



REGIONE MOLISE



PROVINCIA DI CAMPOBASSO

COMUNE DI SAN MARTINO IN PENSILIS E COMUNE DI ROTELLO

OGGETTO: PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO DELLA POTENZA DI PICCO IN DC PARI A 80.788,89 KWp E MASSIMA IN IMMISSIONE IN RETE IN AC DI 63.240 KW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE IN LOCALITA' "CASALPIANO"

N. 6.0 REV 3	ELABORATO RELAZIONE GEOLOGICA E IDROGEOLOGICA						
	Prog.	Codice STMG	REV	NOME FILE	ESEGUITO DA	APPROVATO DA	DATA
AU	201901018	03	IT-SMR_6.1_rev3	GEOL. TULLIO CICCARONE	ING. GIOVANNI MARSICANO	GEN 2022	

PROGETTAZIONE:



IL COMMITTENTE:

SR PROJECT 5 Srl
Via largo Guido Donegani,2
Cap 20121 Milano (Mi)
P.Iva 10706920963

Firma
IL TECNICO
Geol. Tullio Ciccarone

Eseguito	Controllato
Geol. Tullio Ciccarone	Ing. Marsicano Giovanni

M.E. FREE S.r.l. Progettazione e realizzazione impianti di produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile

Sede Legale ed Amministrativa : Via Athena n° 29 - 84047 Capaccio Paestum (SA) Tel. 0828/1999995 Pec: mefreesrl@legpec.it P.IVA 04596750655

Sommario

1.0	PREMESSA.....	1
2.0	METODOLOGIE DI STUDIO	1
3.0	DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO	1
4.0	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	3
5.0	MORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA GENERALE.....	5
6.0	IDROGEOLOGIA	7
7.0	INQUADRAMENTO RISCHIO IDROGEOLOGICO (PAI).....	7
8.0	INDAGINI IN SITO	11
9.0	SONDAGGI PENETROMETRICI DPSH	11
10.0	PROSPEZIONE SISMICA (M.A.S.W.).....	15
11.0	ANALISI DELLA CATEGORIA DI SUOLO (Vs,eq).....	21
12.0	INDICAZIONE SULLA RISPOSTA SISMICA LOCALE	22
13.0	SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO	24
14.0	CONCLUSIONI E FATTIBILITA' DELL'OPERA.....	25

❖ ELABORATO TAVOLE:

IT_SMR_6.1	CARTA GEOLITOLOGICA	1:5000
IT_SMR_6.2	CARTA IDROGEOLOGICA	1:5000
IT_SMR_6.3	CARTA GEOMORFOLOGICA	1:5000
IT_SMR_6.4	CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA E IDRAULICA	1:10.000
IT_SMR_6.5	CARTA DEL RISCHIO DA FRANA E IDRAULICO	1:10000
IT_SMR_6.6	CARTA UBICAZIONE INDAGINI	1:5000
	STRALCIO DELLA " CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA E VALANGA" DELL'AUTORITA' DI BACINO DEL FUME TRIGNO,BIFERNO E MINORI,FORTORE E SACCIONE	
IT_SMR_19		1:25.000
	STRALCIO DELLA "CARTA PERICOLOSITA' IDRAULICA" DELL'AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME TRIGNO, BIFERNO E MINORI, FORTORE E SACCIONE	
IT_SMR_20		1.25.000

1.0 PREMESSA

Il sottoscritto **dr. Geol. Tullio Ciccarone**, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Campania al n.1863, a seguito dell'incarico conferitomi dalla ditta "**SR PROJECT 5 SRL**", ha redatto una relazione geologica, geotecnica, idrogeologica e idraulica per il progetto definitivo per la realizzazione di un impianto fotovoltaico della potenza di picco in DC pari a 80.788,89 kWp e massima in immissione in AC di 63.240 kW e relative opere di connessione in località "Casalpiano" del Comune di San Martino in Pensilis (CB) e Rotello (CB).

Scopo del presente studio è stato quello di inquadrare l'area in esame nell'ambito del contesto geomorfologico ed idrogeologico generale per verificare che l'area di progetto sia compatibile con i principali processi morfogenetici che possono interferire con l'opera da realizzare e con i vincoli imposti dal piano stralcio per l'assetto idrogeologico elaborato dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale ex Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'AdB dei fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore, Bacino Interregionale del Fiume Saccione (D. Lgs 152/2006 e s.m.i., Legge 221/2015. D.M. n. 294/2016 e DPCM 4 aprile 2018). Inoltre sono illustrate le caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati alla realizzazione dell'opera, i parametri che condizionano la stabilità del complesso terreno-fondazione e la valutazione del rischio sismico in relazione alle caratteristiche geotecniche, idrogeologiche e morfologiche della zona.

2.0 METODOLOGIE DI STUDIO

Per l'espletamento dell'incarico sono state condotte delle osservazioni sulla geologia e morfologia del territorio d'indagine, sia mediante sopralluoghi, sia attraverso un'attenta consultazione della cartografia tematica a disposizione e della bibliografia specializzata reperita.

L'analisi ed il confronto dei dati così conseguiti hanno permesso, in particolare, di delineare importanti aspetti quali: l'assetto geologico strutturale dell'area, la locale successione litostratigrafica, le condizioni geomorfologiche, idrologiche, idrauliche e, quindi, la stabilità globale del territorio.

3.0 DESCRIZIONE SINTETICA DEL PROGETTO

Il progetto prevede l'installazione di un impianto fotovoltaico della potenza complessiva in DC di **80.788,89 kWp** a cui corrisponde una potenza di connessione in AC di **63.240 kW**. L'impianto fotovoltaico è stato configurato con un sistema ad inseguitore solare mono-assiale. L'inseguitore mono-assiale utilizza una tecnologia elettromeccanica per seguire ogni giorno l'esposizione solare Est-Ovest su un asse di rotazione orizzontale Nord-Sud, posizionando così i pannelli sempre con la perfetta angolazione. L'inseguitore solare orienta i pannelli fotovoltaici posizionandoli sempre nella direzione migliore per assorbire più radiazione luminosa possibile. L'impianto nel suo complesso prevede l'installazione di 159.978 pannelli fotovoltaici monocristallino, per una potenza di picco complessiva di 80.788,89 kWp, raggruppati in stringhe del singolo inseguitore e collegate direttamente sull'ingresso dedicato dell'inverter. Le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (inseguitore) saranno fissate al terreno attraverso dei pali prefabbricati in acciaio dotati di una o più eliche, disponibili in varie geometrie e configurazioni che verranno avvitate nel terreno. Complessivamente saranno installati nr. 963 inseguitori da 104 moduli in configurazione verticale e nr. 467 inseguitori da 78 moduli in configurazione verticale e nr. 450 inseguitori da 52 moduli in configurazione verticale che saranno installati a una distanza di pitch uno dall'altro in direzione est-ovest di 9 metri. Il modello di modulo fotovoltaico previsto è "**TSM-DEG18MC.20(II)**" della **TRINASOLAR** da 505 Wp bifacciale in silicio monocristallino. L'impianto fotovoltaico

interesserà complessivamente una superficie contrattualizzata di 139,04 Ha di cui soltanto 43,31 Ha saranno occupati dagli inseguitori, dalle cabine di trasformazione e consegna mettendo così a disposizione ampi spazi per le compensazioni ambientali e di mitigazione degli impatti visivi dell'impianto fotovoltaico. L'impianto fotovoltaico sarà realizzato in agro del Comune di **San Martino in Pensilis (Cb)** in località "Casalpiano" ai seguenti Fogli e particelle: **F. 71 p. 25,98,34,85,86,93,95,171,170,84,88,94,92,90,47,58,59,61,77,193,194, 62,76,204, 158,175, 154,164,180,179,165,183 e F.75 p. 2, 40, 17,41,25,67, 115, 105.**

L'impianto fotovoltaico è essenzialmente suddiviso in 6 CAMPI aventi le seguenti estensioni, ubicazioni catastali e coordinate geografiche di riferimento :

Comune	Campo	Foglio	Particelle	Ha Tot. Particelle	Ha interessati dal progetto fotovoltaico	Ha occupati dalle strutture	Coordinata E (UTM WGS84)	Coordinata N (UTM WGS84)
S. Martino in Pensilis (Cb)	1	71	25,98	50,54	23,97	4,46	507942.33 m	4629044.81 m
S. Martino in Pensilis (Cb)	2	71	34,85,86,93,171,84,88,94,89,92,170,95	49,19	36,77	13,37	508640.65 m	4628881.01 m
S. Martino in Pensilis (Cb)	3	71	90,47,58,59,61,77,193,194,62,76,204,	38,47	31,97	7,58	507677.94 m	4628504.00 m
S. Martino in Pensilis (Cb)	4	71	158,175,176,154,164,180,179,165,183	22,31	21,63	7,0	507944.78 m	4629350.32 m
S. Martino in Pensilis (Cb)	5	75	2, 40	7,6	7,6	1,77	507715.96 m	4628163.00 m
S. Martino in Pensilis (Cb)	6	75	17,41,25,67, 115, 105	17,97	17,1	6,08	507519.43 m	4627684.00 m
Rotello	Sottostazione Elettrica di trasformazione Lato Utente 30/150 kV	45	185	0,6	0,0826		506130 m	4622391 m
Rotello	Sottostazione di condivisione 150 KV in Comune con altri Produttori	45	185	0,6	0,4		506130 m	4622391 m
				Tot..Ha 186,08	Tot. Ha 139,522	Tot .Ha 40,26		

4.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Dal punto di vista geologico generale, il sito in esame è parte integrante dei terreni situati tra i rilievi collinari ai margini orientali dell'Appennino meridionale molisano, a Est di Rotello, caratterizzato da una morfologia dolce con ampie spianate, pianalti, debolmente inclinati verso verso N-NE, che digradano verso la costa raccordandosi con la piana del Tavoliere, intervallati da ampie valli, con versanti dolci e poco inclinati, incise dai principali corsi d'acqua e dai loro affluenti minori.

Dal punto di vista geologico-strutturale si trova in prossimità del limite Catena-Avanfossa dell'Appennino meridionale: i differenti domini strutturali che li caratterizzano sono da riferirsi rispettivamente agli assetti stratigrafico-strutturali del margine esterno della Catena e a quelli dell'Avanfossa (Fossa bradanica).

L'area in esame è compresa nel Foglio 155 "SAN SEVERO" della Carta Geologica d'Italia al 100.000.

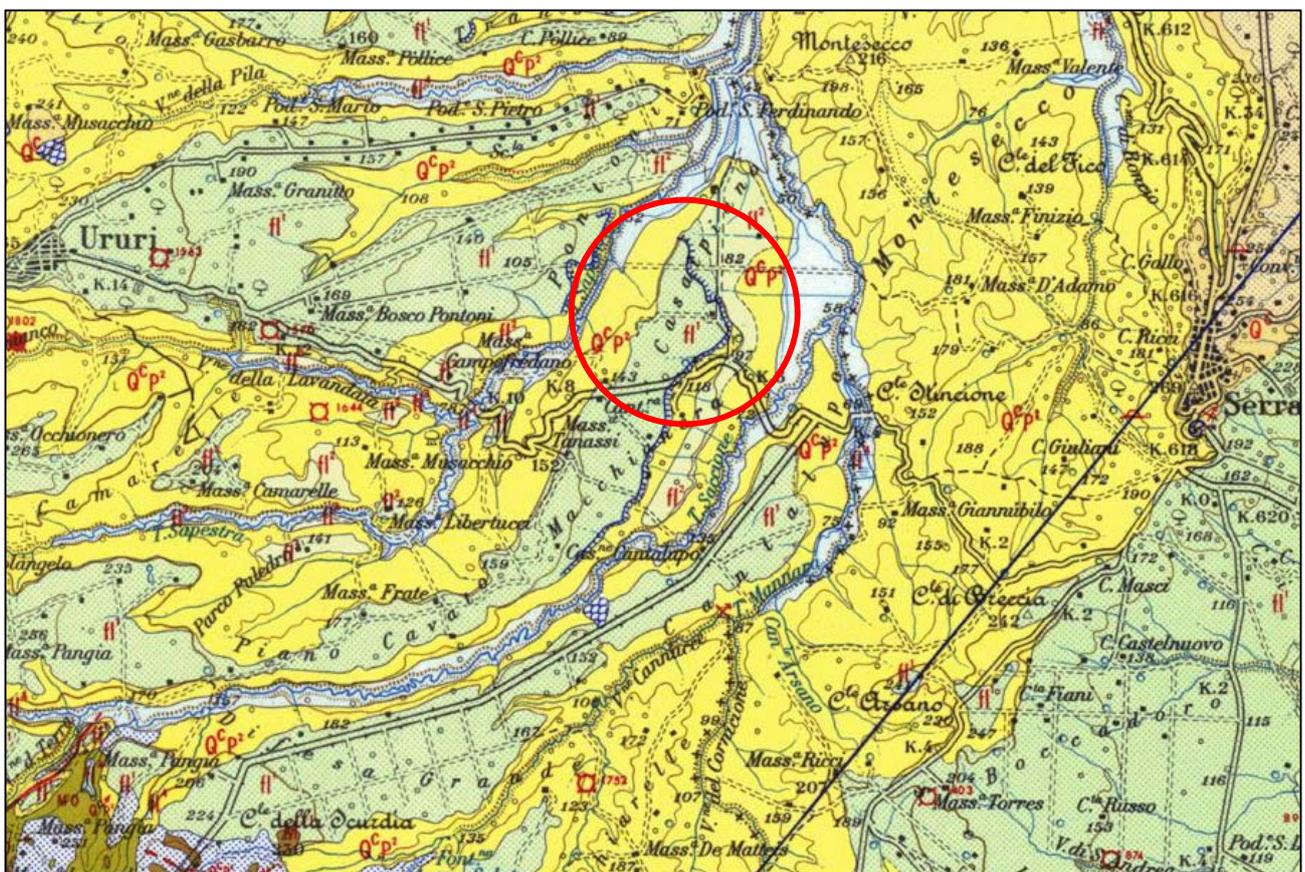


Fig.1 – Stralcio Carta Geologica d'Italia al 100.000 - Foglio 155 "SAN SEVERO"

In particolare, nell'area di interesse, sono presenti, dal termine più antico a quello più recente, i seguenti terreni che interessano l'opera oggetto del presente studio:



Alluvioni prevalentemente limoso-argillose del IV ordine di terrazzi.



Coperture fluviali (e lacustri?) del II ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, sabbie, argille sabbiose, spesso ricoperte da "terre nere" ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).



Coperture fluvio-lacustri dei pianalti e del I ordine di terrazzi: ghiaie più o meno cementate, livelli lentiformi travertinosi con impronte di piante e di gasteropodi, argille sabbiose, sabbie, calcari pulverulenti bianchi, ricoperti in generale da « terre nere » ad alto tenore humico (paleosuolo forestale).



ARGILLE DI MONTESECCO – Argille marnose, siltoso-sabbiose, grigio-azzurre, con abbondante macrofauna a prevalenti lamellibranchi (*Chlamys opercularis* L., *C. flexuosa* POLI, *Glycymeris*, ecc.) e gasteropodi; microfauna, nella parte alta, a *Valvulineria bradyana* (FORN.), *Bolivina superba* EM., *B. catanensis* SEG. e *Bulimina elegans* D'ORB., nella parte inferiore, a *Globorotalia crassaformis* (GALL. e WISS.) e *G. scitula* (BRADY). **CALABRIANO ?-PLIOCENE MEDIO.**

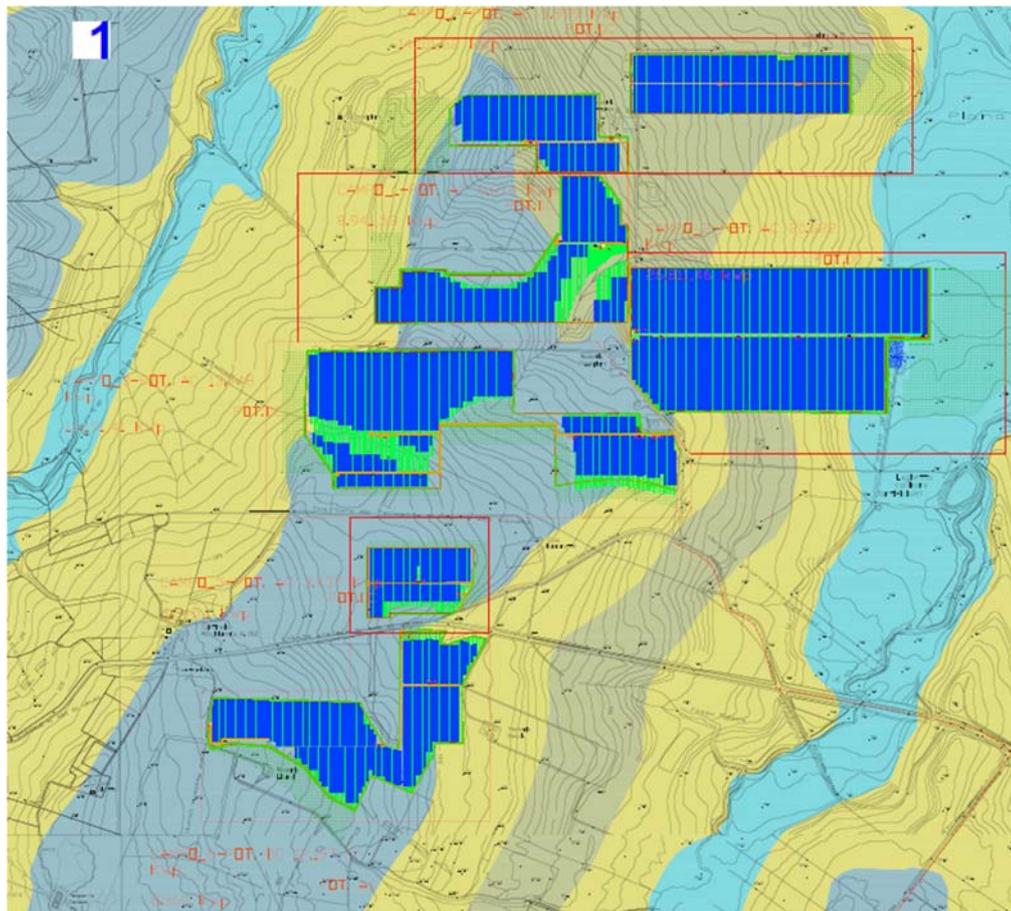


Fig.2 – Stralcio Impianto Tavola IT_SMR_6.1 CARTA GEOLITOLOGICA

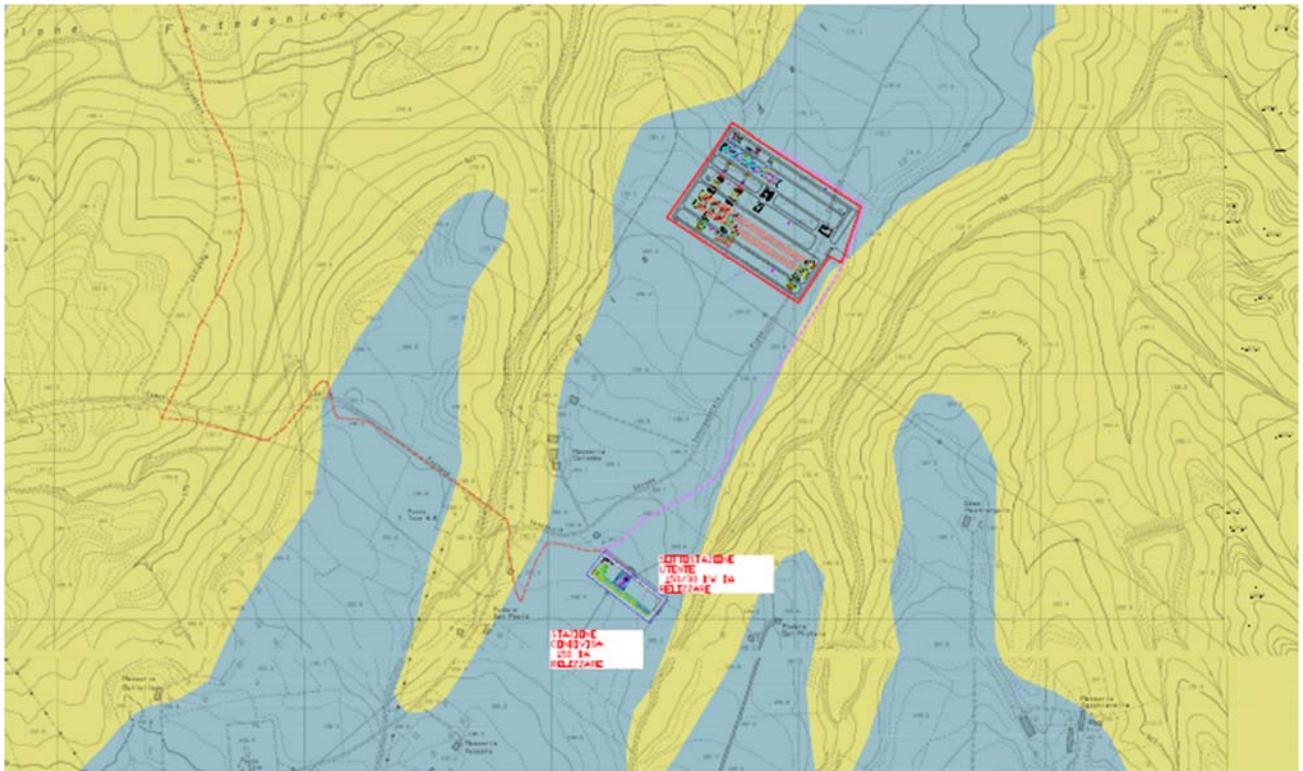


Fig.3 – Stralcio Sottostazione Elettrica di trasformazione Tavola IT_SMR_6.1 CARTA GEOLITOLOGICA

LEGENDA CARTA GEOLITOLOGICA

-  Alluvioni attuali: Ghiaie sabbie e argille dei fondovalle attuali.
-  Coperture fluviali dei terrazzi di secondo ordine: Ghiaie più o meno cementate, sabbie, argille sabbiose, spesso ricoperte da terre nere. - Pleistocene
-  Coperture fluvio lacustri dei pianalti e dei terrazzi di primo ordine: Ghiaie più o meno cementate, livelli lentiformi Travertinosi, argille sabbie calcaree pulverulenti, Paleo suolo forestale. - Pleistocene
-  Argille di Montesecco: Argille marnose, siltoso sabbiose, grigio azzurro, con abbondante macrofauna a prevalenti lamellibranchi e gasteropodi. - Pliocene medio

5.0 MORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA GENERALE

Dal punto di vista geomorfologico generale l'area si trova nella fascia, di medio-bassa collina, di raccordo tra i rilievi appenninici molisani, e la costa, raccordandosi con la piana del Tavoliere. Gli elementi morfologici sono direttamente connessi ai caratteri litologici ed agli assetti tettonici dell'area. L'orografia dell'area appenninica, caratterizzata da una morfologia dolce con ampie spianate, pianalti, debolmente inclinati verso verso N-NE, che digradano verso la costa raccordandosi con la piana del Tavoliere, con quote comprese tra 300 e 150 metri sm, intervallati da ampie

valli, con versanti dolci e poco inclinati, incise dai principali corsi d'acqua, T. Saccione, T. Fortore, T. Manara e T. Sapestra e dai loro affluenti minori.

L'aspetto morfologico dell'area è caratterizzata da un andamento piuttosto dolce e regolare del versante con ondulazioni blande pressoché sub-pianeggiante su cui si sviluppa l'area in esame:



Fig.4 - panoramica area di interesse



Fig.5 - panoramica area di interesse

6.0 IDROGEOLOGIA

L'idrografia superficiale è dominata dai quattro corsi d'acqua principali T. Saccione, T. Manara, T. Sapestra e il T. Fortore, e da una serie di canali, marane, fiumare e fossi che alimentano gli stessi. Il regime idraulico è stagionale e strettamente legato all'andamento delle precipitazioni. Dal punto di vista idrogeologico, la permeabilità è strettamente condizionata dalla situazione litostratigrafica. Possiamo pertanto definire diverse unità idrogeologiche. L'unità idrogeologica principale, l'acquifero poroso superficiale, è rappresentato dai depositi di copertura quaternaria in cui sono incise le ampie valli dei corsi d'acqua principali. Tale unità, che presenta uno spessore di circa 20 m, è costituita da una successione di terreni sabbioso-ghiaioso-ciottolosi, permeabili ed acquiferi con intercalazione di livelli argilloso-siltosi a minore permeabilità. In questa unità l'acqua si rinviene essenzialmente in condizioni di falda libera e coincide, nella parte alta, con la zona di preferenziale ricarica. L'unità impermeabile di base è rappresentata dalle argille grigio azzurre sottostanti. In virtù dell'inclinazione, che la formazione argillosa presenta, la direzione di scorrimento delle acque sotterranee dovrebbe evolversi, preferibilmente, verso NE. Nello specifico, dal rilevamento idrogeologico di campagna, nell'area interessata dalle opere in progetto è possibile rinvenire una falda superficiale, a profondità variabili da -5.00 a -6.00 metri dal p.c., che si attesta nei terreni ciottolosi sabbiosi affioranti, ed una falda più profonda a profondità superiori a - 20.00 e a - 40.00 metri dal p.c..

Il drenaggio superficiale, impostato lungo linee di massima pendenza contribuisce a regolare l'evoluzione dei versanti attraverso l'intenso ruscellamento superficiale durante i periodi piovosi. Infatti, la permeabilità del substrato, costituito da un'elevata frazione sottile, è molto bassa e conseguentemente lo è anche il coefficiente di infiltrazione potenziale che fa, di contro, aumentare la frazione percentuale delle acque meteoriche in ruscellamento.

7.0 INQUADRAMENTO RISCHIO IDROGEOLOGICO (PAI)

Il Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico, di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o PAI (Piano Assetto Idrogeologico), redatto ai sensi dell'art.65 del D.Lgs 152/2006 (il D.Lgs 152/2006 abroga e sostituisce il precedente riferimento di legge costituito dalla L.183/89 e s.m.i.). Ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idraulico e idrogeologico del territorio.

Il sito indagato ricade nei piani stralcio Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'AdB dei fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore, Bacino Interregionale del Fiume Saccione oggi compreso nel **Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale**, D. Lgs152/2006 e s.m.i., Legge 221/2015. D.M. n. 294/2016 e DPCM 4 aprile 2018, ed è inquadrato nelle seguenti aree:

CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA E PERICOLOSITA' IDRAULICA IMPIANTO

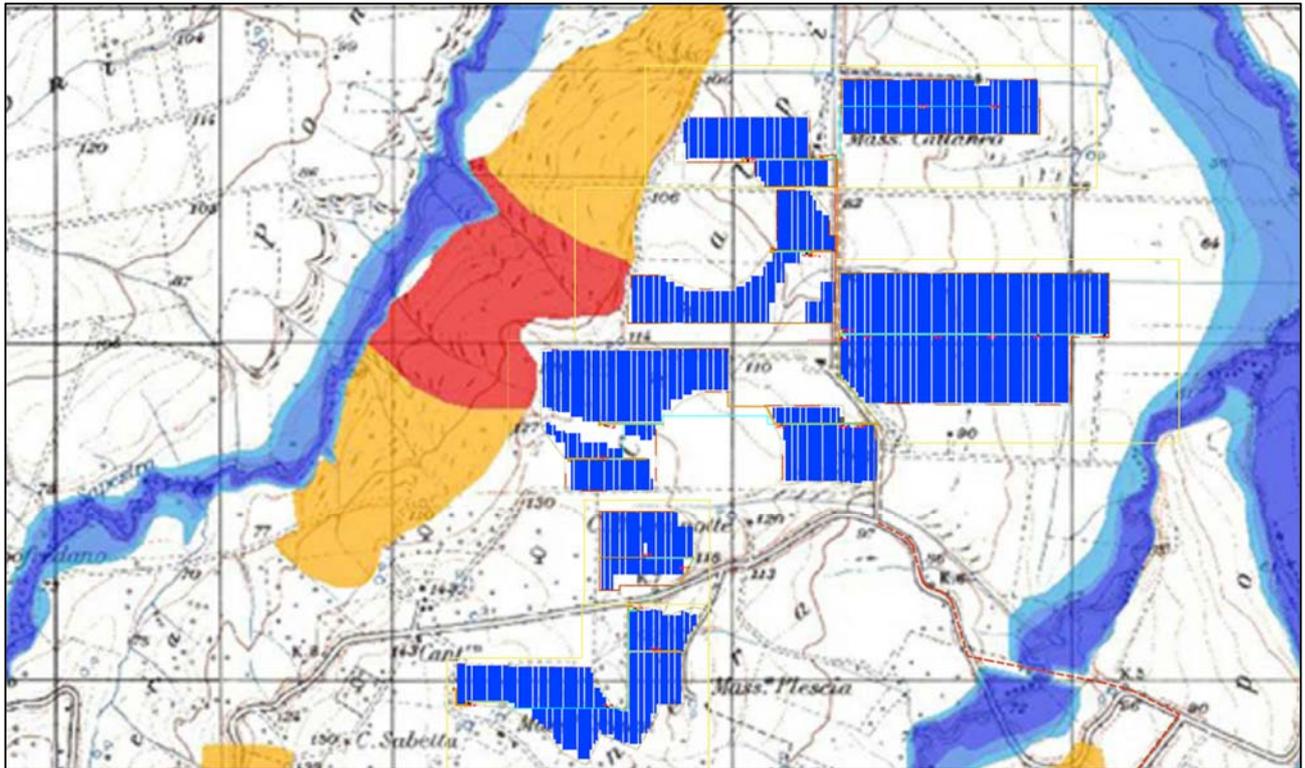


Fig.6 – Stralcio Impianto Tavola 6.4

CARTA DELLA PERICOLOSITA' DA FRANA E PERICOLOSITA' IDRAULICA SOTTOSTAZIONE

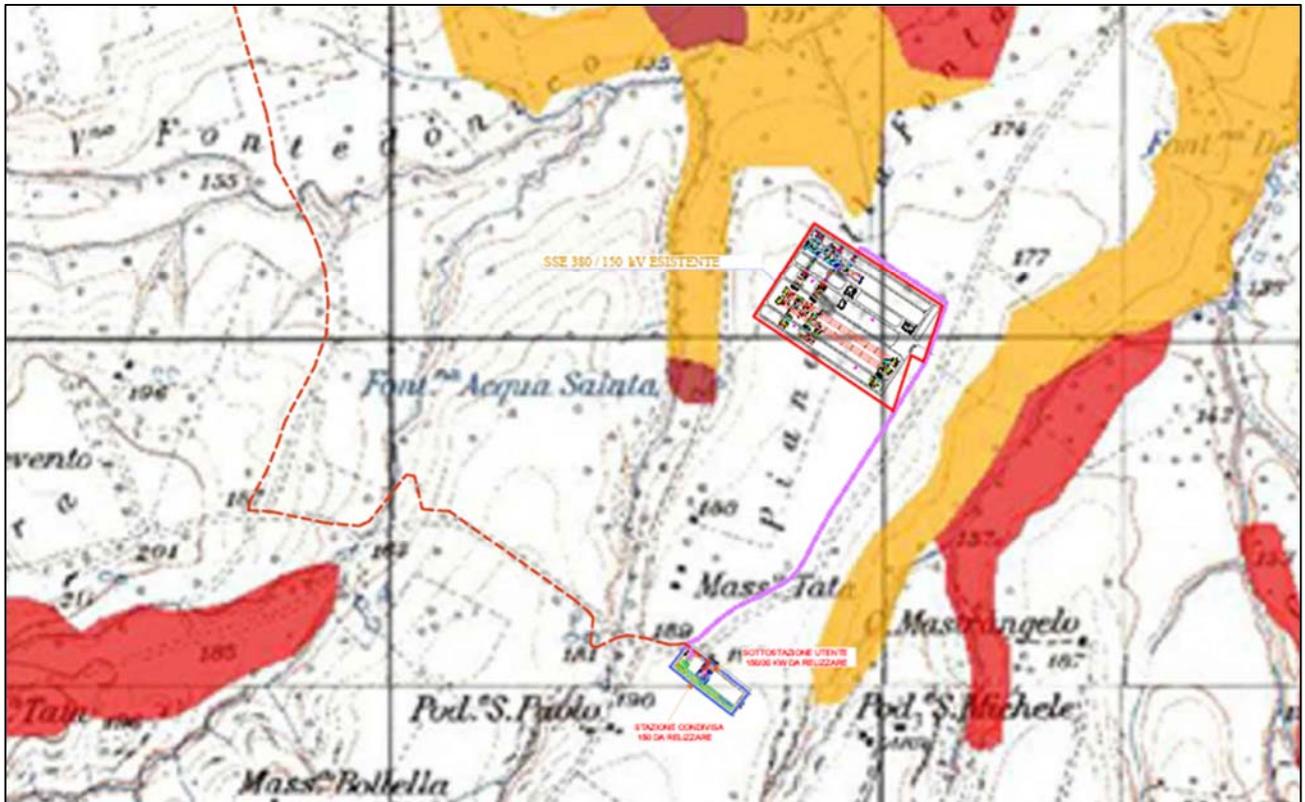


Fig.7 – Stralcio zona sottostazione elettrica Tavola 6.4

Stando alla cartografia del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'AdB dei fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore, Bacino Interregionale del Fiume Saccione, *Piano di Assetto di Versante*, l'area di progetto e la Sottostazione non rientrano in zone a pericolosità da frana e idraulico. Solo un tratto del cavidotto attraversa un'area a pericolosità idraulica elevata (fig.10), ma, si trova su un ponticello stradale che attraversa un canale. La linea del cavidotto non andrà a modificare le linee di quota su aree a pericolosità frane e idraulico mantenendo inalterato l'attuale equilibrio idrogeologico.



Fig.10 – Stralcio Tavola 6.4 CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

8.0 INDAGINI IN SITO

Le indagini effettuate, al fine di avere informazioni circa l'andamento litostratigrafico e geomeccanico dei terreni di fondazione, consistono in n°3 **sondaggi penetrometrici dinamici pesante DPSH**, in un ambito geomorfologico significativo dell'area di interesse. Inoltre in sito sono state effettuate anche 3 prospezioni sismiche M.A.S.W., per la caratterizzazione sismica e classificazione dei terreni ai sensi della N.T.C. 2018 (D.M. 17/01/2018).

Tutti i dati così ottenuti sono stati poi confrontati con quelli ricavati da sondaggi espletati in aree adiacenti per altri lavori e di cui è stata presa visione diretta dallo scrivente.

In allegato, nella TAV. IT_SMR_6.8.1/2 sono indicate le ubicazioni dei sondaggi.

9.0 SONDAGGI PENETROMETRICI DPSH

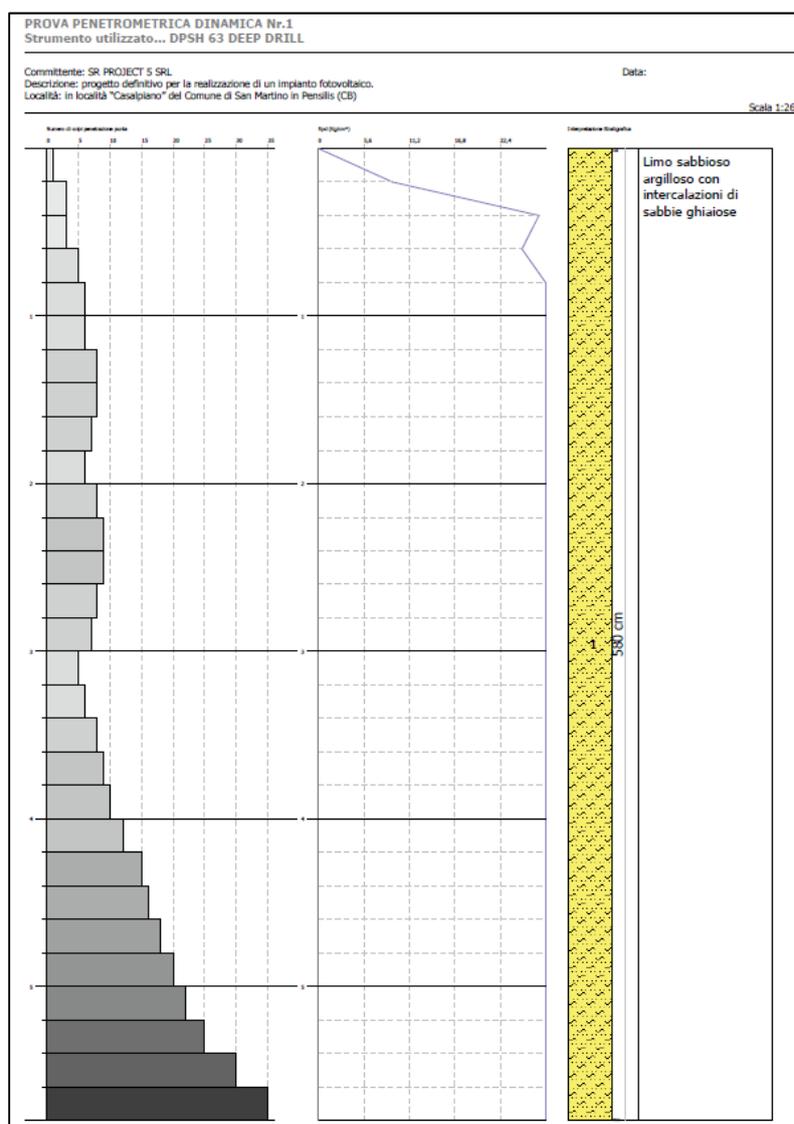
I sondaggi penetrometrici, a cui si fa riferimento, sono stati spinti fino a rifiuto strumentale ed hanno raggiunto una profondità tra 5.80 mt e 8.70 mt di profondità rispetto al piano campagna. La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati. L'interpretazione delle prove penetrometriche ha permesso di individuare, dunque, nell'ambito del volume di terreno investigato (volume significativo), un profilo litostratigrafico aventi le seguenti caratteristiche:

STRATO 1 Spessore min 10.00 Spessore max 20.00	Limo sabbioso argilloso con intercalazioni di sabbie ghiaiose
---	---

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, il profilo penetrometrico è stato suddiviso in tratti a carattere omogenei distinti e, per ciascun tratto, sono state valutate le rispettive caratteristiche fisico-meccaniche.

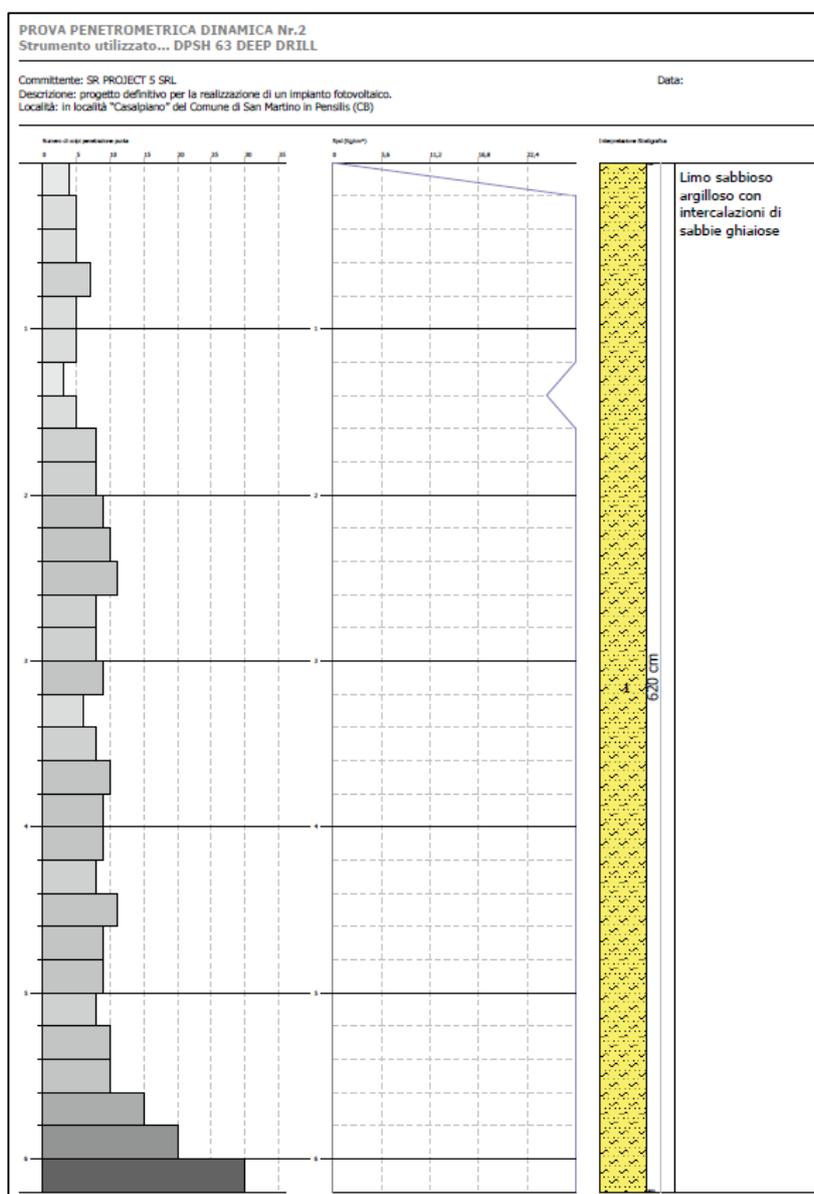
STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI SONDAGGIO DPSH P1

PARAMETRI FISICI E GEOMECCANICI SONDAGGIO P1 STRATO 1		
Terreno		COERENTE/INCOERENTE
	----	11.26
Coesione non drenata	kg/cm ²	0.76
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)	kg/cm ²	22.52
Modulo edometrico	kg/cm ²	116.64
Modulo elastico (Modulo di Young)	kg/cm ²	112.60
Classificazione AGI	---	Moderatamente addensato
Peso dell'unità di volume	t/m ³	2.0
Peso dell'unità di volume saturo	t/m ³	2.20
Angolo di attrito	(°)	26
Coesione drenata	kg/cm ²	0.095
Coefficiente di Poisson	---	0.33
Densità relativa	(%)	61.73



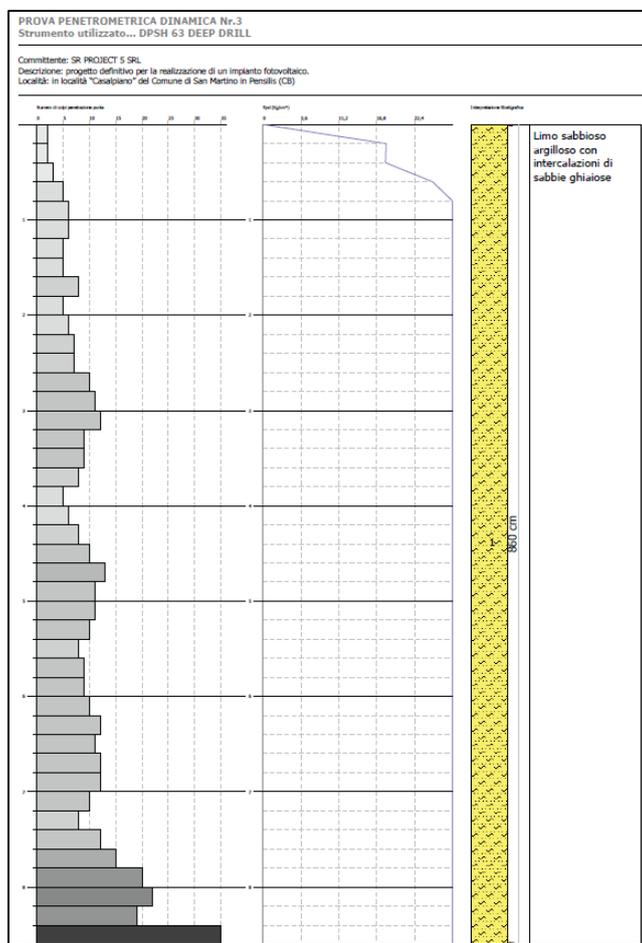
STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI SONDAGGIO DPSH P2

PARAMETRI FISICI E GEOMECCANICI SONDAGGIO P1 STRATO 1		
Terreno		COERENTE/INCOERENTE
	----	11.34
Coesione non drenata	kg/cm ²	0.76
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)	kg/cm ²	22.68
Modulo edometrico	kg/cm ²	117.45
Modulo elastico (Modulo di Young)	kg/cm ²	113.40
Classificazione AGI	---	Moderatamente addensato
Peso dell'unità di volume	t/m ³	2.0
Peso dell'unità di volume saturo	t/m ³	2.20
Angolo di attrito	(°)	27
Coesione drenata	kg/cm ²	0.1
Coefficiente di Poisson	---	0.33
Densità relativa	(%)	61.55



STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI SONDAGGIO DPSH P3

PARAMETRI FISICI E GEOMECCANICI SONDAGGIO P1 STRATO 1		
Terreno		COERENTE/INCOERENTE
	----	12.04
Coesione non drenata	kg/cm ²	0.81
Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)	kg/cm ²	24.08
Modulo edometrico	kg/cm ²	124.59
Modulo elastico (Modulo di Young)	kg/cm ²	120.40
Classificazione AGI	---	Moderatamente addensato
Peso dell'unità di volume	t/m ³	2.02
Peso dell'unità di volume saturo	t/m ³	2.22
Angolo di attrito	(°)	28
Coesione drenata	kg/cm ²	0.12
Coefficiente di Poisson	---	0.33
Densità relativa	(%)	61.55



10.0 PROSPEZIONE SISMICA (M.A.S.W.)

È stata effettuata una prospezione sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh), mediante l'utilizzo di sismografo **PASI GEA 24** matricola 18297 (24 bit 24 canali), con 12 geofoni elettromagnetici a bobina mobile con frequenza 4,5 hz, al fine di definire le caratteristiche sismostratigrafiche dei litotipi e classificare sismicamente il suolo secondo la normativa. È stata inoltre condotta un'analisi della risposta sismica del suolo fornendo il calcolo degli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto.

La sorgente sismica è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 6kg che batte su una piastra quadrata in alluminio). Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale a 10Hz, posto in prossimità della piastra.

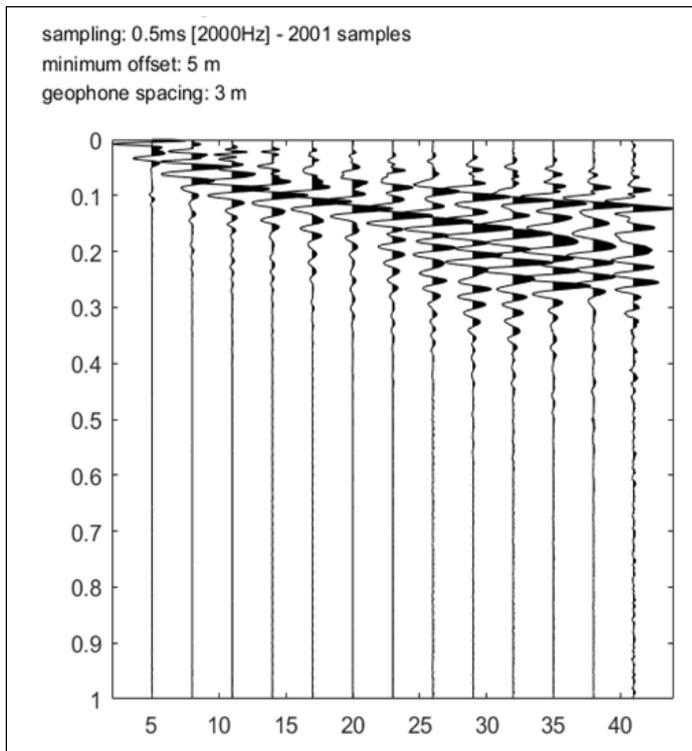
Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 12 geofoni verticali (4.5Hz) posizionati ogni 3 metri lungo il profilo di indagine per una lunghezza complessiva di 36 metri.

La lunghezza complessiva dello stendimento geofonico è stato sufficiente a determinare la sismostratigrafia 2D dei terreni nel sito prescelto fino alla profondità di oltre 30m dal p.c..

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati utilizzando il software WinMasw lite della Eliosoft con numero di serie 0X3109A511.

Si ricorda altresì che le indagini geofisiche e nella fattispecie le prospezioni sismiche non sono contemplate nella circolare 349 STC del 16 dicembre 1999 e, conseguentemente, secondo le N.T.C. 2018 (D.M. 17/01/2018), non sono soggette a certificazione.

10.1 - ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI M.A.S.W.1



L'elaborazione del sismogramma ha consentito di estrapolare lo spettro di velocità (fig. a) dal quale si è risalito tramite picking alla curva di dispersione che consente di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

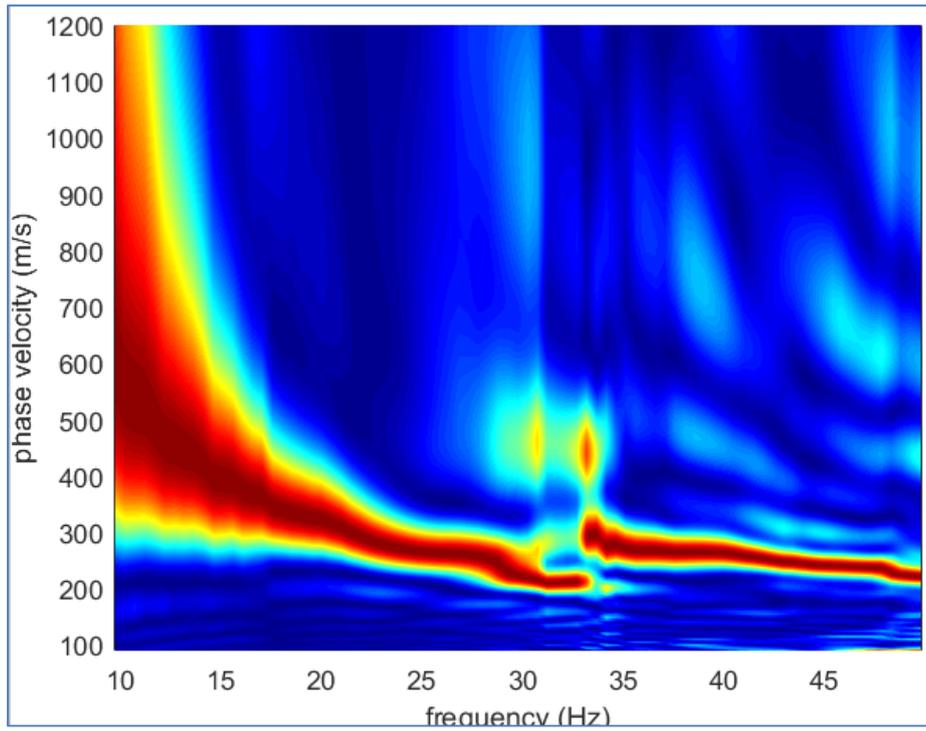


Fig. a - Spettro di velocità base sismica con picking.

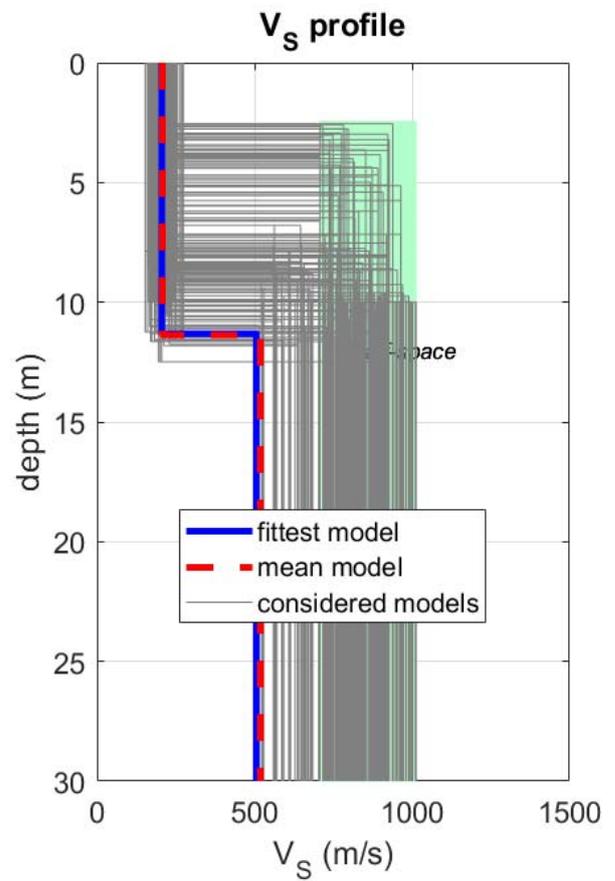
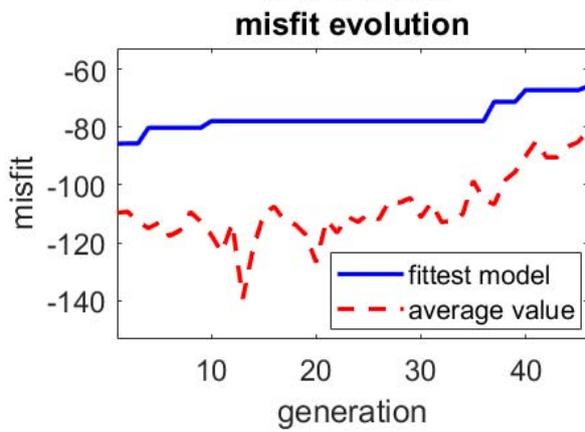
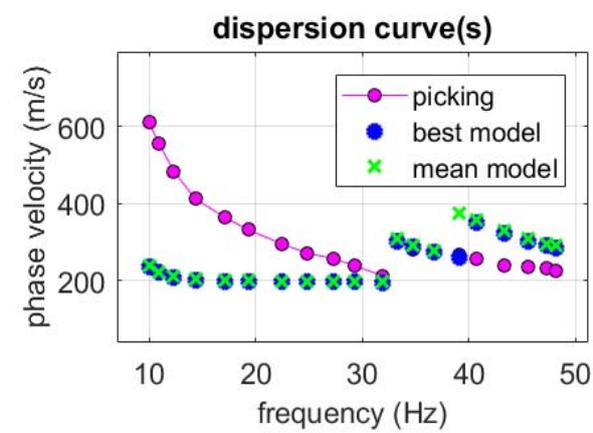
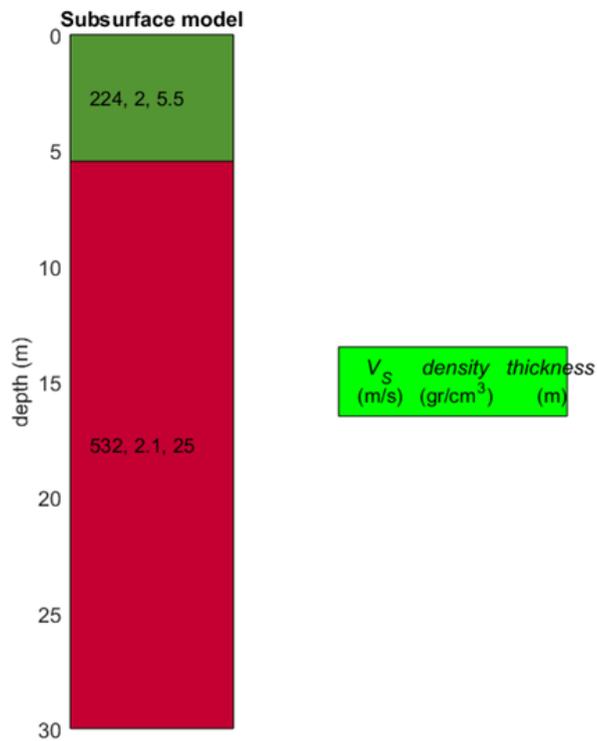
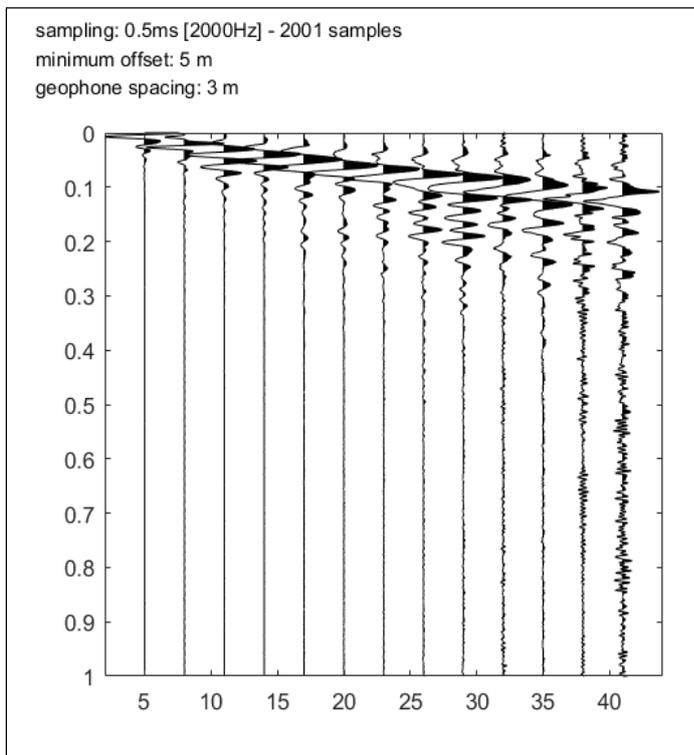


Diagramma delle velocità Vs riferite ai vari strati intercettati



Modello stratigrafico su base sismica

10.2 - ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI M.A.S.W.2



L'elaborazione del sismogramma ha consentito di estrapolare lo spettro di velocità (fig. a) dal quale si è risalito tramite picking alla curva di dispersione che consente di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

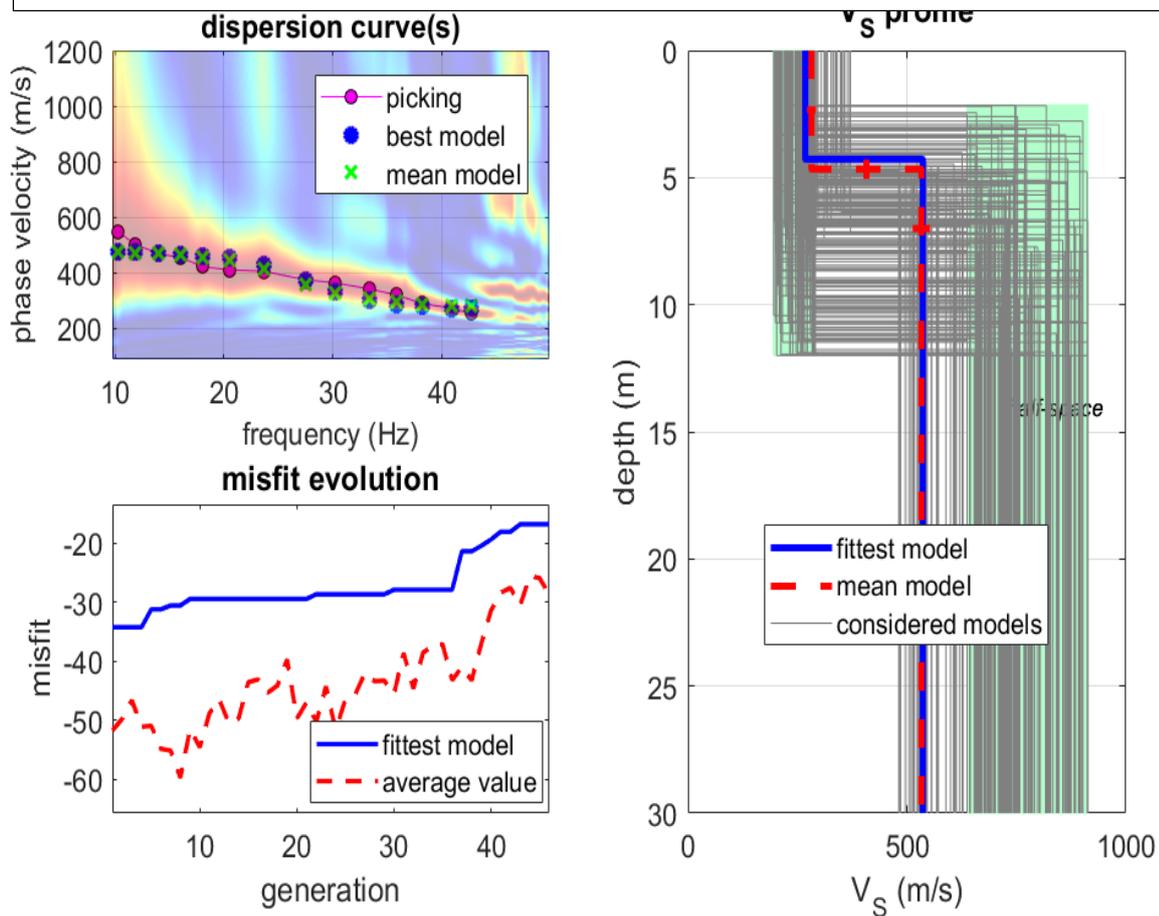
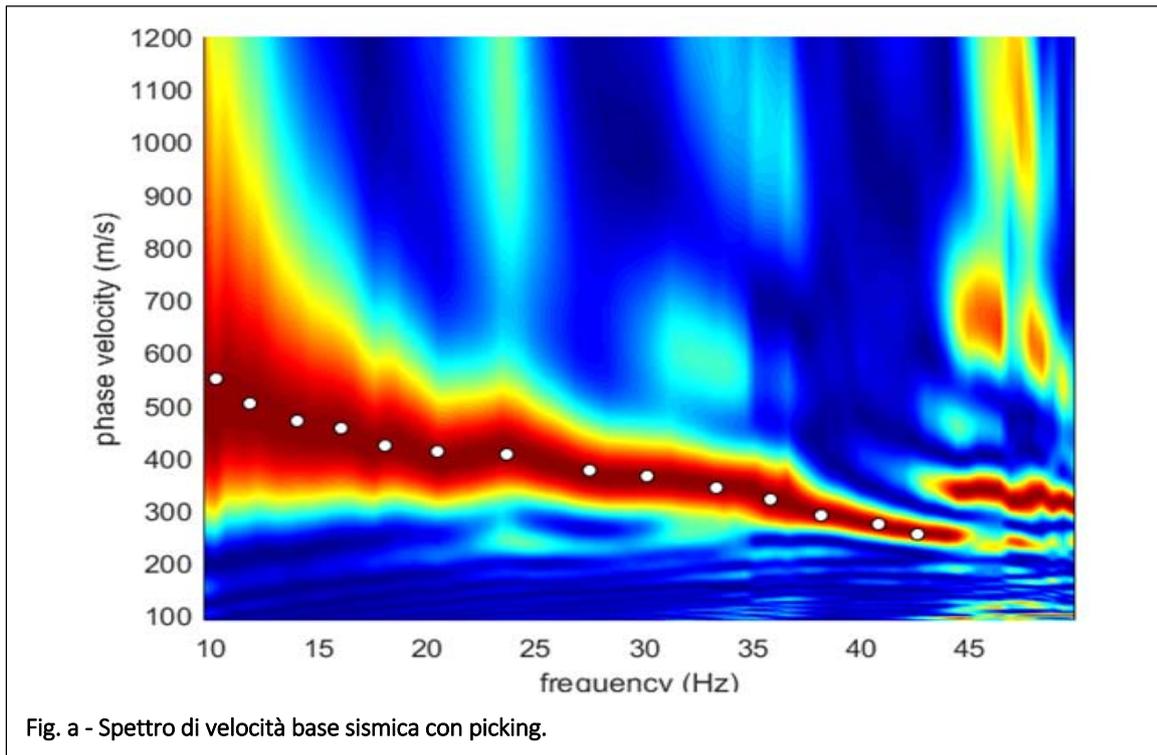
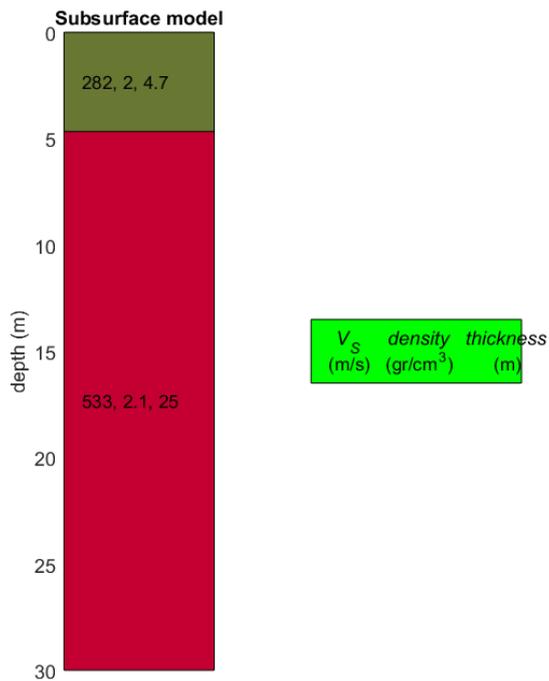
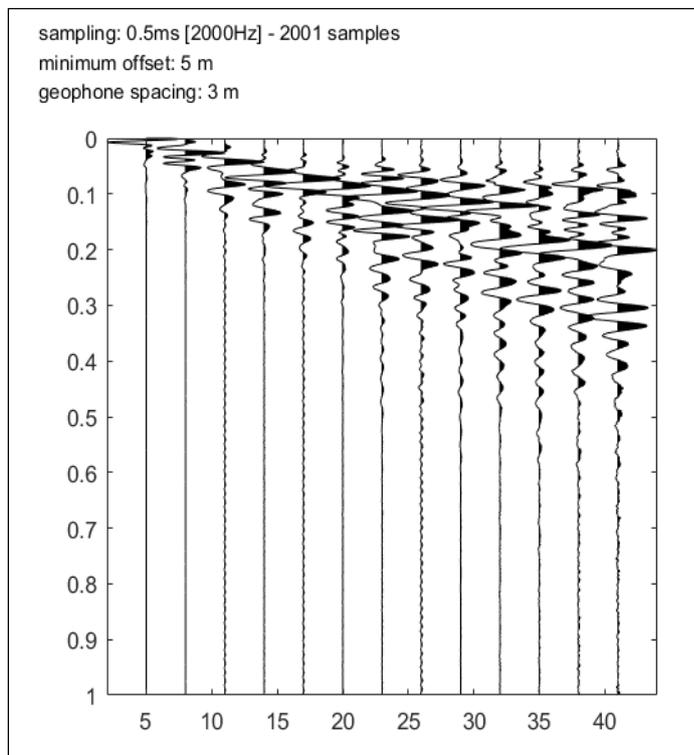


Diagramma delle velocità V_S riferite ai vari strati intercettati



Modello stratigrafico su base sismica

12.3 - ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI M.A.S.W.3



L'elaborazione del sismogramma ha consentito di estrapolare lo spettro di velocità (fig. a) dal quale si è risalito tramite picking alla curva di dispersione che consente di ottenere sia gli spessori dei vari strati che le rispettive velocità.

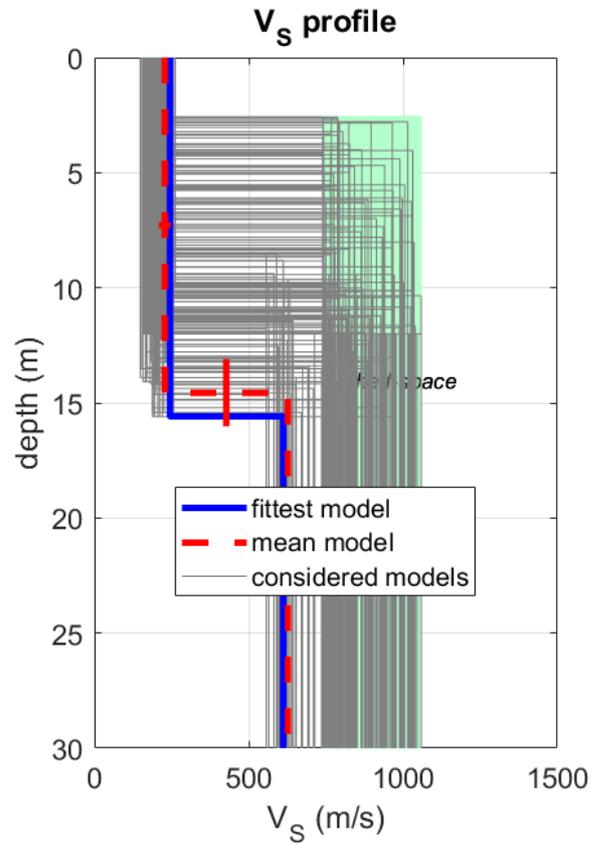
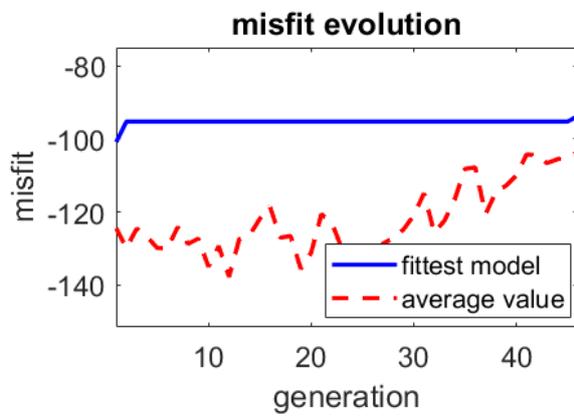
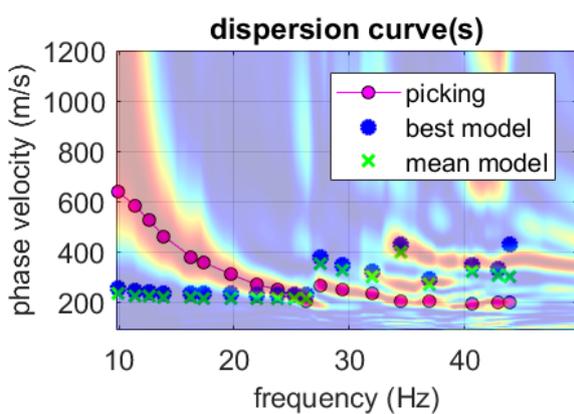
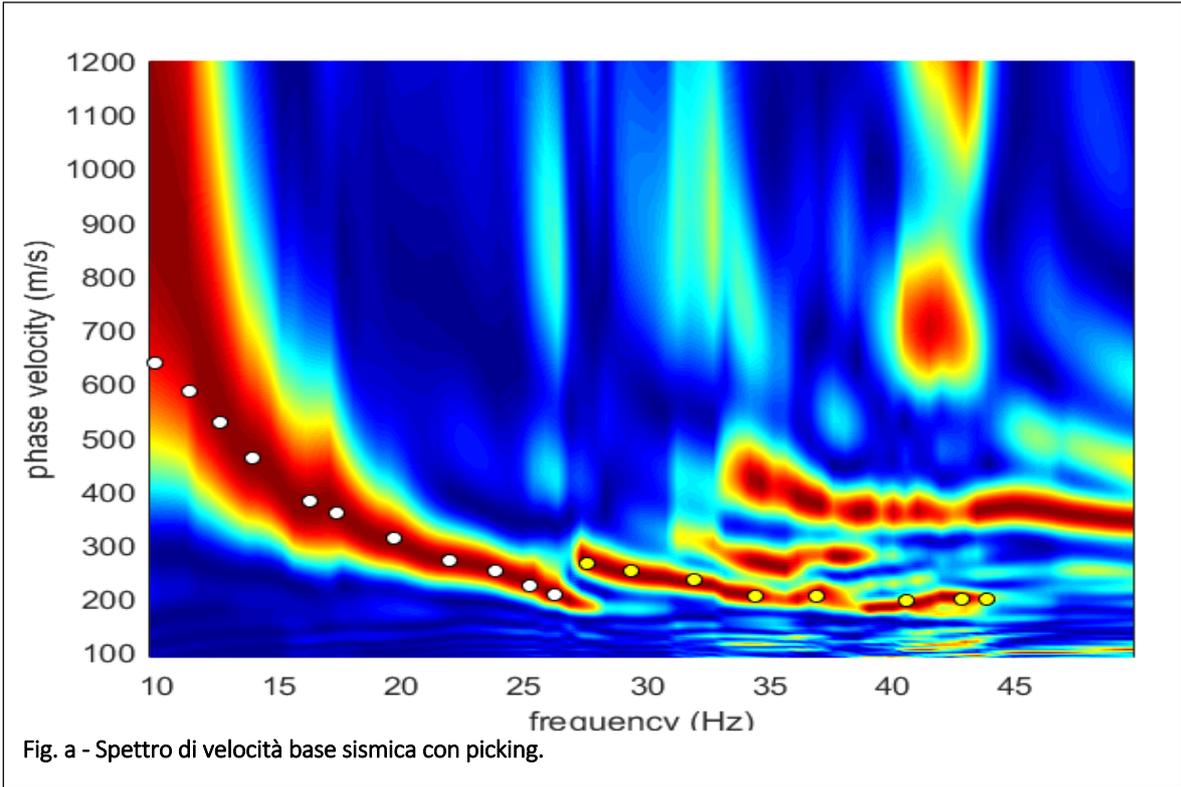
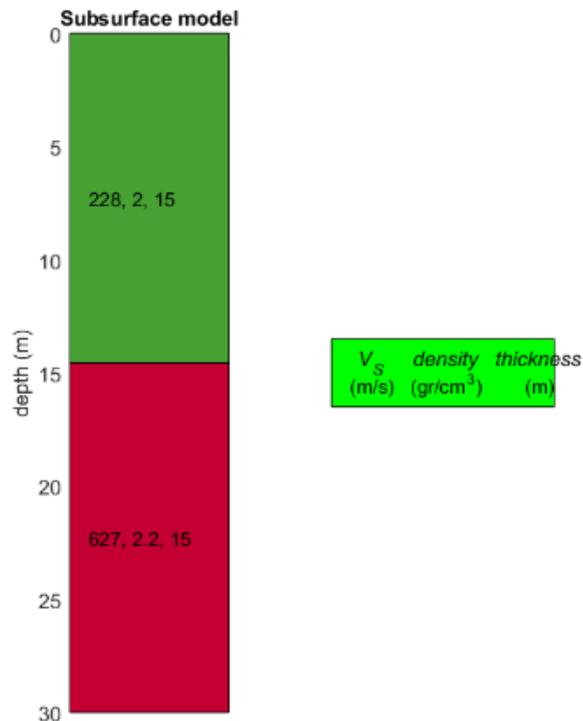


Diagramma delle velocità Vs riferite ai vari strati intercettati



Modello stratigrafico su base sismica

11.0 ANALISI DELLA CATEGORIA DI SUOLO ($V_{s,eq}$)

Per la determinazione della categoria di sottosuolo è stata elaborata la sismografia dello stendimento sismico M.A.S.W. effettuato in sito, la quale, risulta che il substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s, è posto ad una profondità superiore a 30 metri, per cui, è stato determinato il parametro velocità equivalente $V_{s,eq}$ il cui valore ha classificato in **categoria C** il suolo di interesse (NTC 2018). Per velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati nei primi metri di profondità dal piano di posa della fondazione, secondo la relazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Dove N è il numero di strati individuabili nei primi metri di suolo, ciascuno caratterizzato dallo spessore $h(strato)$ e dalla velocità delle onde S $V_s(strato)$.

Per H si intende la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata 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 $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Categoria di suolo	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tab. 1 – Categorie di Suoli di fondazione (D.M. 17 gennaio 2018)

Prospezione sismica	VS,eq (m/s)	Categoria Suoli di Fondazione (0-30m) (D.M. 17/01/2018)	CATEGORIA TOPOGRAFICA
MASW_1	[327-331]	C	T1
MASW_1	[468-469]	C	T1
MASW_1	[334-339]	C	T1

Tab. 2 – Categoria Suolo di fondazione ottenuta dalla prospezione sismica MASW effettuata.

12.0 INDICAZIONE SULLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

La classificazione sismica dell'Italia è la suddivisione del territorio della Repubblica Italiana in specifiche aree, caratterizzate da un comune rischio sismico.

Attualmente la classificazione sismica del territorio italiano in zone è rimasta esclusivamente per aspetti statistici e amministrativi. Con la normativa entrata in vigore nel 2009 (NTC08), all'indomani del terremoto che interessò la città dell'Aquila, ai fini della progettazione antisismica, si usa una nuova metodologia di calcolo basata su un approccio statistico puntiforme. Ogni punto del territorio italiano è caratterizzato da un preciso valore di accelerazione al suolo (PGA o Accelerazione di picco al suolo) in funzione di un tempo di ritorno (ossia un valore probabilistico).

Secondo il provvedimento del 2003, tutti i comuni italiani sono stati classificati in 4 categorie principali, indicative del loro rischio sismico, calcolato in base alla PGA (*Peak Ground Acceleration*, cioè il picco di accelerazione al suolo) e per frequenza e intensità degli eventi, inoltre la classificazione dei comuni è in continuo aggiornamento man mano che vengono effettuati nuovi studi territoriali dalla regione di appartenenza o per variazioni statistiche significative nel lungo periodo:

- **Zona 1:** sismicità **alta** (PGA oltre 0,25 g);
- **Zona 2:** sismicità **medio-alta** (PGA fra 0,15 e 0,25 g);
- **Zona 3:** sismicità **medio-bassa** (PGA fra 0,05 e 0,15 g);
- **Zona 4:** sismicità **bassa** (PGA inferiore a 0,05 g).

La normativa precedente sulle costruzioni in zona sismica (D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996) suddivideva il territorio nazionale nelle seguenti zone sismiche:

- zona di I categoria (S=12)
- zona di II categoria (S=9)
- zona di III categoria (S=6)
- zona non classificata.

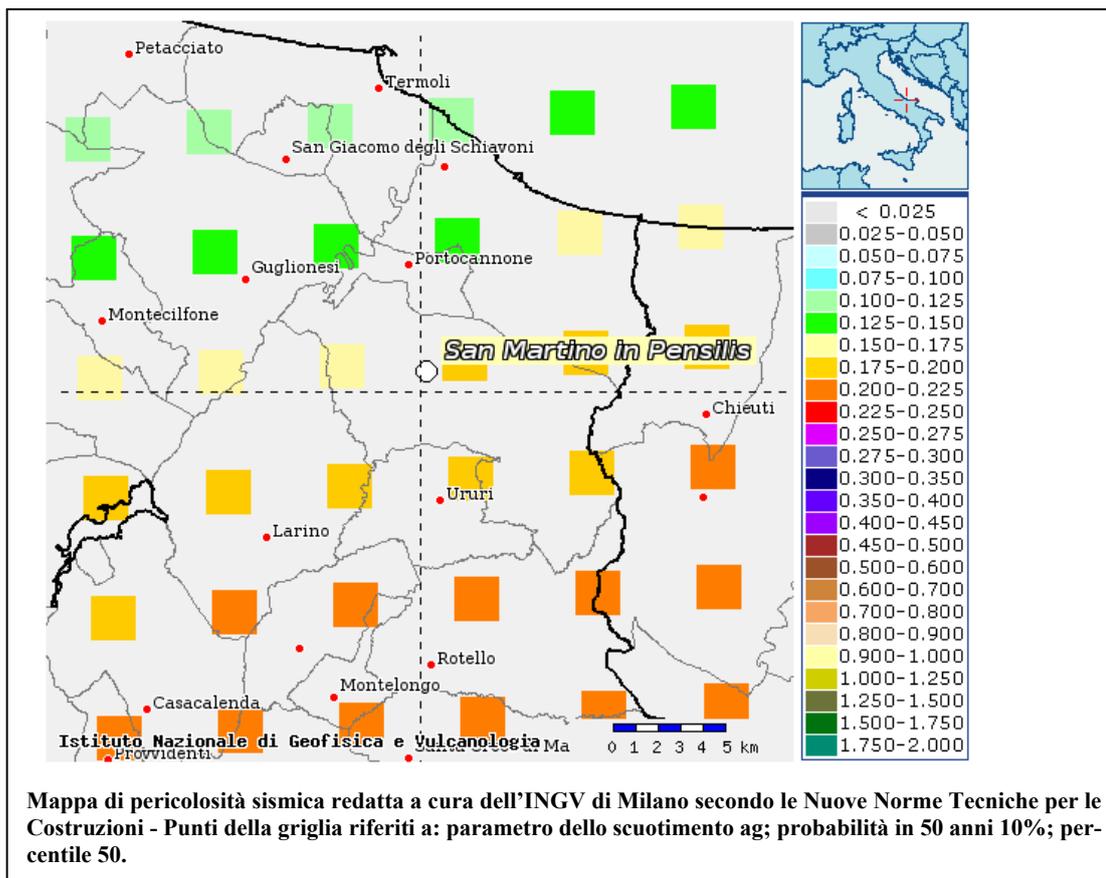
In basso è riportata la **zona sismica** per il territorio di Ururi/Rotello, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Campania n. 5447 del 7.11.2002.

ZONA SISMICA 2 ag=0.25g	Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti
S9 - II Cat. Norm. precedente	Zona sismica (D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996)

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

La stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica, disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni, indica che il territorio comunale rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento compresi tra 0.175 e 0.200 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g , riferibile allo spettro di risposta elastico **Se(T)**, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A) con superficie topografica orizzontale e con riferimento a prefissate probabilità di accadenza PVR nel periodo di riferimento **VR**.



13.0 SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g , riferibile allo spettro di risposta elastico $Se(T)$, in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria **A**) con superficie topografica orizzontale e con riferimento a prefissate probabilità di accadenza P_{VR} nel periodo di riferimento VR .

L’indagine sismica M.A.S.W. effettuata ha fornito risultati che collocano i terreni oggetto d’indagine in **categoria C** del D.M. 17 gennaio 2018 e proprio in funzione della suddetta categoria e della **categoria topografica T1**, in aggiunta dei parametri di progetto dell’opera, (a cura dello strutturista), vengono ricavati i parametri d’interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta e di progetto elastico, di seguito riportati, affinché il progettista e/o strutturista verifichi il comportamento ante e post operam dell’opera da realizzare nelle seguenti fasi di calcolo:

- Fase1 (Individuazione della pericolosità del sito)
- Fase 2 (Scelta della strategia di Progettazione)
- Fase 3 (Determinazione dell’azione di progetto)

I parametri di progetti sono stati valutati per opere ordinarie di **classe d’uso II** (edifici agricoli) e coefficiente C_u pari a **1,0** la cui vita nominale non supera i 50 anni, entro cui si prevede la presenza normale di persone.

14.0 CONCLUSIONI E FATTIBILITA' DELL'OPERA

Il sottoscritto **dr. Geol. Tullio Ciccarone**, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Campania al n.1863, a seguito dell'incarico conferitomi dalla ditta "**SR PROJECT 5 SRL**", ha redatto una relazione geologica, geotecnica, idrogeologica e idraulica per il progetto definitivo per la realizzazione di un impianto fotovoltaico della potenza di picco in DC pari a 80.788,89 KWp e massima in immissione in AC di 63.240 KW e relative opere di connessione in località "Casalpiano" del Comune di San Martino in Pensilis (CB) e Rotello (CB).

Scopo del presente studio è stato quello di inquadrare l'area in esame nell'ambito del contesto geomorfologico ed idrogeologico generale per verificare che l'area di progetto sia compatibile con i principali processi morfogenetici che possono interferire con l'opera da realizzare e con i vincoli imposti dal piano stralcio per l'assetto idrogeologico elaborato dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale ex Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'AdB dei fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore, Bacino Interregionale del Fiume Saccione (D. Lgs152/2006 e s.m.i., Legge 221/2015. D.M. n. 294/2016 e DPCM 4 aprile 2018). Lo studio dei dissesti tramite rilievi di campagna, osservazioni sulla geologia e morfologia del territorio, sia attraverso un'attenta consultazione della cartografia tematica a disposizione e della bibliografia specializzata reperita, ha permesso di inquadrare cause ed effetti sul territorio.

L'area dell'impianto e della sottostazione elettrica di trasformazione sono posizionati su rilievi collinari con una morfologia dolce e ampie spianate sub-pianeggianti. Il rilevamento geologico ha evidenziato che i terreni che interessano l'area dell'impianto e della stazione elettrica appartengono alle coperture fluvio-lacustri dei pianalti e dei terrazzi di primo ordine costituite da ghiaia più o meno cementate, argille sabbie calcaree pulverulenti, paleo suoli (Pleistocene). La rete del cavidotto viene realizzato esclusivamente su tracciati stradali esistenti e, oltre ai terreni fluvio-lacustri sudetti, attraversa anche le argille di Montesecco costituite da argille marnose, siltose sabbiose del pliocene medio.

Durante i sondaggi non sono state intercettate falde superficiali ma, non si esclude che, la presenza di strati a matrice limo-argilloso possa determinare accumuli di acque meteoriche di infiltrazione e conseguenti accumuli freatici sospesi nel primo metro e localmente zone umide localizzate, di ristagno d'acqua, che tendono a permanere anche durante i periodi secchi di minore precipitazione.

Gli impianti da realizzare saranno dotati di fondazioni in acciaio infissi direttamente nel terreno a profondità tale da trasmettere le proprie tensioni ai litotipi con caratteristiche geomeccaniche migliori per avere una maggiore resistenza alle coltri superficiali in caso di deformazioni delle stesse. In particolare l'area di progetto dovrà essere dotata di un adeguato sistema di regimazione idraulica delle acque meteoriche e superficiali, poiché, principali cause dei dissesti della situazione geologica e assetto strutturale dei terreni di sedime.

In virtù di quanto sopra indicato si può esprimere un giudizio di fattibilità idrogeologica e, tale opera, può, sicuramente, essere considerata non come fattore alterante, ma, bensì come elemento di integrazione controllata che non modifica gli equilibri idrogeologici e geomorfologici dell'area.

Dalla cartografia del Piano Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'AdB dei fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore, Bacino Interregionale del Fiume Saccione, *Piano di*

Assetto di Versante, l'area di progetto e la Sottostazione non rientrano in zone a pericolosità da frana e idraulico. Solo un tratto del cavidotto attraversa un'area a pericolosità idraulica elevata (fig.10), ma, si trova su un ponticello stradale che attraversa un canale. La linea del cavidotto non andrà a modificare le linee di quota su aree a pericolosità frane e idraulico mantenendo inalterato l'attuale equilibrio idrogeologico.

Per la caratterizzazione sismica e determinazione della categoria di sottosuolo è stato effettuato uno stendimento sismico M.A.S.W.; Dalla relativa sismostratigrafia elaborata risulta che il substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s, è posto ad una profondità superiore a 30 metri, per cui, è stato determinato il parametro velocità equivalente $V_{S,eq}$ il cui valore ha classificato in **categoria C** il suolo di interesse (NTC 2018).

Dai sondaggi effettuati e dal rilevamento geologico si evince che i terreni possiedono buone caratteristiche di addensamento, non sono stati riscontrati livelli cedevoli, sono esclusi fenomeni di liquefazione in concomitanza di un evento sismico e le opere fondali non apporteranno alcun mutamento agli equilibri naturali ed alla circolazione idrica sotterranea.

Si precisa che la tipologia e il numero di indagini effettuate è da ritenersi idoneo all'opera a farsi in quanto hanno fornito un quadro completo sulle caratteristiche geomeccaniche e sismiche dei terreni di fondazione, inoltre, gli interventi sono compatibili tra la previsione urbanistica e la caratterizzazione geomorfologica dell'area.

Dunque considerati gli interventi effettuati, citati e descritti nei capitoli precedenti, e la tipologia di progetto, il quale risulta irrilevante sull'equilibrio idrogeologico del sito, si può affermare che: la realizzazione delle opere non è di per sé fattore predisponente di dissesto e gli interventi garantiscono la sicurezza del territorio in coerenza a quanto disposto dagli articoli 3, 17 e 31 della legge quadro sulla difesa del suolo L. 183/89 e s.i.m.

Battipaglia, li 21/03/2021

IL GEOLOGO

Dr. Tulio Ciccarone