per la caratterizzazione delle terre e rocce da scavo;

Nei paragrafi seguenti si descrivono i risultati delle indagini eseguite con riferimento alle diverse aree d'interesse progettuale.

8.1 Zona ovest. Lotti 1-2-3-4.

I lotti 1-2-3 ricadono in Comune di Rotello mentre il lotto 4 in Comune di Montelongo.

Come rappresentato nello stralcio di figura seguente nei lotti 1-2-3-4 sono collocate le seguenti indagini geognostiche:

- sondaggi S1-S2-S3-S4 profondi 12 m da p.c. attrezzati con piezometro;
- prove penetrometriche DPSH1-DPSH2-DPSH5-CPT3-CPT4;
- Masw M1-M2-M3-M4.

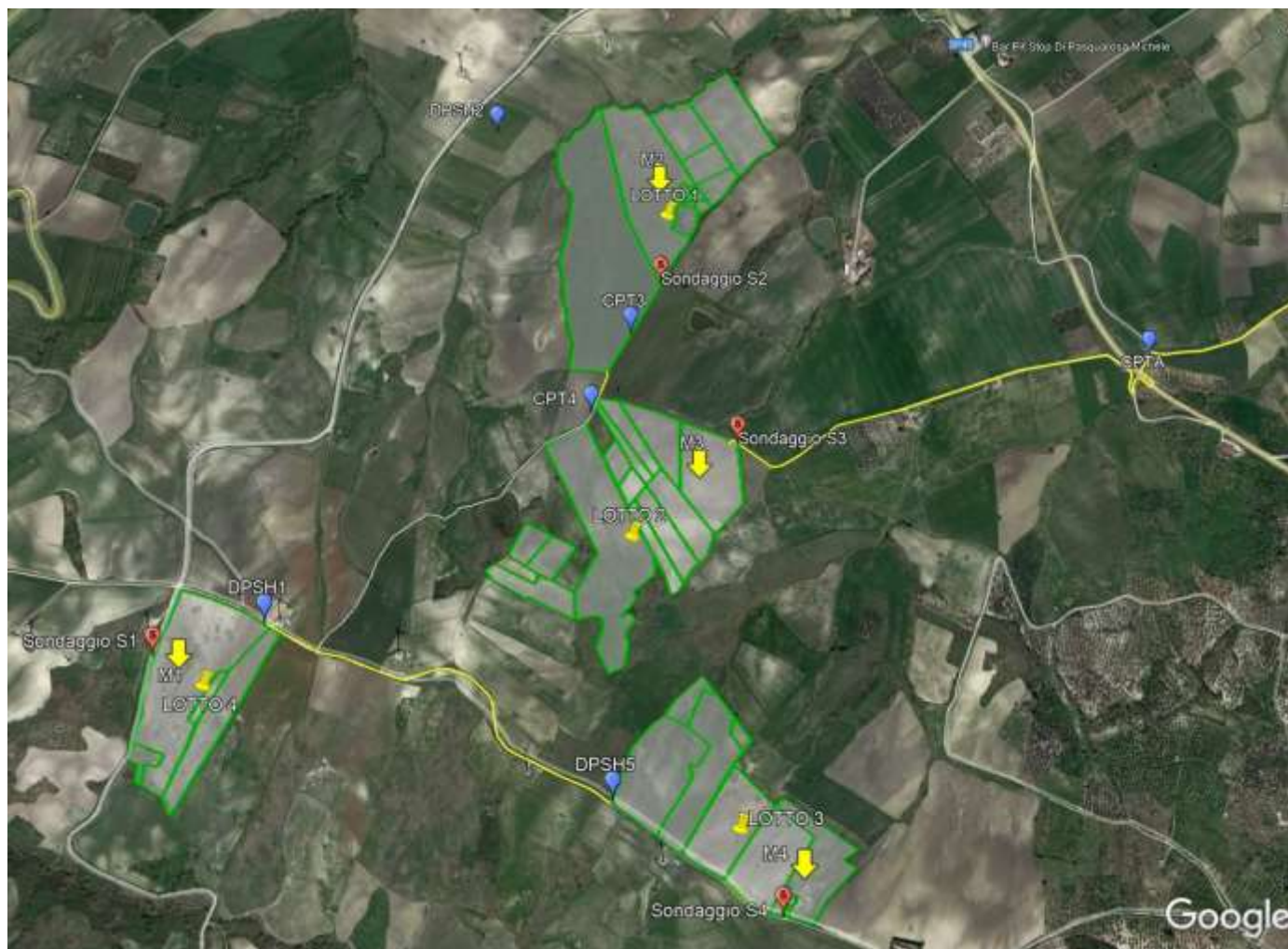


FIGURA 8.2 ZONA OVEST. INDAGINI LOTTI 1-2-3-4

La stratigrafia dei sondaggi rileva 0,3-0,5 m di terreno vegetale cui fa seguito un deposito colluviale limo argilloso sabbioso (descritto in stratigrafia come limo sabbioso talora argilloso) mediamente consistente (pocket penetrometer 3,5 – 5 Kg/cm^q) che si spinge sino a 6,0-9,0 m da p.c. Esso poggia, con interposizione di una coltre di alterazione potente circa 1-1,8 m di limo argilloso a struttura caotica, su di un substrato di argille marnose fossilifere di colore grigio azzurro molto consistenti (pocket penetrometer > 6 Kg/cm^q) a tratti descritte come lapidee.

Sondaggio	Ubicazione	Profondità (m)	SPT (n°)	CR (n°)	CI (n°)	CA (n°)	Lefranc	Falda (m da p.c.)	Stratigrafia
	Lotto 4	12	4	2	2	3	1	-	0-7 m limi argillosi su argille grigio azzurre
	Lotto 1	12	4	2	2	3	1	-	0-6.8 m limi argillosi su argille grigio azzurre
	Lotto 2	12	4	2	2	3	1	-	0-9.2 m limi argillosi su argille grigio azzurre
	Lotto 3	12	4	2	2	3	1	-	0-6.2 m limi argillosi su argille grigio azzurre

TABELLA 8.3 RIEPILOGO SONDAGGI LOTTI 1-2-3-4 CON RELATIVA STRATIGRAFIA

Attorno alla profondità di 3,0 m da p.c. in limi argilloso sabbiosi è stata eseguita per ogni sondaggio una prova di permeabilità tipo Lefranc che ha fornito valore di $K = 3-4 \times 10^{-8}$ m/s in linea con la natura del terreno. Una Lefranc a circa 12 m in argille grigie riporta una permeabilità di 7×10^{-8} m/s.

Sondaggio	Ubicazione	Profondità (m)	Litologia	K (m/sec)
S1	Lotto 4	2.5-3.12	Limi argillosi	2.7×10^{-8}
S2	Lotto 1	2.5-2.95	Limi argillosi	2.7×10^{-8}
S3	Lotto 2	11.7-12.0	Argille grigio azzurre	7.2×10^{-8}
S4	Lotto 3	2.7-2.9	Limi argillosi	4.2×10^{-8}

TABELLA 8.4 LOTTI 1-2-3-4 PROVE LEFRANC

I risultati delle prove SPT espresse in funzione della litologia e della relativa interpretazione, dedotta impiegando le più comuni correlazioni (angolo d'attrito: Mitchell; Densità relativa: Skempton; Modulo elastico: Stroud; coesione neutra: Stroud) sono riepilogati in tabella 8.5. I terreni di copertura limoso argilloso sabbiosi sono caratterizzati da valori di C_u compresi fra 45-60 kPa nei primi 3 m passanti verso il basso a 100-130 kPa. Le argille grigie del substrato hanno al tetto, in corrispondenza della fascia di alterazione, C_u di 160-180 kPa. I moduli elastici ed edometrici delle coperture sono rispettivamente di 10 Mpa e 11 Mpa, e 30-35 Mpa nelle argille grigie del substrato.

RELAZIONE GEOLOGICO GEOTEC-
NICA

Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	SPT	DR (%)	Φ (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)	Eu (Mpa)
S1	1	Limo argilloso sabbioso	21			59.1	10.6	13.0
	2	Limo argilloso sabbioso	16			45.0	8.1	9.9
	4	Limo argilloso sabbioso	34			127.5	23.0	28.1
	7	Argille alterate	44			165.0	29.7	36.3
S2	1	Limo argilloso sabbioso	27			75.9	13.7	16.7
	2	Limo argilloso sabbioso	30			84.4	15.2	18.6
	4	Limo argilloso sabbioso	34			127.5	23.0	28.1
	7	Argille alterate	41			153.8	27.7	33.8
S3	1	Limo argilloso sabbioso	12			33.8	6.1	7.4
	2	Limo argilloso sabbioso	22			61.9	11.1	13.6
	4	Limo argilloso sabbioso	24			90.0	16.2	19.8
	7	Limo argilloso sabbioso	32			120.0	21.6	26.4
S4	1	Limo argilloso sabbioso	23			64.7	11.6	14.2
	2	Limo argilloso sabbioso	19			53.4	9.6	11.8
	4	Limo argilloso sabbioso	26			97.5	17.6	21.5
	7	Argille grigio azzurre	49			183.8	33.1	40.4

TABELLA 8.5 LOTTI 1-2-3-4. INTERPRETAZIONE PROVE SPT

La tabella seguente riepiloga i risultati delle prove di laboratorio geotecnico. Granulometricamente i terreni di copertura sono limi argilloso sabbiosi con elevati limiti di Atterberg; nel diagramma di plasticità di Casagrande sono argille o limi di alta plasticità. Le argille del grigio azzurre del substrato hanno analoga composizione granulometrica e limiti di Atterberg, evidenziando l'origine comune dei due materiali. Nelle coperture si ritiene di poter considerare angoli d'attrito Φ' di 20-25° prossimi quindi alla pendenza naturale dei versanti, coesione efficace $c' = 15-20$ kPa e Cu di circa 130 kPa. Nelle argille del substrato Cu non inferiore a 140 kPa.

Sondaggio	Campione	Da m	a m	Wn (%)	P/V (Mg/mc)	Indice vuoti %	Porosità %	Saturazione %	Wl (%)	Wp (%)	Ip	Ic	Granulometria				ELL $\sigma'c$ (kPa)	TD			CIU		
													Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)		$\sigma'c$ (kPa)	ϕ' (°)	c' (kPa)	ϕ' (°)	c' (kPa)	
S1	CI1	5.0	5.5	23.3	18.29	79.2	44.2	78.2	63.3	40.5	23	1.7	0	17.14	48.69	34.17	54	31	15				
	CI2	8.5	9.0	21.7	19.7	67.4	40.3	87.1	69.1	48.6	20.5	2.3	0.0	17.6	44.3	38.1				18.0	26.0		
	CR1	1.6	2.0	24.9					62.2	31.0	31.0	1.2	0.0	23.1	38.5	38.4							
	CR2	9.6	10.0	23.8					59.3	31.6	27.7	1.3	0.0	32.7	37.5	29.7							
S2	CI1	5.0	5.5	23.2	20.16	65.5	39.6	96	56.7	28.8	28	1.2	0	10.73	49.79	39.48	261	25	39				
	CI2	9.5	10.0	19.6	20.9	56.0	35.9	95.1	57.0	30.5	26.4	1.4	0.0	24.3	30.6	45.2							
	CR1	4.5	5.0	34.0					99.9	42.0	57.9	1.1		5.8	51.4	42.7							
	CR2	8.0	8.5	17.3					61.0	33.9	27.1	1.6		8.8	42.8	48.4							
S3	CI1	3.5	4	22.6	20.25	62.2	38.4	97.2	66.1	32.6	34	1.3	0	7.28	46.73	45.99		17	18	19	14		
	CI2	9.0	9.5	22.0	20.5	61.6	38.1	96.8	60.4	32.1	28.3	1.4	0.0	13.5	44.2	42.2	279.0						
	CR1	6.5	7.0	20.6					58.4	25.4	33.0	1.2	0.0	10.2	47.6	42.2							
	CR2	10.0	10.5	19.7					59.7	34.3	25.5	1.6	0.0	12.7	45.5	41.8							
S4	CI1	3.5	4	25.4	19.65	72.6	42.1	94.5	61.7	36.7	25	1.5	0	14.91	45.29	39.8	169	15	24				
	CI2	8.0	8.5	18.7	20.4	56.1	36.0	89.6	60.7	35.8	24.9	1.7	0.0	8.9	47.6	43.5				21	58		
	CR1	2.7	3.0	23.7	19.5	72.2	41.9	88.9	61.7	36.7	25.0	1.5	0.0	26.9	37.4	35.8		21.0	41.0				
	CR2	5.6	6.0	23.1					62.6	32.4	30.1	1.3	0.0	9.6	43.1	47.3							

TABELLA 8.6 LOTTI 1-2-3-4. RISULTATI PROVE DI LABORATORIO

Per quanto attiene le prove penetrometriche continue le caratteristiche dei terreni hanno portato al raggiungimento di condizioni di rifiuto attorno alla profondità di 5-6 m da p.c., a fronte dei 12 m previsti. L'interpretazione è compatibile con l'attraversamento di depositi limoso argillosi variamente sabbiosi consistenti.

Indagine	Area	Profondità (m)	Litologia	Colpi
DPSH2	Lotto 1	5.6	LA	5-20
CPT3		6.6	LA	
CPT4	Lotto 2	6.6	A+LA	
DPSH5	Lotto 3	6	LA	5-18
DPSH1	Lotto 4	4.8	LA	7-20

TABELLA 8.7 LOTTI 1-2-3-4. RISULTATI PROVE DPSH/CPT (LA= LIMI ARGILLOSI. A = ARGILLE)

Le Masw non riscontrano un substrato sismico ($V_s < 800$ m/s) sino alla massima profondità indagata. La V_s30 ha un valore fra 282-304 m/s per una categoria di suolo di fondazione tipo C. Le velocità sono regolarmente crescenti verso il basso evidenziando, all'interno dello stesso materiale, il passaggio fra gli orizzonti più superficiali colluviali e destrutturati ad un substrato argilloso via via più consistente e compatto con la profondità.

Indagine	Area	Sigla	V_s (m/s)	Categoria sottosuolo
Masw	Lotto 1	M2	291	C
Masw	Lotto 2	M3	304	C
Masw	Lotto 3	M4	282	C
Masw	Lotto 4	M1	287	C

TABELLA 8.8 LOTTI 1-2-3-4. RISULTATI MASW

8.2 Zona nord. Lotti 5-6-7-8.

I lotti ricadono interamente in Comune di Rotello.

Come rappresentato nello stralcio di figura seguente nei lotti 5-6-7-8 sono collocate le seguenti indagini geognostiche:

- sondaggi S5-S6-S8-S9 in corrispondenza dei lotti profondi 12 m da p.c. attrezzati con piezometro;
- sondaggio S7 posto in prossimità dei lotti 5-6-8 lungo l'attraversamento da parte del cavidotto di una incisione;
- prove penetrometriche DPSHB-CPT6-CPT7-CPT8;
- Masw M5-M6-M7.

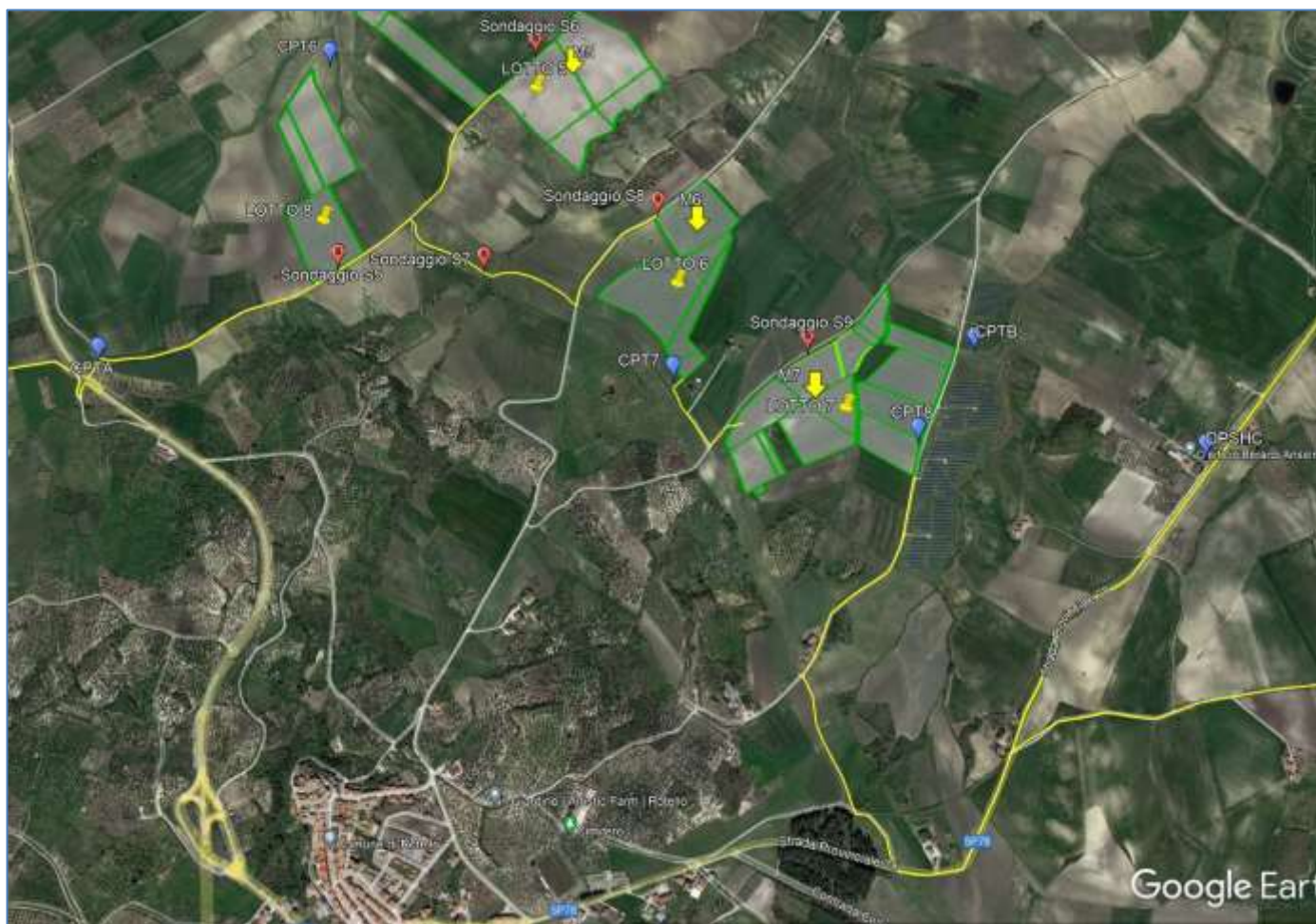


Figura 8.3 Zona nord. Indagini Lotti 5-6-7-8

La stratigrafia dei sondaggi rileva 0,3-1 m di terreno vegetale cui fa seguito:

- nei sondaggi S6 ed S8 un orizzonte terrazzato sabbioso ghiaioso esteso fino a 2,7 – 5,4 m in appoggio su un colluvium limoso argilloso sabbioso consistente (pocket penetrometer 5 Kg/cm^q) che si spinge sino a 8,5-7,8 m da p.c.
- nei sondaggi S5 ed S7 direttamente un deposito colluviale limo argilloso sabbioso (descritto in stratigrafia come limo sabbioso talora argilloso mediamente consistente (pocket penetrometer 3,0 – 5 Kg/cm^q) che si spinge sino a 4,5,-7,6 m da p.c.
- i terreni di cui sopra poggiano su un substrato di argille marnose fossilifere di colore grigio azzurro molto consistenti (pocket penetrometer > 6 Kg/cm^q) a tratti lapidee.

Sondaggio	Ubicazione	Profondità (m)	SPT (n°)	CR (n°)	CI (n°)	CA (n°)	Lefranc	Falda (m da p.c.)	Stratigrafia
S5	Lotto 8	12	4	2	2	3	1	-	0-7.6 m limi argillosi su argille grigio azzurre
S6	Lotto 5	12	4	2	2	3	1	-	0-5.4 m ghiaia sabbiosa, 5,4-8,5m limi argillosi su argille grigio azzurre
S7	Cavidotto	12	4	3	0	3	1	-	0-4.5 m limi argillosi e limi ghiaiosi su argille grigio azzurre
S8	Lotto 6	12	4	2	2	3	1	-	0-2,7m sabbia ghiaiosa, 2,7-7,8 m limi argillosi su argille grigio azzurre

TABELLA 8.9 RIEPILOGO SONDAGGI LOTTI 5-6-7-8 CON RELATIVA STRATIGRAFIA

Prove di permeabilità tipo Lefranc hanno fornito valore di $K = 4,8 \times 10^{-8}$ m/s nei limi argillosi, $1,1 \times 10^{-5}$ nelle sabbie ghiaiose, e fra $1,4 \times 10^{-9}$ e $5,9 \times 10^{-9}$ m/s nelle argille del substrato.

Sondaggio	Ubicazione	Profondità (m)	Litologia	K (m/sec)
S5	Lotto 8	5.75-5.94	Limi sabbiosi	4.8×10^{-8}
S6	Lotto 5	4.2-4.65	Sabbie ghiaiose	1.1×10^{-5}
S7	Cavidotto	11.5-11.88	Argille grigio azzurre	4.4×10^{-8}
S8	Lotto 6	11.7-12	Argille grigio azzurre	5.9×10^{-9}
S9	Lotto 7	8.7-8.9	Argille grigio azzurre	1.5×10^{-8}

TABELLA 8.10 LOTTI 5-6-7-8 PROVE LEFRANC

I risultati delle prove SPT espresse in funzione della litologia e della relativa interpretazione, dedotta impiegando le più comuni correlazioni (angolo d'attrito: Mitchell; Densità relativa: Skempton; Modulo elastico: Stroud; coesione neutra: Stroud) sono riepilogati in tabella 8.11. Ai valori a rifiuto è stato in questa sede attribuito numero di colpi pari a 100.

I terreni di copertura colluviale limoso argilloso sabbiosi sono caratterizzati da valori di C_u compresi fra 30-50 kPa nei primi 3 m passanti verso il basso a 100-120 kPa. I terreni granulari sabbioso ghiaiosi hanno numero di colpi elevato da cui si deducono angoli d'attrito $> 45^\circ$ e modulo elastico di almeno 80 Mpa. Le argille grigie del substrato hanno al tetto una fascia di alterazione con C_u di 270 kPa. I moduli elastici ed edometrici delle coperture limoso argillose sono rispettivamente di circa 10 Mpa e 11 Mpa, e 50-60 Mpa nelle argille grigie del substrato.

Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	SPT	DR (%)	Φ (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)	Eu (Mpa)
S5	1	Limo argilloso sabbioso	11			30.9	5.6	6.8
	2	Limo argilloso sabbioso	19			53.4	9.6	11.8
	4	Limo argilloso sabbioso	32			120.0	21.6	26.4
	7	Limo argilloso sabbioso	43			161.3	29.0	35.5
S6	1	Ghiaia sabbiosa	70	90.0	50.0		78.8	
	2	Ghiaia sabbiosa	RIF	100.0	50.0		112.5	
	4	Ghiaia sabbiosa	RIF	100.0	50.0		150.0	
	7	Limo argilloso sabbioso	32			120.0	21.6	26.4
S7	1	Limo sabbioso	30	70.0	45.6		33.8	
	2	Limo sabbioso	RIF	100.0	50.0		112.5	
	4	Limo sabbioso	46	77.9	47.2		69.0	
	7	Argille grigio azzurre	RIF			375.0	67.5	82.5
S8	1	Ghiaia sabbiosa	RIF		50.0		112.5	
	2	Ghiaia sabbiosa	RIF		50.0		112.5	
	4	Limo sabbioso	40	72.7	46.2		60.0	
	7	Limo sabbioso	54	71.5	45.9		81.0	
S9	1	Limo argilloso sabbioso	17			47.8	8.6	10.5
	2	Limo argilloso sabbioso	18			50.6	9.1	11.1
	4	Limo argilloso sabbioso	27			101.3	18.2	22.3
	7	Argille grigio azzurre	73			273.8	49.3	60.2

TABELLA 8.11 LOTTI 5-6-7-8. INTERPRETAZIONE PROVE SPT

La tabella seguente riepiloga i risultati delle prove di laboratorio geotecnico. Granulometricamente i terreni colluviali di copertura sono limi argilloso sabbiosi con elevati limiti di Atterberg; nel diagramma di plasticità di Casagrande sono argille o limi di alta plasticità. Le argille del grigio azzurre del substrato hanno analoga composizione granulometrica e limiti di Atterberg, evidenziando l'origine comune. Nelle coperture colluviali si ritiene di poter considerare angoli d'attrito Φ' di 15°-23° prossimi quindi alla pendenza naturale dei versanti, coesione efficace $c' = 25-35$ kPa e Cu di circa 130-200 kPa in funzione della profondità. Nelle argille del substrato Cu almeno 290-300 kPa. I depositi terrazzati non sono stati campionati e/o su di essi non sono state eseguite prove.

RELAZIONE GEOLOGICO GEOTEC-
NICA

Sondaggio	Campione	Da m	a m	Wn (%)	P/V (Mg/mc)	Indice vuoti %	Porosità %	Saturazione %	Wl (%)	Wp (%)	Ip	Ic	Granulometria				ELL σ' (kPa)	Taglio diretto			CIU	
													Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)		φ' (°)	c' (kPa)	φ' (°)	c' (kPa)	
S5	CI1	3.5	4	28.5	19.5	79.3	44.2	97.8	59.7	31.9	28	1.1	0	6.77	44.6	48.63	287.0	23	34	20	1	
	CI2	9.5	10.0	17.6	20.9	52.6	34.5	90.8	61.4	33.8	27.7	1.6	0.0	9.7	44.0	46.3						
	CR1	2.6	3.0	23.8	20.2	65.9	39.7	97.8	59.9	34.4	24.5	1.5	0.0	8.1	43.7	48.2		20.0	24.0			
	CR2	6.5	7.0	23.5					61.5	37.5	24.0	1.6	0.0	13.7	47.7	39.6						
S6	CI1	6.5	7	25.5	19.36	74.2	42.6	92.2	67.7	37.4	30	1.4	0	6.36	47.28	46.36	72.2	15	40			
	CI2	8.0	8.5	19.6	20.1	61.4	38.0	86.4	60.8	34.3	26.6	1.6	0.0	10.1	45.6	44.3	315.0					
	CR1	3.6	4.0																			
	CR2	9.6	10.0	28.4										8.9	47.4	43.7						
S7	CR1	3.5	3.8	23.8	18.9	76.1	43.2	84.2	61.8	36.7	25	1.5	0	39.85	42	18.15		17	22			
	CR2	6.7	7.0	22.4					57.5	28.5	29.0	1.2	0.0	25.0	33.8	41.2						
	CR3	9.0	9.3	27.1					74.3	35.8	38.5	1.2	0.0	24.6	43.2	32.3						
S8	CI1	3.5	4	20.9	19.6	66.4	39.9	85.1	59.3	28.7	31	1.3	0	4.48	59.12	36.4	199	36	3			
	CI2	8.0	8.5	18.7	20.3	58.2	36.8	87.0	56.1	28.8	27.4	1.4	0.0	12.2	49.5	38.2						
	CR1	4.7	5.0	19.5					44.4	23.9	20.6	1.2	0.0	33.7	44.5	21.8						
	CR2	9.4	9.7	20.4					59.3	27.8	31.6	1.2	0.0	12.5	45.0	42.5						
S9	CI1	5.0	5.5	28.5	18.96	82.3	45.1	93.2	63.9	40.6	23	1.5	0	20.6	51.07	28.33	139	18	49			
	CR1	3.0	3.5	28.5					89.3	37.8	51.4	1.2	0.0	11.5	36.2	52.3						
	CR2	7.5	8.0	28.8					61.1	37.2	23.8	1.4	0.0	1.7	33.8	48.5						

TABELLA 8.12 LOTTI 1-2-3-4. RISULTATI PROVE DI LABORATORIO

Per quanto attiene le prove penetrometriche le caratteristiche dei terreni hanno portato al raggiungimento di condizioni di rifiuto attorno alla profondità di 3,4-7m da p.c., a fronte dei 12 m previsti. L'interpretazione è compatibile con l'attraversamento di terreni eterogenei prevalentemente limoso argillosi o limoso sabbiosi consistenti, ma con presenza anche di termini granulari così come rilevato nei sondaggi S6 ed S8.

Indagine	Area	Profondità (m)	Litologia	Colpi
CPT7	Lotto 6	7.2	LA+LS	
CPT8	Lotto 7	3.6	SL+LA+SG	
CPTB		3.4	SL+LS	
CPT6	Lotto 8 e 5	7	LA+LS	

TABELLA 8.13 LOTTI 1-2-3-4. RISULTATI PROVE DPSH/CPT (LA= LIMI ARGILLOSI. A = ARGILLE)

Le Masw non riscontrano un substrato sismico ($V_s < 800$ m/s) sino alla massima profondità indagata. Il parametro di riferimento è la V_{s30} che ha un valore fra 310-365 m/s per una categoria di suolo di fondazione tipo C o B (al limite comunque della C). Le velocità sono regolarmente crescenti verso il basso evidenziando, all'interno dello stesso materiale, il passaggio fra gli orizzonti più superficiali colluviali e destrutturati ed un substrato argilloso via via più consistente e compatto con la profondità. Rispetto al gruppo di lotti 1-2-3-4 i valori medi di velocità sono più elevati a denotare un materiale lievemente più veloce e consistente.

Indagine	Area	Sigla	Vs (m/s)	Categoria sottosuolo
Masw	Lotto 5	M5	365	B
Masw	Lotto 6	M6	325	C
Masw	Lotto 7	M7	310	C

TABELLA 8.14 LOTTI 5-6-7-8. RISULTATI MASW

8.3 Zona est. Lotto 9 e SSEU.

Le aree ricadono interamente in Comune di Rotello.

Come rappresentato nello stralcio di figura seguente nel lotto 9 e SSEU sono collocate le seguenti indagini geognostiche:

- sondaggi S10-S11 attrezzati con piezometro;
- prove penetrometriche DPSH11-CPT9;
- Masw M8-M9.



Figura 8.4 Zona est. Indagini Lotto 9 e SSEU

La stratigrafia del sondaggio S10 sul lotto 9 rileva 0,5 m di terreno vegetale cui fa seguito un deposito colluviale limo argilloso sabbioso (descritto in stratigrafia come limo sabbioso talora argilloso) mediamente consistente (pocket penetrometer 3,0 – 5 Kg/cm^q) che si spinge sino a 3,5 m da p.c. Segue un substrato di argille marnose fossilifere di colore grigio azzurro molto consistenti (pocket penetrometer > 6 Kg/cm^q) a tratti lapidee con interposizione di un orizzonte di alterazione potente 1m.

Il sondaggio S11 sulla SSEU rileva 0,7 m di vegetale, sabbie ghiaiose terrazzate sino a 5,4 m, un limo argilloso sabbioso mediamente consistente (pocket penetrometer 4-5 kPa) fino 11,80 m in appoggio sulle argille grigio azzurre.

Sondaggio	Ubicazione	Profondità (m)	SPT (n°)	CR (n°)	CI (n°)	CA (n°)	Lefranc	Falda (m da p.c.)	Stratigrafia
S10	Lotto 9	12	4	2	2	3	1	-	0-3.5 m limi argillosi su argille grigio azzurre
S11	SSE	12	4	2	2	3	1	-	0-6.1 m sabbia ghiaiosa, da 6.1-11.8 limi argillosi a loro volta su argille grigio azzurre

TABELLA 8.15 RIEPILOGO SONDAGGI LOTTO 9 E SSE CON RELATIVA STRATIGRAFIA

Prove di permeabilità tipo Lefranc hanno fornito valore di $K = 4,4 \times 10^{-8}$ m/s nei limi argillosi e $2,9 \times 10^{-8}$ m/s nelle argille del substrato.

Sondaggio	Ubicazione	Profondità (m)	Litologia	K (m/sec)
S10	Lotto 9	2.8-3.15	Limi sabbiosi	4.4×10^{-8}
S11	SSE	11.7-12.04	Argille grigio azzurre	2.9×10^{-8}

TABELLA 8.16 LOTTO 9 E SSE PROVE LEFRANC

I risultati delle prove SPT espresse in funzione della litologia e della relativa interpretazione, dedotta impiegando le più comuni correlazioni (angolo d'attrito: Mitchell; Densità relativa: Skempton; Modulo elastico: Stroud; coesione neutra: Stroud) sono riepilogati in tabella 8.11. I terreni colluviali di copertura limoso argilloso sabbiosi sono caratterizzati da valori di C_u compresi fra 60-80 kPa nei primi 3 m passanti verso il basso a 110 kPa. I terreni granulari sabbioso ghiaiosi hanno angoli d'attrito fra 35-47° e modulo elastico di 10-50 Mpa. Le argille grigie del substrato hanno al tetto una fascia di alterazione con C_u di 260 kPa. I moduli elastici ed edometrici delle coperture limoso argillose sono rispettivamente di circa 11 Mpa e 13 Mpa, e 45-55 Mpa nelle argille grigie del substrato.

Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	SPT	DR (%)	Φ (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)	Eu (Mpa)
S10	1	Limo argilloso sabbioso	22			61.9	11.1	13.6
	2	Limo argilloso sabbioso	29			81.6	14.7	17.9
	4	Argille alterate	37			138.8	25.0	30.5
	7	Argille grigio azzurre	69			258.8	46.6	56.9
S11	1	Sabbia limosa con ghiaia	10	40.4	34.7		11.3	
	2	Sabbia limosa con ghiaia	43	76.0	47.0		48.4	
	4	Sabbia limosa con ghiaia	36	69.0	45.6		54.0	
	7	Limo argilloso sabbioso	29			108.8	19.6	23.9

TABELLA 8.17 LOTTO 9 E SSE. INTERPRETAZIONE PROVE SPT

La tabella seguente riepiloga i risultati delle prove di laboratorio geotecnico. Granulometricamente i terreni di copertura colluviale sono limi argilloso sabbiosi con elevati limiti di Atterberg; nel diagramma di plasticità di Casagrande sono argille o limi di alta plasticità. Le argille grigio azzurre del substrato hanno analoga composizione granulometrica e limiti, evidenziando l'origine comune. Nel sondaggio S11 un campione granulare si dimostra essere una sabbia limoso argillosa (le modeste dimensioni del campione potrebbero non essere rappresentative di un materiale che nel sondaggio è descritto come ghiaia sabbiosa). Nelle coperture limoso argillose i parametri di resistenza sono molto dispersi risentendo probabilmente della qualità del campione e della velocità di esecuzione della prova; si sono ottenuti infatti angoli d'attrito Φ' di 20-30°, coesione efficace $c' = 1-50$ kPa e Cu di circa 40-100 kPa. Nelle argille del substrato angoli d'attrito Φ' di 17°, coesione efficace $c' = 21$ kPa.

Sondaggio	Campione	Da m	a m	Wn (%)	P/V (Mg/mc)	Indice vuoti %	Porosità %	Saturazione %	Wl (%)	Wp (%)	Ip	Ic	Granulometria				ELL $\sigma' (kPa)$	Taglio diretto			CIU	
													Ghiaia (%)	Sabbia (%)	Limo (%)	Argilla (%)		$\sigma' (kPa)$	$\phi' (°)$	$c' (kPa)$	$\phi' (°)$	$c' (kPa)$
S10	CI1	3.5	4	20.9	20.05	63.9	39	88.9	57.4	29	29	1.3	0	10.52	48.39	41.09	233	20	52			
	CI2	8.5	9.0	19.2	20.4	58.6	36.9	89.1	60.2	27.9	32.3	1.3	0.0	10.4	43.8	45.8				17	21	
	CR1	6.0	6.3	27.5					99.5	38.1	61.4	1.2	0.0	7.2	44.5	48.4						
	CR2	9.0	9.3	23.9					60.5	32.0	28.3	1.3	0.0	22.9	28.8	48.3						
S11	CI1	6.5	7	20.1	20.57	54.1	35.1	100	30.2	23.9	6.3	1.6	0	47.96	31.7	20.34	85					
	CI2	10.0	10.5	17.9	20.6	53.4	34.8	89.7	56.9	28.1	28.8	1.4	0.0	12.7	53.5	33.9						
	CR1	2.7	3.0	22.7	20.2	61.5	100.0		43.9	23.4	20.5	1.0	0.0	33.3	44.7	22.0		31.0	1.0			
	CR2	8.0	8.4	19.0					40.9	22.0	18.9	1.2	0.0	40.3	29.9	29.8						

TABELLA 8.18 LOTTO 9 E SSE. RISULTATI PROVE DI LABORATORIO

Per quanto attiene le prove penetrometriche le caratteristiche dei terreni hanno portato al raggiungimento di condizioni di rifiuto attorno alla profondità di 4,6 m da p.c. in CPT9 mentre la DPSH11 si è sviluppata sino ai 12 m previsti. L'interpretazione è compatibile con l'attraversamento di terreni eterogenei prevalentemente limoso argillosi o limoso sabbiosi. Da notare come nella zona della SSEU la prova DPSH11 raggiunga i 12 m di profondità senza palesare numero di colpi particolarmente elevato, mentre il sondaggio S11 rileva la presenza di ghiaie sabbiose o sabbie ghiaiose.

Indagine	Area	Profondità (m)	Litologia	Colpi
CPT9	Lotto 9	4.6	SL+LA	
DPSH11	SSE	12	LS	8-13

TABELLA 8.19 LOTTO9 E SSE. RISULTATI PROVE DPSH/CPT (LA= LIMI ARGILLOSI. SL = SABBIE LIMOSE. A = ARGILLE)

Le Masw non riscontrano un substrato sismico ($V_s < 800$ m/s) sino alla massima profondità indagata. La V_{s30} ha un valore fra 310-365 m/s per una categoria di suolo di fondazione tipo C o B (al limite comunque della C). Le velocità sono regolarmente crescenti verso il basso evidenziando, all'interno dello stesso materiale, il passaggio fra gli orizzonti più superficiali colluviali e destrutturati ad un substrato argilloso via via più consistente e compatto con la profondità.

Indagine	Area	Sigla	V_s (m/s)	Categoria sottosuolo
Masw	Lotto 9	M8	378	B
Masw	SSE	M9	308	C

TABELLA 8.20 LOTTO 9 E SSE. RISULTATI MASW

8.4 Cavidotto

Come rappresentato in figura 8.5 lungo il cavidotto sono state eseguite specifiche indagini consistenti:

- nel sondaggio S7 profondo 12 m, già descritto illustrando l'area nord, posizionato fra i lotti 5-6-8 in corrispondenza dell'attraversamento di un corso d'acqua;
- nelle prove penetrometriche CPTA-DPSHC-CPT10-DPSHD la cui profondità è come da previsioni progettuali 6 m, fatta eccezione per la CPT10 che ha raggiunto condizioni di rifiuto a 4 m da p.c.

Scopo di queste indagini era indagare i terreni nell'ambito delle modeste profondità (circa 2 m da p.c.) di prevista posa del cavidotto.

Il sondaggio S7 rileva la presenza di 4,5 m di terreni limoso argillosi e limoso debolmente ghiaiosi in appoggio sulle argille grigio azzurre.

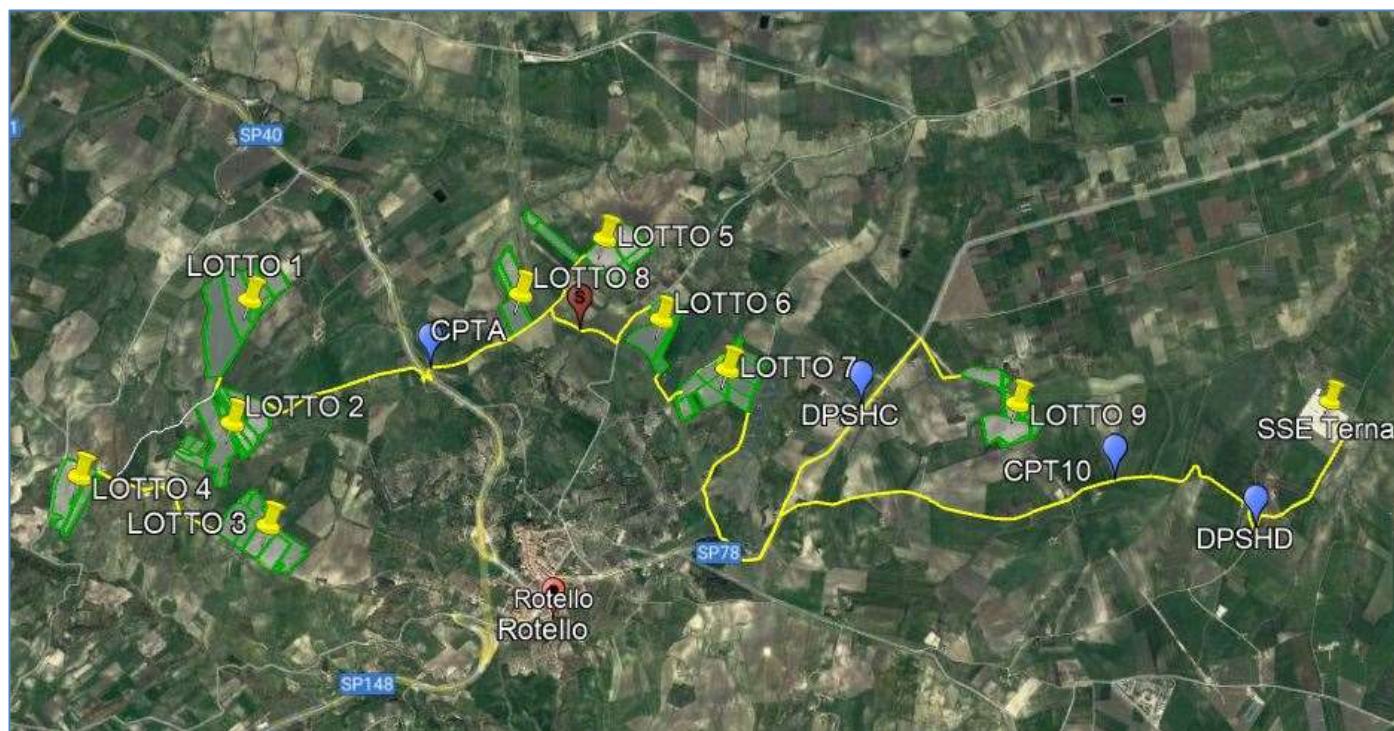


FIGURA 8.5 INDAGINI LUNGO IL TRACCIATO DEL CAVIDOTTO

Le prove penetrometriche confermano, nell'ambito delle profondità indagate (4-6 m da p.c.) la presenza di depositi di copertura limoso argillosi o limoso sabbiosi prevalentemente soffici, come dimostrato da un numero di colpi modesto (4-5) o relativamente tale (8-15) nelle DPSH.

Indagine	Area	Profondità (m)	Litologia	Colpi
CPTA	Cavidotto	6	LA	
DPSHC		6	LS	4-5
CPT10		4	LA+LS	
DPSHD		6	LS	8-15

TABELLA 8.21 TRACCIATO CAVIDOTTO. PROVE CPTU/DPSH

8.5 Indagini ambientali e pedologiche

Nel corso di ciascun sondaggio si è proceduto al prelievo di n° 3 campioni ambientali (fra 0,5-1m, fra 2-3m e fra 5-6m) da sottoporre ad analisi di laboratorio chimico ai sensi della tabella 4.1 allegato 4 del DPR 120/2017.

Le prove hanno evidenziato, specie negli orizzonti più superficiali ma talvolta anche nei campionamenti intermedi e profondi (fra 2-3m e fra 5-6m) il superamento dei limiti di colonna A per idrocarburi pesanti C>12 e meno frequentemente Cobalto ed Arsenico. In

un caso, sondaggio S6 campione fra 0,5-1m, si ha il superamento anche dei limiti di colonna B per idrocarburi C>12. In tabella seguente un breve riepilogo dei risultati.

Sondaggio	Profondità	Superamento colonna A	Superamento colonna B
1	0.5-1	Cobalto	-
3	0.5-1	Idrocarburi pesanti	-
5	0.5-1	Idrocarburi pesanti	-
6	0.5-1	Idrocarburi pesanti	Idrocarburi pesanti
6	2-3	Idrocarburi pesanti	-
8	0.5-1	Idrocarburi pesanti	-
9	0.5-1	Cobalto	-
9	2-3	Cobalto	-
9	5-6	Arsenico e Cobalto	-
10	2-3	Arsenico	-
11	5-6	Idrocarburi pesanti	-

TABELLA 8.22 CAMPIONAMENTI AMBIENTALI IN CORRISPONDENZA DEI SONDAGGI

Sui diversi lotti si è inoltre provveduto al prelievo di n° 28 campioni pedologici superficiali per la determinazione dei seguenti parametri: tessitura, pH, carbonio organico, sostanza organica, capacità di scambio cationico, azoto totale, fosforo assimilabile e potassio, calcio e magnesio scambiabile. Sui 28 campioni ben 21 (75%) sono risultati a tessitura argillosa, 2 a tessitura argilloso limosa, 3 a tessitura argilloso sabbiosa, e solamente 3 (10,7%) a tessitura sabbioso limosa o limoso sabbiosa.

Per maggiori dettagli sull'argomento si rimanda alla specifica documentazione progettuale.

9 MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO

Le indagini disponibili in buona coerenza con la documentazione bibliografica hanno evidenziato la presenza di depositi di copertura colluviali prevalentemente limoso argillosi variamente sabbiosi in appoggio su di un substrato costituito da argille grigie o grigio azzurre consistenti e sovraconsolidate. Localmente nelle zone più elevate e subpianeggianti sulle colluvioni si rinviene un sottile orizzonte fluviale terrazzato sabbioso limoso o sabbioso ghiaioso a scarsa continuità laterale.

Le unità stratigrafiche e geotecniche individuate sono le seguenti:

- Fl₁: depositi fluviali e fluviolacustri del I ordine di terrazzi a composizione sabbioso argillosa, sabbioso limosa o sabbioso ghiaiosa. Costituiscono plaghe poco potenti e a scarsa continuità laterale in appoggio su depositi colluviali limoso argillosi;
- Col. Depositi colluviali limoso argillosi variamente sabbiosi di spessore metrico. Derivano da processi di alterazione delle sottostanti argille rispetto alle quali non vi è un passaggio netto, quanto piuttosto un miglioramento progressivo e graduale delle caratteristiche di resistenza con la profondità, ovvero una diminuzione del grado di alterazione. La porzione superficiale di questa unità, maggiormente alterata e detensionata, può essere localmente soggetta a fenomeni deformativi stagionali tipo colata, creep o scivolamento rotazionale;
- Q^cp²: substrato composto dalle argille plioceniche di Montesecco costituite da argille grigie molto consistenti e sovraconsolidate che si collocano a profondità variabili fra un minimo di 3,5 m da p.c. (sondaggio S10) ad un massimo di 11,8 m a p.c. (sondaggio S11) con valori medi compresi fra 5-7 m da p.c.

Le tabelle seguenti riepilogano, al di sotto di una coltre di terreno vegetale potente mediamente 0,5m, la caratterizzazione dei terreni attesi in corrispondenza dei diversi lotti così come risulta dall'insieme delle informazioni disponibili. I terreni interessati dalle opere sono le colluvioni limoso argillose e localmente i depositi fluviali terrazzati; il substrato argilloso rimane a profondità tale da non essere coinvolto dai lavori.

La simbologia cui si è fatto riferimento è la seguente:

γ = peso di volume naturale del terreno	[kN/m ³]
I_p = Indice di plasticità	[%]
OCR= Over Consolidation Ratio	[-]
D_r = densità relativa	[%]
φ' = angolo di attrito in termini di sforzi efficaci	[°]
c' = resistenza al taglio in condizioni drenate	[Mpa]

Cu= resistenza al taglio in condizioni non drenate	[Mpa]
E = modulo elastico del terreno	[Mpa]
n = coefficiente di Poisson	[-]
K = permeabilità	[m/s]

Nei lotti 1-2-3-4 il modello di riferimento è sostanzialmente analogo e vede la presenza di una coltre colluviale limoso argillosa di spessore plurimetrico poggiante su argille grigie. I lavori interesseranno unicamente i depositi di coltre. La categoria di suolo di fondazione è la C.

Zona ovest (lotti 1-2-3-4)												
Sigla	Prof (m da p.c.)	Descrizione	γ (kN/m ³)	IP	OCR	Dr (%)	c' (kPa)	ϕ' (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)	K (m/s)	Suolo di fondazione
Col	Da 0,5 a 6-9 m	Limi argillosi variamente sabbiosi	19.5	25	>1		1-15	20-22	45	10	1.00E-08	C
QCp2	Oltre 6-9m	Argille grigio azzurre consistenti e sovraconsolidate	20.5	25	>>1		30-35	24	150	30	1.00E-08	
Falda: Non rilevata (>12 m da p.c.)												

TABELLA 9.1 LOTTI 1-2-3-4. MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Nei lotti 7-8 e nella porzione meridionale dei lotti 5-6 il modello di riferimento è analogo ai lotti 1-2-3-4 e vede la presenza di una coltre colluviale limoso argillosa di spessore plurimetrico poggiante sulle argille grigie.

Nella porzione settentrionale dei lotti 5 e 6, come evidenziata in figura 9.1, sulle colluvioni limoso argillose si ha un orizzonte sabbioso ghiaioso di origine fluviale terrazzato dello spessore di 3-5 m circa.

I lavori interesseranno unicamente i depositi limoso argillosi, o sabbioso ghiaiosi limitatamente alla porzione settentrionale dei lotti 5 e 6. Per omogeneità si considera una categoria di suolo di fondazione tipo C per tutti i lotti.

Zona nord lotti 5 (sud)-6 (sud)-7-8												
Sigla	Prof (m da p.c.)	Descrizione	γ (kN/m ³)	IP	OCR	Dr (%)	c' (kPa)	ϕ' (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)	K (m/s)	Suolo di fondazione
Col	Da 0,5 a 5-8 m	Limi argillosi variamente sabbiosi	19.5	25	>1		1-15	20-22	45	10	1.00E-08	C
QCp2	Oltre 5-8m	Argille grigio azzurre consistenti e sovraconsolidate	20.5	25	>>1		30-35	24	150	30	1.00E-08	
Falda: Non rilevata (>12 m da p.c.)												

TABELLA 9.2 LOTTI 5 (SUD) 6 (SUD) E LOTTI 7-8. MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Zona nord lotti 5 (nord)-6 (nord)												
Sigla	Prof (m da p.c.)	Descrizione	γ (kN/m ³)	IP	OCR	Dr (%)	c' (kPa)	ϕ' (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)	K (m/s)	Suolo di fondazione
F11	Da 0,5 a 3-5m	Sabbie ghiaiose limose da poco a mediamente addensate	18.5			45-65	0-5	35			1.00E-05	C
Col	Da 3-5 a 8 m	Limi argillosi variamente sabbiosi	19.5	25	>1		1-15	20-22	45	10	1.00E-08	
QCp2	Oltre 8m	Argille grigio azzurre consistenti e sovraconsolidate	20.5	25	>>1		30-35	24	150	30	1.00E-08	
Falda: Non rilevata (>12 m da p.c.)												

TABELLA 9.3 LOTTO 5 (NORD) E 6 (NORD) MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO



FIGURA 9.1 LOTTI 5 E 6. LIMITI DEL MODELLO GEOLOGICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO. IN COLORE AZZURRO LE AREE SOMMITALI (NORD) CON PRESENZA DI UN ORIZZONTE SUPERFICIALE SABBIOSO GHIAIOSO

Nel lotto 9 si ha una coltre colluviale limoso argillosa di spessore 3,5 m in appoggio sulle argille grigie. I lavori interessano unicamente i depositi limoso argillosi. La categoria di suolo di fondazione è la B.

RELAZIONE GEOLOGICO GEOTEC-
NICA

Zona est lotto 9												
Sigla	Prof (m da p.c.)	Descrizione	γ (kN/m ³)	IP	OCR	Dr (%)	c' (kPa)	ϕ' (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)	K (m/s)	Suolo di fondazione
Col	Da 0,5 a 3,5 m	Limi argillosi variamente sabbiosi	19.5	25	>1		5-15	20-22	45	10	1.00E-08	B
QCp2	Oltre 3,5m	Argille grigio azzurre consistenti e sovraconsolidate	20.5	25	>>1		30-35	24	150	30	1.00E-08	
Falda: Non rilevata (>12 m da p.c.)												

TABELLA 9.4 LOTTO 9 MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Nella SSEU una coltre fluviale sabbioso ghiaiosa potente circa 6 m ricopre limi argillosi variamente sabbiosi a loro volta in appoggio sulle argille grigie. I lavori interessano unicamente la coltre fluviale. La categoria di suolo di fondazione è la C.

Zona est SSE												
Sigla	Prof (m da p.c.)	Descrizione	γ (kN/m ³)	IP	OCR	Dr (%)	c' (kPa)	ϕ' (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)	K (m/s)	Suolo di fondazione
FI1	Da 0,5 a 6m	Sabbie ghiaiose limose da poco a mediamente addensate	18.5			45-65	0-5	35			1.00E-05	C
Col	Da 6 a 11,8 m	Limi argillosi variamente sabbiosi	19.5	25	>1		1-15	20-22	45	10	1.00E-08	
QCp2	Oltre 11,8m	Argille grigio azzurre consistenti e sovraconsolidate	20.5	25	>>1		30-35	24	150	30	1.00E-08	
Falda: Non rilevata (>12 m da p.c.)												

TABELLA 9.5 SSE. MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

Lungo il tracciato del cavidotto prevalgono depositi limoso argillosi al di sotto di una coltre potente 0,5-1m di materiale di riporto granulare che costituisce il cassonetto stradale. La categoria di suolo di fondazione è la C.

Cavidotto												
Sigla	Prof (m da p.c.)	Descrizione	γ (kN/m ³)	IP	OCR	Dr (%)	c' (kPa)	ϕ' (°)	Cu (kPa)	E (Mpa)	K (m/s)	Suolo di fondazione
RIP	Da 0 a 0,5-1m	Riporto	19			85%	0	35	0	25	1.00E-05	C
Col	Oltre 0,5-1m	Limi argillosi variamente sabbiosi	19.5	25	>1		1-15	20-22	45	10	1.00E-08	
Falda: Non rilevata (>12 m da p.c.)												

TABELLA 9.6 CAVIDOTTO. MODELLO STRATIGRAFICO E GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

10 INTERAZIONE OPERE TERRENI E CONCLUSIONI

Le aree d'interesse progettuale ricadono in un contesto agricolo e sono adibite prevalentemente a seminativo.

Morfologicamente è un contesto collinare con forme dolci e gibbose separate da linee di impluvio poco profonde. Le quote variano fra circa 190 – 450 m slm tendenzialmente in aumento da NE verso SW.

Il progetto è stato sviluppato sulla base di una dettagliata campagna geognostica eseguita nell'autunno del 2022 ed incentrata su n° 11 sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con piezometro, prove in sito (SPT e Lefranc) e di laboratorio su campioni geotecnici ed ambientali, 15 prove penetrometriche continue statiche o dinamiche in funzione della natura dei terreni, e 8 Masw.

Dal punto di vista urbanistico le aree coinvolte dai lavori sono interamente a vocazione agricola e non interferiscono con alcun centro abitato. I terreni sono tutti a seminativo, fatta eccezione per un modesto appezzamento ad uliveto nel lotto 1 e una zona boscata sul limite meridionale del lotto 4. Un piccolo fabbricato rurale insiste accanto all'uliveto nel lotto 1.

Geologicamente la documentazione bibliografica e le indagini geognostiche evidenziano la presenza di un substrato argilloso riconducibile alle argille grigio azzurre plioceniche della formazione delle argille di Montesecco. Da bibliografia è indicata anche, nei quadranti meridionali, la presenza delle più antiche Argille Varicolori le quali, però, non sono state individuate nel corso delle indagini eseguite. Sul substrato argilloso poggia una coltre colluviale limoso argillosa di spessore minimo 3,5 m e massimo 11,8 m (mediamente 6-8 m circa) derivante da una alterazione senza, o con trasporto estremamente modesto, del sottostante substrato argilloso, rispetto al quale ha analoga composizione granulometrica e limiti di Atterberg. Essa verso il basso passa gradualmente alla formazione sana attraverso un incremento dei parametri di resistenza e deformabilità. Talora al tetto della coltre colluviale è presente un orizzonte più scuro di spessore decimetrico (mediamente 0,5 m) a maggior contenuto di sostanza organica.

Localmente, in particolare sulla porzione sommitale (nord) dei lotti 5 e 6, e nell'area della SSEU, sulle colluvioni si rinviene un deposito sabbioso ghiaioso, sabbioso limoso o limoso sabbioso di origine fluviale, terrazzato, mediamente addensato, di spessore compreso fra 3-6 m circa.

I lavori andranno quindi ad interessare la coltre colluviale e, ove presenti, i depositi fluviali terrazzati

La destinazione agricola delle aree determina la presenza di una coltre di terreno vegetale dello spessore medio non inferiore a 0,5 m.

Dal punto di vista geomorfologico la diffusa presenza di un deposito colluviale limoso argilloso, e di un ambito collinare, determina locali condizioni di diffusa e potenziale pericolosità geomorfologica che si esplica attraverso fenomeni deformativi tipo creep, colata e scivolamento rotazionale, oltre ad erosione diffusa sui versanti e concentrata nel fondovalle. Trattasi di fenomeni superficiali tipicamente stagionali che si manifestano specialmente a valle dei fenomeni atmosferici più intensi e prolungati, o di eventi sismici. Evidenze di dissesti sono state riscontrate nel corso dei sopralluoghi non tanto sulle superfici coltivate, dove le lavorazioni agricole tendono a mascherarli, quanto sulla viabilità o lungo le strutture esistenti. Al di là di una potenziale e diffusa pericolosità geomorfologica il catalogo IFFI ed il PAI hanno evidenziato:

- perimetrazioni di frana IFFI per scivolamento in corrispondenza di limitate porzioni dei lotti 2-3-4-5, e di frana rotazionale in una porzione del lotto 7;
- condizioni di pericolosità PAI da frana molto elevata su parte del lotto 2, lotto 3 e lotto 9.

Dal punto di vista geologico e geomorfologico gli interventi in progetto non comportano significative ripercussioni sulla componente geologica, non determinano movimenti terra apprezzabili, non sono in alcun modo invasivi, non alterano la preesistente stabilità dei luoghi e non alterano negativamente la potenziale pericolosità geomorfologica delle aree né in fase di cantiere né a lavori ultimati. Se i lavori saranno correttamente eseguiti e gestiti i terreni interessati non andranno a subire denudazioni, perdita di stabilità o turbamento del regime delle acque. Al contrario la perdita delle lavorazioni agricole, che lasciano stagionalmente "nudo" il suolo favorendo l'infiltrazione delle acque meteoriche, la diffusione di una vegetazione erbacea perenne e la regimazione/gestione delle acque superficiali opportunamente prevista in progetto, potranno determinare un miglioramento rispetto alla situazione in essere in termini di stabilità ed erosione superficiale. In base a quanto esposto ed in relazione alle tipologie di lavori previste è possibile esprimere un giudizio di sostanziale compatibilità idrogeologica.

In un approccio prudenziale si sono inoltre comunque in questa fase escluse dall'installazione dei pannelli le porzioni di lotti:

- interessate da perimetrazioni di frane IFFI;
- interessate da una pericolosità geomorfologica da frana molto elevata;
- interessate da pendenze > 22% se orientate N-S e >35° se orientate E-W-

Resta il fatto che la presenza di depositi limoso argillosi in ambiente collinare potrebbe determinare comunque, periodiche deformazioni dei terreni nelle aree d'installazione

dei pannelli, con la conseguente necessità di ricorrere ad interventi di manutenzione periodica con frequenza superiore all'usuale.

Dal punto di vista idraulico la documentazione di pianificazione territoriale non segnala interferenze fra le aree di installazione dei pannelli e zone di pericolosità idraulica. Si segnala solo una pericolosità idraulica media in corrispondenza di puntuali e limitati attraversamenti del reticolo idrografico minore da parte del cavidotto.

La pericolosità sismica è media. I comuni di Rotello e Montelongo rientrano in zona sismica di seconda categoria. La categoria di suolo di fondazione è tipo C, raramente tipo B (lotto 9) ai limiti comunque di una categoria C.

Dal punto di vista idrogeologico tutti i sondaggi eseguiti, attrezzati con piezometro a tubo aperto, non hanno rilevato a settembre 2022 la presenza di una falda idrica. Si ritiene però possibile l'instaurarsi di una falda più o meno effimera e persistente al tetto del substrato argilloso, specie a seguito degli eventi meteorici più intensi e delle coperture alluvionali terrazzate, la cui profondità è comunque sempre superiore rispetto alle massime profondità di scavo. Non saranno quindi da attendersi interferenze fra scavi e falda.

Dal punto di vista geotecnico alle coltri colluviali sono stati assegnati parametri di resistenza variabili all'interno di un range che dipende dalle locali condizioni di stabilità reale o potenziale. I parametri più elevati sono da intendersi come valori di picco, mentre quelli minori sono valori residui propri delle aree in dissesto reale o potenziale, dove le pendenze dei versanti sono prossime all'angolo d'attrito naturale dei materiali. In un approccio conservativo nelle verifiche delle opere si andranno ad adottare i parametri minori fra quelli proposti.

Le coltri colluviali limoso argillose dalle prove di laboratorio mostrano un grado di saturazione variabile fra 85%-98%, il cui valore ed oscillazione nel tempo può ripercuotersi sul grado di attività dei dissesti che interessano le coltri stesse.

Il progetto ha previsto l'adozione di elementi prefabbricati per le cabine di conversione, storage, sottocampo ecc., in modo eliminare/minimizzare qualsiasi costruzione in cantiere. Per queste strutture si adottano fondazioni su platee da realizzarsi con una minima movimentazione terra. Il terreno scavato sarà riutilizzato e livellato all'interno delle aree di pertinenza progettuale.

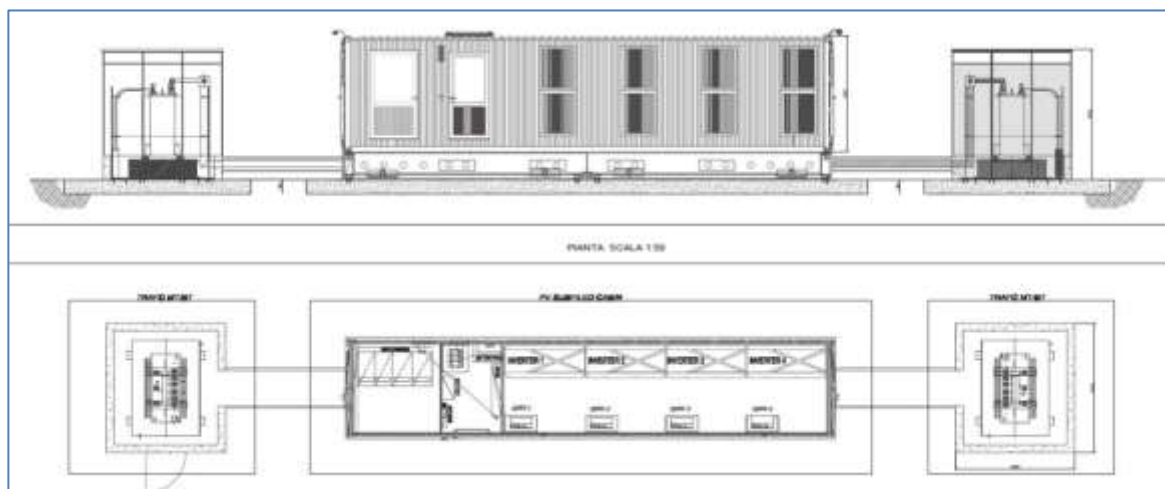


FIGURA 10.1 CABINA SOTTOCAMPO E CABINE MT/BT

I pannelli fotovoltaici saranno installati su opportuni trackers monoassiali con telai composti da elementi di sostegno metallici infissi o trivellati nel terreno. Direttamente sulle strutture dei tracker verranno fissati gli inverter fotovoltaici di stringa, della potenza di 200kW cadauno, cui convergono i cavi in corrente continua dei pannelli installati sui trackers. Su ciascun tracker vengono montati 28 pannelli.

All'interno dei lotti, dagli inverters verso le cabine saranno disposti cavidotti interrati di media e bassa tensione posti a circa 1,20 m di profondità, oltre agli impianti ausiliari (illuminazione, anti-intrusione ecc). Il volume scavato sarà per circa il 75% impiegato a ricopertura dello scavo, e per la parte rimanente livellato sul posto.

Per quanto riguarda i mezzi d'opera è previsto l'impiego di escavatori per gli scavi a sezione obbligata per i cavidotti e per le platee di fondazione, macchine per l'installazione dei telai dei tracker e mezzi di sollevamento per lo scarico dei materiali e delle cabine. Saranno necessarie macchine agricole per la preparazione del terreno, ovvero per lo sfalcio delle colture esistenti e per l'eliminazione di piante e di arbusti, che attualmente sono in quantità sostanzialmente trascurabile.

In corso d'opera non si prevede la necessità di approvvigionare significativi volumi d'acqua in quanto le platee saranno realizzate con calcestruzzo proveniente da impianti esterni. Anche il bitume per il ripristino della viabilità proverrà da fonte esterna.

Non si prevedono spazi per cantiere esterni alle aree dei singoli lotti in quanto verranno utilizzate le aree stesse, che risultano più che sufficienti.

Si prevede la realizzazione di strade interne alle singole aree per garantire l'accessibilità dei mezzi verso tutte le cabine; tali strade saranno non asfaltate ma in terra battuta.

Vista la tipologia di terreni riscontrata e in particolare gli esiti delle prove penetrometriche CPT e DPSH, i pali di supporto dei pannelli potranno essere costituiti da elementi in carpenteria metallica infissi mediante battitura o trivellati. I pannelli saranno montati su una struttura a binario composta da profilati metallici che formano la superficie di appoggio, collegata direttamente ai montanti verticali. In questo modo si evita la realizzazione di fondazioni permanenti e tutto il sistema, a fine vita utile, potrà essere integralmente smontato e smantellato. I supporti saranno dotati di un sistema monoassiale di inseguitore solare in modo da garantire sempre la migliore orientazione e massima produzione.

Tutte le parti interrate (pali e cavidotti) avranno profondità tali da non costituire alcuna interferenza con l'ambiente idrico sotterraneo. Tale soluzione, unitamente al fatto che i pannelli e gli impianti non contengono sostanze liquide che potrebbero sversarsi accidentalmente sul suolo e quindi esserne assorbite, esclude ogni interazione fra progetto e acque sotterranee.

In tale contesto e per quanto di competenza gli unici impatti derivanti dal progetto proposto si concretizzano nella sottrazione per occupazione di suolo da parte dei pannelli. Tali pannelli come anticipato saranno montati su supporti tubolari trivellati che sorreggono un telaio metallico garantendo un'altezza da terra minima di 0,9 m. In questo modo anche la sottrazione di suolo è limitata, in quanto l'area sottostante rimane libera e subisce un processo di rinaturalizzazione, tutt'al più con una limitazione d'uso che da agricolo può diventare pastorale, rendendo con ciò anche possibile la colonizzazione a tutte quelle specie che precedentemente erano disturbate dall'attività umana. L'installazione dei pannelli sarà comunque temporanea in quanto, terminata la vita utile dell'impianto, potranno essere completamente smantellati ed i pali sfilati, ripristinando lo stato originale dei luoghi senza alcun gravame o condizionamento.

Le acque consumate per la manutenzione dei pannelli (molto modeste, circa 2l/m² di pannello ogni 6 mesi) potranno essere approvvigionate mediante autobotte evitando (data anche l'assenza di falda idrica) la realizzazione di pozzi. Le operazioni di pulizia dovranno essere effettuate senza impiego di detersivi o altre sostanze che possano contaminare acque e suoli.

La realizzazione dell'impianto prevede l'installazione di cabine elettriche. Come anticipato sono state opportunamente previste cabine di tipo prefabbricato da posare su una soletta in calcestruzzo previo scavo di circa 50 cm. Il materiale proveniente dallo scavo potrà essere usato per raccordare il terreno attorno alla cabina evitando/limitando gli esuberanti da conferire all'esterno. A fine vita impianto la cabina potrà essere allontanata

demolendo la soletta in calcestruzzo, riposizionando poi il terreno opportunamente rimasto sul posto.

All'esterno degli impianti i cavidotti si sviluppano prevalentemente lungo strade private o pubbliche. La posa dei cavi richiederà scavi di modesta profondità (circa 1,2 m da p.c.) che andranno ad interessare terreni sciolti prevalentemente limoso argillosi sopra falda. Il volume scavato sarà per circa il 75% impiegato a ricopertura dello scavo e per la parte rimanente, specie laddove contenente resti della pavimentazione bituminosa, gestito come rifiuto.

In figura seguente sono rappresentati i principali attraversamenti di corsi d'acqua da parte del cavidotto. Tali attraversamenti saranno risolti mediante tubazioni interrato, o alloggiato a margine delle opere di scavalco esistenti, il tutto senza influenzare il regime idraulico degli impluvi.

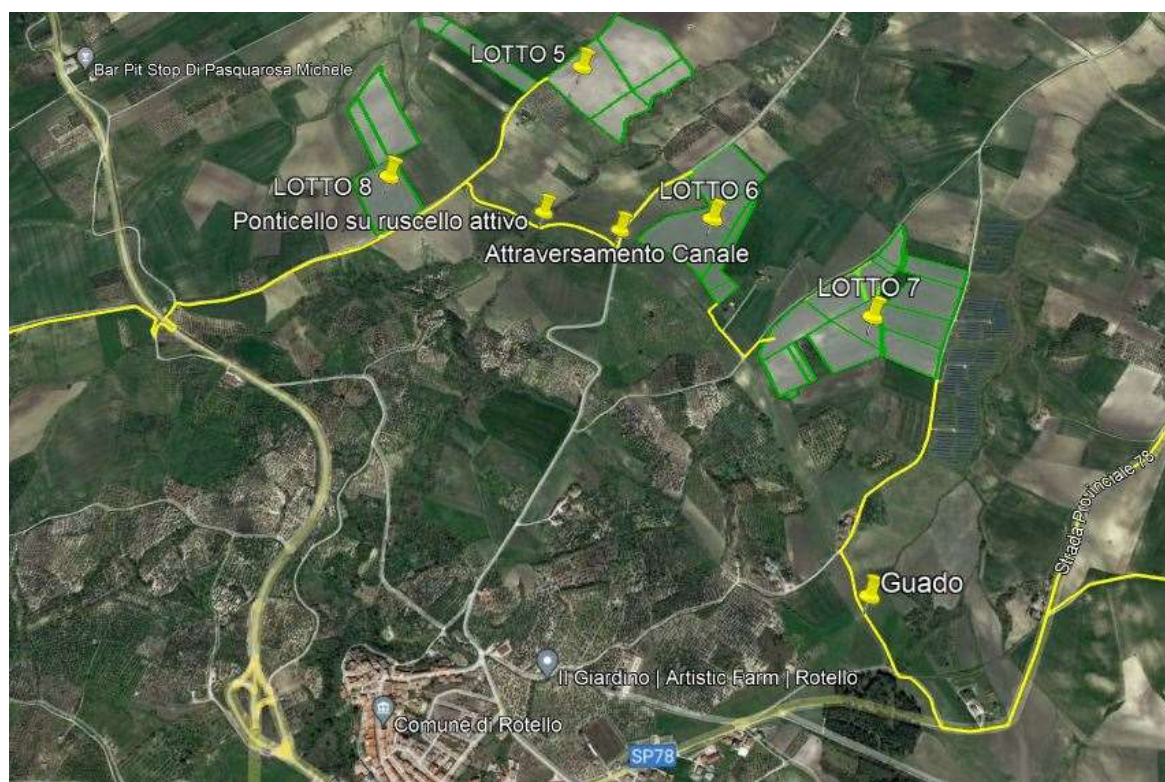


FIGURA 10.2 ATTRAVERSAMENTI CORSI D'ACQUA DA PARTE DEI CAVIDOTTI (SEGNAPOSTO GIALLI)

In presenza di materiali sciolti gli scavi potranno essere condotti mediante escavatore. Dal punto di vista geologico e geotecnico i materiali ottenuti saranno prevalentemente limoso argillosi classificabili con A6 o A7 della UNI 10006, e come tali non riutilizzabili per opere strutturali e non appetibili sul mercato. Solo limitate aliquote provenienti dalla

SSEU e dalla parte settentrionale dei lotti 5 e 6 avranno una composizione granulare a prevalenza sabbiosa.

Il lotto 4, l'unico in comune di Montelongo, ricade in area a vincolo idrogeologico. In quest'ambito sono presenti due piccole frane per colata censite dal catalogo FFI che coincidono anche con aree a pericolosità idraulica elevata nel PAI; tali ambiti sono stati interamente esclusi dall'installazione dei pannelli.

L'intervento progettualmente previsto può ritenersi compatibile con il vincolo idrogeologico, ovvero non si ravvisano impedimenti a quanto in progetto.

Le opere nel loro complesso sono concepite in maniera tale da poter essere interamente asportate ripristinando il naturale stato dei luoghi a fine vita utile dell'impianto. Dovranno essere in ogni caso adottati gli opportuni accorgimenti evitando di creare ostacoli al naturale deflusso delle acque, assicurando una corretta regimazione ed allontanamento delle acque meteoriche e ruscellanti, evitando movimenti terra e accumuli che possano arrecare condizioni di pregiudizio per la stabilità, garantendo il corretto compattamento di eventuali riporti, evitando di ridurre la sezione degli impluvi, fossi o altre linee di sgrondo.

In base al quadro conoscitivo sopra esposto derivante dalla documentazione consultata, dagli strumenti di pianificazione territoriale disponibili, dalle indagini geognostiche eseguite e più in generale dagli approfondimenti progettuali svolti è possibile esprimere un giudizio di fattibilità dell'intervento, la cui incidenza sulla componente geologica può dirsi nel complesso modesta.