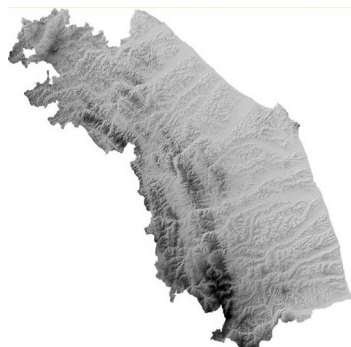


REGIONE MARCHE



Elaborato: n.1/3

RELAZIONE GEOLOGICA
Progetto Definitivo
codice elaborato FLS-CLD-RGD

TITOLO:

Opere per la connessione alla rtN progetto per la realizzazione di una stazione di smistamento a 132kv da inserire in doppio entra-esce sulle linee "valcimarra-cappuccini" per la connessione dell' impianto eolico di Caldarola (p=60mw).

CARATTERIZZAZIONE DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE DI UN TERRENO SITO NEL COMUNE DI CAMERINO, INDIVIDUATO PER IL POSIZIONAMENTO DELLA STAZIONE DI CONNESSIONE DELL'IMPIANTO EOLICO DI CALDAROLA

COMMITTENTE:

	Fred. Olsen Renewables Italy S.r.l.
C.F.	_
P.I.	_
Via	Viale Castro Pretorio 122
Città/Prov.	Roma Roma

PROGETTO:

Via	Loc. Arcofiato
Città/Prov.	Camerino Roma
Foglio	63
Particella	30-49-50-51-52-53



Studio Geologico Dott. Geol. Massimo Gubinelli
 Via C. Levi, 9 62022 Castelraimondo MC
 Tel. uff. 0737 642526 Cell. 338 7013274
 e-mail poderosa@libero.it

I GEOLOGI:

Dr. Massimo Gubinelli	Dr. Fabio Lunerti
Castelraimondo 30/08/2023	

Elaborati associati al presente fascicolo

- Relazione geologica
- Risposta sismica locale
- Tavole tabulazione indagini

Pratica n. 21_22
 Rev. 1



Elaborato: n.1

Sommario

1. PREMESSA	2
1.1 Localizzazione aree d'intervento (allegato 2 A1,A2,A3).....	3
2. INQUADRAMENTO VINCOLISTICA	6
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO	7
3.1 Geologia (allegato 2 A4).....	7
3.2 Geomorfologia (allegato 2 A5,A6,A7).....	11
3.3 Idrologia e idrogeologia (allegato 2 A8).....	19
4. INDAGINI	22
4.1 Prove penetrometriche.....	23
4.2 Sondaggi a carotaggio continuo	26
4.3 Prova in foro Standard Penetration Test (SPT).....	29
4.4 Prove di laboratorio su campioni indisturbati.....	31
Scavi 33	
4.5 Indagini sismiche	34
4.5.1 MASW1.....	35
4.5.2 MASW2.....	37
4.5.3 SR1.....	39
4.5.4 SR2.....	40
5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	42
6. CARTA DI SINTESI – CARTA DELLE VOCAZIONALITA' AI FINI PROGETTUALI	44
7. SCELTA DELLE AREE PER LE OPERE DI CONNESSIONE	45
8. VERIFICA DELLE AREE SCELTE, MODIFICATE A SEGUITO DELLA REALIZZAZIONE DEL PROGETTO	49
8.1 Idrografia superficiale	49
8.2 Idrogeologia	51
8.3 Stabilità dei versanti post opera.....	54
9. CONCLUSIONI	58

Elaborato: n.2

Allegato A1 inquadramento topografico tavoletta	1:25.000
Allegato A2 inquadramento topografico CTR Regione Marche	1:10.000
Allegato A3 stralcio catastale	1:2.5000
Allegato A4 carta geologica	1:5.000
Allegato A5 carta geomorfologica e clivometrica	1:2.000
Allegato A6 carta dei dissesti PAI IFFI	1:5.000
Allegato A7 confronto foto	1:10.000
Allegato A8 Carta Idrografica	1:25.000
Allegato A9 sezioni litostratigrafiche	1:1.000
Allegato A10 carta delle vocazionalità ai fini progettuali	1:2.000
Allegato A11 carta delle misure di mitigazione delle trasformazioni	1:5.000

Elaborato: n.3

Tabulazione delle indagini
Report verifica di stabilità

revisione	1			Pagina 1/58
data	30_08_23			\\NAS21\Dati\LAVORI\San Severino\VILLADARIA\21_22 PARCO EOLICO\CENTRALE DI DERIVAZIONE\1_RELAZIONE



1. PREMESSA

La presente indagine, commissionata dalla:

Fred. Olsen Renewables Italy S.r.l.

È stata redatta ai fini della:

CARATTERIZZAZIONE DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE DI UN TERRENO SITO NEL COMUNE DI CAMERINO, INDIVIDUATO PER IL POSIZIONAMENTO DELLA STAZIONE DI CONNESSIONE DELL'IMPIANTO EOLICO DI CALDAROLA

Nell'ambito del progetto di:

OPERE PER LA CONNESSIONE ALLA RTN

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UNA STAZIONE DI SMISTAMENTO A 132kV DA INSERIRE IN DOPPIO ENTRA-ESCE SULLE LINEE "VALCIMARRA-CAPPUCCINI" PER LA CONNESSIONE DELL'IMPIANTO EOLICO DI CALDAROLA (P=60MW)

Lo studio geologico eseguito, a seguito delle sue finalità, viene suddiviso in due parti:

1. nella prima parte si è fatta un'analisi geologica di un esteso versante collinare mirata alla scelta dell'ubicazione delle stazioni utente e di smistamento funzionali all'impianto eolico di Caldarola.

Tale studio viene articolato nelle seguenti fasi:

- a. Rilevamento e analisi di tutte le criticità geologiche dell'area a disposizione con la trasposizione sulla cartografia (elaborato n.2 A4,A5,A6,A7,A8,A9)
 - b. Redazione di una carta denominata "CARTA DELLE VOCAZIONALITA' AI FINI PROGETTUALI", dove vengono riportate in sintesi, tutte le criticità geologiche (elaborato n.2 A10)
 - c. Scelta della posizione della "stazione utente e stazione smistamento" guidata dalla carta delle vocazionalità.
 - d. Trasposizione delle aree scelte sulle cartografie tematiche a finalità geologiche (allegato 2).
2. nella seconda fase si è proceduto alla verifica degli effetti sul contesto geologico, geomorfologico, idrogeologico, a seguito della realizzazione delle stazioni utente e di smistamento, mediante:
 - a. Analisi della stabilità dei versanti modificati dal progetto (allegato 2 A11).

In fine vengono individuate le opere compensative atte al mantenimento della sicurezza del contesto geologico, geomorfologico e idrogeologico (allegato 2 A11).

Pagina	2/58	revisione	1		
\\NAS21\Dati\LAVORI\San Severino\VILLADARIA\21_22 PARCO EOLICO\CENTRALE DI DERIVAZIONE\1_RELAZIONE		data	30_08_23		



1.1 Localizzazione aree d'intervento (allegato 2 A1.A2,A3)

Le opere da realizzare sono una stazione di smistamento e una stazione utente e sistema di accumulo, sulle quali verrà convogliata e connessa alla rete nazionale, l'energia prodotta dall'impianto eolico di Caldarola.

Il committente ha preliminarmente individuato un terreno, su cui realizzare tali opere, individuabile nella cartografia nazionale con i seguenti riferimenti:

REGIONE		PROVINCIA		COMUNE		LOCALITA'	
Marche		Macerata		Camerino		Loc. Arcofiato	
COORDINATE GEOGRAFICHE							
longitudine	WGS 84	13.083574°		ED 50 utm			
latitudine		43.129130°					
quota		Da 445 a 510 m.s.l.m.					
CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA							
foglio scala 1:100.000	Quadrante scala 1:50.000		tavoletta scala 1:25.000		Sezione Scala 1:10.000		
124 "III"	124 "III" Macerata		124 "III" Macerata NE		313050 CAMERINO; 313060 MONTE FIUNGO		
RIFERIMENTI CATASTALI							
Foglio	63						
Particella	30-49-50-51-52-53						

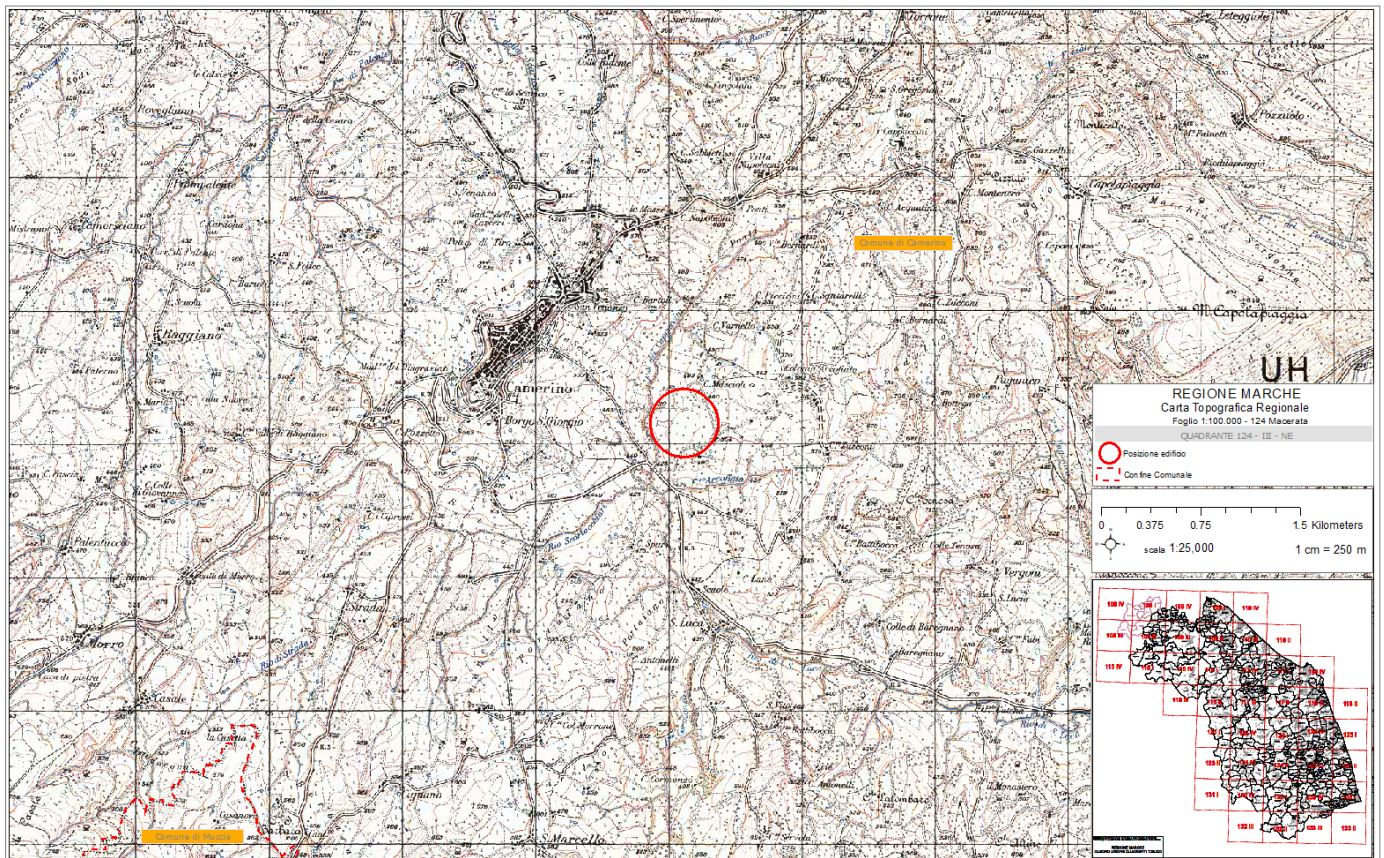


Figura 1 Carta topografica d'Italia Tavoletta 124 "III" Macerata NE - allegato A1

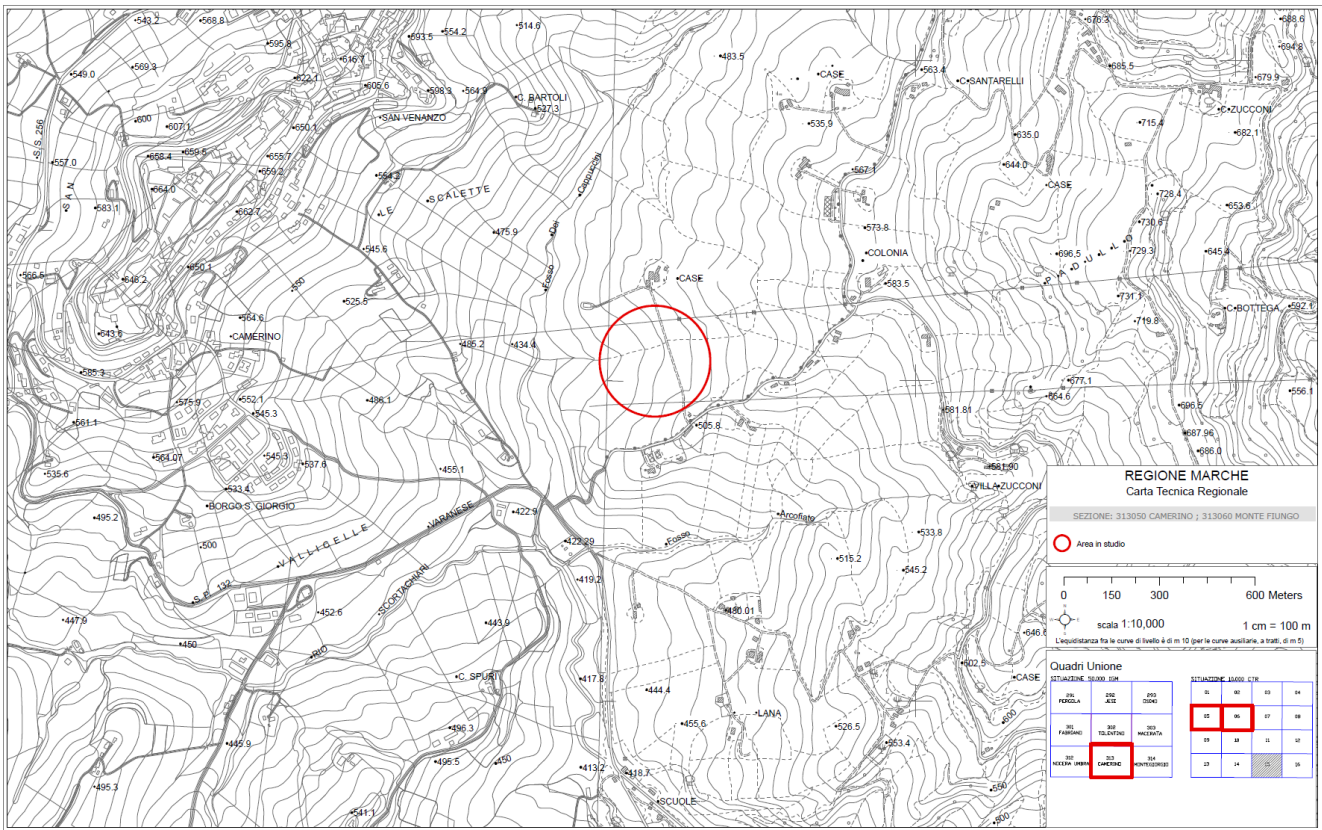


Figura 2 Carta CTR Regione Marche sezioni 313050 e 313060, allegato A2

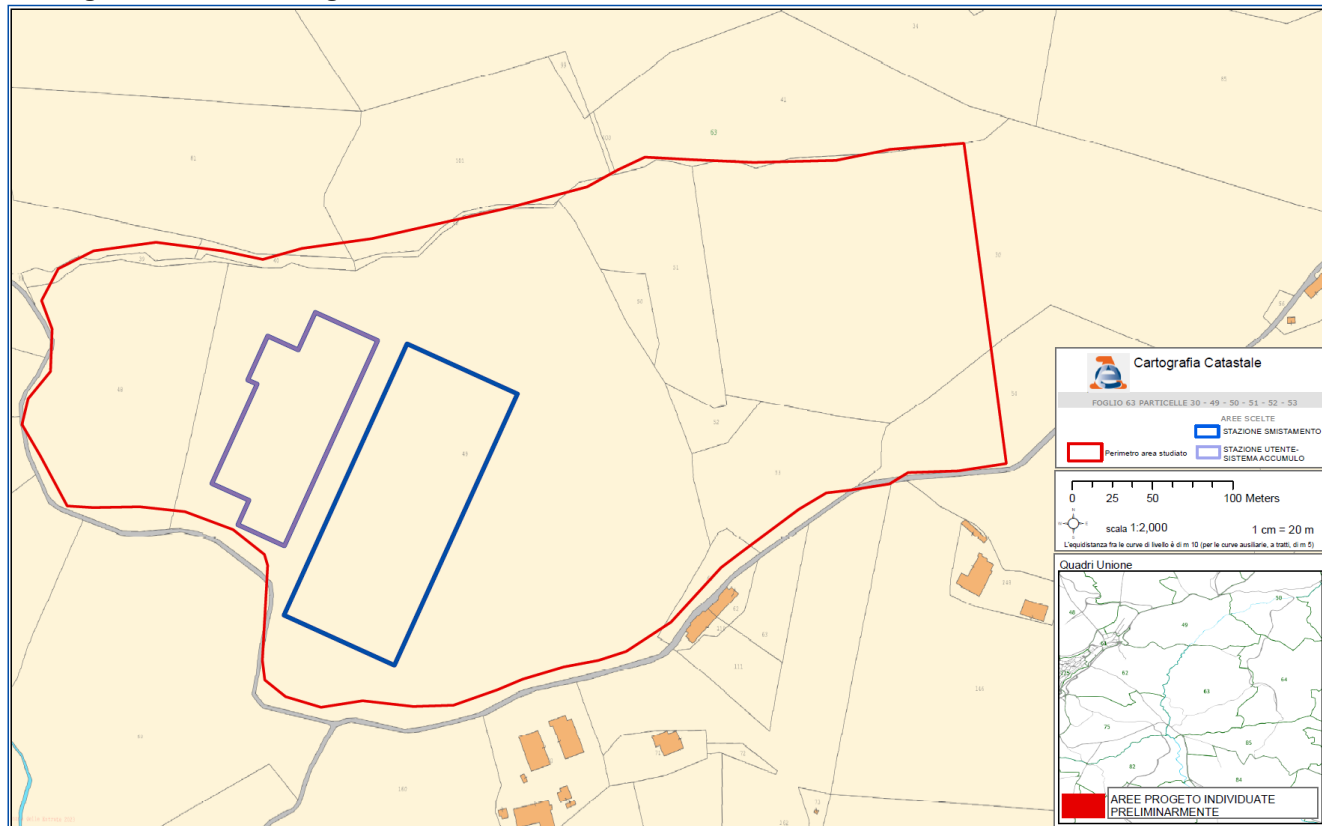


Figura 3 Mappa catastale, foglio 63 con sovrapposizione delle aree individuate dal committente per la posa degli impianti, allegato A3.



Figura 4 foto panoramica dell'area studiata per la scelta dell'ubicazione delle stazioni

revisione	1			Pagina 5/58
data	30_08_23			\\NAS21\Dati\LAVORI\San Severino\VILLADARIA\21_22 PARCO EOLICO\CENTRALE DI DERIVAZIONE\1_RELAZIONE



-PARTE PRIMA-

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1 Geologia (allegato 2 A4)

L'area in parola si inserisce in un contesto ampio ed articolato come quello del bacino di Camerino, che è uno dei bacini interni del sistema a pieghe e sovrascorrimenti dell'Appennino umbro-marchigiano. I sedimenti di età miocenica che caratterizzano tale bacino sono di tipo torbiditico, vengono denominati Arenarie di Camerino e poggiano ovunque in discordanza sulle sottostanti emipelagiti del Bisciario e dello Schlier.

In bibliografia la Formazione di Camerino, deposta in ambiente sottomarino, è suddivisa in corpi omogenei dal punto di vista sedimentologico, denominati litofacies o facies. Ogni litofacies corrisponde geologicamente ad un preciso paleo-ambiente deposizionale del sistema torbiditico. Le facies più grossolane indicano un ambiente prossimale ai ripidi canali sottomarini che si istaurarono lungo le scarpate continentali, e corrispondono a litologie ghiaiose e arenacee. Man mano che ci si allontana dai canali aumenta la percentuale di sedimenti fini quali limo e argilla, la preponderanza di tali sedimenti indica ambienti distali. Le facies riconosciute sono principalmente 5: arenacea, arenaceo-conglomeratica, arenaceo-pelitica, pelitico-arenacea e pelitica.

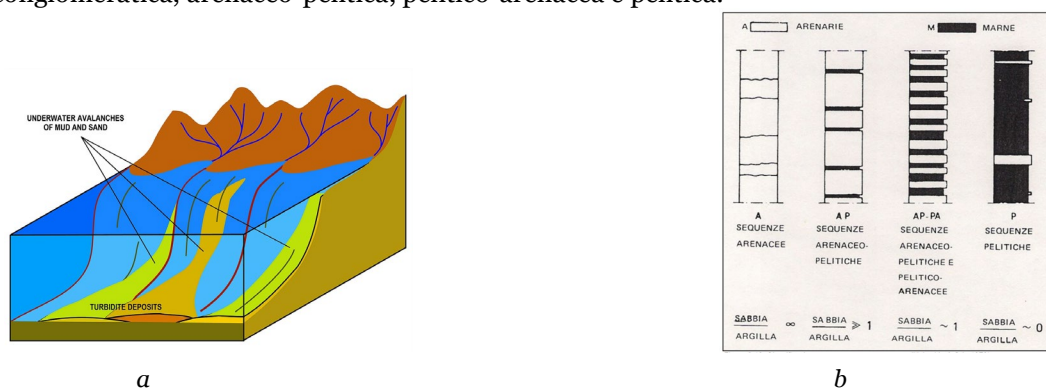


Figura 5 a) Esempio di ambiente deposizionale torbiditico b) litofacies Formazione di Camerino

Nell'area dove sarà realizzato l'intervento il substrato è rappresentato da:

Formazione di Camerino, litofacies pelitico-arenacea e arenaceo-pelitica

Costituita prevalentemente da livelli sottilmente stratificati di argille siltose di colore grigio azzurre, alternate a livelli arenacei di colore beige. Costituita prevalentemente da livelli sottilmente stratificati di argille siltose di colore grigio azzurre, alternate a livelli arenacei di colore beige.

Costituita prevalentemente da livelli sottilmente stratificati di argille siltose di colore grigio azzurre, alternate a livelli arenacei di colore beige.

In loco il substrato geologico è in parziale affioramento ai bordi della strada che taglia il fondo, in genere però è reperibile ad una profondità che va da 2.2-9.5m.



Figura 6 Substrato molto alterato in affioramento lungo la strada che taglia trasversalmente il lotto

La Formazione sopra descritta è mascherata da una coltre detritica di spessore variabile, costituita da “depositi eluvio-colluviali” generati dall’alterazione degli agenti esogeni sulla formazione locale e messi in posto dall’azione della gravità. Tale coltre presenta in genere una geometria cuneiforme con spessori via via crescenti da monte verso valle.

I depositi eluvio colluviali sono costituiti da limo sabbioso-argilloso, nella parte basale del deposito sono presenti blocchi arenacei, a spigoli vivi, immersi all’interno di limi e sabbie.

Il rinvenimento di clasti arenacei all’interno di materiali limoso-sabbioso, può essere attribuita al fatto che, l’area in passato è stata assoggettata a fenomeni di frana diffusa (paleofrana), i quali hanno eroso e frantumando il materiale del substrato, trasportandolo a valle, per poi ricoprirlo con litologie più fini.

Le coltri eluvio colluviali presentano spessori fortemente variabili comprese generalmente tra 2.2 m e 9.5 m.

Tale variabilità dello spessore delle coperture è comunque da ritenersi normale alla luce dell’estensione del fondo.

Di seguito viene riportato lo stralcio della carta geologica, sulla quale sono state anche trasposte le aree scelte definitive, come si può vedere l’area è diffusamente interessata da depositi di copertura.

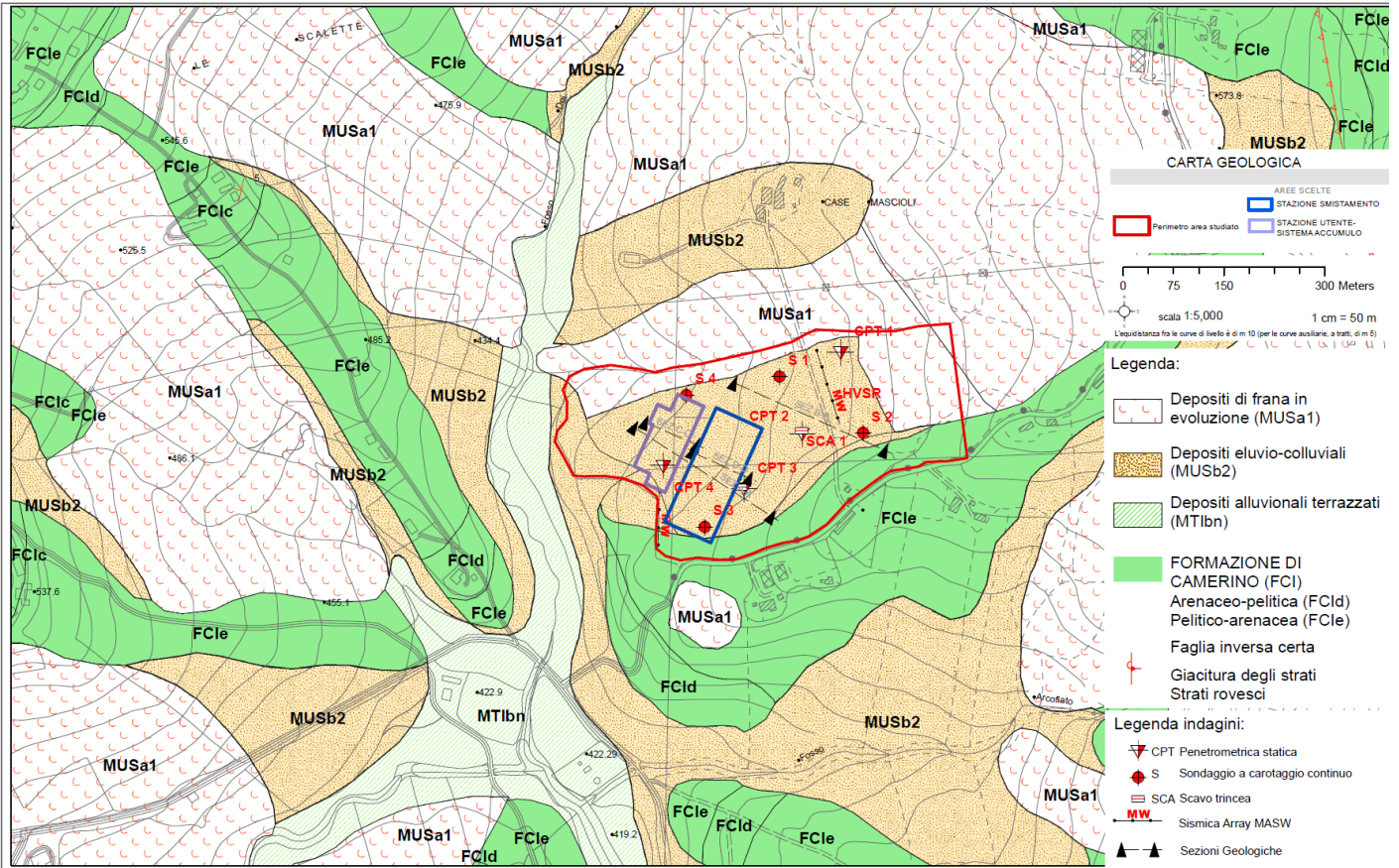


Figura 7 Stralcio carta geologica



Di seguito viene riassunto il modello litostratigrafico dell'area in studio.

DESCIZIONE LITOSTRATIGRAFICA			
LITOL GI	PROF.T A' m	SPES SOR E m	ETA'
Terreno vegetale Tipo OH	P.C. 0.4 m	0.4 m	<u>Rappresenta la copertura più superficiale dell'area prodotta a seguito dello sfruttamento agricolo:</u> E' COSTITUITO DA LIMO ARGILLOSO E SABBIOSO CON CLASTI ARENACEI TABILARI SPARSI.
Depositi eluvio- colluviali	0 - 9.5 m	0 - 9.5 m	<u>Costituisce uno spesso strato di materiali messi in posto dall'azione della gravità:</u> LIMO SABBIOSO ARGILLOSO, CON CLASTI, CALCINELLI E FRUSTOLI VEGETALI SPARSI.
Substrato alterato Tipo SFALS	0 - 3.6 m	0 - 3.6 m	<u>Substrato geologico alterato:</u> PELITE MASSIVA E COMPATTA ALTERNATA A STRATI ARENACEI. RISULTA IN QUESTO CASO FRATTURATA, A LUOGHI CAOTICA.
Substrato Tipo ALS			<u>Substrato geologico integro:</u> PELITE MASSIVA E COMPATTA ALTERNATA A STRATI ARENACEI. RISULTA MOLTO COMPATTA E PRESENTA UN RAPPORTO ARENARIA/ARGILLA VARIABILE E GENERALMENTE MINORE DI 1.

Tabella 1 descrizione litologica

Tale situazione litologica, per l'area in studio, è ben rappresentata nella sezione litostratigrafica allegata (all. n° 5).



3.2 Geomorfologia (allegato 2 A5,A6,A7)

L'evoluzione geomorfologica dell'area, cui si deve l'aspetto attuale, è avvenuta in varie fasi durante il Quaternario ed è legata principalmente all'azione combinata delle acque superficiali, della gravità e della tettonica.

L'area in studio si sviluppa lungo un versante medio collinare posto a sud-est del Comune di Camerino.

La porzione di versante in studio ascende a partire da una quota di 440 m fino a circa 505 m s.l.m., presenta mediamente una pendenza di 7° - 15° ed ha una morfologia piuttosto irregolare.

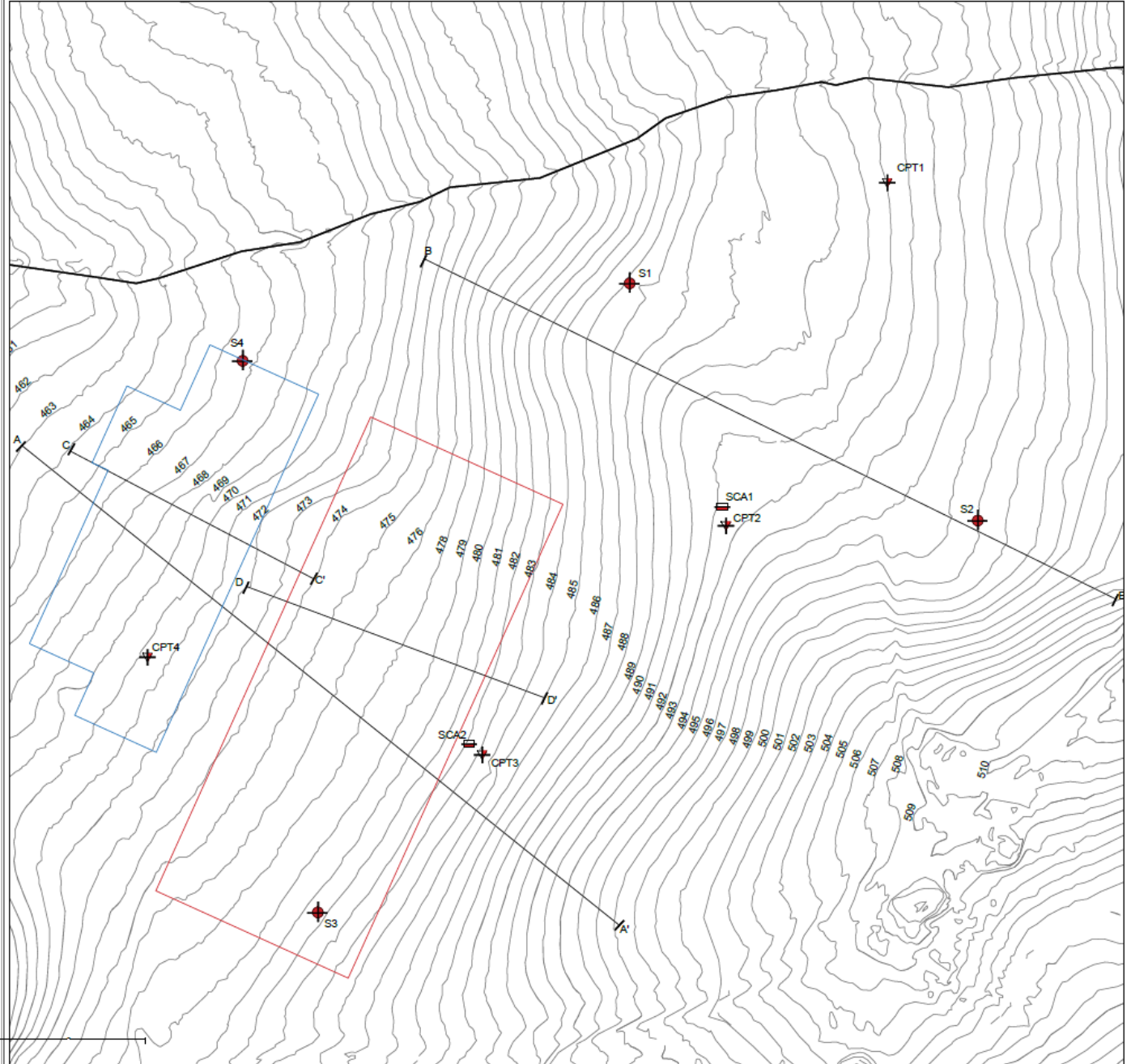


Figura 8 Il perimetro rosso rappresenta la stazione di smistamento, il perimetro blu la stazione accumulo, sistema utente

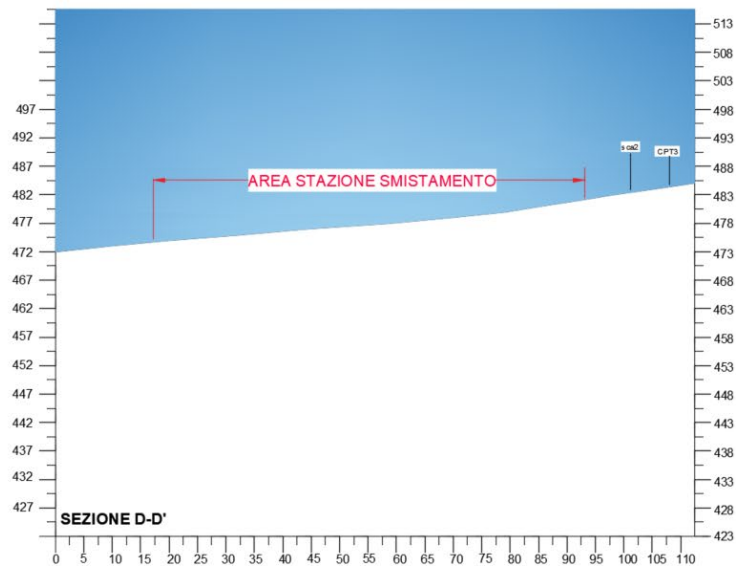
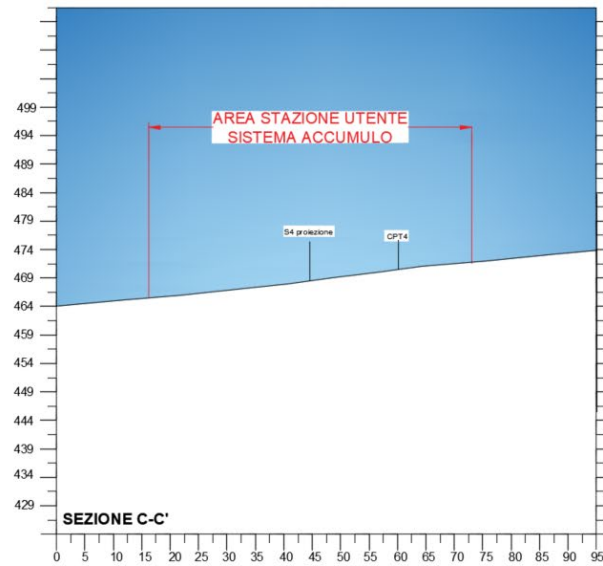
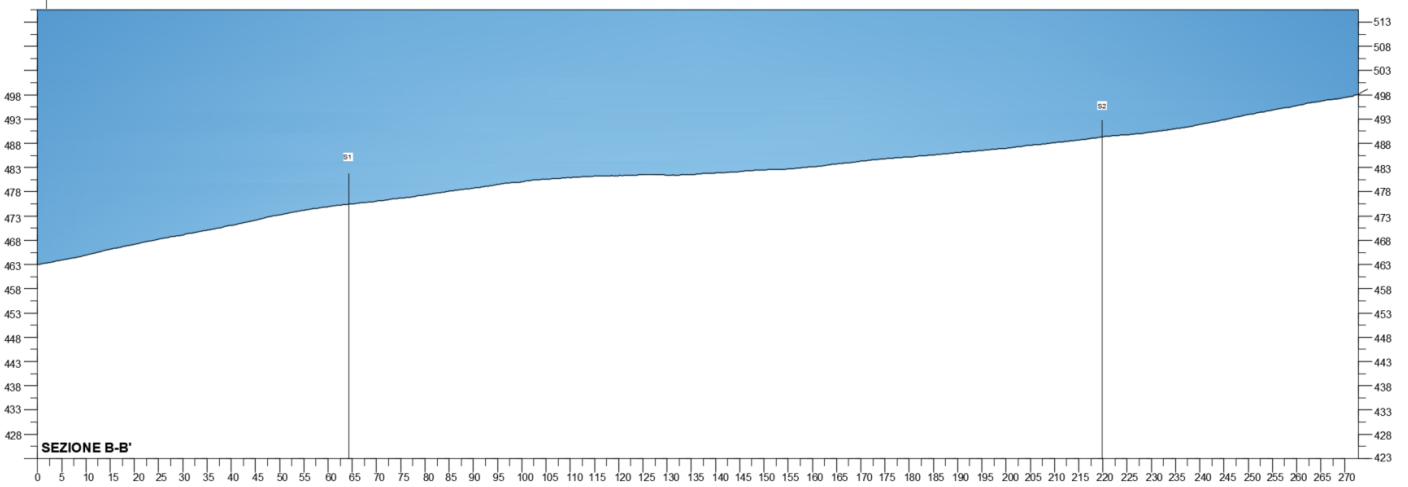
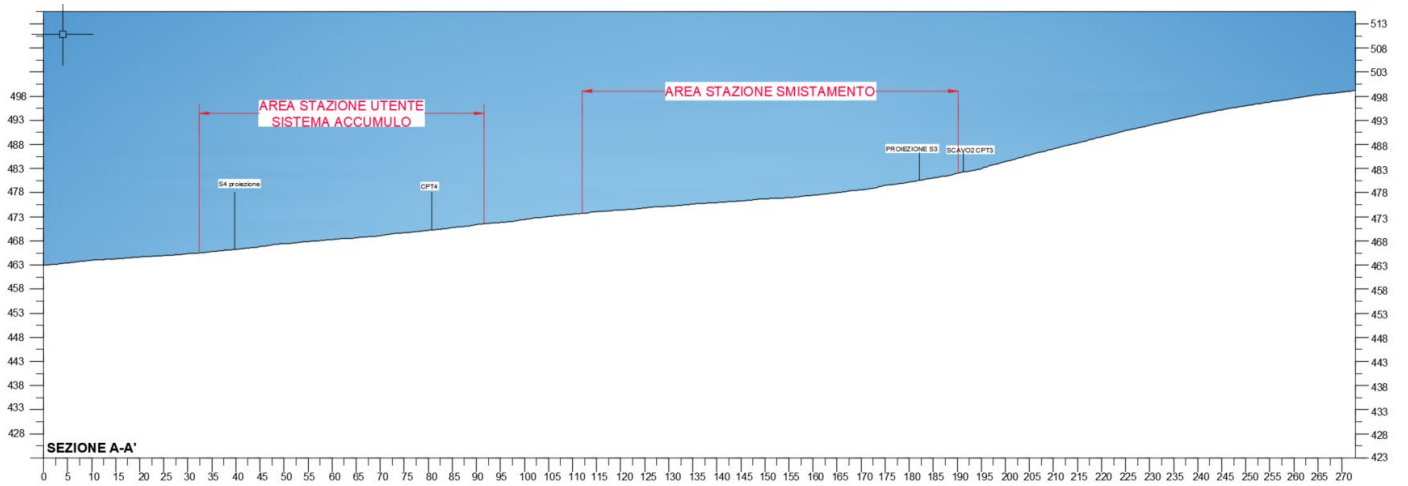


Figura 9 Sezioni topografiche

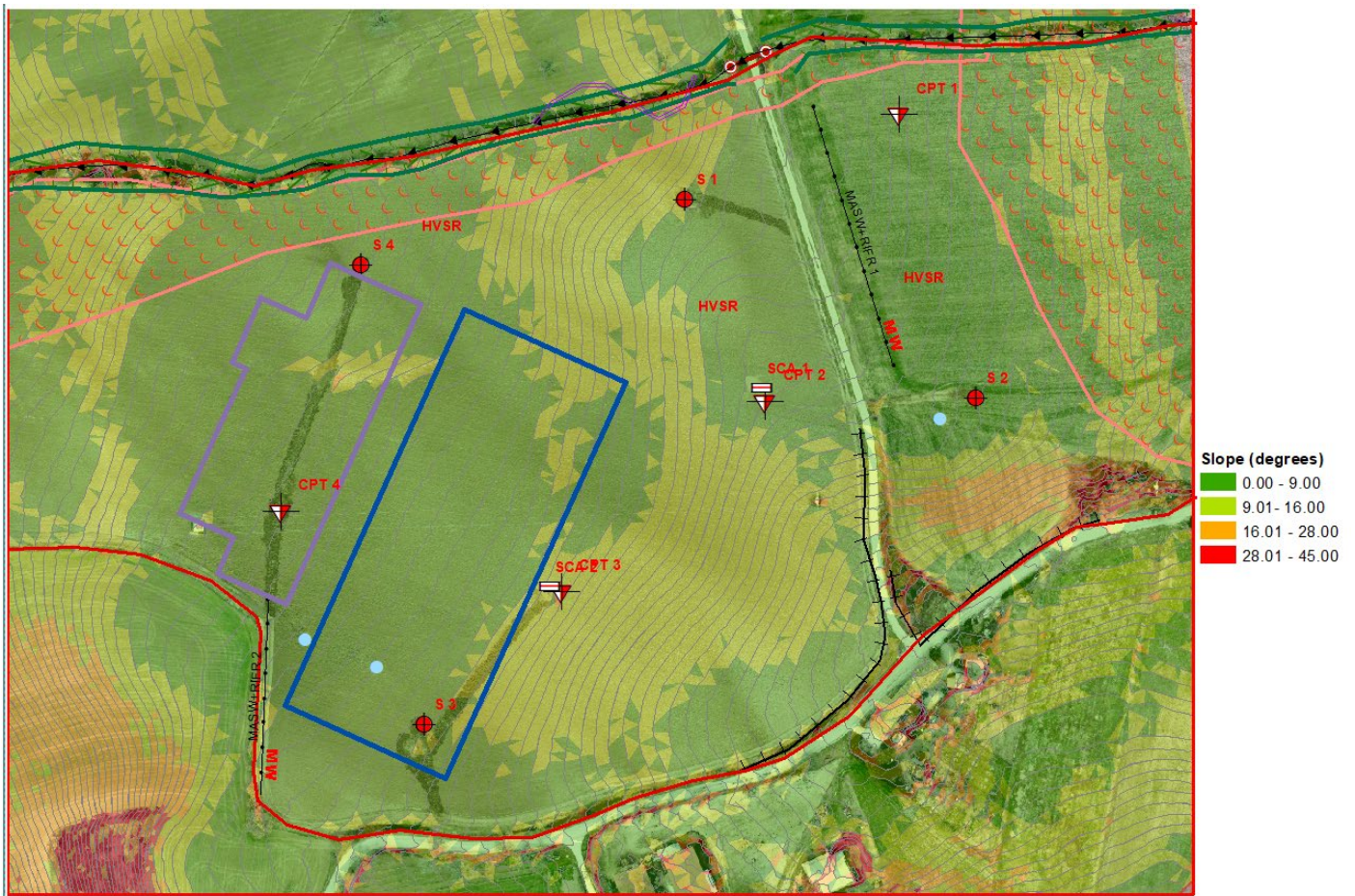


Figura 10 Carta delle pendenze –allegato A5

La pendenza del versante, come sopra descritto, non è regolare, come si può vedere dalla mappa sopra riportata le acclività presentano variazioni repentine da est verso ovest (monte valle). Una maggiore acclività si registra nella porzione est del lotto in prossimità della strada privata che lo attraversa longitudinalmente. La porzione meno acclive risulta la parte centrale dove infatti sono state ubicate le stazioni.

Il versante presenta una generale immersione in direzione nord ovest, è solcato da diversi fossi, sia naturali che antropici. In particolare, il lato nord del lotto è delimitato da un corso d'acqua senza nome affluente del fosso Cappuccini, il quale scorre a valle del versante con direzione nord-sud. Il letto del fosso senza nome attualmente risulta rettilineo, delimitato da sponde di altezza variabile di 1-2 m.

Un ulteriore elemento che emerge, grazie all'analisi delle cartografie pregresse, è lo spostamento che il fosso senza nome ha subito nel corso degli anni. Tale condizione è ben visibile dalle foto aeree storiche e dal tracciato riportato dal catastrale (vedi figura 11-12-13).

I fossi presentano una tendenza all'approfondimento del letto evidenziando intensa erosione.

revisione	1			Pagina	13/58
data	30_08_23			\\NAS21\Dati\LAVORI\San Severino\VILLADARIA\21_22 PARCO EOLICO\CENTRALE DI DERIVAZIONE\1_RELAZIONE	

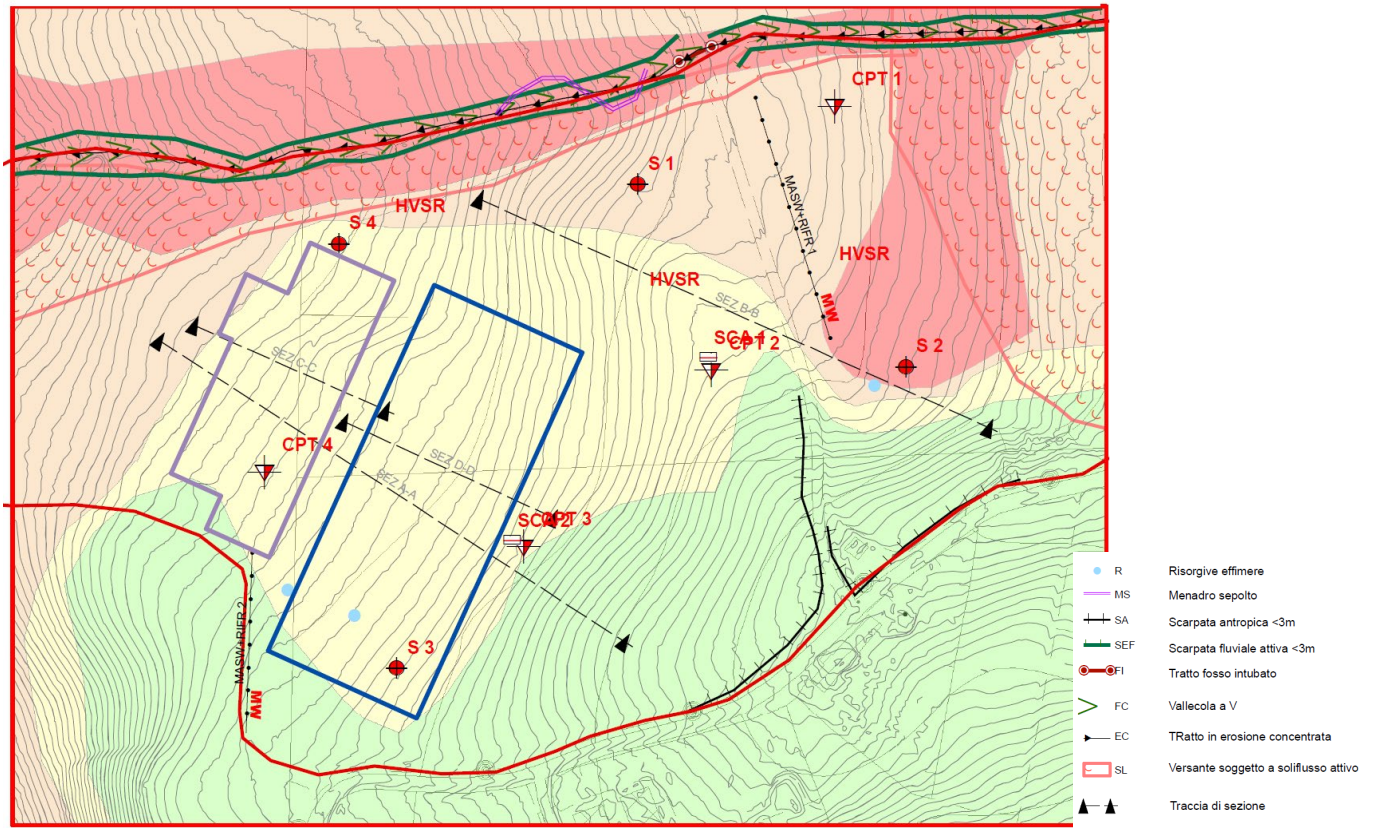


Figura 11 Stralcio della carta geomorfologica allegato A5



Figura 12 Tracciato attuale del fosso senza nome che borda a nord il lotto



il fosso cambia l'andamento del letto. Vi è una considerevole riduzione della vegetazione

FOTO 1997 portale cartografico Regione marche

Figura 13 Tracciato del fosso da foto aerea del 1997

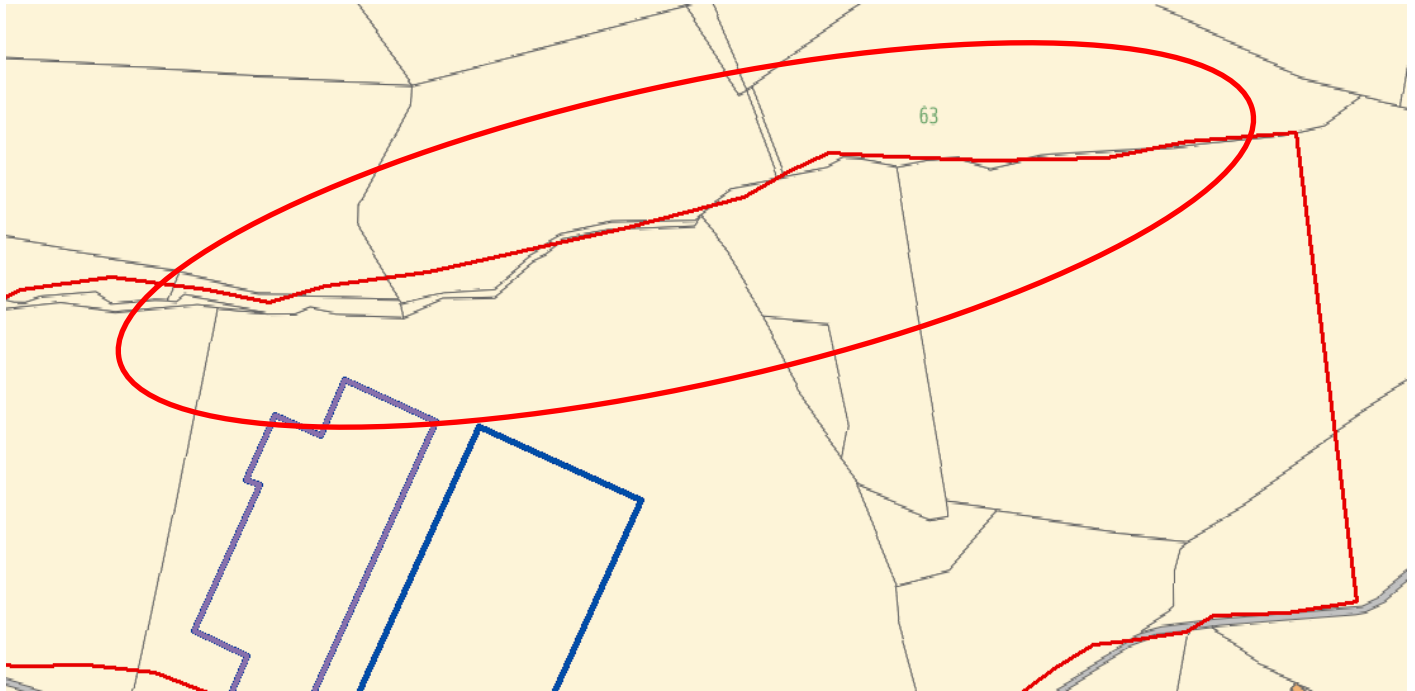


Figura 14 Tracciato del fosso riportato dal catastale, nel catastale l'andamento del letto coincide con la foto del 1997

Il lato sud del lotto è invece delimitato da un rilievo, che si sviluppa da ovest a est al cui apice è stata realizzata la strada di Arcofiato. La parte centrale del lotto viene inoltre divisa da un'altra strada, che dalla via Arcofiato conduce a delle abitazioni private.

I lati est e ovest del lotto sono delimitati da altre proprietà attualmente sfruttate per la coltivazione.

All'interno del lotto numerosi sono i solchi artificiali fatti per la regimazione delle acque di scorrimento superficiale, tali solchi generano scarpatine di pochi decimetri.

Come sopra descritto il versante presenta irregolarità nel suo declivio, con porzioni rilevate a pendenza accentuata e porzioni depresse sub pianeggianti. Tale assetto è causa di una duplice condizione:

- il movimento plastico seppur limitato a piccoli spessori delle coperture superficiali;
- la presenza del substrato a differente competenza che influenza l'azione erosiva.

Lungo il versante sono presenti dei fenomeni di soliflusso (scivolamenti lenti verso valle delle coperture superficiali) che asportano materiale da monte accumulandolo a valle, questo provoca irregolarità del pendio. Tali fenomeni sono evidenti a monte e lungo l'area che borda il fosso senza nome (vedi stralcio carta geomorfologica).

La presenza del substrato a differente competenza, influisce invece sull'azione degli agenti erosivi, i quali riescono ad essere più efficaci laddove il substrato è prevalentemente argilloso, generando depressioni o aree più piatte; l'erosione è invece meno efficiente dove il substrato, è a maggior componente arenacea, generando così rilievi o aree più pendenti.



Figura 15 Irregolarità del versante in studio (soliflusso=aree soggette a movimenti lenti e superficiali)

Di seguito viene riportata la carta geomorfologica realizzata grazie al presente studio, dove vengono trasposti tutti gli elementi rilevati in campagna, in modo da poter selezionare quei fenomeni che possano influenzare negativamente le opere.

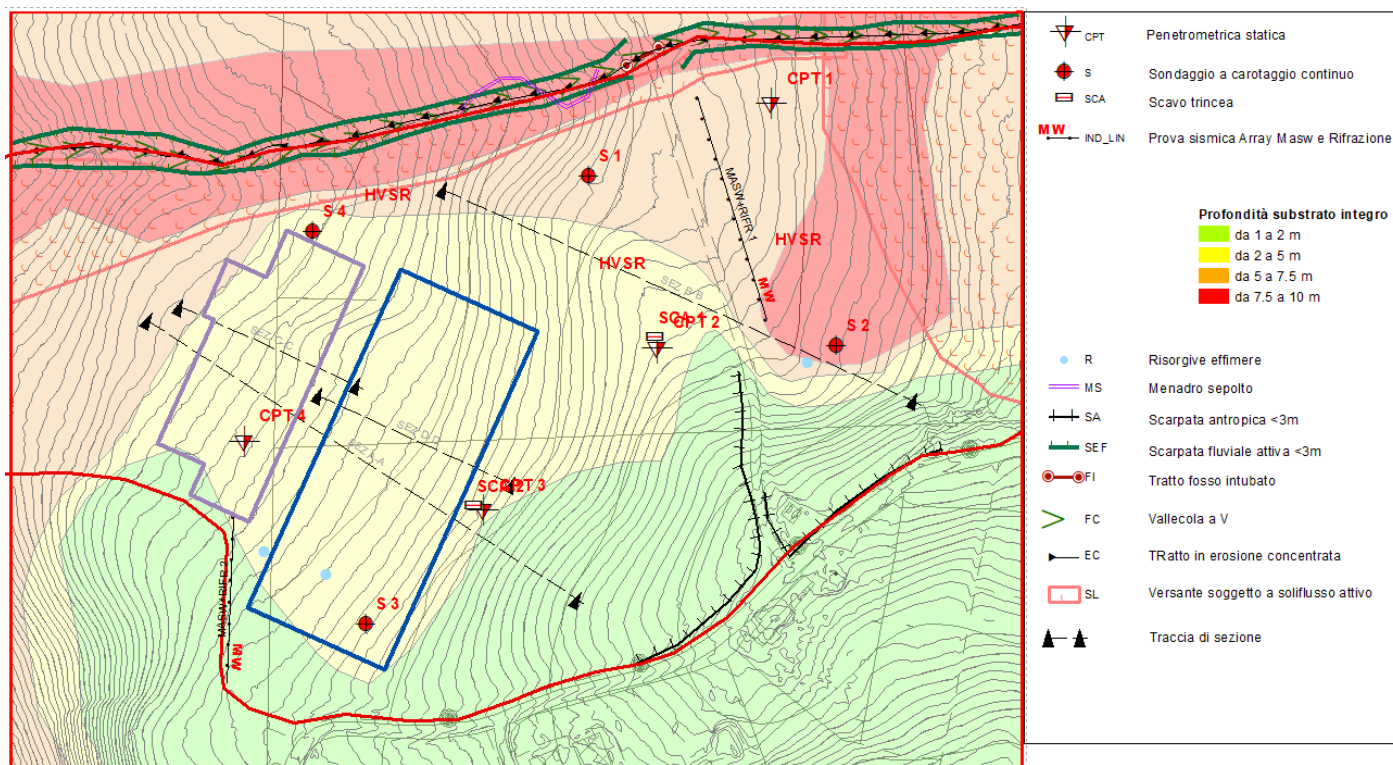


Figura 16 Carta Geomorfologica



Al fine di una verifica completa sono stati analizzati due ulteriori studi, PAI (Piano assetto Idrogeologico) e IFFI (Inventario Fenomeni Franosi Italiani) i quali riportano la seguente condizione:

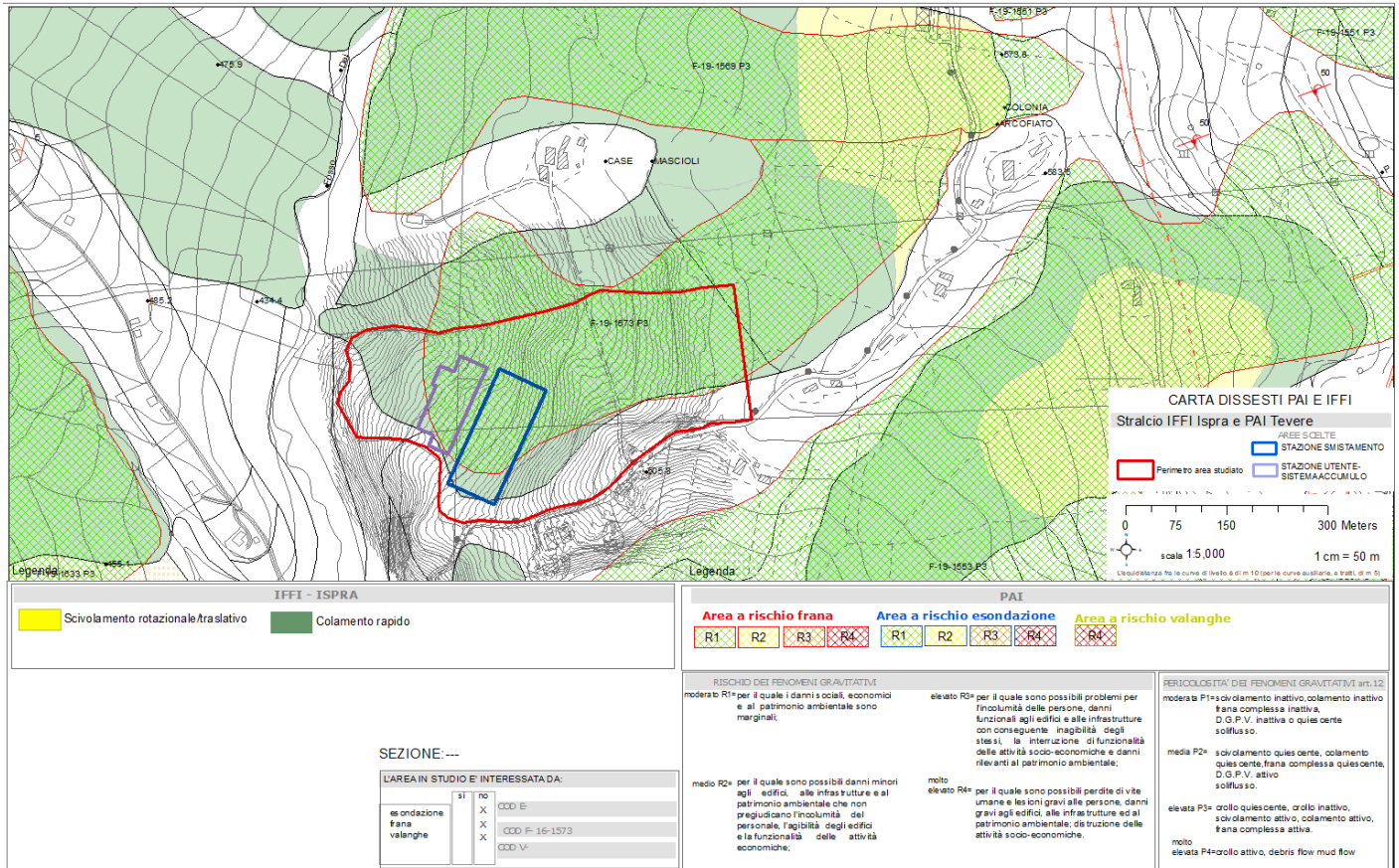


Figura 17 Sovrapposizione carta PAI e IFFI

Entrambi gli studi analizzati (PAI e IFFI) pongono l'area in un contesto problematico legato all'evoluzione di fenomeni franosi, dallo studio eseguito è invece emerso che, solo la porzione di versante a monte ed una fascia che costeggia il fosso lungo il perimetro nord del lotto, è interessata da movimenti lenti dei depositi superficiali ancora attivi (vedi carta geomorfologica). Il restante lotto, seppur interessato in passato da fenomeni gravitativi, attualmente risulta in condizioni di quiescenza.



3.3 Idrologia e idrogeologia (allegato 2 A8)

L'area in studio ricade nel bacino idrografico del Fiume Chienti, il quale scorre qualche chilometro a sud del sito.

Il rilievo su cui sorge l'abitato di Camerino rappresenta lo spartiacque che divide i bacini del Chienti e del Potenza presente verso nord.

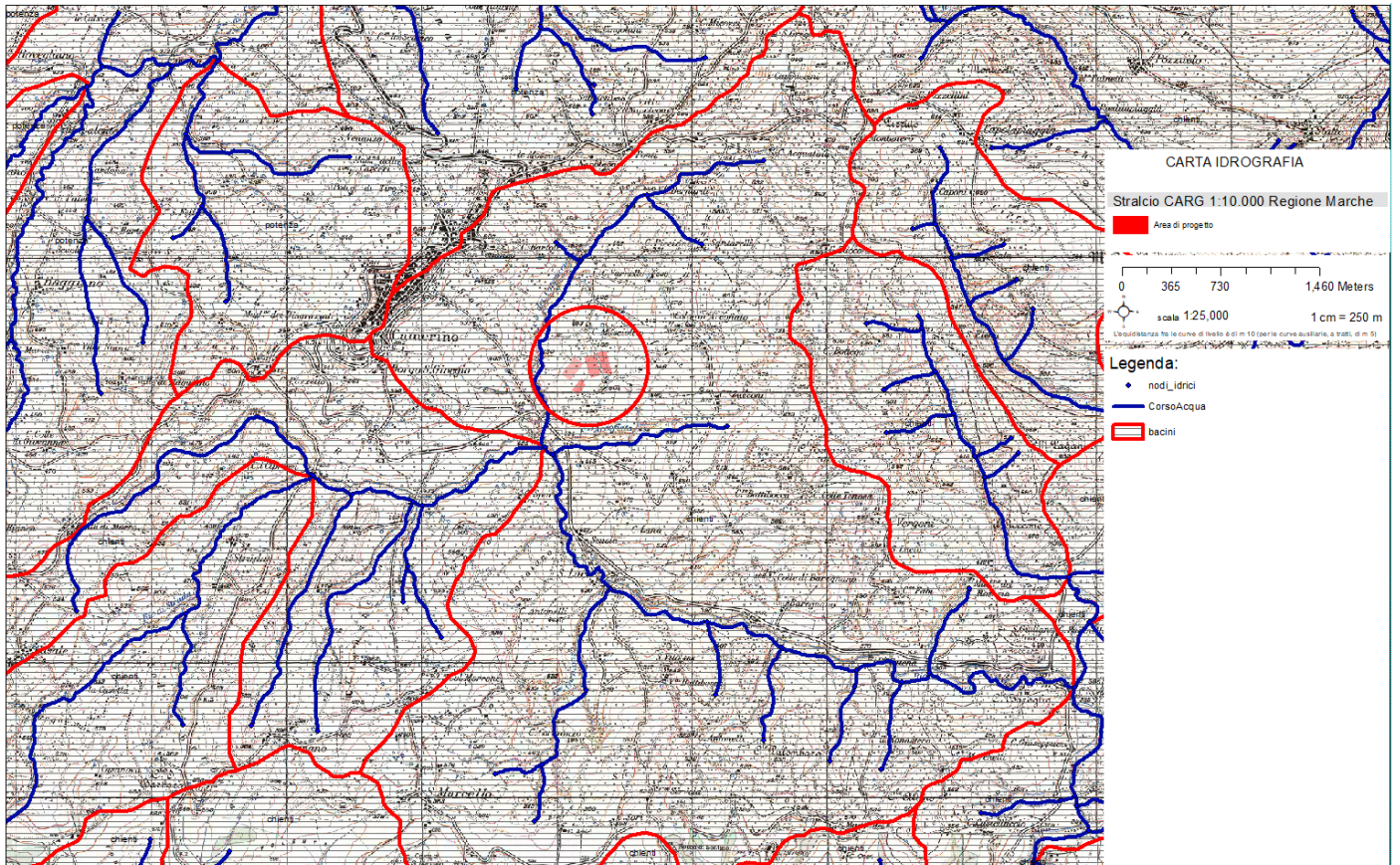
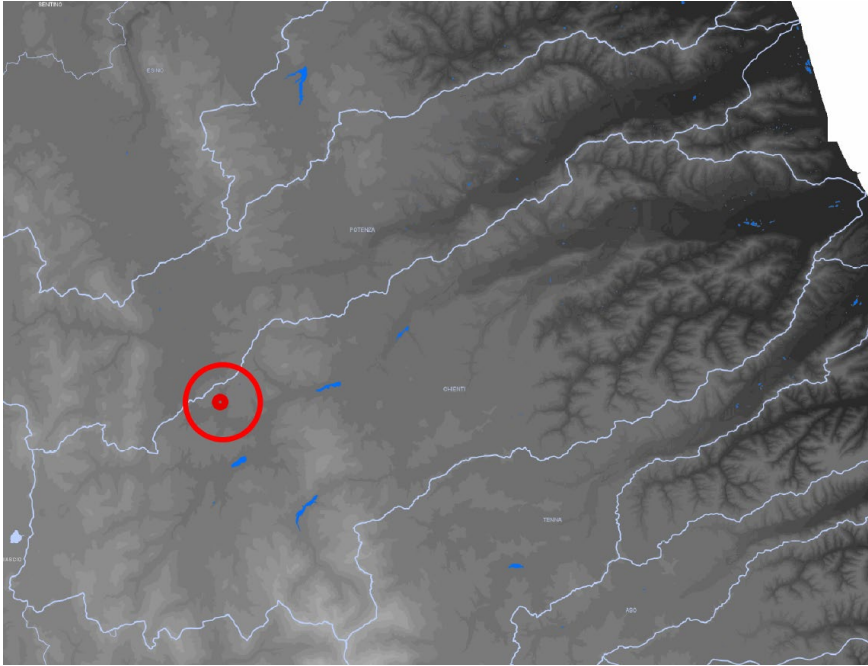


Figura 18 A Bacini idrografici B Sub-bacini

L'area è caratterizzata da un reticolo idrografico poco evoluto, il sistema di drenaggio è principalmente composto da fossi minori e da solchi artificiali realizzati a scopi agricoli (di seguito si riporta uno schema del sistema idrografico).

revisione	1			Pagina 19/58
data	30_08_23		\\NAS21\Dati\LAVORI\San Severino\VILLADARIA\21_22 PARCO EOLICO\CENTRALE DI DERIVAZIONE\1_RELAZIONE	



Figura 19 Acque superficiali

I fossi naturali che interessano l'area sono due, quello senza nome a nord che si sviluppa in direzione est ovest, con portate irregolari e turbolente, evidenziate dalle caratteristiche del letto stesso che risulta piuttosto scavato ed irregolare. Come esposto precedentemente l'andamento di tale fosso ha subito degli spostamenti nell'arco del tempo. Il secondo fosso denominato Cappuccini si trova alla base del versante, l'andamento del letto evidenzia una tendenza a meandri.

Lungo il terreno sono inoltre presenti fossi artificiali di drenaggio, questi defluiscono verso valle all'interno del fosso Cappuccini o nel fosso senza nome. Lungo la strada che attraversa trasversalmente il lotto, sia a monte che a valle sono presenti impluvi artificiali atti a raccogliere e drenare le acque provenienti da monte.

Gli afflussi idrici che interessano il versante sono perlopiù dettati dagli eventi meteorici; pertanto, il sistema idrografico risulta più attivo in occasione di piogge. Tale condizione è anche evidenziata dal fatto che in occasione di eventi meteorici, in alcuni punti del versante, si formano delle venute d'acqua (risorgive) con attività che si esaurisce in periodi di secca.

A seguito delle pratiche agricole nell'area è costantemente assecondata l'infiltrazione delle acque meteoriche. Il terreno risulta infatti solitamente umido nei primi 0,5 m dal piano campagna, in quanto le opere di aratura tendono a favorire l'infiltrazione delle acque piovane. La sequenza litologica riscontrata in sito però non permette un accumulo di importanti riserve d'acqua, le piogge che si infiltrano per pochi metri all'interno delle coperture superficiali, vengono bloccate e drenate verso valle dal sottostante substrato argilloso impermeabile, impedendo così la formazione di bacini d'accumulo significativi. Durante l'esecuzione delle indagini non sono state infatti intercettate falde idriche di particolare entità.

Solo in quelle porzioni di versante dove il substrato è prevalentemente costituito da arenarie le acque meteoriche riescono a filtrare a profondità maggiori alimentando accumuli ben più importanti.

Da un punto di vista strettamente idrogeologico i sedimenti presenti nell'intorno del sito in studio possono essere così distinti:

Pagina 20/58	revisione	1		
\\NAS21\Dati\LAVORI\San Severino\VILLADARIA\21_22 PARCO EOLICO\CENTRALE DI DERIVAZIONE\1_RELAZIONE	data	30_08_23		



spessore	Grado di permeabilità					m/s	litologia	K	Descrizione
	10 ⁻⁹	10 ⁻⁷	10 ⁻⁵	10 ⁻³					
	Impermeabili	Molto basso	basso	Medio	alto				
0.4						10 ⁻³ 10 ⁻⁵	Terreno vegetale tipo OH		<p>Tale materiale costituito in prevalenza da elementi fini (limo) presenta anche elementi grossolani quali clasti e massi arenacei. La manutenzione di tale strato a scopi agricoli, ne aumenta notevolmente la permeabilità.</p> <p>Nel complesso può essere quindi considerato</p> <p>"terreni a drenaggio buono"</p>
0 - 9.5						10 ⁻⁷ 10 ⁻⁵	Depositi eluvio-colluviali Tipo ML		<p>Nel complesso risulta poco permeabile, acquistando permeabilità lungo gli orizzonti a maggior componente sabbiosa o dove presenti clasti arenacei. Tale litologia quindi può considerarsi:</p> <p>"terreni a drenaggio basso"</p>
0 - 3.6						10 ⁻⁷ 10 ⁻⁹	Substrato alterato Tipo SFALS		<p>La granulometria prevalente dello strato è quella di peliti con intercalazioni più o meno fitte di livelli e strati arenacei. La fratturazione e l'alterazione di tale orizzonte ne aumenta la permeabilità.</p> <p>"terreni quasi impermeabili"</p>
						<10 ⁻⁹	Substrato Tipo ALS		<p>Si ritiene, nel caso in esame, che i livelli a componente argillosa siano preponderanti e non in contatto tra loro. Per quanto esposto, si ritiene che tale substrato sia:</p> <p>"impermeabile"</p>

Tabella 2 classificazione permeabilità terreni



4. INDAGINI

Al fine di una corretta caratterizzazione geologica e valutare qualitativamente i terreni in sito da un punto di vista geotecnico sono state effettuate le seguenti indagini:

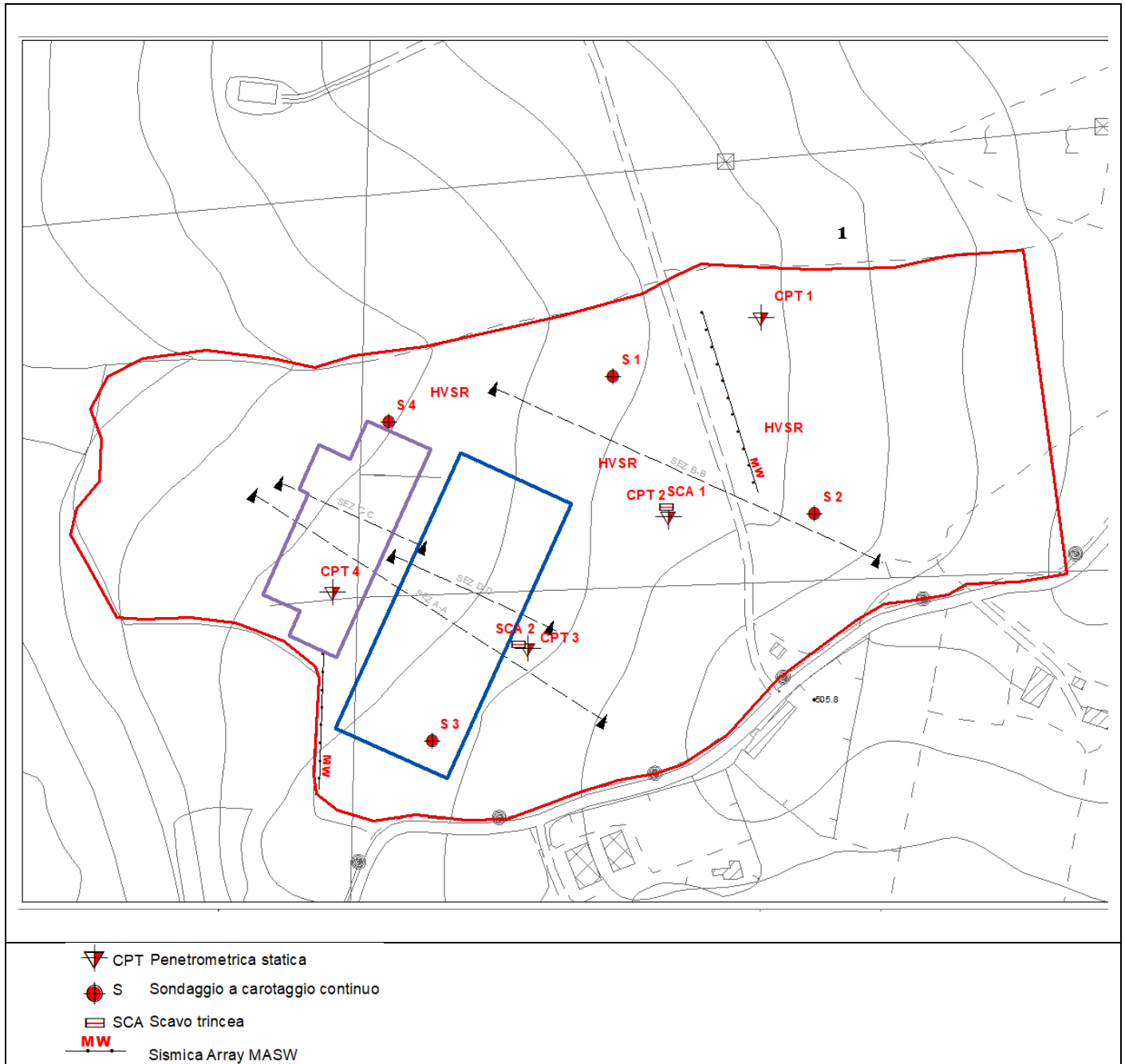


Figura 20 pianta ubicazione indagini fatte e reperite

n.4 Sondaggi a carotaggio continuo
n.2 Scavi
n.4 Prove penetrometriche statiche CPT
n.2 Indagine sismica a rifrazione
n.2 Indagine sismica MASW




4.1 Prove penetrometriche

Al fine di caratterizzare geotecnicamente i terreni sono state eseguite quattro prove penetrometriche statiche. Lo strumento usato è un penetrometro Pagani T200 con spinta 200KN.

CPT1 7.4 m
CPT2 4.4 m
CPT3 2.4 m
CPT4 3.0 m

Lo strumento utilizzato presenta le seguenti caratteristiche:


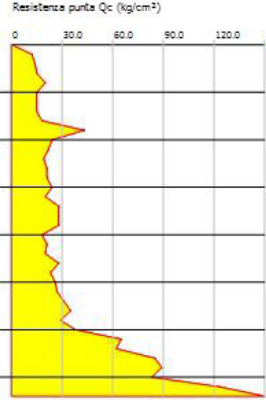
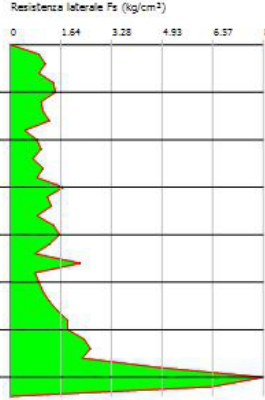
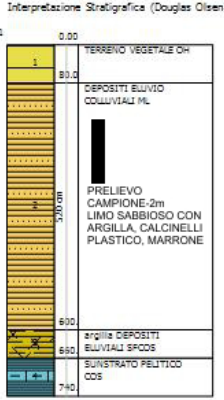

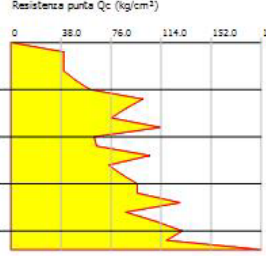
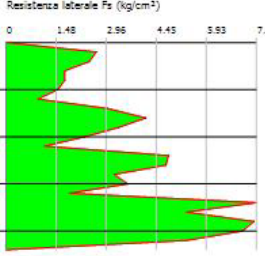
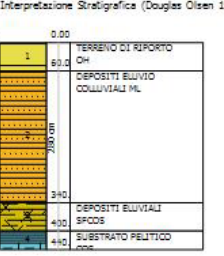

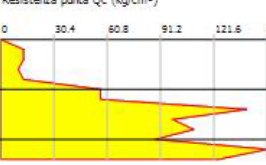

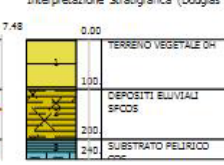
PAGANI STATICO DINAMICO TG 63-200																																
	<h3>Dati Tecnici</h3> <p>MOTORE <i>BENZINA; 2 cil.; V</i> Potenza [HP (kW) - RPM]: 16(12) - 3600 Raffreddamento: Aria <i>DIESEL; 2 cyl.</i> Potenza [HP (kW) - RPM]: 18(13.5) - 3600 Raffreddamento: Acqua</p> <p>TRASLAZIONE Cingolato a trasmissione idrostatica: Cingolato gommato Velocità di traslazione [km/h]: 0 ÷ 2 Pendenza max.: 25%</p> <p>POMPA IDRAULICA Numero di pompe: 2 Max. pressione operativa: 240 bar</p> <p>STABILIZZATORI Numero: 3 Tipo: idraulico</p>																															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PROVE DP</th> <th colspan="2">PROVE CPT</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="4">E' possibile effettuare le seguenti prove:</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Maglio</td> <td>Volata</td> <td>Aste</td> </tr> <tr> <td></td> <td>63,5 kg</td> <td>750 mm</td> <td>Ø32 mm</td> </tr> <tr> <td></td> <td>140 pound</td> <td>29,5 inch</td> <td>1,26 inch</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Punta</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>20 cm² 3,2 inch²</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>90°</td> </tr> </tbody> </table>	PROVE DP		PROVE CPT		E' possibile effettuare le seguenti prove:					Maglio	Volata	Aste		63,5 kg	750 mm	Ø32 mm		140 pound	29,5 inch	1,26 inch				Punta				20 cm² 3,2 inch²			
PROVE DP		PROVE CPT																														
E' possibile effettuare le seguenti prove:																																
	Maglio	Volata	Aste																													
	63,5 kg	750 mm	Ø32 mm																													
	140 pound	29,5 inch	1,26 inch																													
			Punta																													
			20 cm² 3,2 inch²																													
			90°																													
Capacità massima di spinta (kN) - (pound) 200 - 44961 Capacità massima d'estrazione (kN) - (pound) 205 - 46085 Velocità di prova (cm/sec) - (foot/sec) 2 - 0,65 Selettore per prove CPTm con cella di carico e scheda elettronica acquisizione dati manuale Spinta massima rilevabile dalla cella di carico (kN) - (pound) 200 - 44961																																

Le prove sono state interpretate con il seguente software

revisione	1			Pagina 23/58
data	30_08_23			\\NAS21\Dati\LAVORI\San Severino\VILLADARIA\21_22 PARCO EOLICO\CENTRALE DI DERIVAZIONE\1_RELAZIONE



PROVE STATICHE – STATIC PROBING

	FOTO	TABULAZIONE
CPT1		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <p>Resistenza punta Qc (kg/cm²)</p>  </div> <div> <p>Resistenza laterale Fs (kg/cm²)</p>  </div> <div> <p>Interpretazione Stratigrafica (Douglas Olsen)</p>  </div> </div>
CPT2		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <p>Resistenza punta Qc (kg/cm²)</p>  </div> <div> <p>Resistenza laterale Fs (kg/cm²)</p>  </div> <div> <p>Interpretazione Stratigrafica (Douglas Olsen 1981)</p>  </div> </div>
CPT3		<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div> <p>Resistenza punta Qc (kg/cm²)</p>  </div> <div> <p>Resistenza laterale Fs (kg/cm²)</p>  </div> <div> <p>Interpretazione Stratigrafica (Douglas Olsen)</p>  </div> </div>

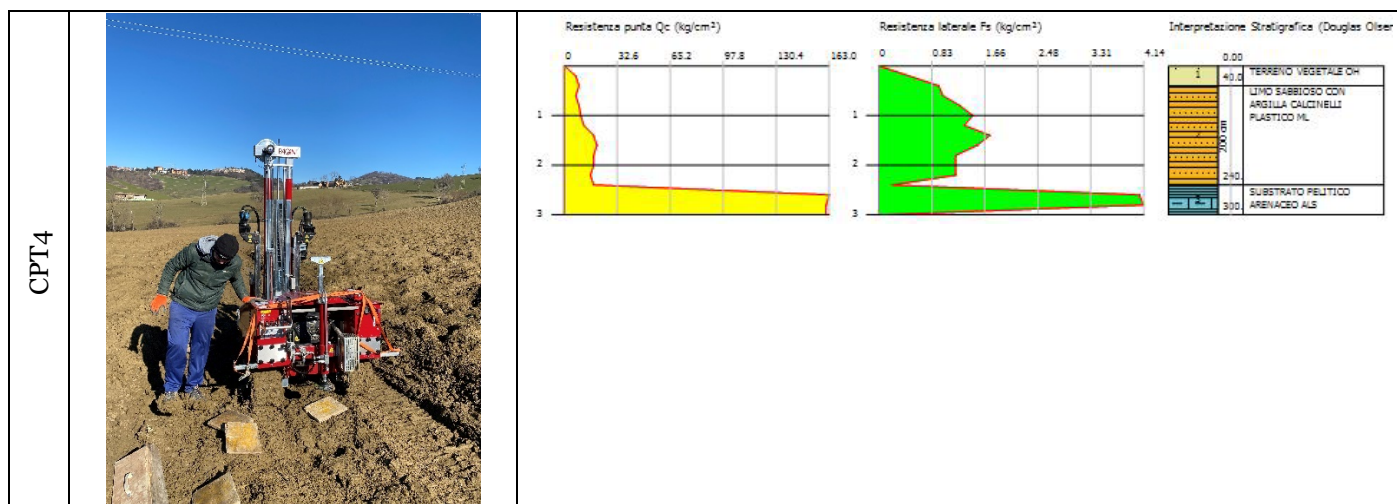


Figura 21 cantieri prove penetrometriche statiche e relativa tabulazione

In generale il modello geotecnico può essere rappresentato da tre o quattro orizzonti interpretati come terreno vegetale, depositi eluvio-colluviali, substrato alterato e substrato integro. In alcuni casi è mancante un orizzonte tra depositi eluvio-colluviali e substrato alterato.

Nel caso della CPT1, al fine di tarare le prove, è stato estratto un campione di terreno alla quota di 2.0 m dal piano campagna con l'ausilio di un campionatore Raymond.



Figura 22 Campione estratto accanto all'indagine CPT1 alla quota di 2.0 m

Nel caso delle CPT2 e CPT3 le indagini sono state tarate in base agli scavi eseguiti subito accanto.

Tutte le prove risultano ben correlate con le indagini dirette eseguite.



4.2 Sondaggi a carotaggio continuo

Al fine di caratterizzare dal punto di vista litologico i terreni su cui saranno ubicate le centrali sono stati eseguiti 4 sondaggi a carotaggio continuo, spinti fino ad una profondità tale da intercettare il substrato geologico.

Per realizzare i sondaggi è stato necessario costruire delle piste in terra battuta al fine di permettere alla sonda di raggiungere i luoghi d'indagine.



Figura 23 foto aerea rappresentante le piste realizzate per lo spostamento della trivella

L'acqua necessaria all'escavazione è stata reperita all'interno di un fosso limitrofo e trasportata a mezzo di una cisterna.



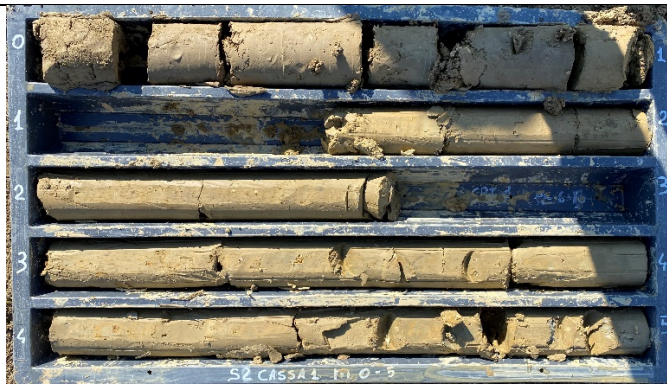
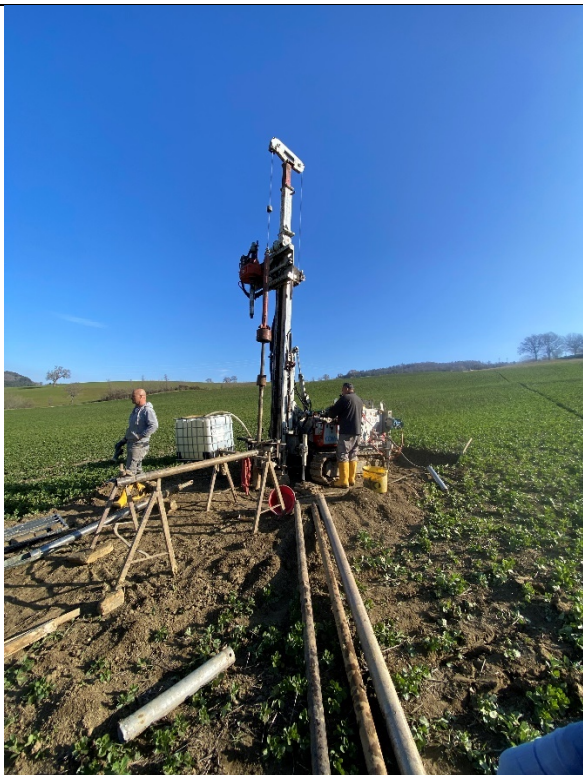
FOTO POSTAZIONE

CAMPIONI CATALOGATI

S1



S2





S3



S4



Figura 24 foto cantiere sondaggi e relativi campioni estratti

Ove le caratteristiche stratigrafiche e fisiche del sottosuolo lo permettevano sono state eseguite delle prove con penetrometro tascabile sulla superficie dei campioni (carote), sono state inoltre eseguite prove di tipo Standard Penetration Test (SPT) e prelievo di campioni indisturbati.



Si rileva che nella parte più a monte, in corrispondenza dei sondaggi S1 e S2, sono presenti spessori maggiori di coltri detritiche variabili tra 2.2 m e 9.5 m, mentre nelle zone a valle gli spessori risultano minori fino ad essere quasi assenti, la parte più superficiale e alterata del substrato è in diretto contatto con il terreno agrario.

Solo il sondaggio denominato S2, posto più a monte rispetto agli altri, presenta una profondità superiore a 10 m in quanto le coperture hanno spessori importanti; in tutti gli altri sondaggi il substrato alterato è stato intercettato nei primi 5 m di profondità.

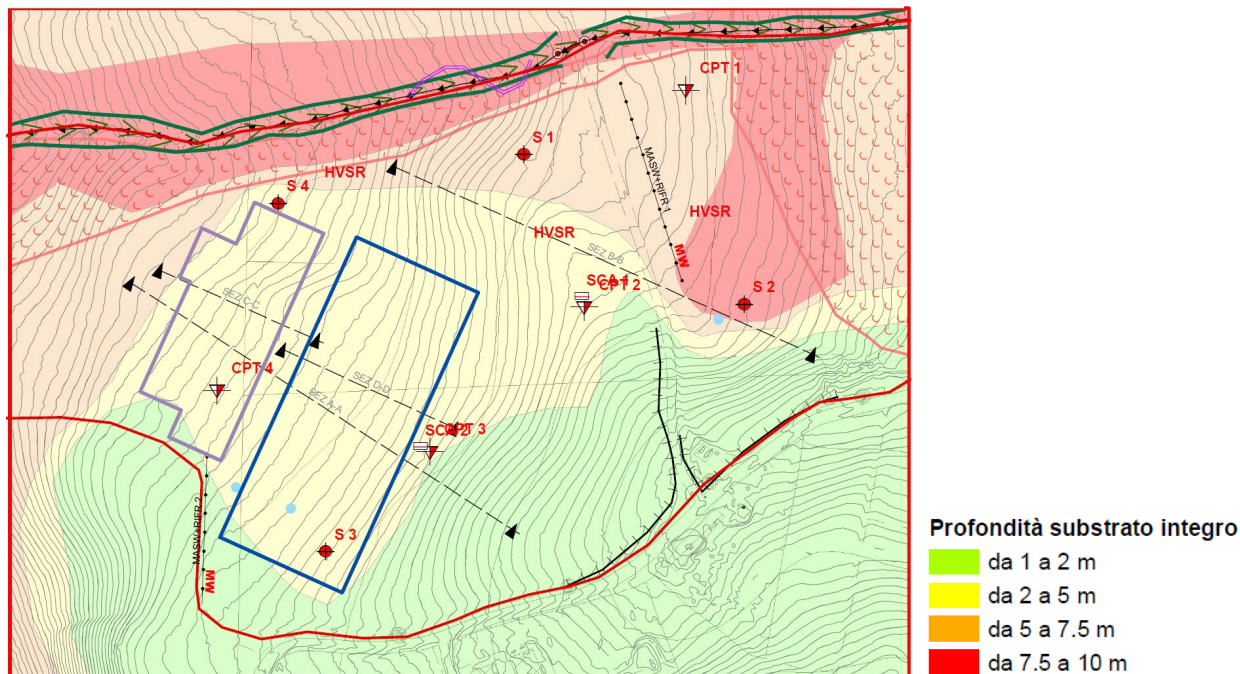


Figura 25 andamento della profondità del substrato

Le coltri sono in generale formate da limo sabbioso-argilloso con calcinelli, clasti sparsi e frustoli carboniosi in quantità variabili. Tali coltri risultano a luoghi assenti come nel caso delle verticali denominate S3 e S4, alla base delle coperture detritiche in alcuni casi si è rinvenuta la presenza di uno strato ricco in clasti arenacei posto all'interfaccia con il substrato.

Il substrato può presentarsi localmente alterato, tale alterazione, composta principalmente da fratturazione e caoticizzazione del materiale, risulta, fortemente variabile sia in termini di spessori che di continuità laterale.

Il substrato reperito in genere è costituito da strati arenacei decimetrici alternati a livelli di peliti grigie massive e compatte. Gli strati arenacei, talora di colore nocciola e talora grigi, risultano complessivamente di spessore minore rispetto a quelli pelitici comportando un rapporto sabbia/argilla minore di 1, facies pelitico-arenacea.

4.3 Prova in foro Standard Penetration Test (SPT)

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite due prove penetrometriche standard SPT.

La prova SPT (*Standard Penetration Test*) è una prova penetrometrica dinamica di riferimento per gran parte le correlazioni geotecniche. Essa viene eseguita durante la perforazione

Gli elementi che la caratterizzano sono:

- peso massa battente: 63.5 kg
- altezza libera caduta: 0.76 cm
- tipo di punta: chiusa
- avanzamento: 15 cm

La prova consiste nel misurare i colpi necessari per far penetrare di 45 cm la punta, vengono misurati tre valori corrispondenti al numero di colpi per l'avanzamento dei primi 15 cm (tratto di avviamento), per il secondo tratto e per il terzo restituendo la resistenza alla penetrazione N_{SPT} pari alla somma dei colpi del secondo e del terzo tratto.

revisione	1			Pagina 29/58
data	30_08_23		\\NAS21\Dati\LAVORI\San Severino\VILLADARIA\21_22 PARCO EOLICO\CENTRALE DI DERIVAZIONE\1_RELAZIONE	



Solitamente si utilizza in punta un campionatore standard (Raymond) o una punta conica con angolo 60°, nel nostro caso è stata utilizzata la punta conica.

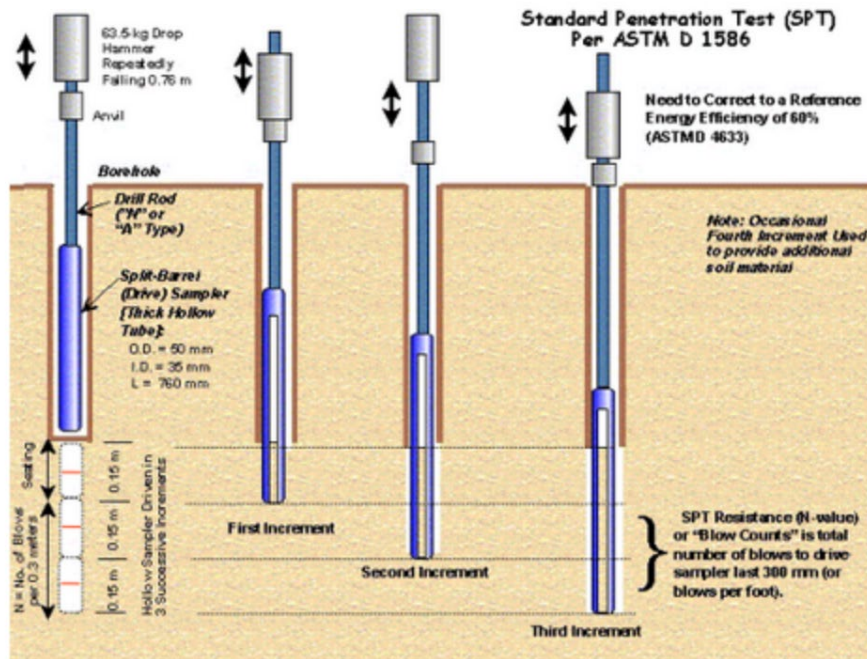


Figura 26 schema di realizzazione di una SPT

Le prove SPT a **punta chiusa** sono state eseguite a diverse quote all'interno dei sondaggi S2 e S4. Tali prove sono state eseguite come segue:

NOMINATIVO SPT	QUOTA INIZIO	COLPI	TIPO TERRENO
S2-SPT1	2.55 m	12	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO ML
		4	
		10	
S4-SPT1	1.55 m	2	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO ML
		6	
		8	



PROVE STATICHE – STATIC PROBING

CORRELAZIONI UTILIZZATE:

Correlazioni incoerenti	Correlazioni coesive Vs	Correlazioni incoerenti	Correlazioni coesive Vs
Densità relativa <input checked="" type="radio"/> Baldi 1978 - Schmertmann (1976) <input type="radio"/> Schmertmann <input type="radio"/> Harman (1976) <input type="radio"/> Lancellotta (1983) <input type="radio"/> Jamiolkowski (1985) <input type="radio"/> Larsson (1995)	OCR <input checked="" type="radio"/> Stress-History <input type="radio"/> Ladd e Foot (1977) <input type="radio"/> Piacentini Righi (1978) <input type="radio"/> Larsson (1991) S.G.I.	Coesione non drenata <input type="radio"/> Lunne Eide >> Indice plastico (IP) <input type="text" value="18"/> <input type="radio"/> Sunda Relazione Sperimentale <input type="radio"/> Lunne T.-Kleven A. (1981) <input type="radio"/> Kjekstad. (1978) - Lunne, Robertson, Powell (1977) <input type="radio"/> Lunne, Robertson and Powell (1977) <input type="radio"/> Terzaghi <input type="radio"/> Begemann <input type="radio"/> De Beer <input type="radio"/> Baligh 1980 <input type="radio"/> Marsland 1974-Marsland e Powell 1979 <input checked="" type="radio"/> Rolf Larsson SGI 1995 WI <input type="text" value="0"/>	OCR <input checked="" type="radio"/> Stress-History <input type="radio"/> P.W.Mayne (1991) <input type="radio"/> Piacentini Righi (1978) <input type="radio"/> Larsson 1991 S.G.I. <input type="radio"/> Jamiolkowski (1979) <input type="radio"/> Schmertmann (1978)
Angolo d'attrito <input type="radio"/> Durgunouglu-Mitchell (1973-1975) <input type="radio"/> Caquot <input type="radio"/> Koppejan <input type="radio"/> De Beer (1965-1967) <input type="radio"/> Schmertmann (1977-1982) <input type="radio"/> Robertson e Campanella (1983) <input type="radio"/> Herminier <input checked="" type="radio"/> Meyerhof (1951)	Modulo Edometrico <input checked="" type="radio"/> Robertson Campanella da Schmertmann <input type="radio"/> Lunne Christoffersen (1983) Robertson Powell (1977) <input type="radio"/> Kulhavy-Mayne (1990) <input type="radio"/> Mitchell - Gardner (1975) <input type="radio"/> Buisman - Sanglerat	Modulo di deformazione a taglio <input checked="" type="radio"/> Imai Tomauchi <input type="radio"/> Rix, Stokoe (1991)	Modulo di deformazione a taglio <input checked="" type="radio"/> Imai, Tomauchi e <input type="text" value="0.5"/> <input type="radio"/> Mayne, Rix (1993)
Modulo di Young <input checked="" type="radio"/> Schmertmann (1970-1978) <input type="radio"/> Robertson Campanella (1983) <input type="radio"/> ISOPT-1 (1988)	Modulo di reazione Ko <input checked="" type="radio"/> Kulhavy-Mayne (1990)	Modulo Edometrico <input checked="" type="radio"/> Mitchell Gardner (1975) <input type="radio"/> Metodo generale del modulo edometrico <input type="radio"/> Buisman <input type="radio"/> Buisman Sanglerat	Modulo di deformazione non drenato <input checked="" type="radio"/> Cancelli (1980) <input type="radio"/> Ladd (1977)
	Peso unità di volume <input checked="" type="radio"/> Meyerhof	Peso unità di volume <input checked="" type="radio"/> Meyerhof ed altri	

4.4 Prove di laboratorio su campioni indisturbati

Al fine di caratterizzare nel modo più completo possibile le coperture indagate sono stati estratti dei campioni indisturbati durante l'esecuzione dei sondaggi a carotaggio continuo.

NOMINATIVO CAMPIONE	QUOTA INIZIO	SPESSORE CAMPIONE	ORIZZONTE DAL QUALE E' STATO PRELEVATO
S1-C0	3.00 m	0.4 m	SUBSTRATO ALTERATO SFALS (NON ANALIZZATO)
S2-C1	1.00 m	0.4 m	LIMO SABBIOSO ARGILLOSO ML
S4-C2	1.20 m	0.35 m	SUBSTRATO ALTERATO SFALS

Il primo campione (Co) è stato preso alla quota di 3.0 m dal piano campagna in corrispondenza del substrato alterato. Tale campione però, anche a causa della presenza di un trovante, è risultato poco adatto all'analisi in laboratorio in quanto le informazioni che possono esservi ricavate sono molto limitate, si è pertanto deciso di non inviarlo al laboratorio.

Gli altri campioni saranno utili nella caratterizzazione geotecnica dei materiali escavati. Nella tabella seguente sono indicate tutte le prove eseguite sui campioni prelevati.



DENOMINAZIONE CAMPIONE	SONDAGGIO	QUOTA PRELIEVO (inizio e fine; in m)	PROVE ESEGUITE
C1	S2	1.0 – 1.4	Contenuto d'acqua
			Massa volumica naturale
			Peso specifico
			Analisi granulometrica per setacciatura
			Analisi granulometrica per sedimentazione
			Limiti di consistenza (LL-LP)
			Limite di ritiro (LR)
			Prova di taglio diretto
			Prova di taglio residuo
			Prova di compressione triassiale UU
			Permeabilità in cella triassiale
C2	S4	1.2 – 1.55	Contenuto d'acqua
			Massa volumica naturale
			Peso specifico
			Analisi granulometrica per setacciatura
			Analisi granulometrica per sedimentazione
			Limiti di consistenza (LL-LP)
			Limite di ritiro (LR)
			Prova di taglio diretto
			Prova di taglio residuo
			Prova di compressione triassiale UU
			Permeabilità in cella triassiale



Scavi

Per una migliore caratterizzazione litologica e per la taratura delle prove CPT, sono stati eseguiti due scavi in aree adiacenti alle prove penetrometriche.

Tali scavi sono subito apparsi in completo accordo con quanto visto nelle indagini indirette confermando le ipotesi sulla quota del substrato.

	FOTO POSTAZIONE	TABULAZIONE
SCA1		<p>LIMO SABBIOSO ARGILLOSO, CON CLASTI, CALCINELLI E A TRATTI FRUSTOLI CARBONIOSI. DI COLORE MARRONECON SCREZIATURE GRIGIE. ASCIUTTO, PLASTICO. AL PASSAGGIO CON IL SUBSTRATO E' PRESENTE DEL PIETRAME ARENACEO</p> <p>DEPOSITO VEGETALE/E LUVIO COLLUVIALE ML</p> <p>PELITI ALTERNATE AD ARENARIE STRATIFICATE, DI COLORE GRIGIO-AVANA. MOLTO CONSISTENTE MA ALTERATO E DECOMPRESSE MOLTO FRATTURATO. ASCIUTTO, PRESENZA DI CALCINELLI.</p> <p>SUBSTRATO ALTERATO SFALS</p> <p>PELITI STRATIFICATE GRIGIE ALTERNATE DA SOTTILI LIVELLI ARENACEO/SABBIOSI AVANA. SEDIMENTO INTEGRO</p> <p>SUBSTRATO INTEGRO ALS</p>
SCA2		<p>LIMO SABBIOSO ARGILLOSO, CON CLASTI, CALCINELLI E A TRATTI FRUSTOLI CARBONIOSI. DI COLORE MARRONECON SCREZIATURE GRIGIE. ASCIUTTO, PLASTICO. AL PASSAGGIO CON IL SUBSTRATO E' PRESENTE DEL PIETRAME ARENACEO</p> <p>DEPOSITO VEGETALE/E LUVIO COLLUVIALE ML</p> <p>PELITI STRATIFICATE GRIGIE ALTERNATE DA SOTTILI LIVELLI ARENACEO/SABBIOSI AVANA. SEDIMENTO INTEGRO</p> <p>SUBSTRATO INTEGRO ALS</p>

Materiale SCA1



Materiale SCA2



Figura 27 Scavi eseguiti e relativa tabulazione

revisione	1			Pagina	33/58
data	30_08_23			\\NAS21\Dati\LAVORI\San Severino\VILLADARIA\21_22 PARCO EOLICO\CENTRALE DI DERIVAZIONE\1_RELAZIONE	




4.5 Indagini sismiche

Ai fini della classificazione sismica dei terreni secondo quanto prescritto dall'art.3.2.2 delle nuove norme tecniche NTC 18, e per verificare la continuità degli orizzonti litologici sono state effettuate:

- N.2 prova sismica MASW
- N.2 indagini di sismica a rifrazione

MASW	Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che si basa sulla misura delle onde superficiali (Onde di Rayleigh) eseguita in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo, essa è considerata una prova sismica di tipo "attivo" in quanto le onde superficiali sono generate in un punto sulla superficie del suolo tramite energizzazione con mazza battente.
------	---

Strumenti usati

SoilSpy Rosina Marca MOHO	SOILSPY sismografo 12 canali in cui il segnale viene amplificato e digitalizzato in corrispondenza dei geofoni. CAMPIONAMENTO 32 kHz su ogni canale in modo continuo. FREQUENZE DI OUTPUT fs: 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16.384, 32.768 Hz. Geofoni GEOSPACE LTD 4.5HZ
Software analisi Grilla Marca MOHO	 <p>Information about Grilla</p> <p>Grilla Release (2020) Rel. 9.6.1 (beta)</p> <p>Software for 1) passive/active surface waves analysis and modeling and 2) vibration analysis.</p> <p><small>DISCLAIMER. THIS SOFTWARE IS PROVIDED "AS IS". IN NO EVENT SHALL THE COPYRIGHT HOLDERS OR ANYONE DISTRIBUTING THE SOFTWARE BE LIABLE FOR ANY DAMAGE, IMPROPER USE OR OTHER LIABILITY, WHETHER IN CONTRACT, TORT OR OTHERWISE, ARISING FROM, OUT OF OR IN CONNECTION WITH THE SOFTWARE OR THE USE OR OTHER DEALINGS IN THE SOFTWARE.</small></p>

Installazione sismometro		Ambiente installazione sismometro		Disturbi		Condizioni atmosferiche		Posizione geofoni	
Riporto	<input type="checkbox"/>	Città	<input type="checkbox"/>	Fiume	<input type="checkbox"/>	Vento	<input type="checkbox"/>	A terra	<input checked="" type="checkbox"/>
Cemento	<input type="checkbox"/>	Strada trafficata	<input type="checkbox"/>	Fabbrica	<input type="checkbox"/>	Pioggia	<input type="checkbox"/>	Su asfalto con piedini	<input type="checkbox"/>
Asfalto	<input type="checkbox"/>	Strada poco trafficata	<input type="checkbox"/>	Cantiere	<input type="checkbox"/>	Sole	<input checked="" type="checkbox"/>	Su pavimento con piedini	<input type="checkbox"/>
Sabbia	<input type="checkbox"/>	Galleria	<input type="checkbox"/>	Alberi	<input type="checkbox"/>			Su asfalto con foro	<input type="checkbox"/>
Erba	<input type="checkbox"/>	Città parco	<input type="checkbox"/>	Ponti	<input type="checkbox"/>			Su pavimento con foro	<input type="checkbox"/>
Marciapiede	<input type="checkbox"/>	Aperta campagna	<input checked="" type="checkbox"/>	scarpata	<input type="checkbox"/>			Piedini corti	<input type="checkbox"/>
Selciato	<input type="checkbox"/>	Ponte	<input type="checkbox"/>	Galleria	<input type="checkbox"/>			Piedini lunghi	<input type="checkbox"/>
Pavimento	<input type="checkbox"/>	Interno edificio	<input type="checkbox"/>	Sottoservizi	<input type="checkbox"/>				
Roccia	<input type="checkbox"/>			edifici	<input type="checkbox"/>				
				ferrovia	<input type="checkbox"/>				
				pedoni	<input type="checkbox"/>				

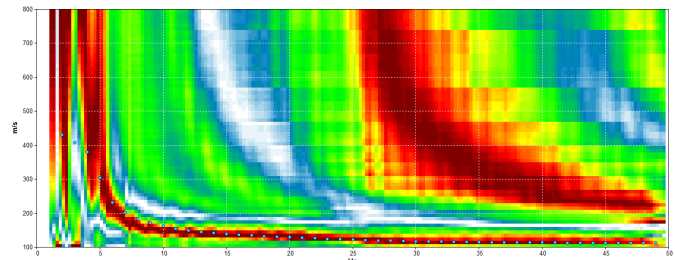
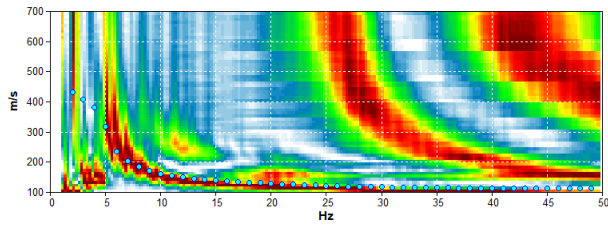
4.5.1 **MASW1**

Figura 28 cantiere prova MASW

Mediate l'uso dei dati dedotti dalle prove sismiche è possibile individuare la categoria di suolo come prescritto nelle NTC '18.

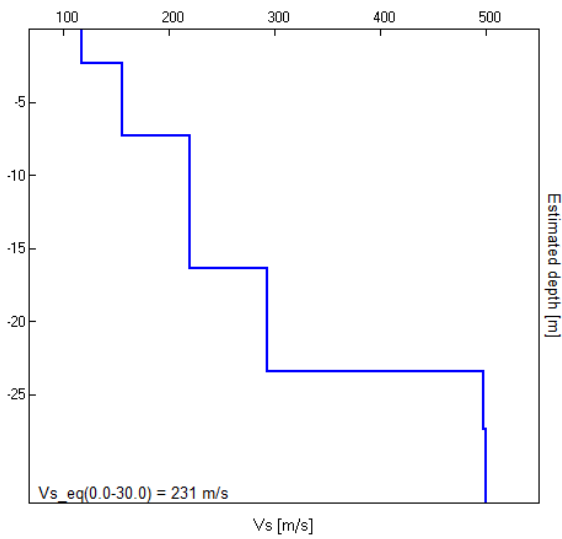
<p>EOLICO MASW1 1-5 Inizio registrazione: 20/02/2023 17:28:06 Fine registrazione: 20/02/2023 17:29:04 Durata registrazione: 0h00'01". Freq. campionamento: 512 Hz</p> <p>Nomi canali: TR01 TR01 ; TR02 TR02 ; TR03 TR03 ; TR04 TR04 ; TR05 TR05 ; TR06 TR06 ; TR07 TR07 ; TR08 TR08 ; TR09 TR09 ; TR10 TR10 ; TR11 TR11 ; TR12 TR12 ; TR13 TR13 ; TR14 TR14 ; TR15 TR15 ; TR16 TR16</p> <p>Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 65.0 70.0 75.0 m.</p>	<p>EOLICO MASW1 16 Start recording: 20/02/2023 17:35:41 End recording: 20/02/2023 17:35:56 Trace length: 0h00'01". Sampling rate: 512 Hz</p> <p>Channel labels: TR01 TR01 ; TR02 TR02 ; TR03 TR03 ; TR04 TR04 ; TR05 TR05 ; TR06 TR06 ; TR07 TR07 ; TR08 TR08 ; TR09 TR09 ; TR10 TR10 ; TR11 TR11 ; TR12 TR12 ; TR13 TR13 ; TR14 TR14 ; TR15 TR15 ; TR16 TR16</p> <p>Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 65.0 70.0 75.0 m.</p>
<p>MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE</p>	<p>MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE</p>

revisione	1			Pagina 35/58
data	30_08_23		\\NAS21\Dati\LAVORI\San Severino\VILLADARIA\21_22 PARCO EOLICO\CENTRALE DI DERIVAZIONE\1_RELAZIONE	

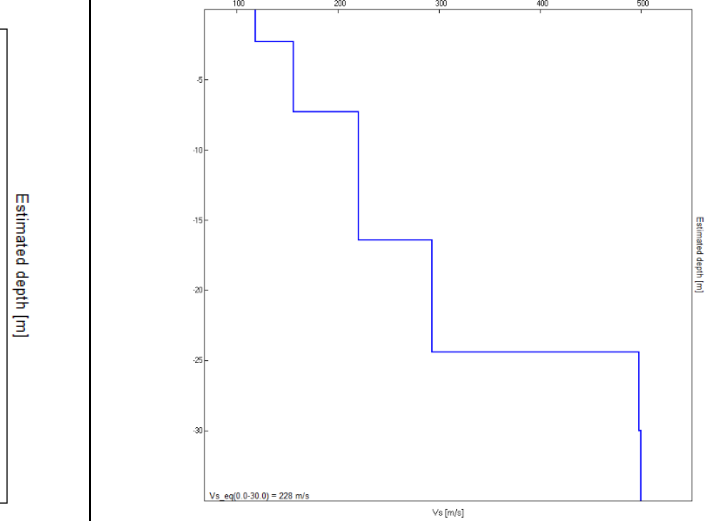


Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.30	2.30	118	0.42
7.30	5.00	156	0.42
16.40	9.10	220	0.40
23.40	7.00	293	0.40
27.40	4.00	498	0.38
inf.	inf.	500	0.38

Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.30	2.30	118	0.42
7.30	5.00	156	0.42
16.40	9.10	220	0.40
24.40	8.00	293	0.40
30.00	5.60	498	0.38
inf.	inf.	500	0.38



Vs_eq(0.0-30.0) = 231 m/s



Vs_eq(0.0-30.0) = 228 m/s



4.5.2 **MASW2**



Figura 29 cantiere prova MASW

EOLICO MASW2 16

Start recording: 21/02/2023 11:44:28 End recording: 21/02/2023 11:44:44

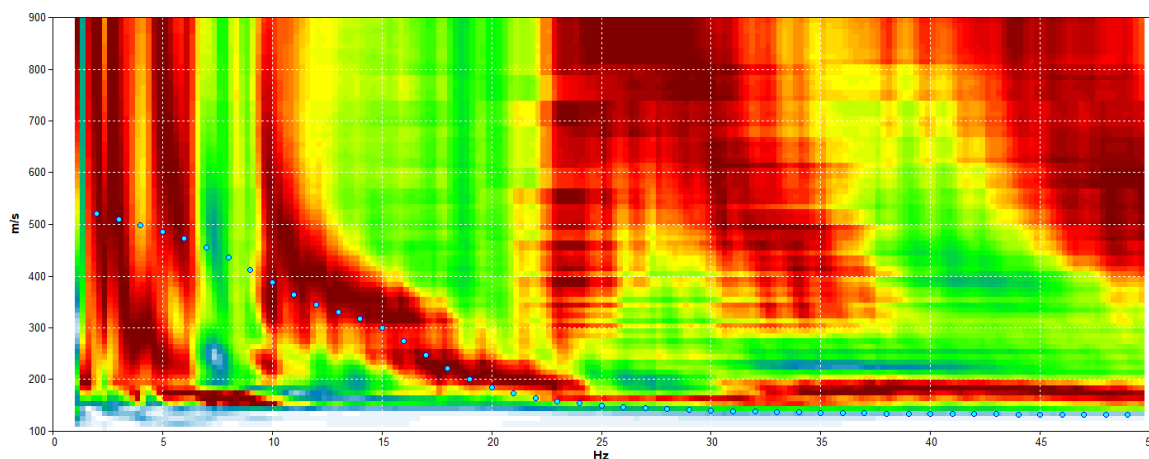
Trace length: 0h00'01".

Sampling rate: 512 Hz

Channel labels: TR01 TR01 ; TR02 TR02 ; TR03 TR03 ; TR04 TR04 ; TR05 TR05 ; TR06 TR06 ; TR07 TR07 ; TR08 TR08 ; TR09 TR09 ; TR10 TR10 ; TR11 TR11 ; TR12 TR12 ; TR13 TR13 ; TR14 TR14 ; TR15 TR15 ; TR16 TR16

Array geometry (x): 0.0 5.0 10.0 15.0 20.0 25.0 30.0 35.0 40.0 45.0 50.0 55.0 60.0 65.0 70.0 75.0 m.

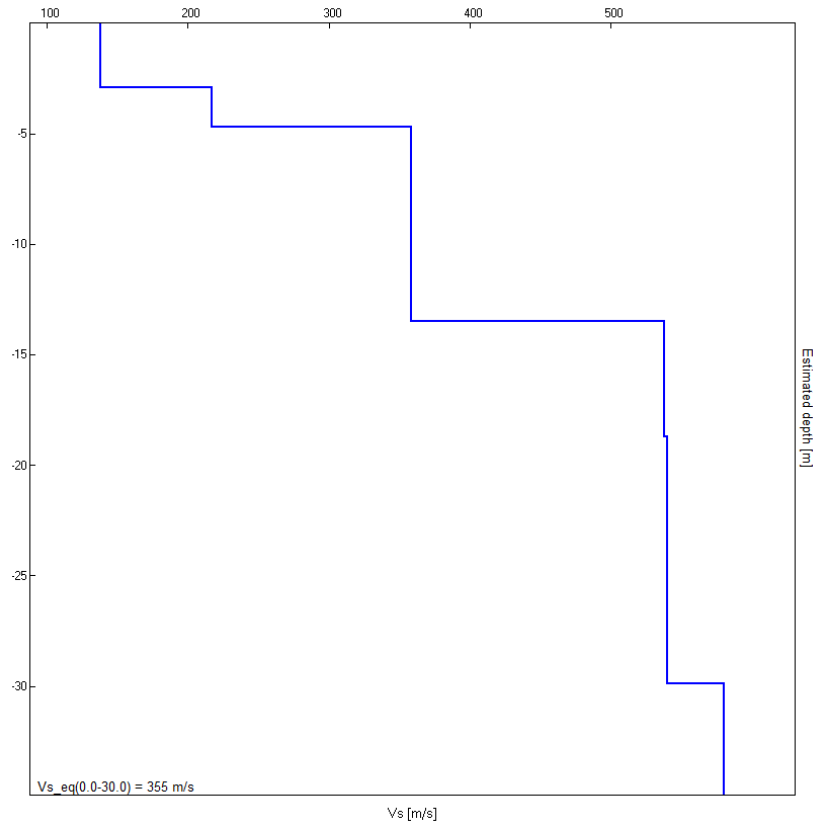
MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



revisione	1			Pagina 37/58
data	30_08_23		\\NAS21\Dati\LAVORI\San Severino\VILLADARIA\21_22 PARCO EOLICO\CENTRALE DI DERIVAZIONE\1_RELAZIONE	



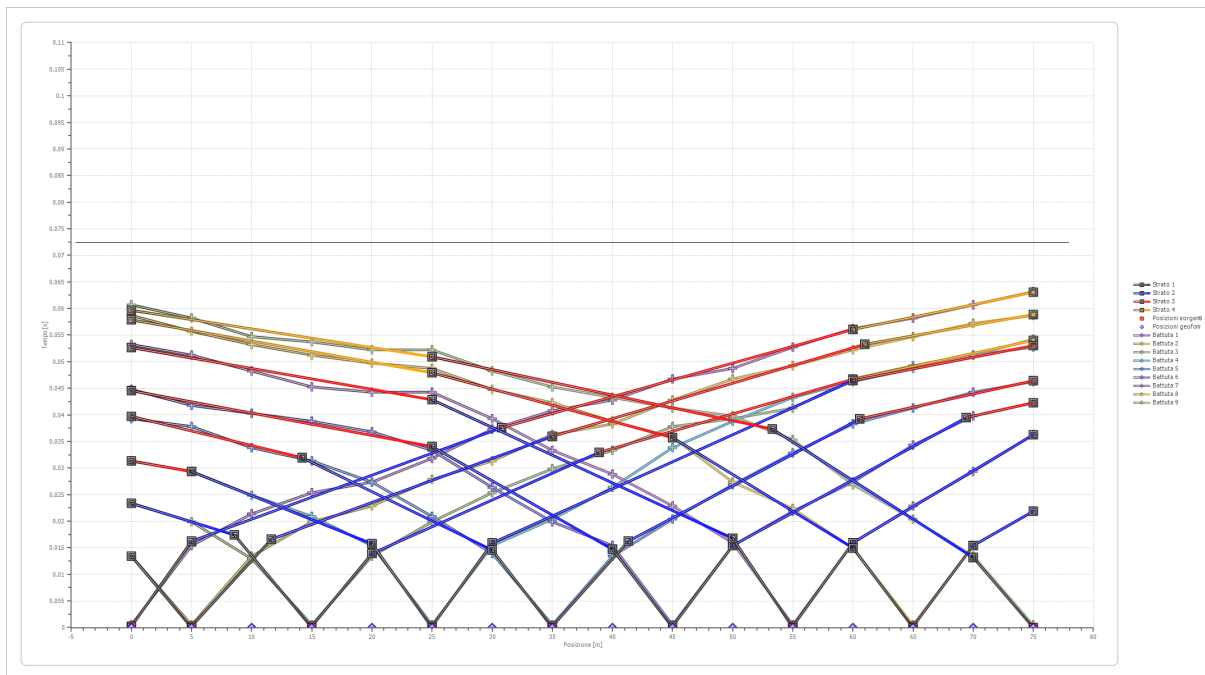
Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
2.90	2.90	138	0.45
4.70	1.80	217	0.40
13.50	8.80	358	0.38
18.70	5.20	538	0.35
29.90	11.20	540	0.35
inf.	inf.	580	0.35



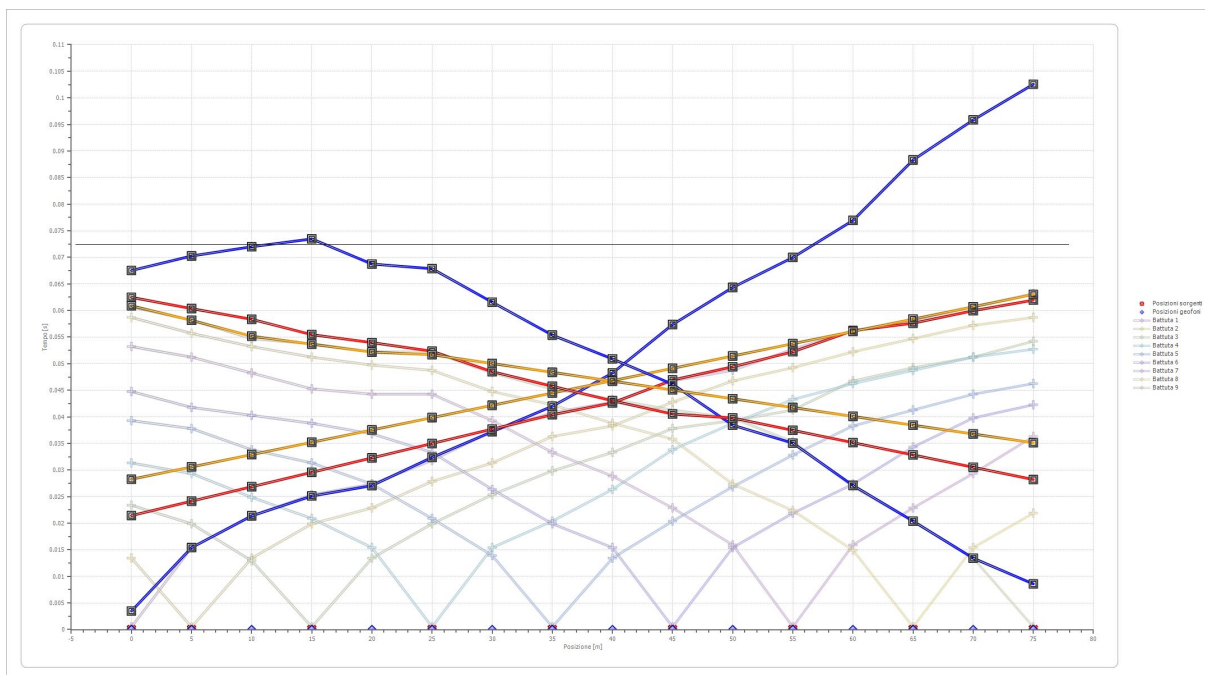
$Vs_{eq}(0.0-30.0) = 355 \text{ m/s}$



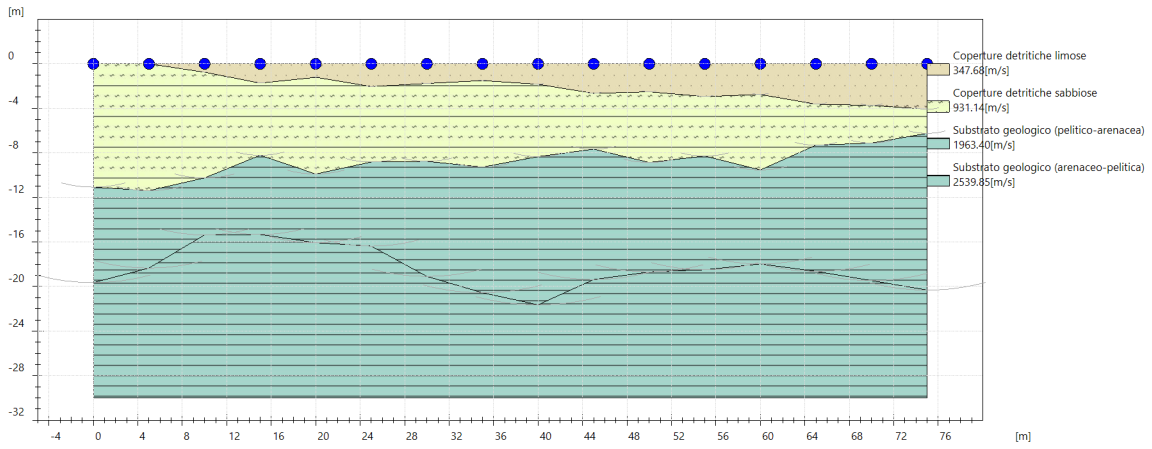
4.5.3 SR1 Dromocrone



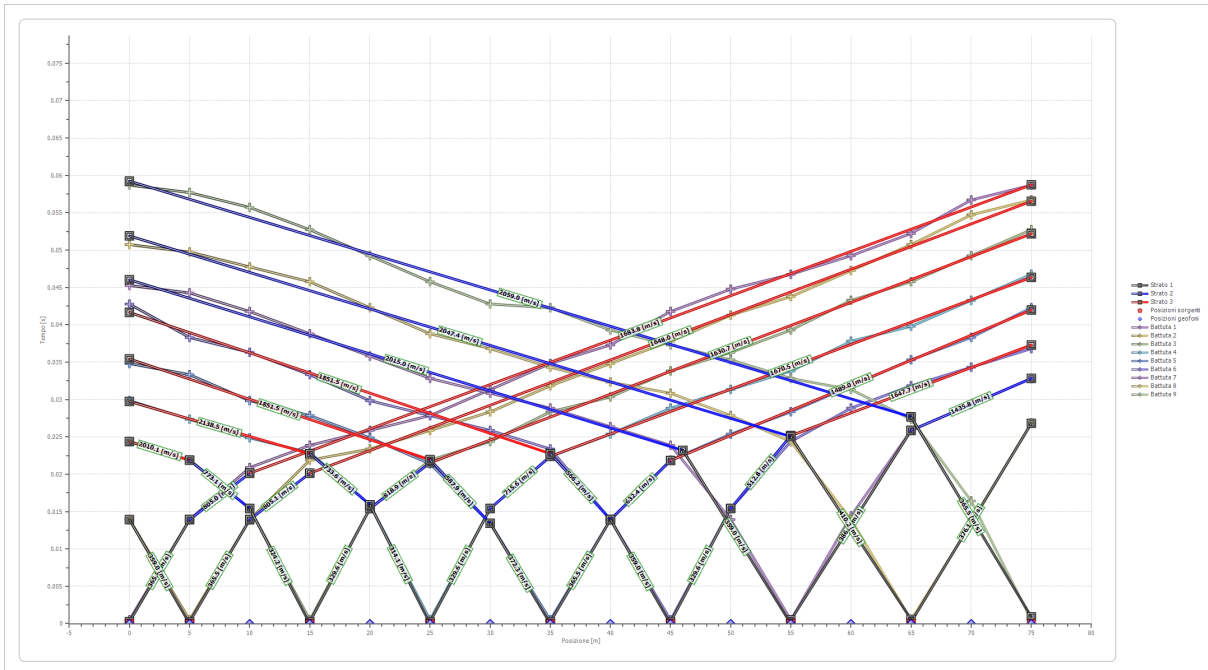
Dromocrone traslate



Interpretazione profilo

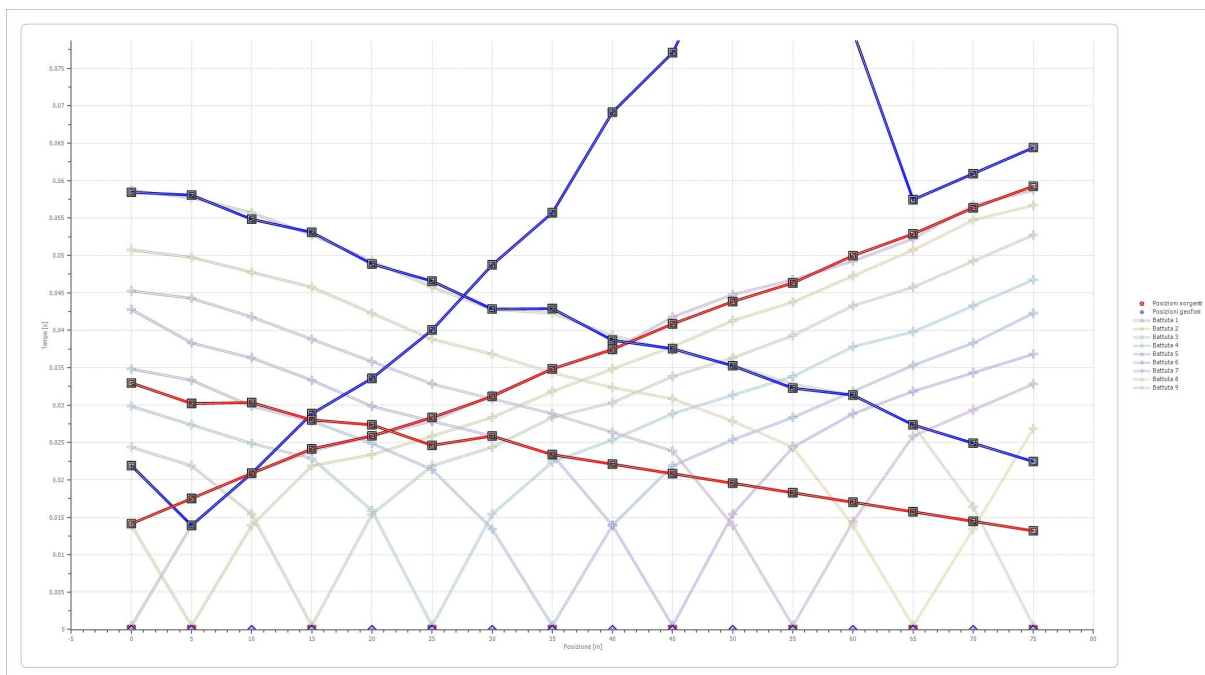


4.5.4 SR2
Dromocrone

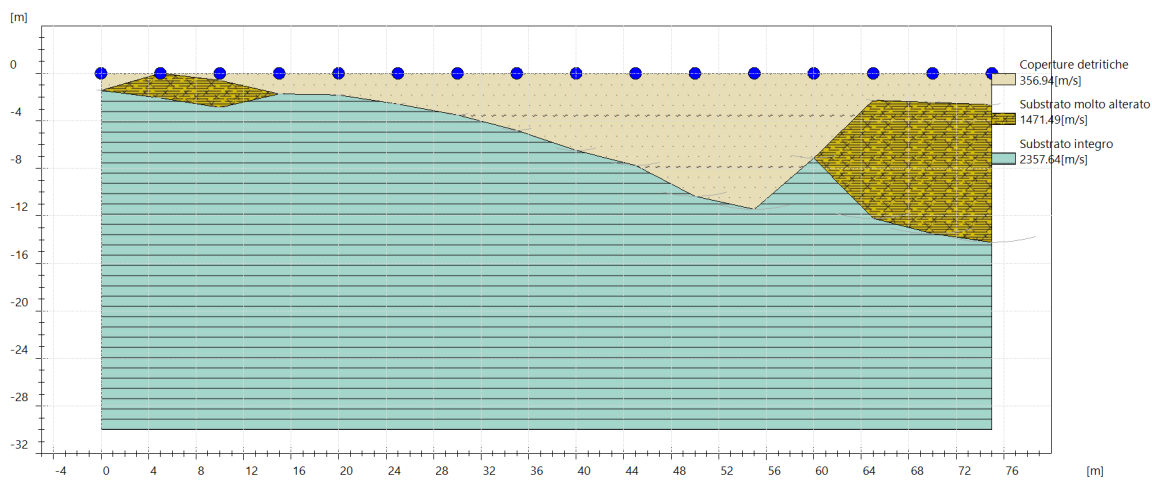




Dromocrone traslate



Interpretazione profilo



**-MODELLO GEOTECNICO-****5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA**

Vista la discreta mole di dati provenienti da indagini diverse tra loro sia per tipo (laboratorio, in sito) sia per caratteristiche (dirette e indirette), le stesse sono state dapprima confrontate e in seguito relazionate in modo da comprendere le proprietà fisiche e meccaniche dei terreni.

Di seguito verranno mostrate prima le indagini raggruppate per famiglia (CPT, SPT e prove di laboratorio) e poi elaborate in modo da ottenere dei valori statisticamente significativi.

Tabella 1 valori derivanti da interpretazione delle indagini di tipo CPT eseguite e raccolte per tipo di terreno.

PROVA	TIPO TERRENO	PESO DI VOLUME γ g/cm ³	ANGOLO D'ATTRITO ϕ °	COESIONE NON DRENATA Cu kg/cm ²	MODULO EDOMETRICO Ed kg/cm ²	MODULO YOUNG Ey Kg/cm ²
CPT1	ML	1.8	23-28	0.6-1.0	62	38-61
	SFALS	1.8	45	3.0	82	176
	ALS	1.8	45	4.8	83	278
CPT2	ML	1.8	34-38	1.7-3.7	81-83	100-213
	SFALS	1.8	39	4.7	83	272
	ALS	1.8	41	6.7	85	385
CPT3	ML	1.8	22	0.5	51	30
	SFALS	1.8	35	3.5	85	229
	ALS	1.8	35	4.2	88	345
CPT4	ML	1.8	20-21	0.4-0.5	30-50	17-23
	SFALS	1.8	25	1.0	33	45
	ALS	1.8	45	9.2	90	404

Tabella 2 Valori derivanti dalle analisi di laboratorio eseguite sui campioni prelevati in sito

SOND AGGIO	CAMPIONE	TERRENO	PESO DI VOLUME γ [g/cm ³]	PESO DI VOLUME SECCO γ [g/cm ³]	PESO DI VOLUME SATURO γ [g/cm ³]	INDICE DEI PORI	ACQUA NATURALE [%]	POROSITA' [%]	SATURAZIONE [%]	LIMITE LIQUIDO [%]	LIMITE PLASTICO [%]	INDICE PLASTICO [%]	ANGOLO D'ATTITO [ϕ °]	COESIONE c' [kg/cm ²]	COESIONE NON DRENATA Cu [kg/cm ²]
S2	C1	ML	1.8	1.5	1.9	0.69	21	41	82	51	27	23	20	0.1	1.3
S4	C2	ML	1.8	1.5	1.9	0.73	24	42	89	54	25	28	21	0.1	1.2



Tabella 3 Valori derivanti dall'interpretazione delle prove di tipo SPT eseguite

PROVA	SONDAGGIO	TIPO TERRENO	ANGOLO D'ATTRITO Φ °	COESIONE NON DRENATA Cu kg/m ²	MODULO EDOMETRICO Ed kg/cm ²	MODULO YOUNG Ey Kg/cm ²
SPT1	S2	ML	32	0.9	56	145
SPT2	S4	ML	33	0.9	56	145

Tabella 4 Tabella riassuntiva dei valori ricavati dalle prove sopra riportate. Con (*) sono indicati i valori medi mentre tutti gli altri risultano parametri derivanti da singole misurazioni o stime.

TABELLA RIASSUNTIVA															
TERRENO	PESO DI VOLUME γ [g/cm ³]	PESO DI VOLUME SECCO γ_d [g/cm ³]	PESO DI VOLUME SATURO γ_s [g/cm ³]	INDICE DEI PORI	ACQUA NATURALE [%]	POROSITA' [%]	SATURAZIONE [%]	LIMITE LIQUIDO [%]	LIMITE PLASTICO [%]	INDICE PLASTICO [%]	ANGOLO D'ATTRITO Φ °	COESIONE c' [kg/cm ²]	MODULO EDOMETRICO Ed [kg/cm ²]	MODULO YOUNG Ey [kg/cm ²]	COESIONE NON DRENATA Cu [kg/cm ²]
ML	1.8*	1.5	1.9	0.69	21	41	82	51	27	23	26*	0.1	58*	85*	1.1*
SFALS	1.8*	1.5	1.9	0.73	24	42	89	54	25	28	36*	0.1	70*	180*	3.0*
ALS	1.8*										41*		86*	353*	5.2*

I parametri geotecnici riportati di seguito sono il frutto di analisi statistiche e matematiche unitamente a valutazioni di carattere geologico. Tali valori, ad opinione dello scrivente, risultano quelli che più rappresentano le caratteristiche fisiche dei terreni indagati ai fini progettuali.

	Peso di volume γ g/cm ³	Peso di volume saturo γ_s g/cm ³	Coesione non drenata Cu Kg/cm ²	Coesione drenata c' Kg/cm ²	Angolo d'attrito Φ °	Angolo d'attrito residuo Φ_r °	Modulo Edometrico Ed Kg/cm ²	Modulo Young Ey Kg/cm ²	Coeff di Poisson μ
Depositi eluvio-colluviali Tipo ML	1.8*	1.9	0.4'	0.1	20'	16	59*	85*	0.42
Substrato alterato Tipo SFALS	1.8*	1.9	1.3'	0.1	26'	14	70*	180*	0.40
Substrato integro Tipo ALS	2.1	2.2	4.2'	0.2	35'		86*	353*	0.38

Figura 30 Parametri fisici e meccanici dei terreni in sito. Con (*) sono indicati i valori medi, con (') sono indicati i parametri caratteristici, tutti gli altri risultano parametri derivanti da singole misurazioni o stime.



6. CARTA DI SINTESI – CARTA DELLE VOCAZIONALITA' AI FINI PROGETTUALI

(allegato 2 A10)

L'indagine eseguita ha avuto la finalità di individuare le porzioni più idonee dal punto di vista geologico per la realizzazione delle centrali di connessione. Lo studio svolto lungo la proprietà mira ad escludere le zone con criticità geologiche, o ad individuare compensazioni per la riduzione di rischi ad esse connesse, in modo da poter realizzare l'opera in completa sicurezza. L'analisi geologica è stata svolta lungo tutto il versante a disposizione della committenza.

A fine indagine è stata redatta una carta di sintesi denominata "Carta delle Vocazionalità ai fini progettuali" nella quale vengono indicati in quattro livelli l'idoneità geologica del fondo. Per la realizzazione di tale carta sono state utilizzate le seguenti analisi focalizzando l'attenzione sugli aspetti più critici emersi nei singoli studi.

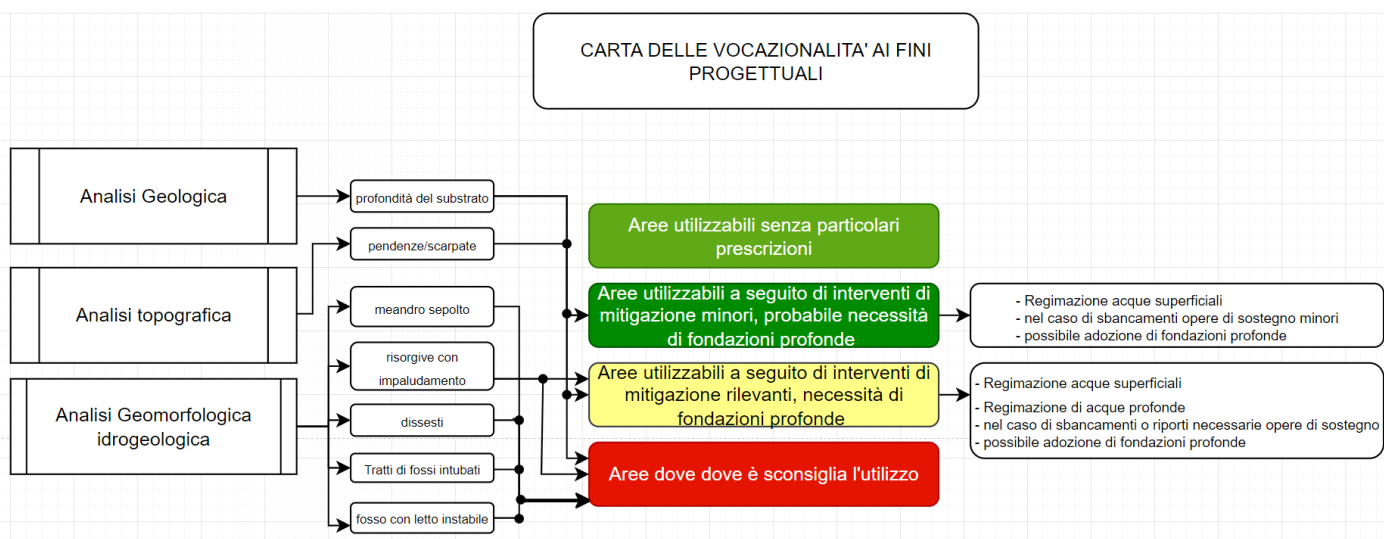


Figura 31 schema concettuale progetto carta vocazionalità.

Al fine di caratterizzare le problematiche che affliggono il versante e poter discretizzare in maniera visivamente efficace le aree in cui la realizzazione del progetto risulta più agevole, sono stati attribuiti dei pesi a singole criticità. La sommatoria di tali pesi, derivante dalla sovrapposizione degli aspetti considerati (profondità substrato, pendenze, rischi derivanti dall'idrografia superficiale, etc), assegna alle porzioni del terreno in studio un livello di rischio differente, che si traduce o in un divieto di utilizzare il lotto o in opere necessarie da realizzare a corredo del progetto.

Forme o situazioni geologiche considerate rilevanti	Peso assegnato
Profondità del substrato	0-2
Pendenze	0-3
Meandro sepolto	0-1
Risorgive con impaludamento	0-1
Fenomeni di soliflusso	0-3
Tratto di fosso intubato	0-3
Fosso con letto instabile	0-3
Scarpate	0-1



Per quanto riguarda le aree individuate, sono presenti quattro livelli di colore da verde chiaro, verde scuro, giallo e rosso. Nelle aree verde chiaro si stima che l'utilizzabilità è incondizionata, mentre in quelle rosse è sconsigliata. Le aree intermedie, quella verde scuro e giallo, risultano utilizzabili rispettivamente con interventi modesti e rilevanti.

Tale carta riassume un insieme di fattori derivanti da assunzioni geologiche e geomorfologiche a grande scala, una volta scelte le opere da realizzare all'interno delle aree definitive si dovranno rivalutare puntualmente i dati a disposizione, non si escludono pertanto lievi variazioni.

Nella successiva fase verrà pertanto redatta una nuova relazione geologica dove verranno caratterizzati dal punto di vista numerico (con le prove a disposizione) tutte le trasformazioni previste dal progetto definitivo. Sempre in fase successiva verranno eseguite ulteriori analisi mirate alla verifica della stabilità dei lotti scelti.

7. SCELTA DELLE AREE PER LE OPERE DI CONNESSIONE

A seguito di quanto esposto nei parametri precedenti, di concerto con i tecnici e i progettisti, sono state individuate due aree per la realizzazione di:

- Stazione di smistamento
- Stazione utente e sistema di accumulo.

L'ubicazione delle stazioni è stata effettuata analizzando la cartografia di sintesi dello studio geologico geomorfologico (carta B), cercando di interessare esclusivamente le zone utilizzabili a seguito di interventi di mitigazione minori.

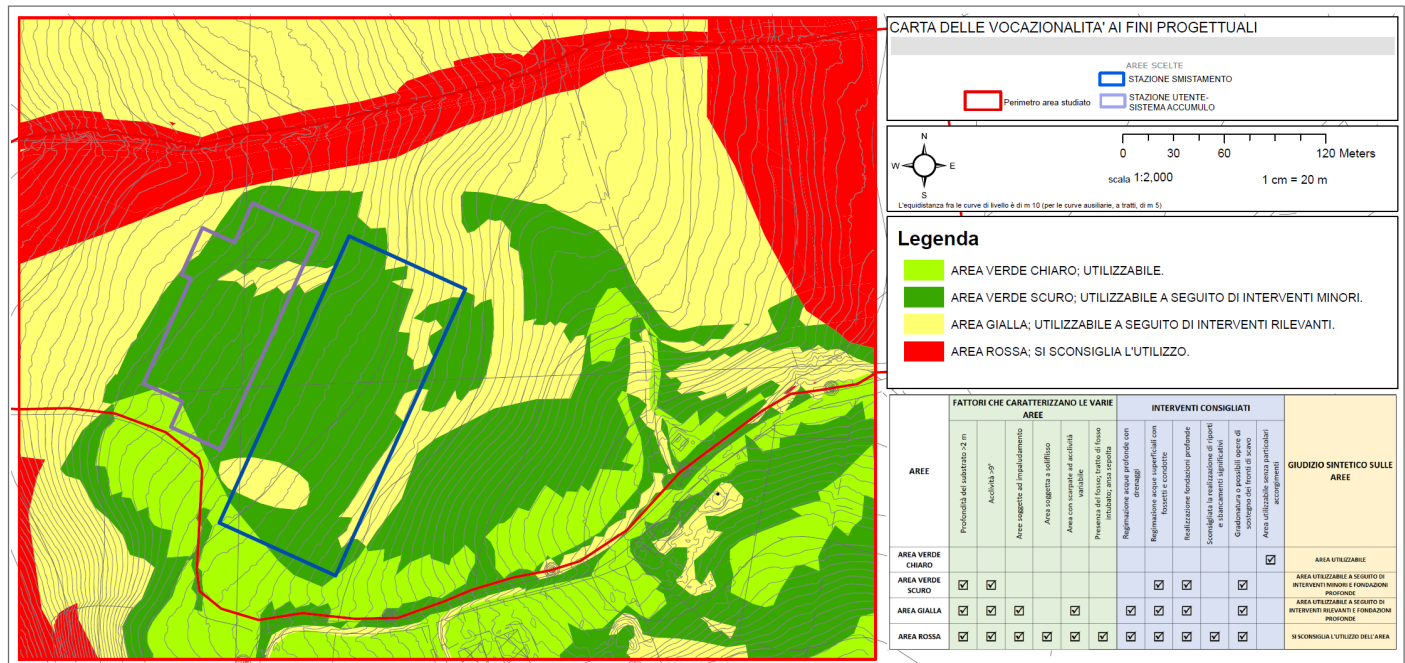


Figura 32 stralcio della carta di vocazionalità ai fini progettuali

Le aree scelte si ritengono compatibili con le opere da realizzare, prevedendo interventi secondari che garantiscano la stabilità dei terreni anche dopo le trasformazioni imposte dal progetto.

Di seguito vengono eseguite due verifiche di stabilità del versante nei tratti che saranno interessati dalle centrali di connessione al fine di ricavare un ulteriore elemento di verifica sulla scelta fatta.

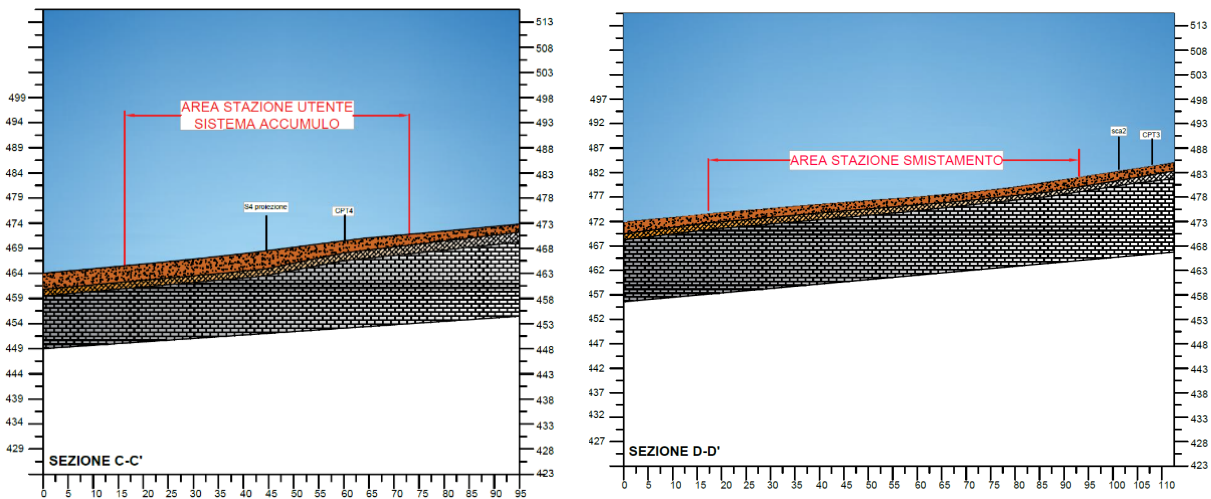
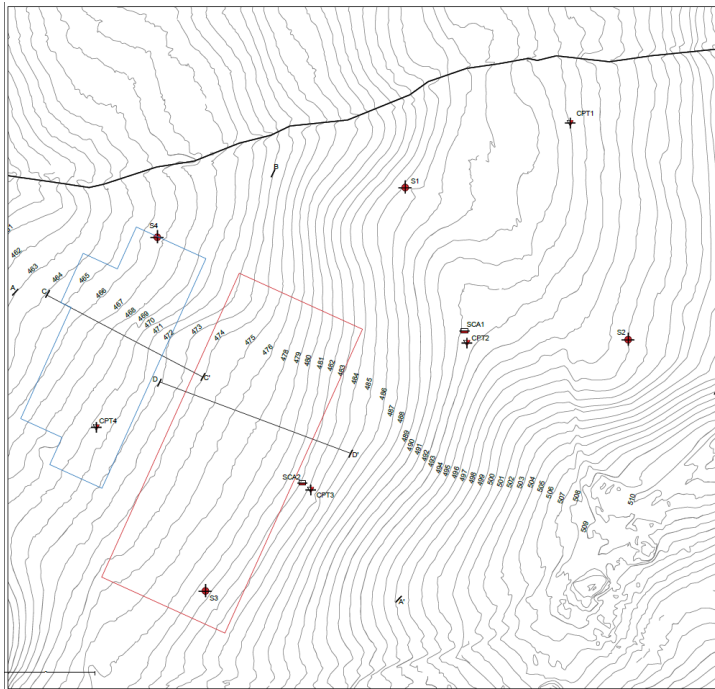


Figura 33 sezioni geologiche lungo le quali sono state eseguite le verifiche di stabilità

Per l'esecuzione delle verifiche sono stati utilizzati i parametri geotecnici ottenuti dalle prove in sito e dalle analisi di laboratorio, ridotti mediante la determinazione dei parametri caratteristici fedi tabella figura 29.

La verifica è stata eseguita considerando acqua a piano campagna e in condizioni drenate.

Il calcolo eseguito, in entrambi i casi ha restituito fattori di sicurezza maggiori di 1.1 confermando pertanto la stabilità dei tratti di versante scelto.

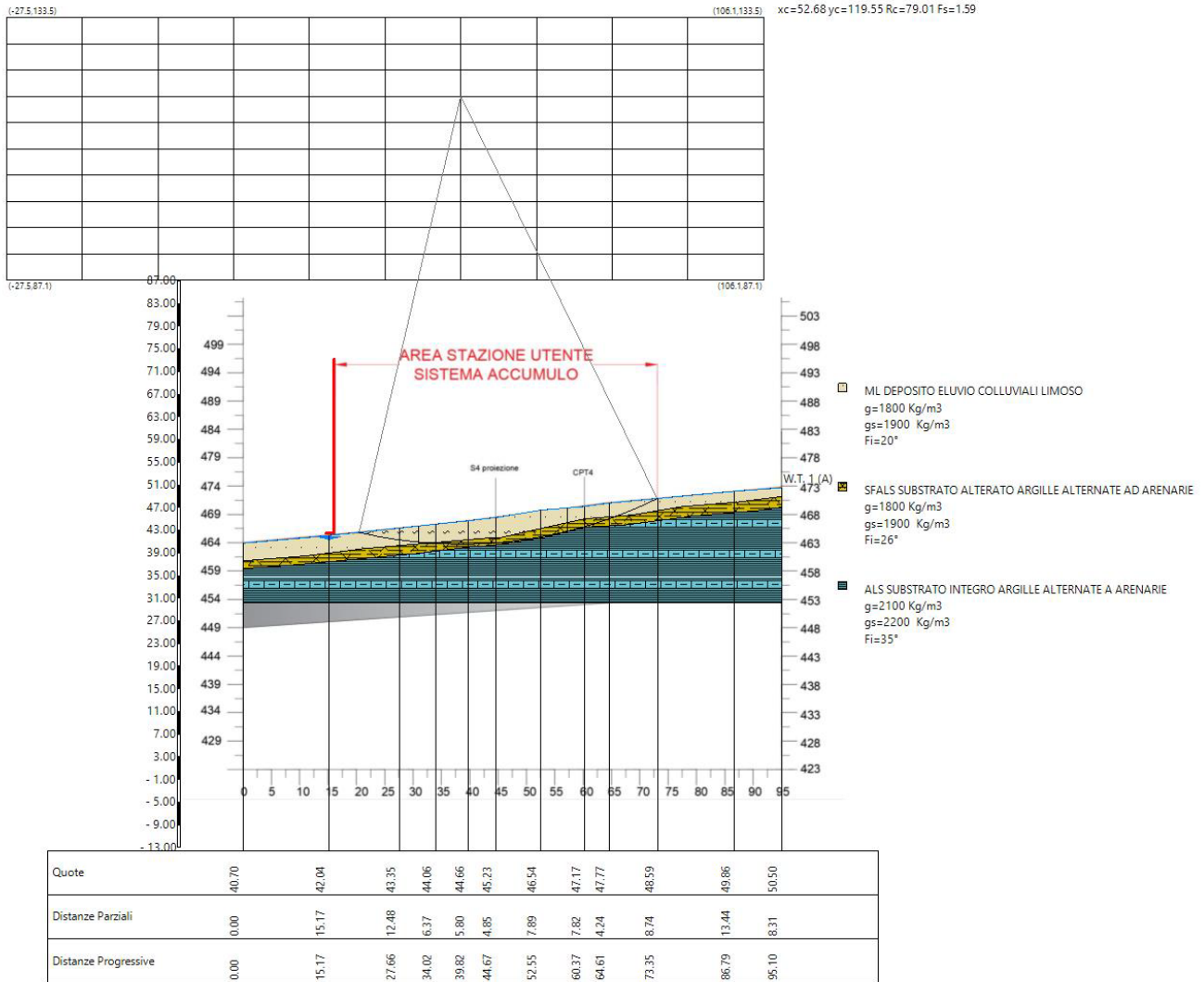


Figura 34 verifica lungo la sezione c-c

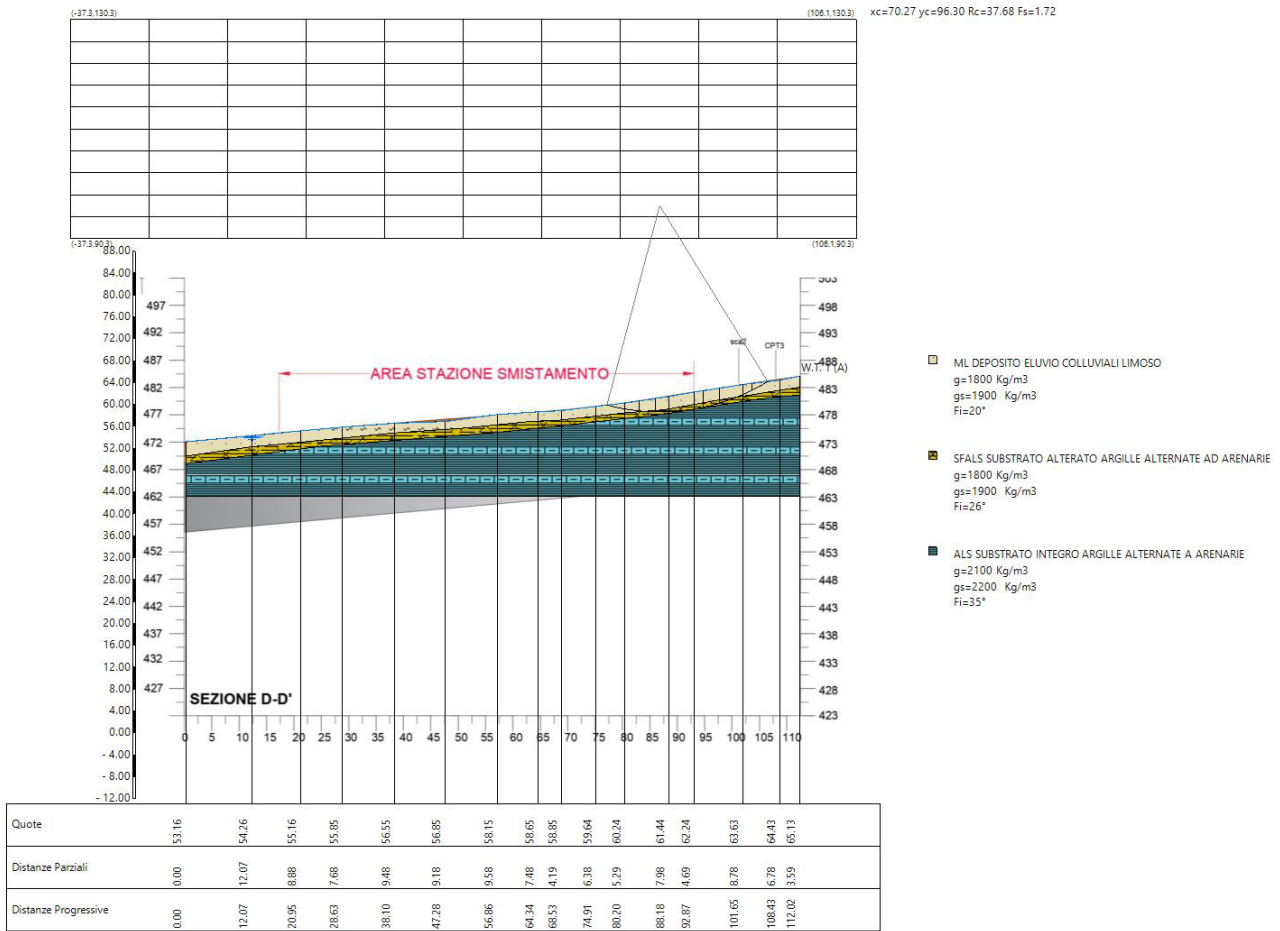


Figura 35 verifica lungo la sezione d-d

Risultati analisi pendio [NTC 2018] c-c

Fs minimo individuato	1.59
Ascissa centro superficie	52.68 m
Ordinata centro superficie	119.55 m
Raggio superficie	79.01 m

Risultati analisi pendio [NTC 2018] d-d

Fs minimo individuato	1.72
Ascissa centro superficie	70.27 m
Ordinata centro superficie	96.3 m
Raggio superficie	37.68 m



SECONDA PARTE

8. VERIFICA DELLE AREE SCELTE, MODIFICATE A SEGUITO DELLA REALIZZAZIONE DEL PROGETTO

(allegato 2 A11)

Nei precedenti paragrafi sono stati esposti tutti gli elementi di sintesi dello studio geologico, che hanno portato alla scelta dell'ubicazione delle due aree

- Stazione accumulo
- Stazione smistamento

Da qui in avanti invece verranno verificati gli effetti che la realizzazione di tali opere avranno sul contesto geologico, geomorfologico, idrogeologico.

In particolare saranno valutate le influenze sull'idrografia superficiale, sull'idrogeologia, sulla geotecnica e sulla stabilità del versante.

Nello specifico l'analisi verrà fatta sulle aree scelte per la realizzazione delle stazioni, allargando l'osservazione ad intorno significativo (allegato 2 A2,A3).

8.1 Idrografia superficiale

Come riportato nella cartografia allegata (allegato 2 A5) il versante collinare analizzato è attraversato longitudinalmente da un fosso che defluisce con direzione rettilinea da est a ovest (monte-valle), tale fosso risulta a carattere torrentizio e con un letto in evoluzione. Per questi motivi le aree scelte sono state spostate verso sud ad una distanza tale da non essere influenzate e non influenzare il corso d'acqua in parola. Un eventuale esondazione di tale fosso sarà pertanto ininfluenza per le stazioni.

Un'altra percentuale delle acque superficiali che interessano l'area, è rappresentata dal ruscellamento diffuso che si forma in occasione di piogge. Tali acque, scendendo verso valle vengono in parte raccolte dal fosso artificiale presente al bordo della strada privata sita a metà versante, e convogliate nel fosso principale sito a nord.

Le aree scelte saranno pertanto soggette solamente a quella minima percentuale di acqua meteorica che cade a valle della strada privata (vedi figura 36).

Al fine di evitare che anche la minima percentuale d'acque, derivante dal deflusso superficiale, vada a interessare le aree scelte, dovranno essere realizzati dei fossetti a fondo esagonale. Tali fossetti, da realizzare a monte delle stazioni, non dovranno essere rivestiti o costituiti da fondo ruvido per permettere la laminazione delle acque, (vedi figura 37).



Figura 36 posizione del fosso artificiale bodo strada che raccoglie gran parte delle acque che scende da monte

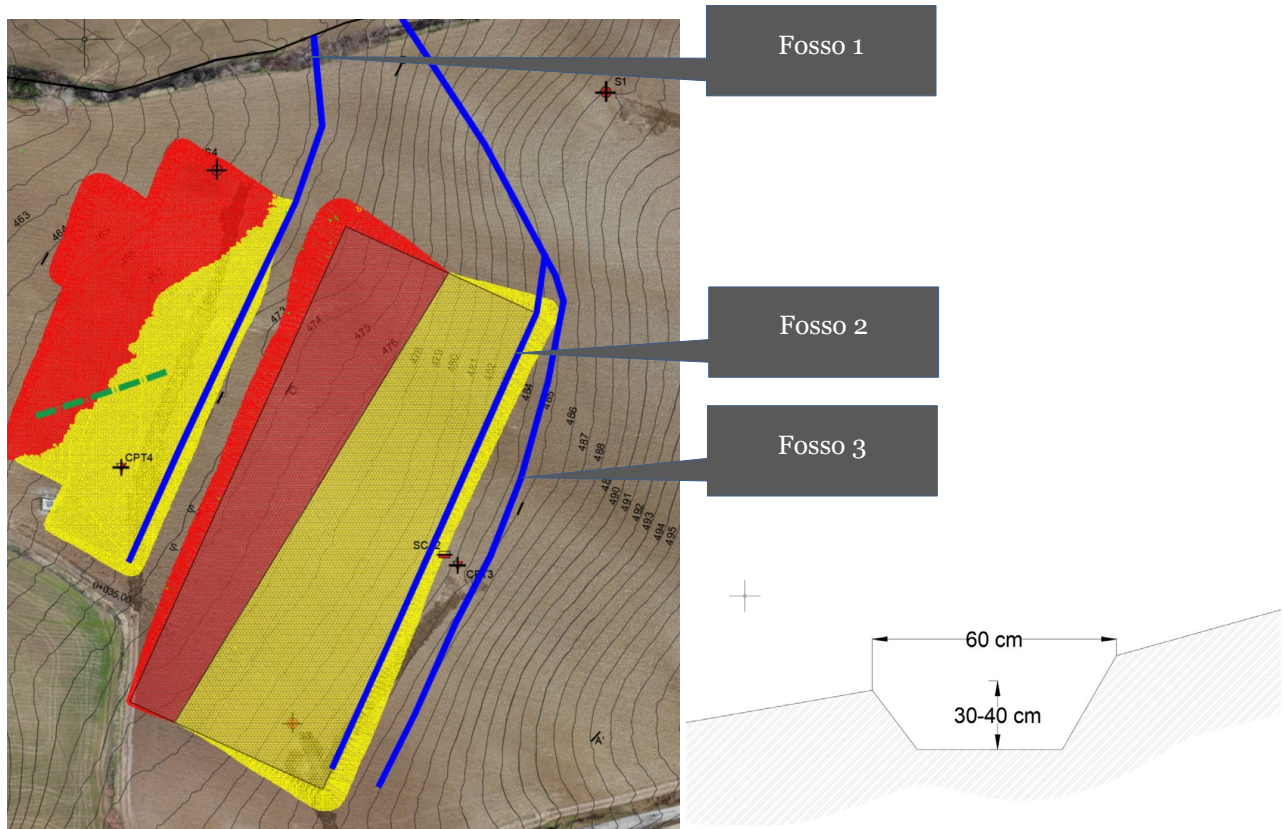


Figura 37 schema dei fossetti da realizzare per regimare le acque superficiali – schema tipo fossetto

8.2 Idrogeologia

Durante il rilevamento in loco, svolto anche in periodi di forti precipitazioni, si è potuto appurare che le acque meteoriche permeando nel sottosuolo tendono a saturare i depositi di copertura (eluvio colluviali), tali depositi si asciugano velocemente durante i periodi di secca. Il substrato sottostante funge invece da acquicluda interrompendo la filtrazione verticale.

Visto l'esiguo spessore delle coperture in loco non è presente una vera e propria falda freatica, le acque presenti nelle coperture sono di diretta derivazione dai fenomeni meteori, scomparendo in periodi di secca (vedi foto38).

Al fine però di controllare tale manifestazione sarà indispensabile la realizzazione di un sistema di drenaggio fatto con trincee e tubi forati.

Tale sistema garantirà che le acque sotterranee rimarranno all'altezza dell'interfaccia substrato –coperture, non permettendo la saturazione di queste ultime (vedi foto n.39).

Nella tavola dell'allegato A11 e nella figura 39 viene riportato uno schema esemplificativo dei drenaggi consigliati.

revisione	1			Pagina 51/58
data	30_08_23			\\NAS21\Dati\LAVORI\San Severino\VILLADARIA\21_22 PARCO EOLICO\CENTRALE DI DERIVAZIONE\1_RELAZIONE



Figura 38 venute d'acqua lungo la pozione di valle del versante



Figura 39 schema posizione drenaggi



SEZIONE TRASVERSALE TIPO - ESEMPIO DI DRENAGGIO

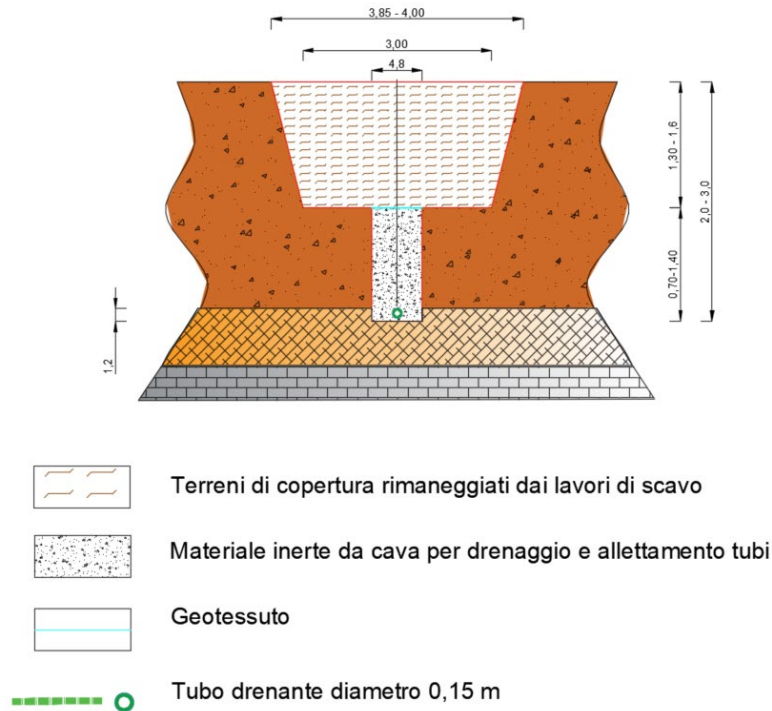


Figura 40 schema drenaggio tipo con intervallo di profondità da raggiungere (da progettare mediante l'uso della tavola che indica la profondità del substrato)

8.3 Stabilità dei versanti post opera

Le opere necessarie per la realizzazione delle stazioni genereranno una variazione del profilo della morfologia delle aree scelte, in particolare lungo il versante collinare verranno realizzate delle piazzole di dimensioni

- 142x 65m stazione utente
- 190x75 Stazione smistamento

mediante sbancamento di materiali a monte e riporto verso valle (vedi figura 41, 42, 43), tali piazzole saranno pertanto delimitate da scarpate di altezza variabile.

Al fine di verificare gli effetti sulla stabilità del versante a seguito di tali modifiche sono state realizzate due verifiche di stabilità globale, una per ogni stazione,

- La sezione D-D Stazione accumulato
- La sezione C-C' per la stazione di smistamento

La scelta delle sezioni da analizzare è stata effettuata cercando i punti più rappresentativi e nel contempo più sfavorevoli, scarpate e riporti più pronunciati (vedi figure 41 e 41).



Figura 41 posizioni stazioni area da sbancare area di riporti

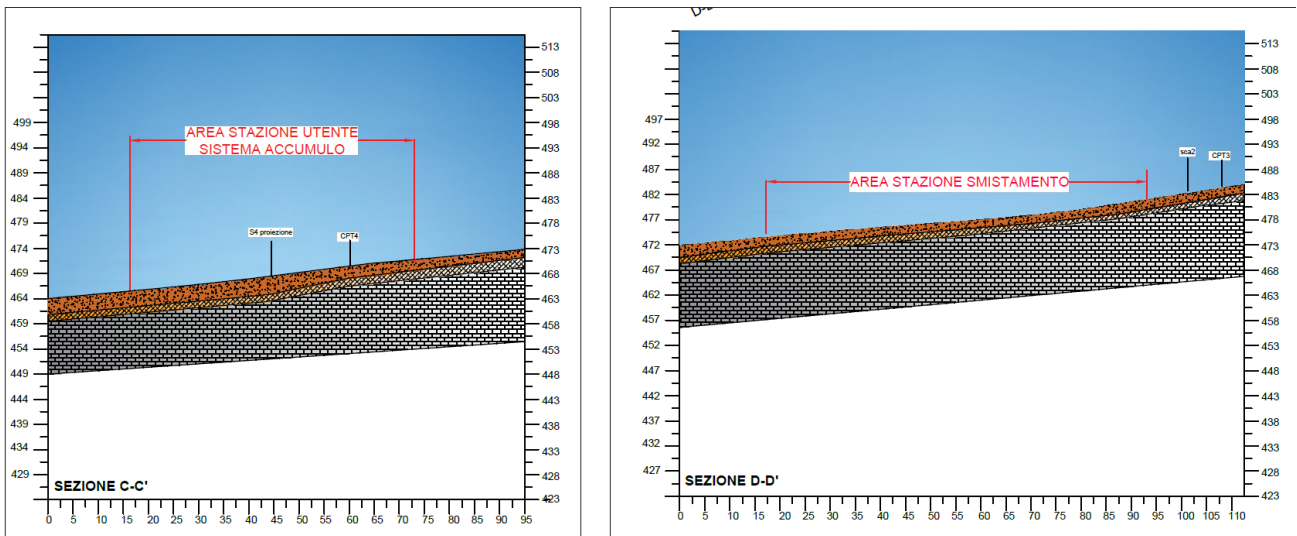


Figura 42 sezioni longitudinali alle superfici scelte per la realizzazione delle stazioni ante opera

revisione	1			Pagina 55/58
data	30_08_23		\\NAS21\Dati\LAVORI\San Severino\VILLADARIA\21_22 PARCO EOLICO\CENTRALE DI DERIVAZIONE\1_RELAZIONE	

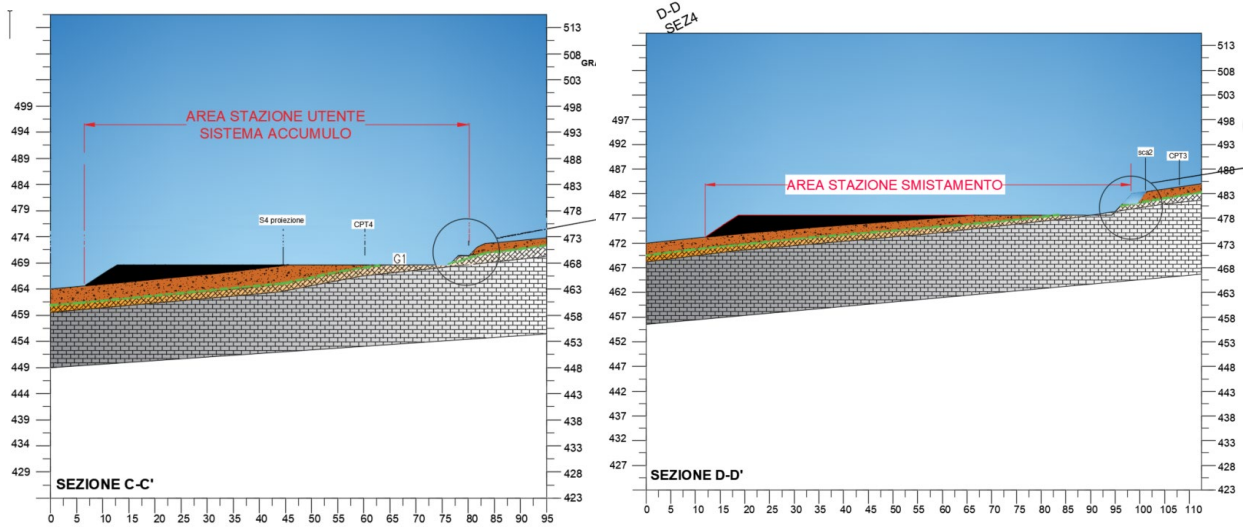


Figura 43 sezioni longitudinali alle superfici scelte per la realizzazione delle stazioni post opera

Le verifiche di stabilità sono state realizzate mediante le seguenti condizioni:

- Condizioni drenante

Descrizione Descrizione lavori CARATTERIZZAZIONE DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE DI UN TERRENO SITO NEL COMUNE DI CAMERINO, INDIVIDUATO PER IL POSIZIONAMENTO DELLA STAZIONE DI CONNESSIONE DEGLI IMPIANTI EOLICI DI SAN SEVERINO E CALDAROLA.		Azione sismica Descrizione: A2+M2+R2 Normativa: NTC 2018 Accelerazione massima (amax/g): 0.321 Coefficienti azioni sismiche: Kh: 0.1, Kvc: 0.05 <input type="checkbox"/> Incremento delle pressioni neutre Intensità di Arias: Ia: 0 m/s Intensità degli incroci con l'asse dei tempi accelerogramma: 0 s^-1 Durata accelerogramma Trifunac (1975): Td: 0	
Il Progettista: Fred Olsen Renewables S.r.l. Data: 28/08/23		Coefficienti parziali azioni (A) Sfavorevoli: Permanenti, variabili: 1, 1 Favorevoli: Permanenti, variabili: 1, 1	
Dati generali Litotipo / Pendii in roccia: Pendii in terra Forma superficie: Circolare Grado di sicurezza ritenuto accettabile: 1.1 Passo ricerca fattore di sicurezza (10): 10 Numero di conchi: 10 Profondità BedRock (m): 4		Coefficienti parziali parametri geotecnici (M) Tangente angolo di resistenza al taglio: γ_ϕ 1.25 Coesione efficace: $\gamma_{c'}$ 1.25 Coesione non drenata: γ_{cu} 1.4 <input checked="" type="checkbox"/> Utilizzare questi coefficienti per ridurre la resistenza del materiale	
		Coefficiente parziale resistenza (R) Coefficiente parziale resistenza: γ_R 1	

- con seguenti parametri geotecnici, si è considerato il riporto fortemente compattato o in ogni caso trattato a calce

Nr.	DB	Peso unità di volume (Kg/m³)	Peso unità di volume saturo (Kg/m³)	Coesione (kg/cm²)	Coesione non drenata	Angolo resistenza al taglio piccolo (°)	Angolo resistenza al taglio residuo (°)	Permeabilità (m/s)	Texture	Descrizione
1	▼	1800	2100.00	0.3		38		Permea	RI TERRENO RIPOSTO TRATTATO A CALCE	
2	▼	1800	1900	0.1		20		Permea	ML DEPOSITI ELUVIO COLLUVIALI	
3	▼	2100	2200	0.1		26		Permea	SFALS SUBSTRATO ALTERATO	
4	▼	2100	2200	0.2		35		Permea	ALS SUBSTRATO INTEGRO	



- gradonando le scarpate che bordano a monte le piazzole seguendo lo schema di seguito riportato

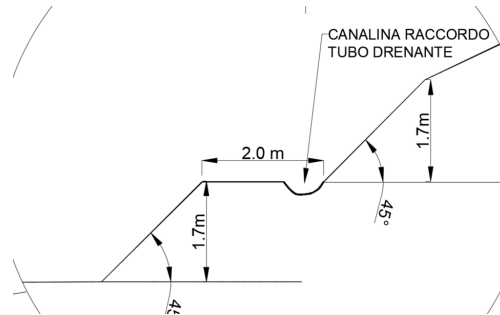
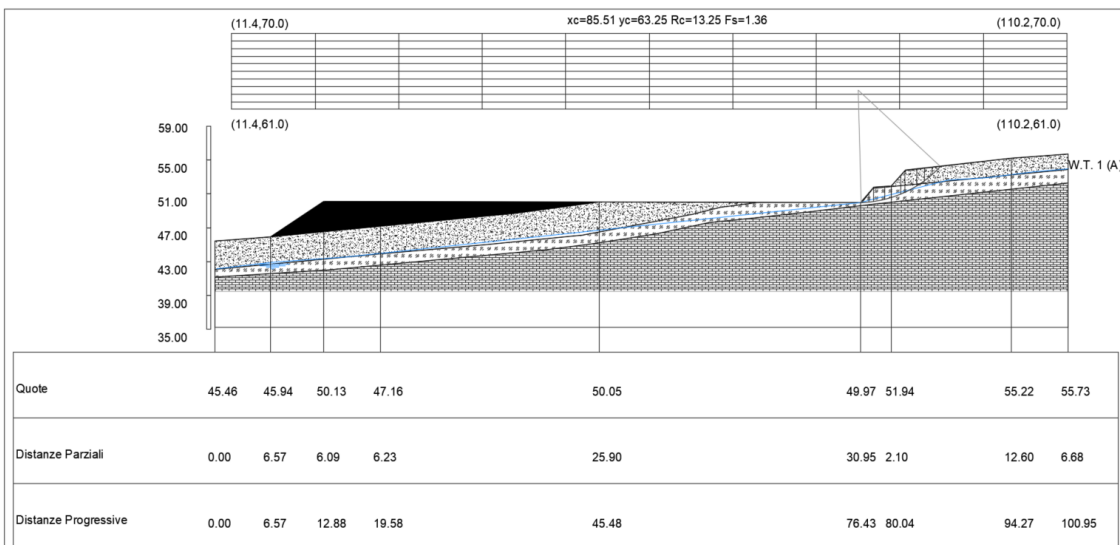


Figura 44 gradone tipo da realizzare lungo le scarpate che si formeranno a monte delle piazzole

AREA UTENTE ACCUMULO VERIFICA STABILITA' SEZIONE C-C' STATO PROGETTO



AREA STAZIONE SMISTAMENTO VERIFICA STABILITA' SEZIONE D-D' STATO PROGETTO

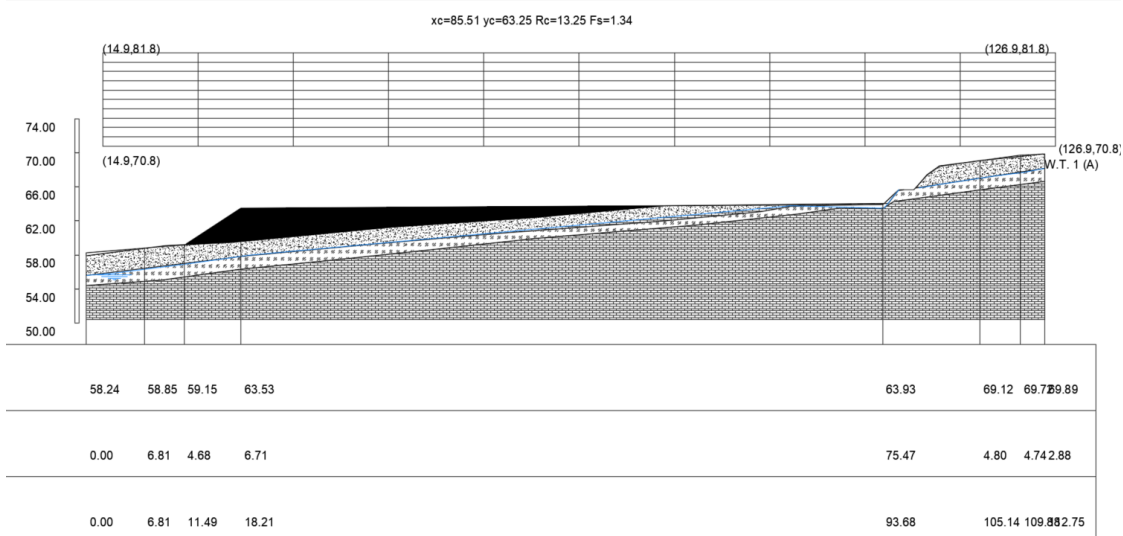


Figura 45 sezioni su cui sono state svolte le verifiche sez. C-C e sez. D-D



- tenendo l'interfaccia della falda in sicurezza, cioè lungo l'interfaccia tra le coperture e il substrato alterato mediante la realizzazione di drenaggi. Si ricorda che non è stata intercettata una vera e propria falda freatica ma i terreni superficiali vengono imbibiti d'acqua in occasione di intense precipitazioni.

L'analisi della stabilità delle sezioni scelte, è stata eseguita con il metodo di Morgenstern e Price, e nelle condizioni al contorno come sopra descritto. Questa restituisce in entrambi i casi un coefficiente di stabilità maggiore di 1.3 e pertanto indicano che i terreni anche dopo la modifica morfologica rimarranno stabili.

Sez C-C

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.36
Ascissa centro superficie	85.51 m
Ordinata centro superficie	63.25 m
Raggio superficie	13.25 m

Sez D-D

Risultati analisi pendio [A2+M2+R2]

Fs minimo individuato	1.34
Ascissa centro superficie	110.08 m
Ordinata centro superficie	74.64 m
Raggio superficie	9.9 m

9. CONCLUSIONI

Le aree scelte possono essere ritenute compatibili con le opere necessarie per la realizzazione del progetto delle centrali, a patto che vengano realizzate opere compensative come sopra descritte e di seguito elencate:

- Gradonatura delle scarpate a monte delle piazzole realizzate per sbancamento a monte e riporto a valle.
- I materiali di riporto dovranno essere adeguatamente compattati, in modo da migliorarne le caratteristiche geotecniche, per cantiere potrebbero essere riutilizzati i materiali di risulta previa trattamento a calce.
- Realizzazione di un sistema di regimazione delle acque superficiali mediante canali
- Realizzazione di drenaggi che evitino la saturazione dei terreni di coperture (vedere tavola A11)

Il progetto dovrà essere correlato da uno studio dell'invarianza idraulica, come previsto dalla *Legge Regionale 22/2011 (art.10, comma 4) nel rispetto del D.G.R. n. 53 del 27/1/2014*, che dovrà individuare le opere necessaria affinché le trasformazioni di progetto non vadano ad aggravare il regime idrico dell'idrografia locale.

Castelraimondo 30 agosto 2023

Dott. Geol. Massimo Gubinelli
Dott. Geol. Lunerti Fabio

Pagina 58/58	revisione	1		
\\NAS21\Dati\LAVORI\San Severino\VILLADARIA\21_22 PARCO EOLICO\CENTRALE DI DERIVAZIONE\1_RELAZIONE	data	30_08_23		