REGIONE PUGLIA

Comune di San Paolo di Civitate

Provincia di Foggia

Studio di Ingegneria

Ing. Nicola Roselli - Termoli (CB)
email ing.nicolaroselli@gmail.com

ATLAS RB
Energy for the Future

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO PER LA COSTRUZIONE ED ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO NECESSARIO ALLA PRODUZIONE DI ENERGIA ELETTRICA DA FONTE FOTOVOLTAICA E DELLE RELATIVE OPERE ED INFRASTRUTTURE CONNESSE DELLA POTENZA NOMINALE MASSIMA DI 54998 KW E POTENZA IN A.C. DI 50400 KW, SITO NEL COMUNE DI SAN PAOLO DI CIVITATE (FG) CON OPERE DI CONNESSIONE RICADENTI ANCHE NEI COMUNI DI SERRACAPRIOLA (FG) E DI LESINA (FG)

TITOLO TAVOLA

RELAZIONE GEOLOGICA

PROGETTAZIONE

PROGETTISTI

Ing. Nicola ROSELLI

Ing. Rocco SALOME

PROGETTISTI PARTI ELETTRICHE

Per.Ind. Alessandro CORTI

CONSULENZE E COLLABORAZIONI

Arch. Gianluca DI DONATO
Dott. Massimo MACCHIAROLA
Ing. Elvio MURETTA
Archeol. Gerardo FRATIANNI
Geol. Vito PLESCIA

PROPONENTE

LIMES 4 S.R.L

SEDE LEGALE

Milano, cap 20121
via Manzoni n.41
P.IVA 10307450964

Dott. VITO FRANCESCO PLESCIA ORDINE GEOLOGI REGIONE MOLISE ALBO SEZ. A N. 38 Geologo Specialista

Firmato digitalmente da

VITO FRANCESCO PLESCIA

CN = VITO FRANCESCO PLESCIA
C = IT

SPAZIO RISERVATO AGLI ENTI

4.2.2	FILE B4XNJR9_4.2.2	CODICE PROGETTO B4XNJR9	SCALA

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	26/06/2023	EMISSIONE	PLESCIA	LIMES4	LIMES4
B					
C					
D					
E					
F					

Tutti i diritti sono riservati. E' vietata qualsiasi utilizzazione, totale o parziale, senza previa autorizzazione

INDICE

PREMESSA…… pag 1

1. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREE OGGETTO DELL'INTERVENTO…….… // 3

2. IDROGEOLOGIA……..……... // 6

3. PROGETTO PAI……...……..……..... // 14

4. GEOLOGIA……...……..…….. // 16

5. ELEMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI..……..… // 21

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE E RISULTATI..…… // 23

MODELLO GEOLOGICO CAMPO AGRIVOLTAICO.……. // 26

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PROVE PENETROMETRICHE..... // 27

RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA…….……..... // 33

VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE……..... // 34

7. SISMICA……..……..... // 35

7.1 *VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA ALLO STUDIO*…..... // 35

7.2 *CLASSIFICAZIONE DEL SITO METODO PREVISTO DAL D.M. 17 GENNAIO 2018*.. // 37

8. CONCLUSIONI……..……..... // 38

Bibliografia……...……...……..……..... // 42

PLANIMETRIA SATELLIRATE IMPIANTO AGRIVOLTAICO Scala 1 : 10.000

PLANIMETRIA UBICAZIONE AREE ALLO STUDIO Scala 1 : 10.000

CARTA GEOMORFOLOGICA IMPIANTO AGRIVOLTAICO Scala 1 : 10.000

PLANIMETRIA UBICAZIONE POZZI PER ACQUA Scala 1 : 15.000

ISPRA POZZI IDRICI E STRATIGRAFIE

CARTA PAI IMPIANTO AGRIVOLTAICO Scala 1 : 10.000

CARTA GEOLOGICA IMPIANTO AGRIVOLTAICO Scala 1 : 100.000/10.000

CARTA LITOLOGICA IMPIANTO AGRIVOLTAICO Scala 1 : 10.000

PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE Scala 1 : 10.000

DOCUNENTAZIONE FOTOGRAFICA

STRATIGRAFIE PROVE PENETROMETRICHE

CARTA SISMICA DELL'ITALIA PER LA VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE

ALLEGATI

TABELLE E GRAFICI PROVE SISMICHE (HVSR)

TABELLE E GRAFICI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPSH)

TAVOLE ALLEGATE FORMATO A0

TAV.1 PLANIMETRIA SATELLITARE IMPIANTO AGRIVOLTAICO 1 : 10.000

TAV.2 PLANIMETRIA UBICAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO 1 : 10.000

TAV.3 CARTA GEOMORFOLOGICA IMPIANTO AGRIVOLTAICO Scala 1 : 10.000

TAV.4 CARTA PAI IMPIANTO AGRIVOLTAICO Scala 1 : 10.000

TAV.5 CARTA GEOLOGICA IMPIANTO AGRIVOLTAICO Scala 1 : 10.000

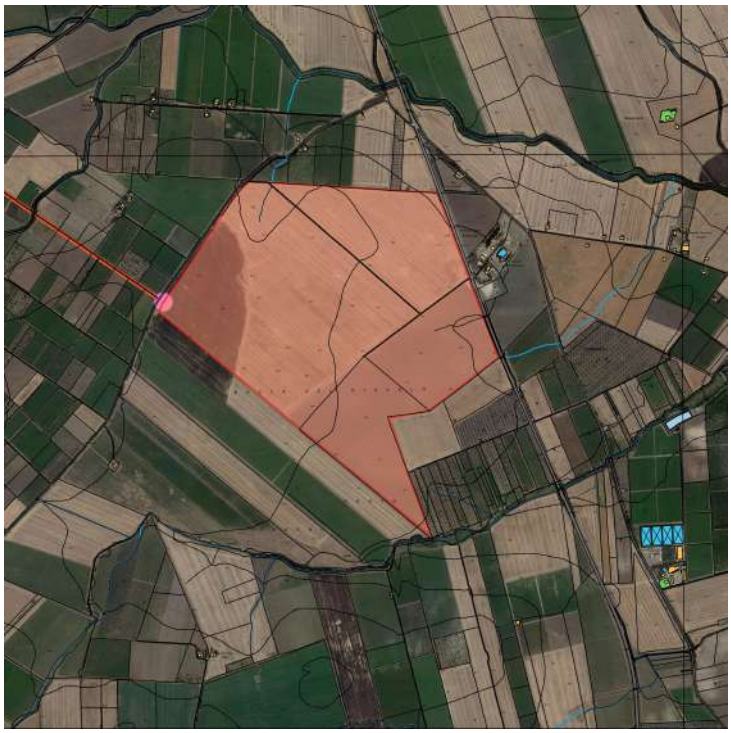
TAV.6 CARTA LITOLOGICA IMPIANTO AGRIVOLTAICO Scala 1 : 10.000

PREMESSA

Per conto della Società LIMES 4 S.R.L., con sede in Via Manzoni n. 41 Milano, il sottoscritto Geologo Plescia Vito Francesco, iscritto all'Albo Professionale dell'Ordine dei Geologi della Regione Molise al n° 039 sez. A "Geologi Specialisti", ha eseguito uno studio geologico e sismico, a corredo del progetto definitivo autorizzazione unica ai sensi del DLGS n.37, per la costruzione ed esercizio di un impianto agrivoltaico necessario alla produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica e delle relative opere e infrastrutture connesse della potenza nominale massima di 54998 KW e potenza in A.C. 50400 KW sito nel territorio del Comune di San Paolo di Civitate (FG), con opere di connessione ricadenti anche nei comuni di Serracapriola (FG), Lesina (FG). Nell'area in esame è stato effettuato un primo sopralluogo per constatare lo stato dei luoghi; in seguito, sono stati compiuti altri sopralluoghi sia sull'are interessata dall'intervento, che in quelle vicinorie in modo di avere una visione globale del territorio in cui si trova l'area in parola (**pericolosità geologica**). Finalità del lavoro "**modello geologico**" è stato quello di rilevare e studiare i tipi di terreni interessati dall'opera in oggetto, di conoscere l'assetto geostrutturale e stratigrafico delle formazioni geologiche, le condizioni morfologiche, tettoniche ed idrogeologiche dell'area, insieme ai parametri geotecnici e geomeccanici dei materiali da utilizzarsi in fase di progettazione dei manufatti. Di rilevare eventuali falde idriche superficiali e profonde, di accertare probabili movimenti franosi.

Nell'area in esame, per la ricostruzione della serie litostratigrafica locale sono state effettuate tre prove penetrometriche dinamiche continue DPSH. Mentre per il calcolo della risposta sismica locale ai sensi del D.M. 17/01/2018 e della Circolare del C.S.LL.PP. n.7 del 21 gennaio 2019, sono state effettuate due prove sismiche del tipo passiva a stazione singola (HVSR-microtremori). Di seguito si espongono le risultanze di che trattasi e le considerazioni emerse dallo studio effettuato.
Per la redazione delle carte tematiche è stato utilizzato il programma QGIS 3.6 e sono stati utilizzati i dati della carta geologica ufficiale, i dati in shape file dell'autorità di bacino, i dati della franosità dell'APAT, carta IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia).

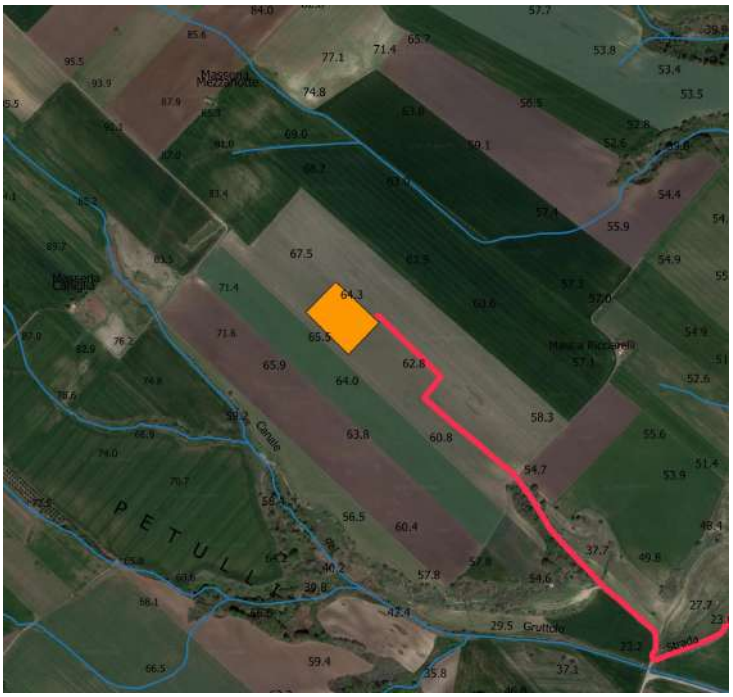
VISIONE SATELLITARE DELL'AREA OGGETTO DELL'INTERVENTO



Legenda

Elementi

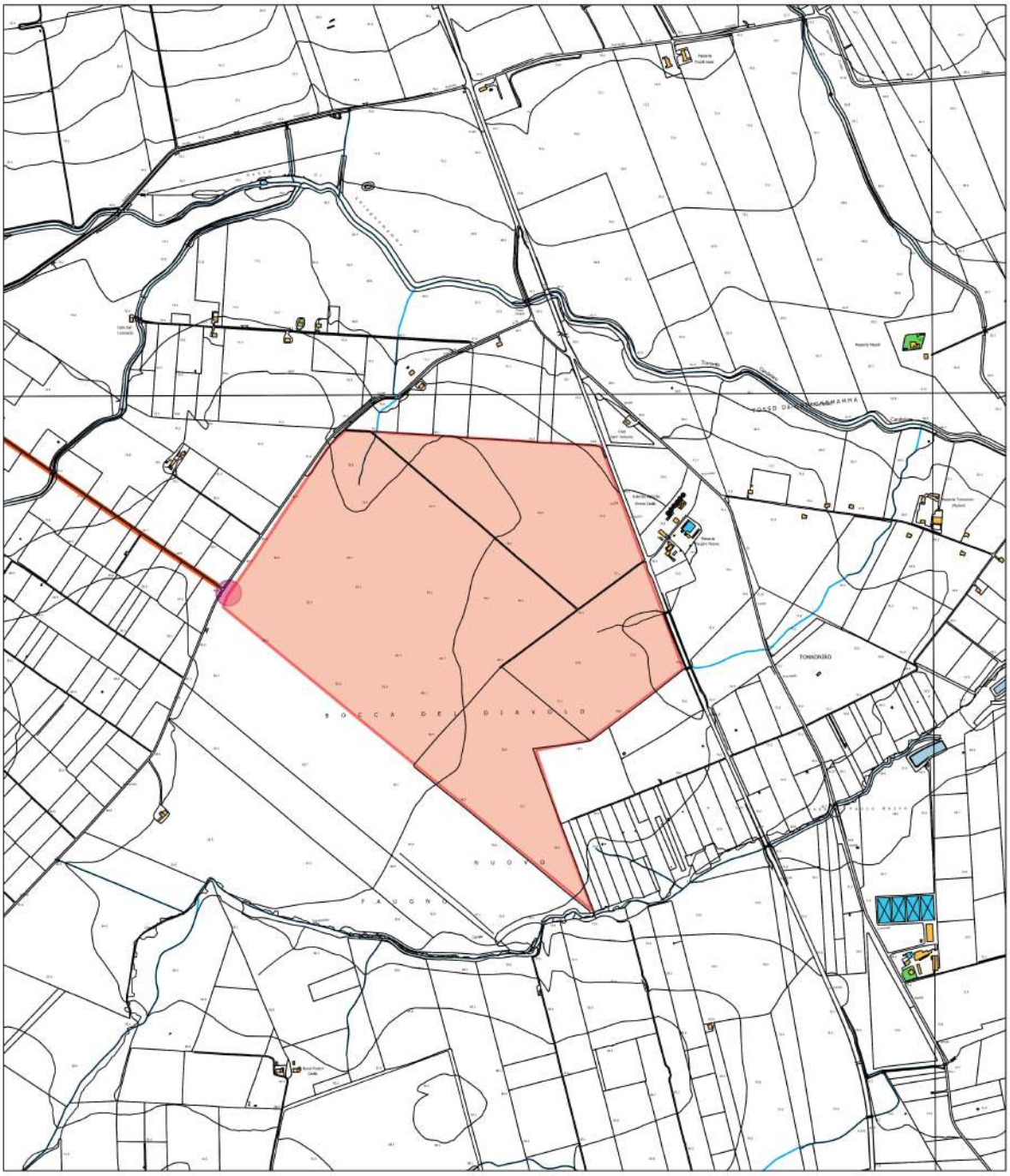
- Cabina generale di campo
- Sottostazione Terna
- Impianto fotovoltaico
- Cavo di connessione a 36 KV



1. INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO E GEOMORFOLOGICO DELL' AREA OGGETTO DELL'INTERVENTO

Il territorio interessato dal presente studio è topograficamente è individuabile nel foglio al 100.000, n° 154 San Severo e nelle Carte Tecniche Regionali elementi 395041, 395042, 395043, 395044, 396013, 396014, alla scala 1 : 5.000. In particolare l'area interessata dai pannelli fotovoltaici rientra nella CTR 395042 territorialmente è delimitata a nord dalla C.da Cerolla, ad est dalla Contrada Scardazzo, a sud dalla contrada Rocca del Diavolo ed infine ad ovest dalla località Cerro Comunale. Mentre l'area della sottostazione Terna rientra nel territorio di Serracapriola, a sud del centro abitato, elementi CTR 382150, 382151. Idrograficamente l'are appartiene al bacino idrografico del T.Candelaro e convoglia le proprie acque nel Fosso Chiagnemamma affluente destro del sopracitato Torrente. La morfologia è quasi pianeggiante è caratterizzata da una serie di superfici, più o meno estese, interrotte localmente da piccoli corsi d'acqua a deflusso spiccatamente stagionale, e degradanti con deboli pendenze verso la linea di costa adriatica. In tali area l'evoluzione dei caratteri morfologici è stata naturalmente condizionata dalla natura del substrato geologico presente. Morfologicamente l'area interessata dai pannelli fotovoltaici si presenta per lo più pianeggiante ed altimetricamente è posta a quote minime di mt 77, massime di mt.83 s.l.m., con pendenza verso sud-est poco accentuata dell' 1.7%. In quest'area dalla lettura delle carte PAI e dalla verifica effettuata in loco risulta un vincolo geomorfologico P.G.1 a pericolosità geomorfologica media e moderata. Considerando il tipo si strutture che si andranno a realizzare (pannelli sostenuti da piantoni o tracher di altezza al mozzo di mt.3.50 inclinazione massima del pannello mt. 1.20 dal p.c.), si ritiene che la pericolosità viene mitigata. Inoltre l'area presenta una bassissima pendenza che non permette l'instaurarsi di fenomeni franosi. Pertanto nell'area allo studio ed in quelle vicinorie non si riscontrano fenomeni franosi in atto o potenziali, fenomeni quiescenti, fenomeni franosi stabilizzati zone di erosione o di ruscellamento accelerato.

Tutto ciò è visibile, nella carta geomorfologica e nella carta della pericolosità idraulica redatta dall'autorità di bacino ed allegata al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI).



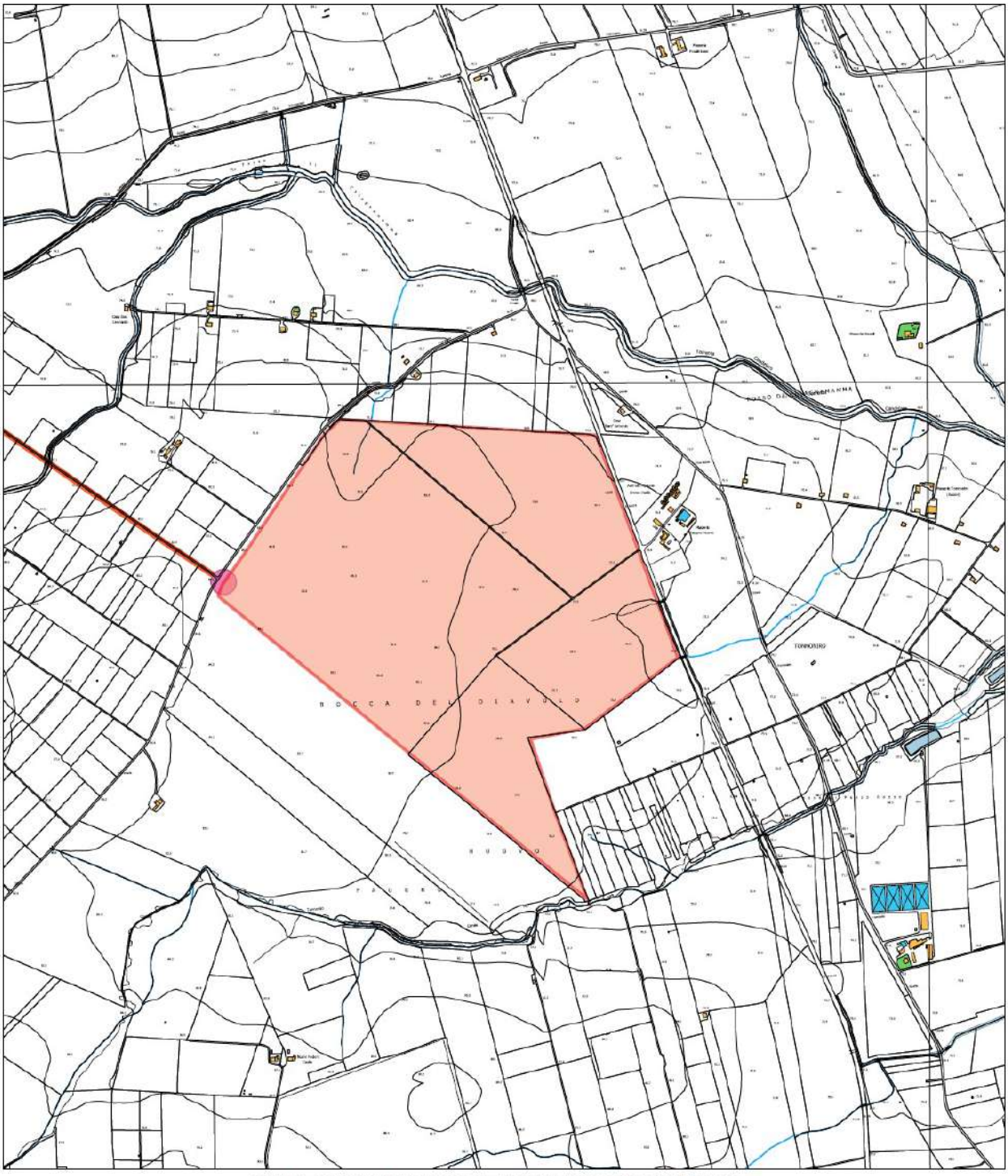
PLANIMETRIA UBICAZIONE IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Legenda

Elementi

- Cabina generale di campo
- Sottostazione Terna
- Impianto agrivoltaico
- Cavo di connessione a 36 KV

Scala 1 : 10.000



CARTA GEOMORFOLOGICA IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Legenda

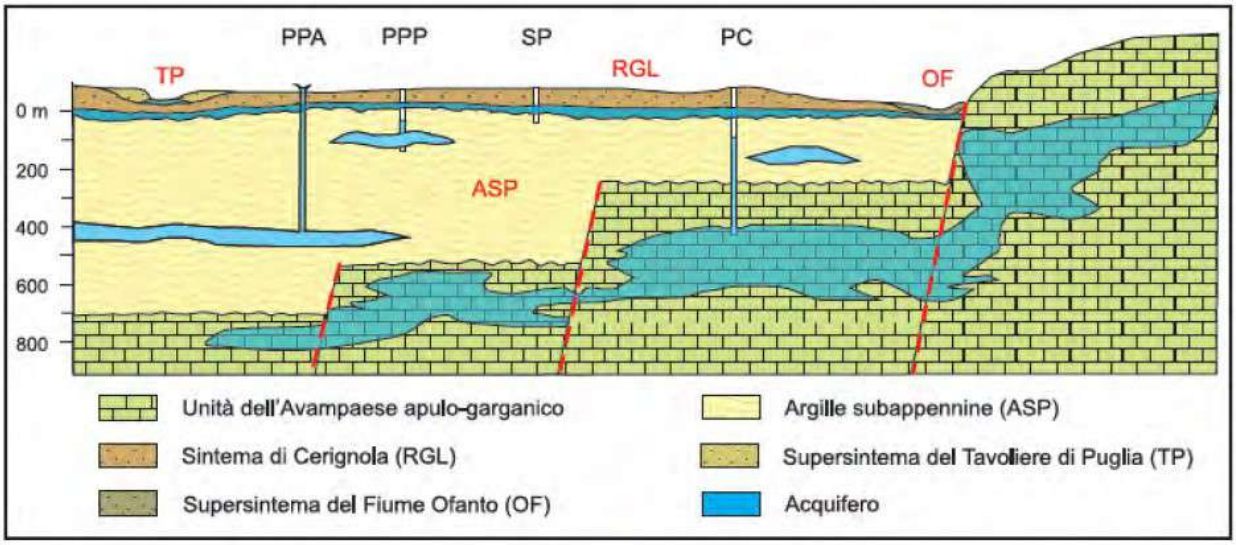
Elementi
- Cabina generale di campo
- Sottostazione Terna
- Impianto agrivoltaico
- Cavo di connessione a 36 KV

GEOMORFOLOGIA
- 396_vore
- 396_polje
- 396_grotte
- 396_doline
- 396_giaciture_strati
- 396_faglie
- 396_discariche_controllate
- 396_cave
- 396_bacini_idrici
- 396_argini

Scala 1 :10.000

2. IDROGEOLOGIA

L'acqua delle precipitazioni atmosferiche in parte evapora, in parte viene assorbita dal suolo ed in parte scorre su di esso erodendolo e scavandovi vari sistemi di canali, valli, torrincelli ecc.. Il disegno che risulta da questa azione (pattern) dipende dalla natura litologica delle rocce attraversate oltre che dalla loro disposizione. Nel territorio preso in considerazione si ha un pattern del tipo contorto parallelo riconducibile a formazioni clastiche fini e/o alternanze di tipi litologici diversi.



Schema idrologico del Tavoliere di Puglia.

Legenda:

PC = Acquifero fessurato-carsico profondo PPP = acquifero poroso profondo in pressione

PPA = acquifero poroso profondo artesiano SP = acquifero poroso superficiale

1)ACQUIFERO FESSURATO-CARSICO PROFONDO

L'unità più profonda trova sede nelle rocce calcaree del substrato prepliocenico dell'Avanfossa appenninica ed è in continuità (nel settore sud-orientale) con la falda carsica murgiana. Dato il tipo di acquifero, la circolazione idrica sotterranea è condizionata in maniera significativa sia dalle numerose faglie che dislocano le unità sepolte della Piattaforma Apula che dallo stato di fratturazione e carsificazione della roccia calcarea.

2) ACQUIFERO POROSO PROFONDO

Si rinviene nei livelli sabbioso-limosi e, in minor misura, ghiaiosi, presenti a diverse altezze nella successione argillosa pliopleistocenica. Al momento sono ancora poco note la distribuzione spaziale e la geometria di questi corpi idrici, nonché le loro modalità di alimentazione e di deflusso.

I livelli acquiferi sono costituiti da corpi discontinui di forma lenticolare, localizzati a profondità variabili tra i 150 m e i 500 m dal piano campagna (Apricena codice 198332 rivenuta una falda a mt. -245), ed il loro spessore non supera le poche decine di metri. Nelle lenti più profonde, si rinvengono acque connate, associate a idrocarburi, che si caratterizzano per i valori piuttosto elevati della temperatura (22-26°C) e per la ricorrente presenza di idrogeno solforato. La falda è ovunque in pressione e presenta quasi sempre caratteri di artesianità. La produttività dei livelli idrici, pur essendo variabile da luogo a luogo, risulta sempre molto bassa con portate di pochi litri al secondo. In genere, la produttività tende a diminuire rapidamente a partire dall'inizio dell'esercizio del pozzo facendo registrare, in alcuni casi, il completo esaurimento della falda. Ciò dimostra che tali livelli possono costituire soltanto delle limitate fonti di approvvigionamento idrico, essendo la ricarica molto lenta.

3) ACQUIFERO POROSO SUPERFICIALE

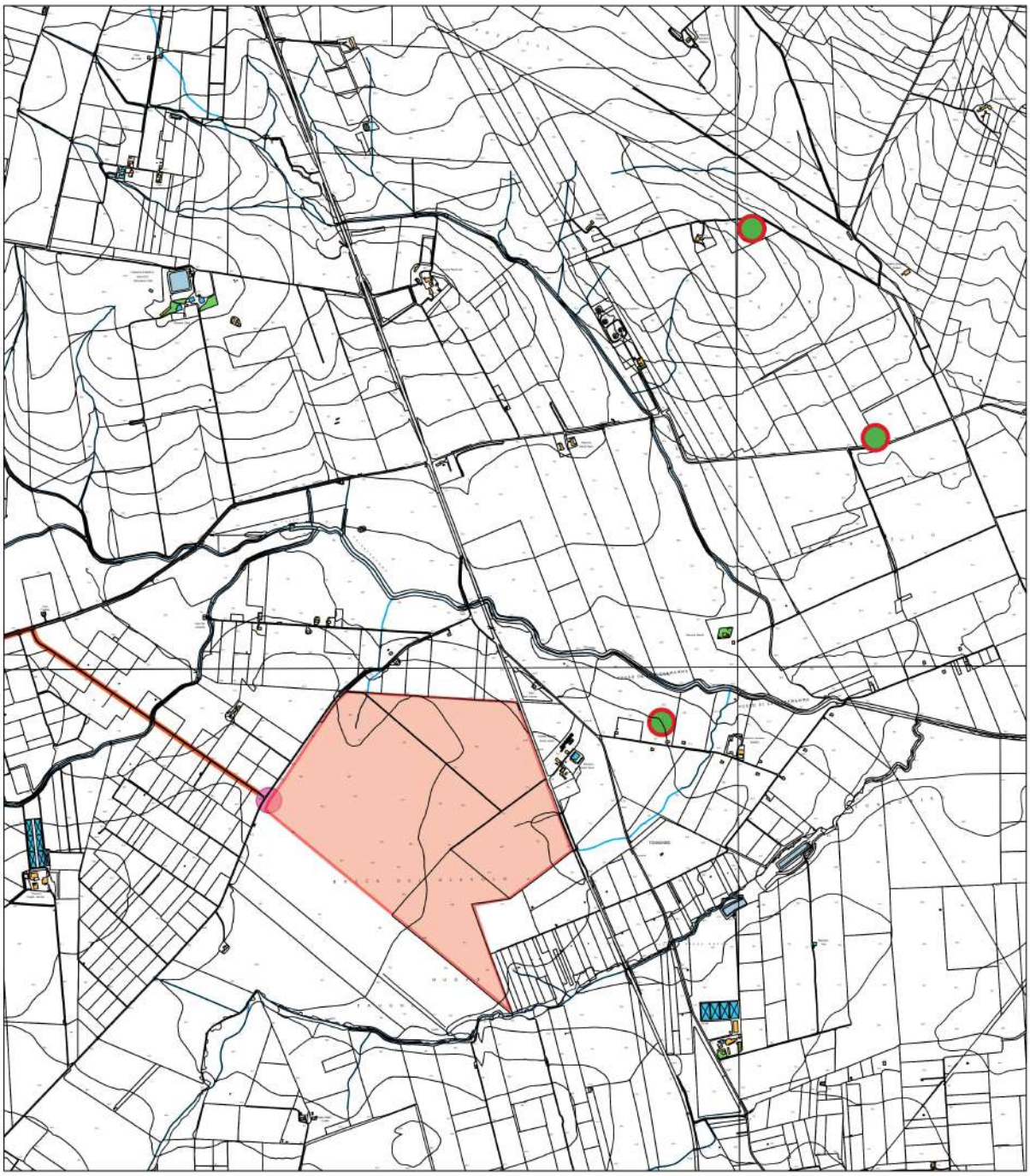
L'acquifero poroso superficiale si rinviene nei depositi quaternari che ricoprono con notevole continuità laterale le formazioni argillose pleistoceniche. Le stratigrafie dei numerosi pozzi per acqua evidenziano l'esistenza di una successione di terreni sabbioso-ghiaioso-ciottolosi, permeabili ed acquiferi, intercalati da livelli limo-argillosi, a luoghi sabbiosi, a minore permeabilità.

I diversi livelli in cui l'acqua fluisce costituiscono orizzonti idraulicamente interconnessi, dando luogo ad un unico sistema acquifero. In linea generale, i sedimenti a granulometria grossolana che prevalgono nelle aree più interne svolgono il ruolo di acquifero, mentre, procedendo verso la costa, si fanno più frequenti ed aumentano di spessore le intercalazioni limoso-sabbiose meno permeabili che svolgono il ruolo di acquitardo. Ne risulta, quindi, che l'acqua circola in condizioni freatiche nelle aree più interne (ed in pressione man mano che ci si avvicina alla linea di costa. Anche la potenzialità reale della falda, essendo strettamente legata a fattori di ordine morfologico e stratigrafico, varia sensibilmente da zona a zona. Le acque, infatti, tendono ad accumularsi preferenzialmente dove il tetto delle argille forma dei veri e propri impluvi o laddove lo spessore dei terreni permeabili è maggiore e dove la loro natura è prevalentemente ghiaiosa. Circa le modalità di alimentazione della falda superficiale, un contributo importante proviene dalle precipitazioni. Oltre che dalle acque di infiltrazione, diversi Autori ritengono che al ravvenamento della falda superficiale contribuiscano anche i corsi d'acqua che attraversano aree il cui substrato è

permeabile. Per le considerazioni su menzionate e per le caratteristiche dei litotipi che insistono nell'area oggetto di studio, questi ultimi rientrano nell'Acquifero poroso superficiale. Dal punto di vista idrogeologico, la presenza di terreni sabbiosi, ghiaiosi e conglomeratici, permeabili per porosità, poggianti sulle argille grigio-azzurre del ciclo sedimentario pleistocenico, poco permeabili, permette l'instaurazione di una falda idrica proprio in corrispondenza della superficie di contatto tra i due litotipi. Idrograficamente l'area appartiene al bacino idrografico del T.Candelaro. A conferma di tutto ciò sono stati visionati tre pozzi (Documentazione ISPRA), che ricoprono il territorio allo studio nei vari tipi di terreni affioranti (Ved. Cartografia allegata e stratigrafie pozzi).

a) Apricena codice 198437 rivenute due falde a mt. -18 e 140.
b) Apricena codice 198400 rivenute due falde a mt. -55 e 70.
c) Apricena codice 198313 rivenuta quattro falde a mt. -18.50-48-60-78.

Dalla lettura stratigrafica dei pozzi censiti i caratteri di permeabilità dei terreni presenti, essendo essenzialmente sciolti o debolmente cementati in matrice prevalentemente sabbiosa, sono da ritenersi generalmente permeabili per porosità. Infine dove affiorano depositi ghiaiosi e ciottolosi, essendo il grado di porosità piuttosto elevato, vi è un rapido allontanamento delle acque meteoriche dai terreni superficiali, concomitante anche ad un lieve aumento delle pendenze.



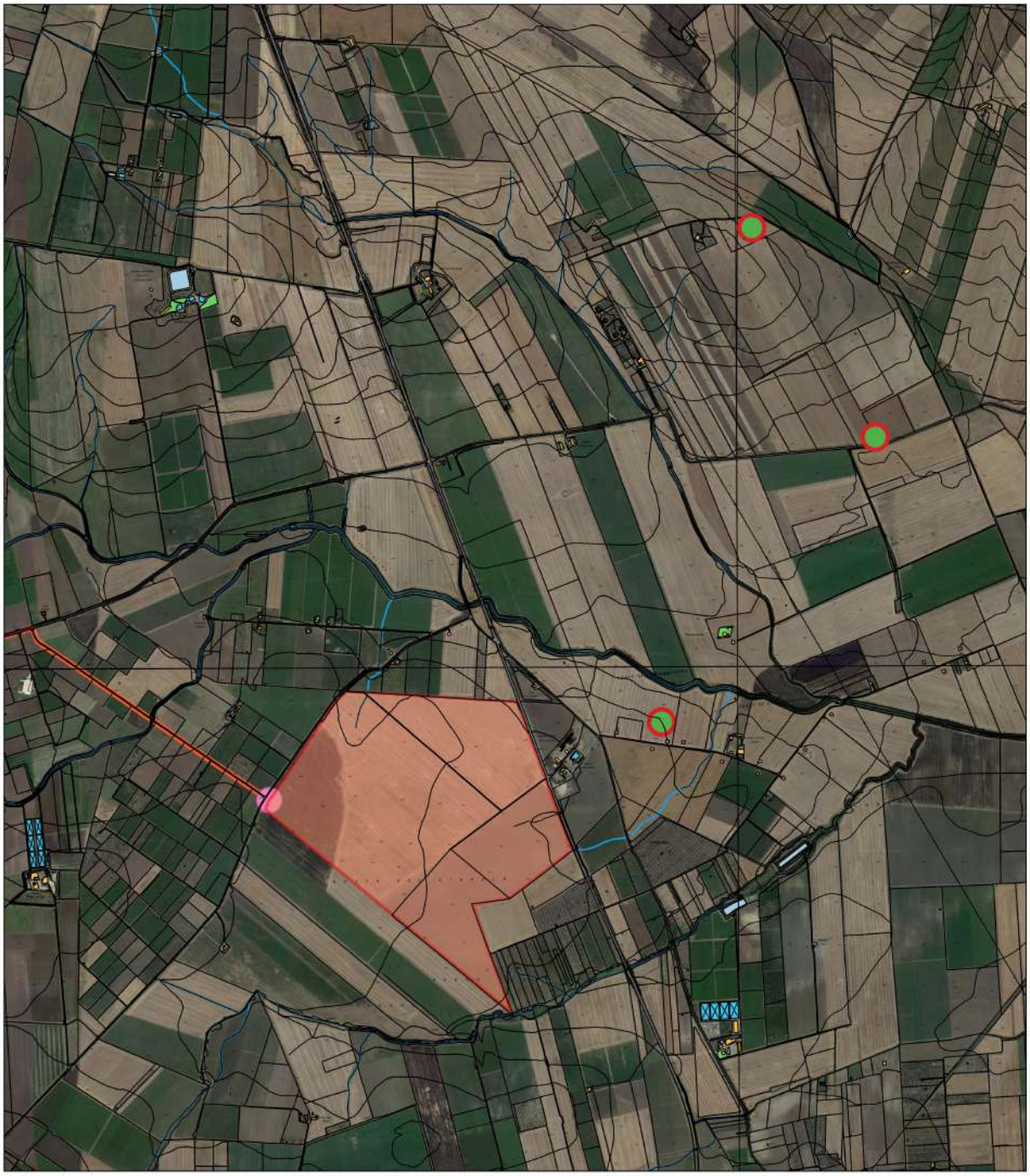
PLANIMETRIA UBICAZIONE POZZI PER ACQUA ESISTENTI

Legenda

Elementi

- Cabina generale di campo
- Sottostazione Terna
- Impianto agrivoltaico
- Cavo di connessione a 36 KV
- Pozzo per acqua

Scala 1 : 15.000



PLANIMETRIA UBICAZIONE POZZI PER ACQUA ESISTENTI

Legenda

Elementi

- Cabina generale di campo
- Sottostazione Terna
- Impianto agrivoltaico
- Cavo di connessione a 36 KV
- Pozzo per acqua

Scala 1 : 15.000

ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Dati generali

Codice: 198437
Regione: PUGLIA
Provincia: FOGGIA
Comune: APRICENA
Tipologia: PERFORAZIONE
Opera: POZZO PER ACQUA
Profondità (m): 282,00
Quota pc slm (m): 101,00
Anno realizzazione: 1992
Numero diametri: 2
Presenza acqua: SI
Portata massima (l/s): 12,000
Portata esercizio (l/s): 10,000
Numero falde: 2
Numero filtri: 1
Numero piezometrie: 1
Stratigrafia: SI
Certificazione(*): SI
Numero strati: 8
Longitudine WGS84 (dd): 15,332781
Latitudine WGS84 (dd): 41,790119
Longitudine WGS84 (dms): 15° 19' 58.01" E
Latitudine WGS84 (dms): 41° 47' 24.43" N

(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia

Ubicazione indicativa dell'area d'indagine

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	200,00	200,00	350
2	200,00	280,00	80,00	220

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	18,00	20,00	2,00
2	140,00	180,00	40,00

POSIZIONE FILTRI

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	170,00	180,00	10,00	ND

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
mag/1992	70,00	90,00	20,00	12,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	1,00	1,00		TERRENO VEGETALE
2	1,00	12,00	11,00		SABBIA GIALLA
3	12,00	40,00	28,00		ARGILLA BLEU
4	40,00	120,00	80,00		SABBIA DI COLORE GRIGIO
5	120,00	180,00	60,00		SABBIA GIALLA CON ACQUA
6	180,00	220,00	40,00		SABBIA GRIGIA CON STRATI DI ARENA
7	220,00	250,00	30,00		SABBIA DI COLORE GRIGIO
8	250,00	282,00	32,00		SABBIA LIMOSA

ISPRA - Copyright 2018

ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Dati generali

Codice: 198400
Regione: PUGLIA
Provincia: FOGGIA
Comune: APRICENA
Tipologia: PERFORAZIONE
Opera: POZZO PER ACQUA
Profondità (m): 80,00
Quota pc slm (m): ND
Anno realizzazione: 1990
Numero diametri: 2
Presenza acqua: SI
Portata massima (l/s): 5,000
Portata esercizio (l/s): 5,000
Numero falde: 2
Numero filtri: 0
Numero piezometrie: 3
Stratigrafia: SI
Certificazione(*): NO
Numero strati: 10
Longitudine WGS84 (dd): 15,340281
Latitudine WGS84 (dd): 41,782900
Longitudine WGS84 (dms): 15° 20' 25.02" E
Latitudine WGS84 (dms): 41° 46' 58.44" N

(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia

Ubicazione indicativa dell'area d'indagine

DIAMETRI PERFORAZIONE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)	Diametro (mm)
1	0,00	52,00	52,00	350
2	52,00	80,00	28,00	250

FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	55,00	55,00	0,00
2	70,00	70,00	0,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
gen/1990	38,00	46,00	8,00	2,000
gen/1990	38,00	54,00	16,00	3,000
gen/1990	38,00	65,00	27,00	5,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	1,00	1,00		TERRENO VEGETALE
2	1,00	2,00	1,00		CAPPELLO
3	2,00	14,00	12,00		SABBIA GIALLA
4	14,00	31,00	17,00		ARGILLA GIALLA
5	31,00	37,00	6,00		SABBIA GIALLA
6	37,00	56,00	19,00		SABBIA GIALLA SOTTILE
7	56,00	66,00	10,00		ARGILLA GIALLA
8	66,00	70,00	4,00		SABBIA GIALLA
9	70,00	71,00	1,00		SABBIA GIALLA CON FALDA
10	71,00	80,00	9,00		ARGILLA BLE

ISPRA - Copyright 2018

ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale

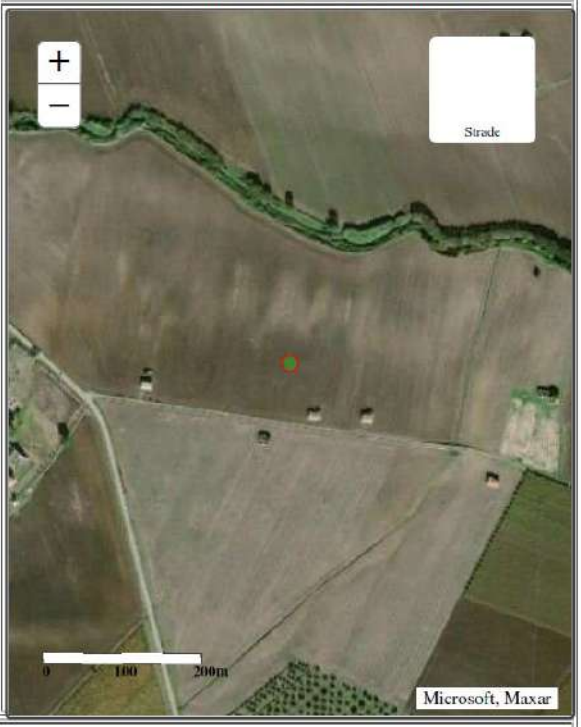
Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)

Dati generali

Codice: 198313
Regione: PUGLIA
Provincia: FOGGIA
Comune: APRICENA
Tipologia: PERFORAZIONE
Opera: POZZO PER ACQUA
Profondità (m): 98,00
Quota pc slm (m): ND
Anno realizzazione: 1993
Numero diametri: 0
Presenza acqua: SI
Portata massima (l/s): 5,000
Portata esercizio (l/s): ND
Numero falde: 4
Numero filtri: 0
Numero piezometrie: 1
Stratigrafia: SI
Certificazione(*): NO
Numero strati: 6
Longitudine WGS84 (dd): 15,328608
Latitudine WGS84 (dd): 41,771781
Longitudine WGS84 (dms): 15° 19' 42.100" E
Latitudine WGS84 (dms): 41° 46' 18.41" N

(*)**Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia**

Ubicazione indicativa dell'area d'indagine



FALDE ACQUIFERE

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Lunghezza (m)
1	18,50	48,00	29,50
2	48,00	60,00	12,00
3	60,00	78,00	18,00
4	78,00	98,00	20,00

MISURE PIEZOMETRICHE

Data rilevamento	Livello statico (m)	Livello dinamico (m)	Abbassamento (m)	Portata (l/s)
mar/1993	48,00	60,00	12,00	5,000

STRATIGRAFIA

Progr	Da profondità (m)	A profondità (m)	Spessore (m)	Età geologica	Descrizione litologica
1	0,00	1,00	1,00		TERRENO VEGETALE
2	1,00	18,50	17,50		ARGILLA BLU SECCA
3	18,50	48,00	29,50		SABBIA GRIGIA CHIARA C/ACQUA
4	48,00	60,00	12,00		SABBIA DURA CON ACQUA
5	60,00	78,00	18,00		SABBIA C/ STRATI DI ARENARIA CON ACQUA
6	78,00	98,00	20,00		SABBIA GIALLA C/ STRATI DI ARENARIA DURA CON ACQUA

ISPRA - Copyright 2018

3. PROGETTO PAI

Il Progetto PAI è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologica, individua e norma per l'intero ambito del bacino le aree a pericolosità idraulica e le aree a pericolosità geomorfologica.

Le aree a pericolosità idraulica individuate dal PAI sono suddivise, in funzione dei differenti gradi di rischio in:

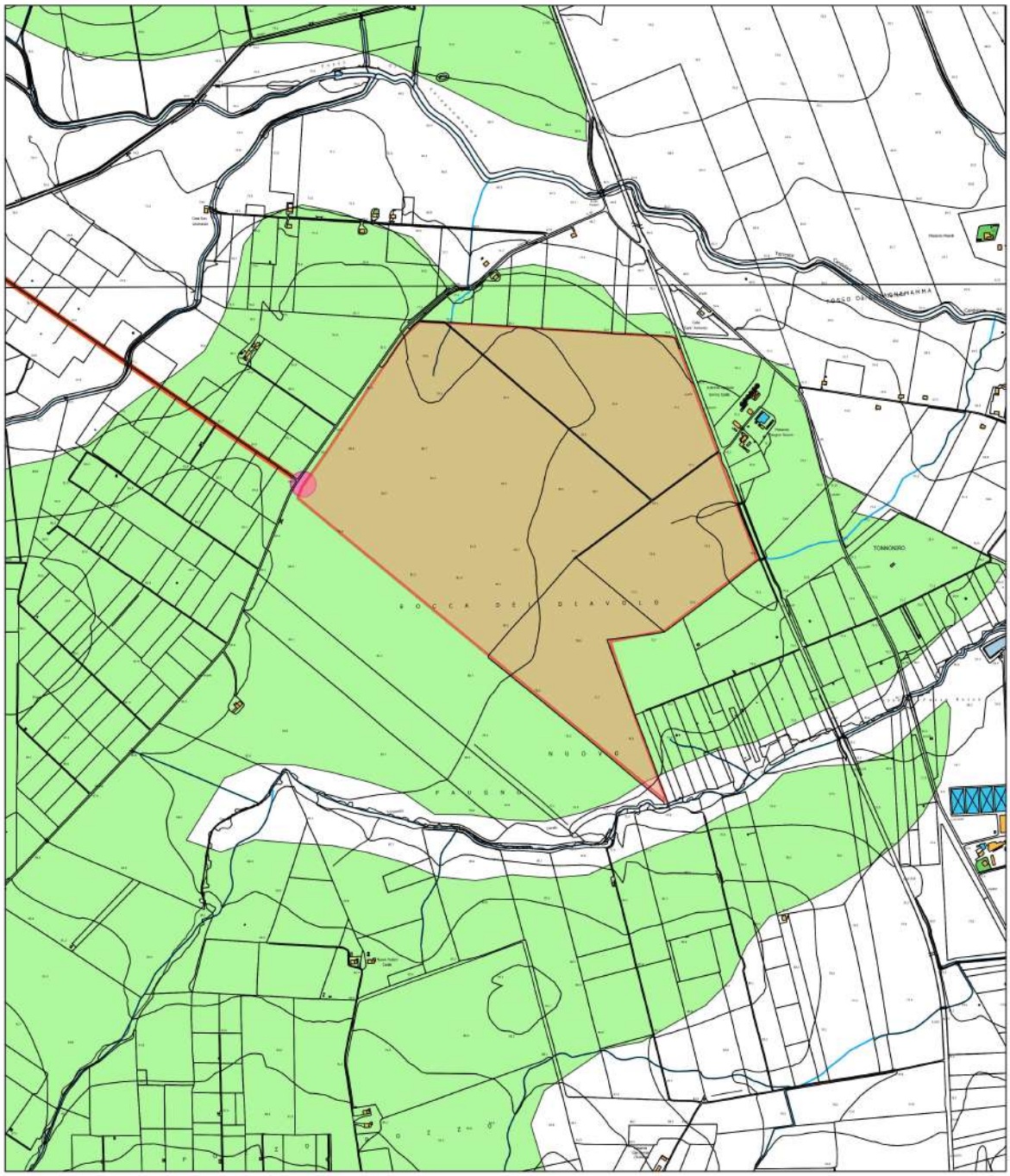
AREE A PERICOLOSITA' IDRAULICA

1) Aree ad alta probabilità di inondazione – A.P.;
2) Aree a media probabilità di inondazione –M.P.;
3) Aree a bassa probabilità di inondazione – B.P.;

4) AREE A PERICOLOSITA' GEOMORFOLOGICA

1) Aree a pericolosità geomorfologica molto elevata – P.G.3;
2) Aree a pericolosità geomorfologica elevata – P.G.2;
3) Aree a pericolosità geomorfologica media e moderata – P.G.1;

Per quanto riguarda il rischio idrogeologico nell'area preposta per la realizzazione dell'impianto risulta nullo. Mentre per il vincolo geomorfologico abbiamo la presenza di una pericolosità geomorfologica media e moderata P.G.1. Considerando il tipo si strutture che si andranno a realizzare (pannelli sostenuti da piantoni o tracher di altezza al mozzo di mt.3.50 inclinazione massima del pannello mt. 1.20 dal p.c.), si ritiene che la pericolosità viene mitigata.



CARTA PAI IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Legenda

Elementi
- Cabina generale di campo
- Sottostazione Terna
- Impianto agrivoltaico
- Cavo di connessione a 36 KV

PAI
pericolosita_geomorfologica
- PG3
- PG2
- PG1

PAI
Pericolosità idraulica
- AP
- MP
- BP

Scala 1 : 10.000

4. GEOLOGIA

La geologia del territorio interessato dall'intervento ospita terreni di origine continentale e terreni di origine marina la cui età è compresa tra il Miocene-Serravalliano all'Olocene attuale. Dal basso verso l'alto si susseguono:

M^3 Calcareniti di Apricena; Si tratta di calcareniti chiare, biancastre, giallastre, per lo più fortemente cementate,in strati o banchi di vario spessore, dai giunti non sempre netti; la grana è variabile: talvolta si passa a calcilutiti un po' marnose, tal'altra a brecciole ricche di frammenti organogeni (tra cui ceritidi), frequenti in tasche alla base della serie. Affiorano al margine orientale del foglio in una larga fascia, che dall'abitato di Apricena si estende verso i laghi di Lesina e di Varano. Poggiano trasgressive. sulle sottostanti formazioni mesozoiche; la trasgressione è segnata a volte dalla presenza di una breccia grossolana ad elementi calcarei ed a cemento calcareo-marnoso fortemente arrossato, per uno spessore variabile da 1 a 10 m. Nella zona fra Apricena e Poggio Imperiale lo spessore complessivo della formazione è di 125 mt. circa. Frequenti sono i resti di macrofossili, in genere mal conservati e non sempre determinabili; si riconoscono comunque numerosi frammenti di lamellibranchi e gasteropodi. Si rinvengono anche frequenti nummuliti rima -neggiate. Tali microfaune permettono di attribuire la formazione al Serravalliano.

Q^c Sabbie di Serracapriola; Le Sabbie di Serracapriola sono costituite prevalentemente da sabbie giallastre quarzose in grossi banchi; a luoghi sono presenti intercalazioni di arenarie abbastanza ben cementate, argille biancastre o verde chiaro. Non mancano i livelli lentiformi di conglomerati ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi. Poggiano in concordanza sulle Argille di Montesecco, alle quali passano gradualmente per alternanze, con locali fenomeni di eteropia. Il limite fra le due formazioni è stato posto convenzionalmente ove iniziano banchi sabbiosi più potenti, caratterizzati dalla presenza di intercalazioni arenacee, con locali episodi di sedimentazione più grossolana. Ove il passaggio è più netto, le Sabbie di Serracapriola spiccano con evidenza morfologica sulle tenere argille sottostanti. Nella zona di Apricena le Sabbie di Serracapriola poggiano direttamente in trasgressione sui terreni mesozoici e miocenici del Gargano. Mentre nella parte occidentale del foglio le sabbie sono quarzose e più grossolane, nella zona orientale (Torremaggiore, S. Severo) esse diventano molto più argillose a grana più fine; si presume che in questa zona le Sabbie di Serracapriola comprendano un intervallo stratigrafico più esteso che

nel resto del foglio, in parziale eteropia con le Argille di Montesecco; lo spessore della formazione, che è normalmente di circa 30 m, diventa qui più considerevole. L'età è ascrivibile al Calabriano Pliocene superiore.

q^{Q} Conglomerati di Campomarino; Sono costituiti da lenti e letti di ghiaie. più o meno cementate, talvolta con livelli di conglomerati compatti. A luoghi sono presenti sabbie a stratificazione incrociata ed intercalazioni di argille verdastre. La natura litologica dei costituenti è molto varia, trattandosi di materiale proveniente dalle formazioni appenniniche: prevalgono i ciottoli di calcari marnosi, di arenarie e, localmente, di cristallino. L'arrotondamento degli elementi è notevole ed abbastanza pronunciato è il grado di appiattimento, specie dei ciottoli di medie dimensioni. Il passaggio alle sottostanti Sabbie di Serracapriola è normalmente concordante o con lieve discordanza angolare nelle zone più interne. Lo spessore è più elevato (15-20 mt) nella zona prossima alla costa; qui si osservano gli affioramenti più evidenti, corrispondenti alla vecchia scarpata di abrasione marina, specie nei pressi di Termoli, Campomarino e Marina di Fantine. La natura del sedimento e la locale presenza, nei livelli inferiori, di fossili marini, fa ritenere che la formazione rappresenti la fase finale della regressione calabriana e l'inizio del successivo alluvionamento. I Conglomerati dì Campomarino presentano localmente un arrossamento superficiale per alterazione.

L'età è ascrivibile al Postcalabriano-Calabriano Terminale.

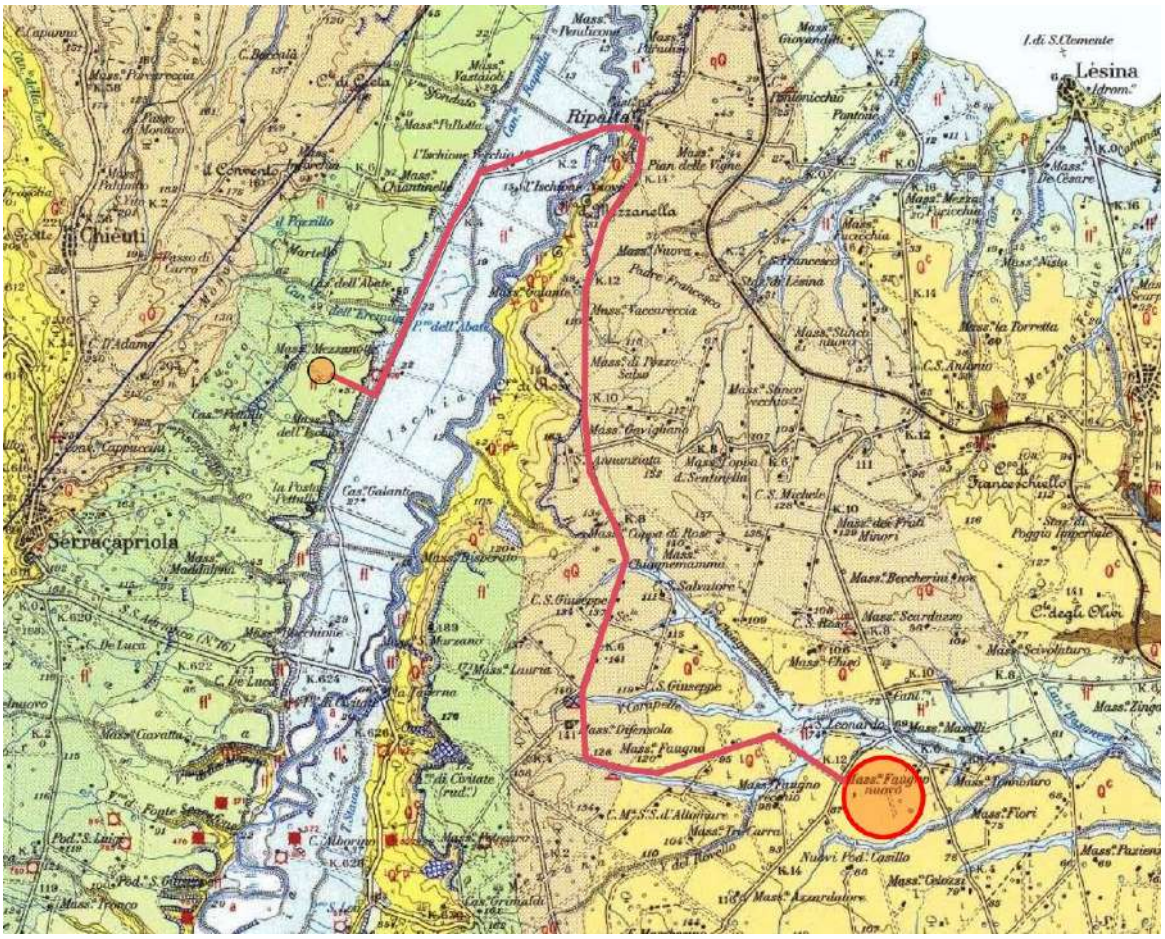
Fl^{3} Alluvioni ghiaioso-sabbioso-argillose del III° ordine di terrazzi; Si tratta di depositi più fini dei depositi del II° ordine, con prevalenza di sabbie e argille e rari livelli ghiaiosi. Essi sono stati individuati lungo il F. Fortore, ove costituiscono una piattaforma estesa specie sul versante destro del fiume. Lo spessore del sedimento è dell'ordine di qualche metro ed il suo dislivello sull'attuale alveo del fiume nella zona meridionale del foglio è di circa 40 mt. Il terrazzo è evidente solo fino all'altezza del Ponte di Civitate: più a N è di difficile separazione da il fl^{2}. Anche nella zona orientale del foglio ed in prossimità del lago di Lesina e di Apricena, sono stati distinti dei sedimenti alluvionali e contrassegnati con fl^{3}. L'età è ascrivibile al Pleistocene inferiore.

Fl^{4} Alluvioni prevalentemente limoso-argillose del IV° ordine di terrazzi; Si tratta di limi, argille e sabbie provenienti essenzialmente dall'erosione dei sedimenti plio-pleistocenici, a questo materiale fine si intercalano localmente lenti di ciottoli grossolani. Lo spessore supera i 10 mt, le

alluvioni terrazzate indicate con fl^4 costituiscono ripiani elevati al massimo di una decina di metri rispetto agli alvei attuali; verso il mare però tale valore decresce progressivamente fino ad annullarsi. L'età è ascrivibile al Pleistocene superiore-Olocene.

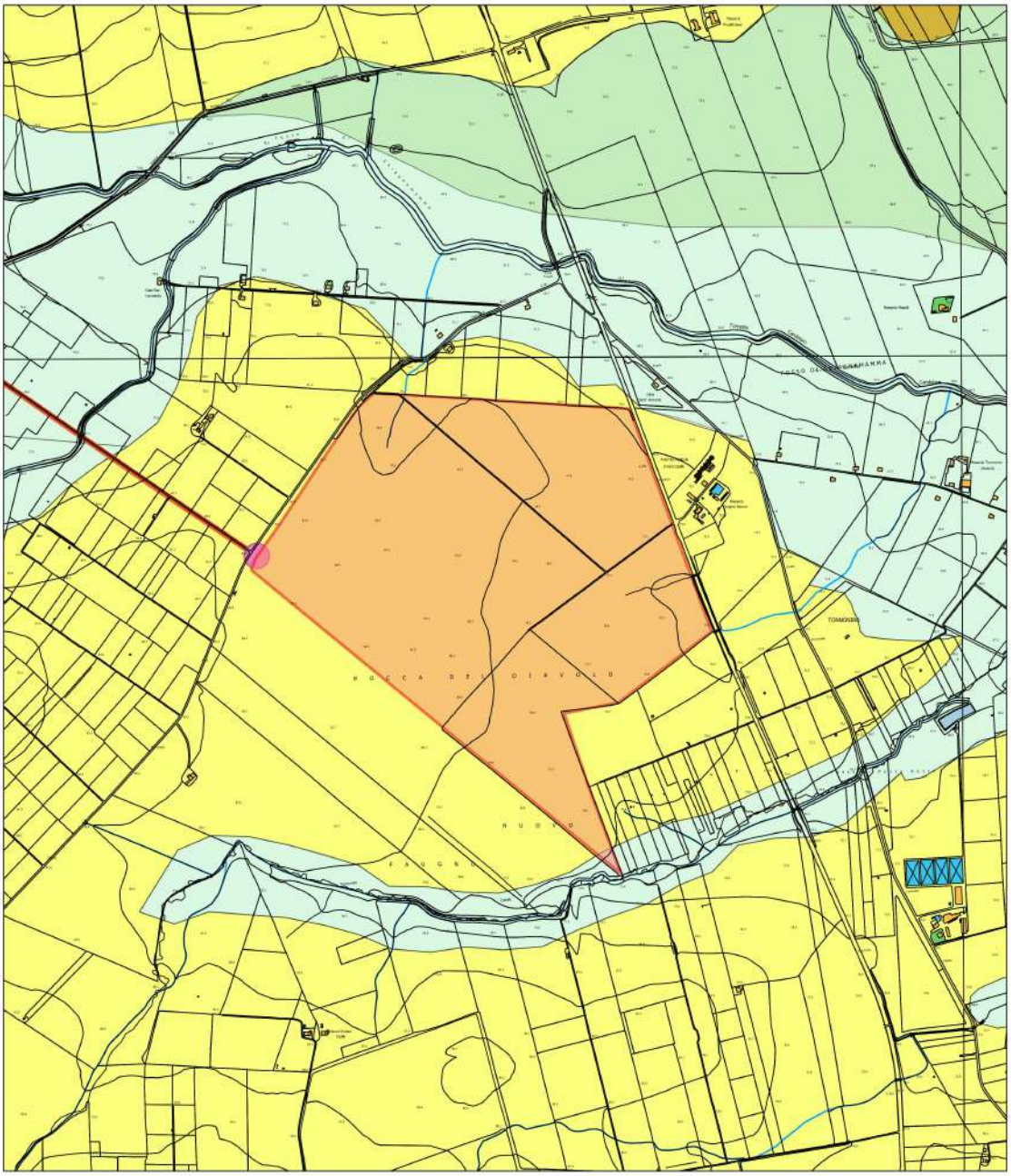
L'area interessata dall'impianto agrivoltaico ospita terreni della formazione delle Sabbie di Serracapriola. Inoltre è da mettere in evidenza come la diversa composizione litologica dei litotipi presenti sul territorio, si riflette spesso sulle forme morfologiche derivanti dalla evoluzione geomorfologica dei versanti. Quindi a forme morfologiche dolci, come versanti con scarse pendenze e pendii poco acclivi, si possono associare terreni teneri, mentre terreni composti da formazioni calcaree, formazioni conglomeratiche cementate e formazioni marnose formano quasi sempre pianalti, picchi, sporgenze e pendii piuttosto ripidi. Queste considerazioni emergono dalla visione geologica generale estesa in tutto il territorio posto nel foglio 154 San Severo. Si è ritenuto opportuno estendere la visione geologica come descritto in quanto tutto ciò permette di avere una visione completa e globale della morfologia dell'idrogeologia e della geologia del territorio su cui si andrà ad intervenire.

STRALCIO DEL FOGLIO GEOLOGICO N° 154 S. SEVERO



Legenda

- Impianto agrivoltaico
- Cavo di connessione a 36 KV.
- Sottostazione Terna
- Fl^4 Ciottolame
- Fl^3 Sabbie straterellate giallastre
- Fl^1 Sabbie straterellate giallastre
- Q^q Conglomerati di Campomarino
- Q^c Sabbie di Serracapriola
- M^3 Calcareniti di Apricena



CARTA GEOLOGICA IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Legenda

Elementi

- Cabina generale di campo
- Sottostazione Terna
- Impianto agrivoltaico
- Cavo di connessione a 36 KV

Geologia

- Fl4 Alluvioni prevalentemente limose-argillose del IV ordine dei terrazzi
- fl3 Alluvioni ghiaioso-sabbioso-argillose del III ordine dei terrazzi
- qQ Conglomerati di Campomarino
- Qc Sabbie di serracapriola
- M3 Calcareniti di Apricena

Scala 1 : 10.000

5. ELEMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI

Litologia del substrato

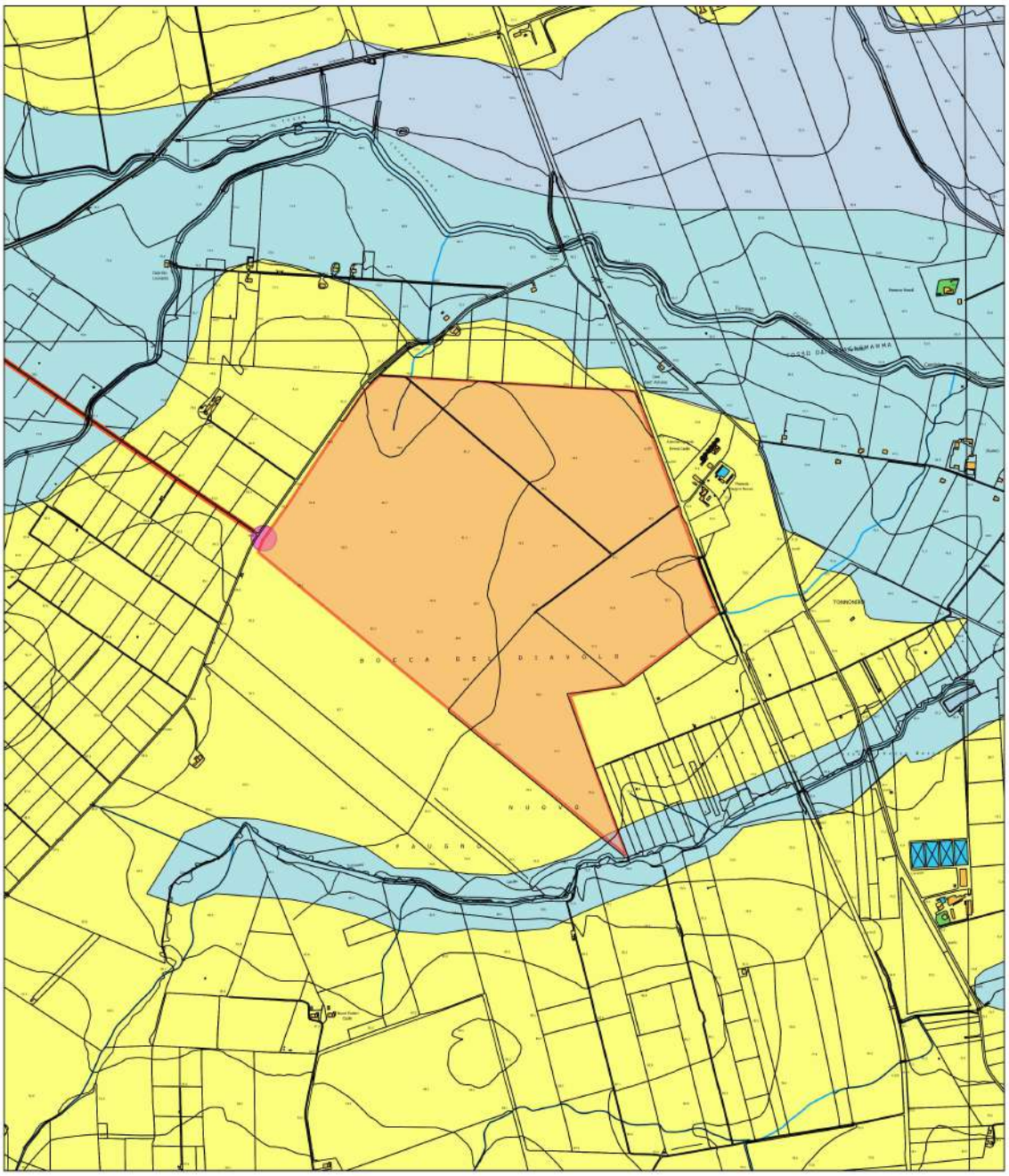
Per quanto riguarda l'assetto litotecnico lo stesso si caratterizza per la presenza di differenti termini, riconosciuti in affioramento da peculiari caratteristiche tecniche ed idrogeologiche. Di seguito sono descritte le unità litotecniche che raggruppano elementi a comportamento più o meno omogeneo:

-Unità litotecnica costituita da depositi sciolti a grana fine rappresentata da materiali limosi, argillosi e sabbiosi riguarda la formazione (Fl^4). Detta unità litotecnica, presenta un comportamento del tipo granulare ed una risposta meccanica, del tipo non elastico. Il grado di permeabilità risulta in genere medio.

-Unità litotecnica costituita da depositi sciolti a prevalente componente ghiaioso-sabbioso riguarda la formazione (Fl^3). Detta unità litotecnica, presenta un comportamento del tipo granulare ed una risposta meccanica, del tipo non elastico. Il grado di permeabilità risulta in genere de medio ad elevato.

-Unità litotecnica a prevalente componente siltoso-sabbioso e/o arenitica riguarda le formazioni (Q^q e Q_c). Detta unità litotecnica, presenta un comportamento del tipo granulare ed una risposta meccanica, del tipo non elastico. Il grado di permeabilità risulta in genere da medio ad elevato.

-Unità litotecnica a prevalente componente calcare o dolomitica riguarda la formazione (M^3). Detta unità litotecnica, presenta un comportamento rigido; sono materiali la cui risposta meccanica varia da ottima a buona ed è dipendente dal locale grado di fratturazione dell'ammasso. Il grado di permeabilità risulta in genere da medio ad elevato.



CARTA LITOLOGICA IMPIANTO AGRIVOLTAICO

Legenda

Elementi

- Cabina generale di campo
- Sottostazione Terna
- Impianto agrivoltaico
- Cavo di connessione a 36 KV

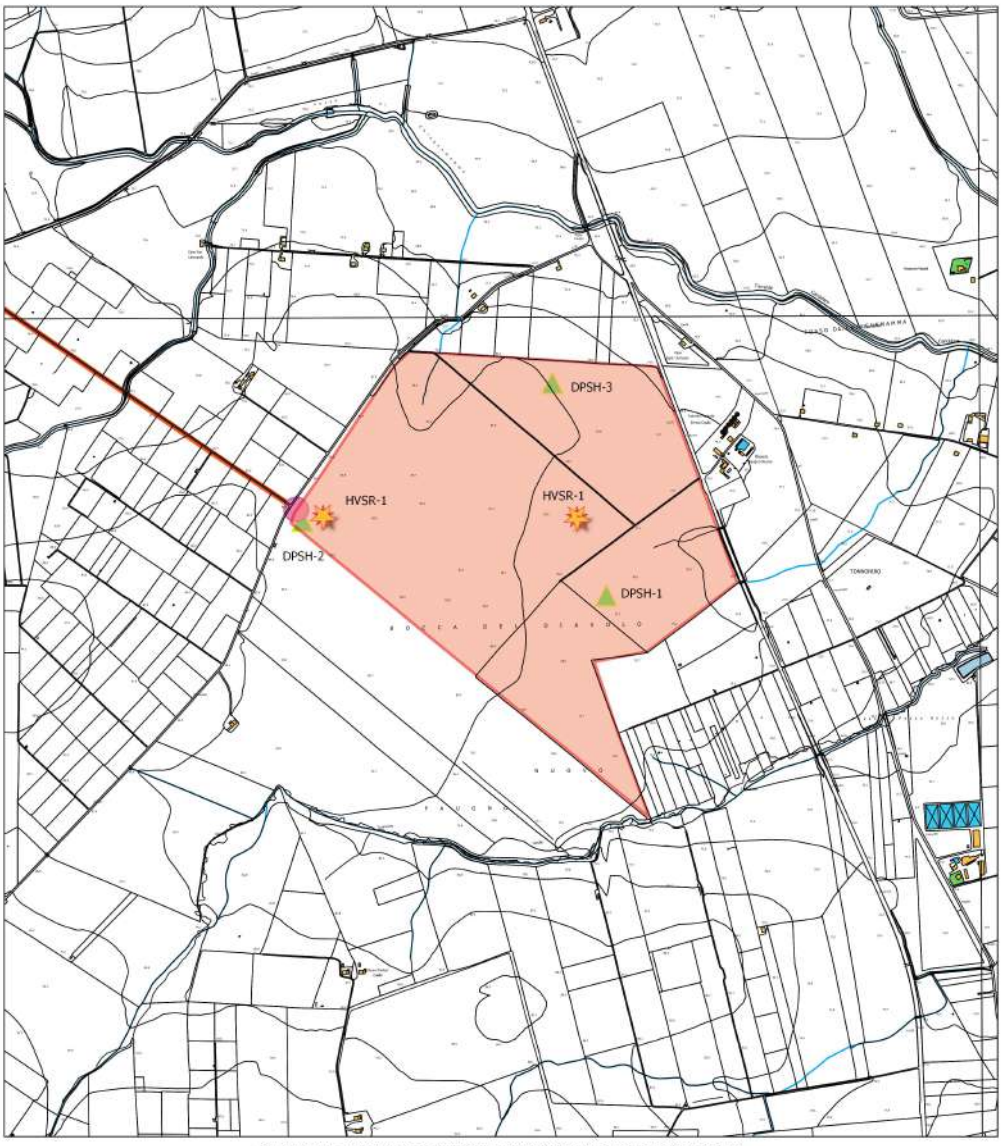
Litologia del substrato

- Depositi sciolti a prevalente componente pelitica
- Depositi sciolti a prevalente componente sabbiosa-ghiaiosa
- Unità a prevalente componente siltosa-sabbiosa e/o arenitica
- Unità a prevalente calcarea o dolomitica

Scala 1 : 10.000

6. *INDAGINI GEOGNOSTICHE E RISULTATI*

Nell'area in esame come già descritto è stata effettuata una campagna indagini geognostiche costituita da tre prove penetrometriche del tipo dinamica pesante DPSH spinte fino alla profondità significativa. Per il calcolo della risposta sismica locale ai sensi del D.M. 17/01/2018 e della Circolare del C.S.LL.PP. n.7 del 21 gennaio 2019, sono state effettuate due prove sismiche del tipo passiva a stazione singola (HVSR-microtremori).



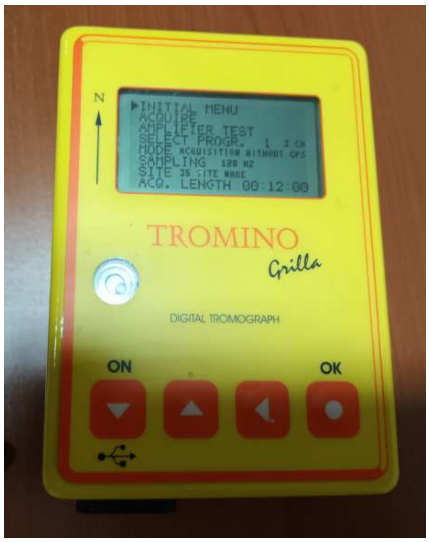
PLANIMETRIA UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Prova penetrometrica dinamica continua DPSH n.1

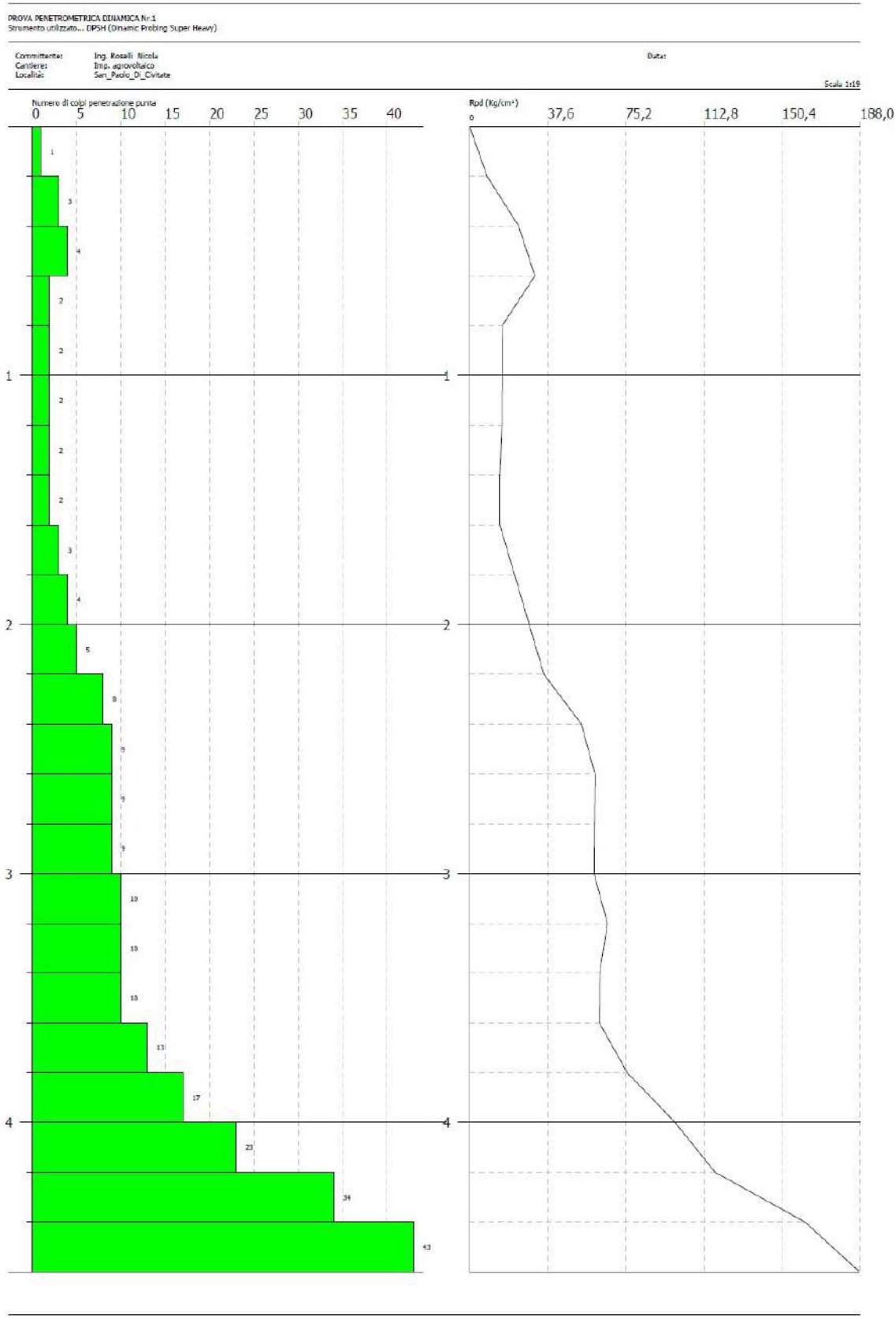
Prova penetrometrica dinamica continua DPSH n.2

Prova penetrometrica dinamica continua DPSH n.3

HVSR



MODELLO GEOLOGICO PROVA PENETROMETRICA DPSH-1



MODELLO GEOLOGICO

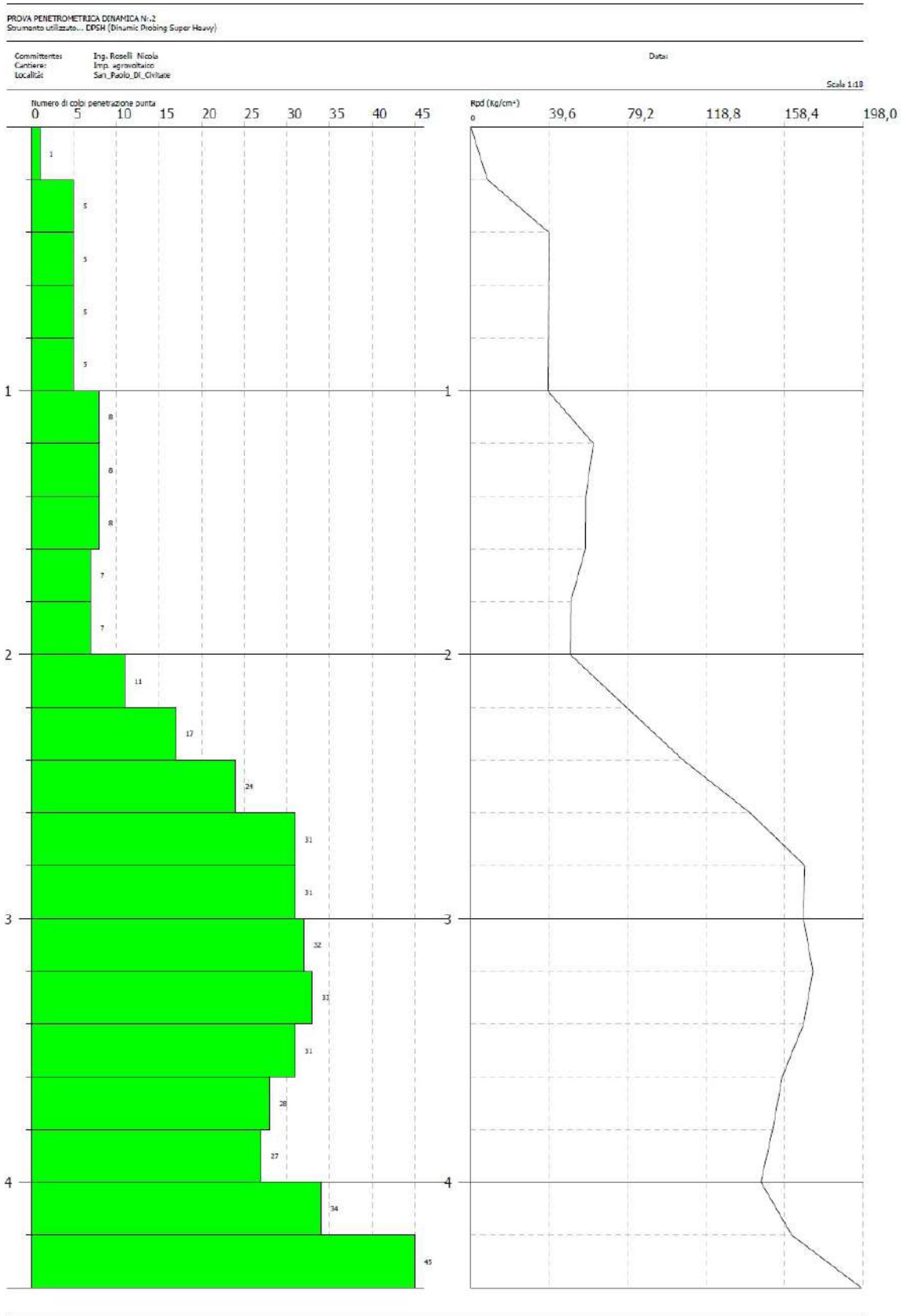
- **0.00 mt : 2.20 mt** = Limi sabbiosi poco addensati.
- **2.20 mt : 3.60 mt** = Sabbie limose moderatamente addensate.
- **3.60 mt : 4.00 mt** = Sabbie arenacee moderatamente addensate.
- **4.00 mt : 4.60 mt** = Sabbie arenacee molto addensate.

assenza di falda

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PROVA PENETROMETRICA DPSH-1

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Dr (%)	φ Angolo d'attrito interno (°)	E' modulo di young (Kg/cm²)	Eed modulo edometrico (Kg/cm²)	Classificazione AGI	γ Peso di volume del terreno (t/m³)	V' Coefficiente di Poiusson	G modulo di deformazione al taglio dinamico (Kg/cm²)
1-	0.00-2.20	4.11	18.42	22.85	32.88	35.91	Poco addensato	1.88	0.35	245.43
2	2.20—3.60	13.97	41.11	29.48	111.76	56.16	Moderatamente addensato	1.94	0.33	775.17
3	3.60-4.00	22.56	54.84	33.40	180.48	73.80	Moderatamente addensato	2.04	0.31	1216.33
4	4.00-4.60	50.13	80.47	42.42	401.04	130.43	Molto addensato	2.24	0.25	2576.35

MODELLO GEOLOGICO PROVA PENETROMETRICA DPSH-2



MODELLO GEOLOGICO

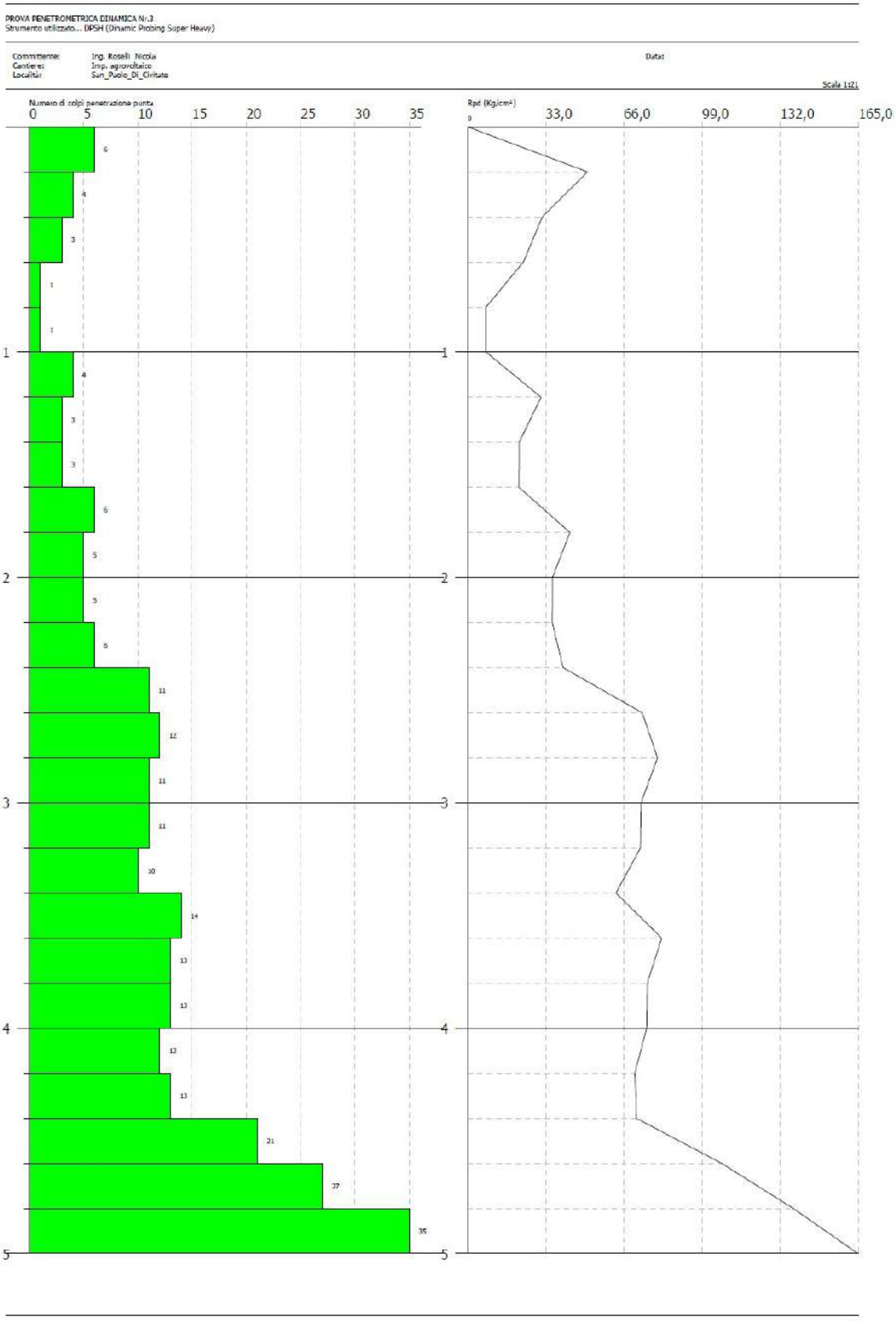
- **0.00 mt : 1.00 mt** = Limi sabbiosi poco addensati.
- **1.00 mt : 2.00 mt** = Sabbie limose moderatamente addensate.
- **2.00 mt : 2.40 mt** = Sabbie moderatamente addensate.
- **2.40 mt : 4.00 mt** = Sabbie arenacee addensate.
- **4.00 mt : 4.40 mt** = Sabbie arenacee molto addensate.

Assenza di falda

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PROVA PENETROMETRICA DPSH-2

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Dr (%)	φ Angolo d'attrito interno (°)	E' modulo di young (Kg/cm²)	Eed modulo edometrico (Kg/cm²)	Classificazione AGI	γ Peso di volume del terreno (t/m³)	V' Coefficiente di Poiusson	G modulo di deformazione al taglio dinamico (Kg/cm²)
1-	0.00-1.00	6.32	24.27	24.74	50.56	40.45	Poco addensato	1.90	0.34	367.78
2	1.00—2.00	11.43	36.06	28.09	91.44	50.94	Moderatamente addensato	1.93	0.33	641.91
3	2.00-2.40	21.06	52.77	32.77	168.48	70.72	Moderatamente addensato	2.01	0.31	1140.16
4	2.40-4.00	44.55	75.96	40.85	356.40	118.97	addensato	2.22	0.27	2305.85
5	4.00-4.40	59.41	89.38	44.85	475.28	149.49	Molto addensato	2.28	0.23	3022.33

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PROVA PENETROMETRICA DPSH-3



MODELLO GEOLOGICO

- **0.00 mt : 2.40 mt** = Limi sabbiosi poco addensati.
- **2.40 mt : 4.40 mt** = Sabbie limose moderatamente addensate.
- **4.40 mt : 4.80 mt** = Sabbie arenacee addensate.
- **4.80 mt : 5.00 mt** = Sabbie arenacee molto addensate.

Assenza di falda

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PROVA PENETROMETRICA DPSH-3

Strato	Prof. Strato (m)	Nspt	Dr (%)	φ Angolo d'attrito interno (°)	E' modulo di young (Kg/cm²)	Eed modulo edometrico (Kg/cm²)	Classificazione AGI	γ Peso di volume del terreno (t/m³)	V' Coefficiente di Poiusson	G modulo di deformazione al taglio dinamico (Kg/cm²)
1-	0.00-2.40	5.9	23.19	24.41	47.20	47.20	Poco addensato	1.89	0.34	344.76
2	2.40—4.40	18.05	48.22	31.45	144.40	144.40	Moderatamente addensato	1.97	0.32	986.28
3	4.40-4.80	36.10	69.15	38.27	288.80	288.80	addensato	2.18	0.28	1892.21
4	4.80-5.00	52.64	82.65	43.10	421.12	421.12	Molto addensato	2.25	0.25	2697.43

In base alla ricerca effettuata ed ai risultati delle prove penetrometriche si evince l'assenza di falde al livello più superficiale. Mentre le stesse del tipo artesiano le ritroviamo nell'acquifero poroso superficiale alle profondità di mt.:

a) Apricena codice 198447 rivenute due falde a mt. -18 e 140.
b) Apricena codice 198400 rivenute due falde a mt. -55 e 70.
c) Apricena codice 198313 rivenuta quattro falde a mt. -18.50-48-60-78.

Dall'analisi delle prove si evince che tutti gli strati investigati sono del tipo attritivo.

Per quanto riguarda le prove sismiche a riflessione multipla del tipo passiva a stazione singola le misure sono state effettuate per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Tromino, *MICROMED spa, 10x7x14 cm per 1 Kg di peso*) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1,5 V e senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 128 Hz, in modo da avere informazioni su frequenze massime di 64 Hz. (Si ricordi il teorema di

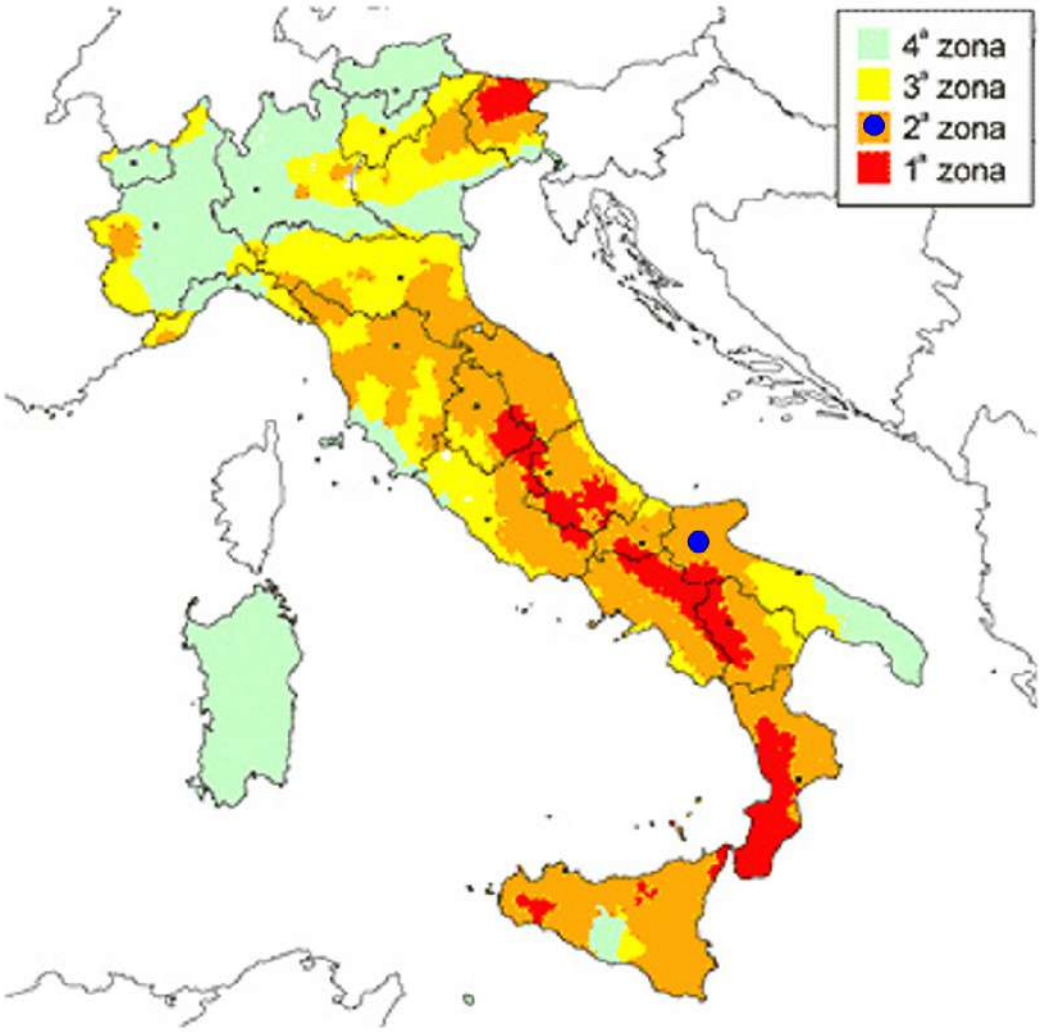
Nyquist secondo il quale la massima frequenza ricostruibile di un segnale è la *metà* della frequenza di campionamento del segnale stesso).

Il risultato finale consiste nella graficizzazione delle medie degli HVSR di ciascuna finestra e nell'interpretazione secondo la tecnica di Nakamura della frequenza fondamentale di risonanza del terreno di fondazione. Inoltre l'elaborazione della prove con l'ausilio dei rapporti stratigrafici ha permesso la classificazione del tipo di terreno cosi come richiesto dal D.M. 17/01/2018 e della Circolare del C.S.LL.PP. n.7 del 21 gennaio 2019. Dai risultati delle velocità delle onde di taglio, si evince che l'area del campo agrivoltaico, presenta una velocità variabile da Vs_equ 372 a 377 m/sec. che individua un terreno di tipo B. Inoltre la frequenza fondamentale del terreno di fondazione di interesse ingegneristico in un Range da 1.0 a 10 Hz risulta variabile da 6.25 – 6.22 Hz. In tutte e tre le prove si ha l'assenza di falda idrica.

RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA

Ai sensi del D.M. 17/01/2018 e della Circolare del C.S.LL.PP. n.7 del 21 gennaio 2019

VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE



Sito investigato
Coordinate geografiche
espresse in WGS 84

Latitudine : 41°46'02.70" N
Longitudine : 15°18'57.02" E

7. SISMICA

7.1 VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA ALLO STUDIO

Premesso che per pericolosità sismica di un'area si intende che in essa, in un dato intervallo di tempo, può verificarsi un terremoto di una certa intensità e che detta intensità dipende dalla geologia del sito, morfologia superficiale, morfologia del substrato roccioso sepolto, presenza e profondità della falda freatica, costituzione e proprietà del sottosuolo, presenza di faglie. In Sintesi dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno, degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che lo costituiscono.

Ciò premesso, il territorio comunale di San Paolo di Civitate già era classificato sismica ai sensi del D.M.19.03.1982. L'Ordinanza P.C.M. n.3274 del 23.03.2003 riclassifica l'intero territorio nazionale e in tale quadro il territorio del Comune di San Paolo di Civitate viene confermato in zona sismica 2 (media sismicità). Si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ag, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

		NORMATIVA PRECEDENTE		NORMATIVA ATTUALE
Zone Sismiche	Classe	Coefficiente Sismico S	Amplificazione sismica C = (S- 2)/100	Amplificazione sismica a (g)
1	Elevata Sismicità	12	0,1	0,35
2	Media Sismicità	9	0,07	0,25
3	Moderata Sismicità	6	0,04	0,15
4	Bassa Sismicità	0	0	0,05

Con l'entrata in vigore del D.M.17 gennaio 2018, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. Quindi alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, la pericolosità sismica viene espressa come risposta sismica locale. La stessa consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzi detti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido, (categoria A)

con superficie topografica orizzontale (categoria T1).

In definitiva la risposta sismica locale è l'azione sismica quale emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata, contenuto in frequenza, subite trasmettendosi dal substrato rigido. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s.eq}$ (in m/s).

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

con
hi = spessore dello stato i-sesimo;
Vs.i = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
N = numero di strati;
H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da Vs non inferiore a 800 m/sec.

Dai risultati delle velocità delle onde di taglio, si evince che l'area allo studio presenta Vs-equ = variabile da 372 a 377 m/sec, che individua un terreno di tipo B. Inoltre la frequenza fondamentale del terreno di fondazione risulta variabile da 6.22 – 6.25 Hz.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato viene riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità viene riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

7.2 CLASSIFICAZIONE DEL SITO METODO PREVISTO DAL D.M. 17 GENNAIO 2018

Vengono identificate 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

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

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Determinazione dei parametri sismici:

Impianto agrivoltaico coordinate WGS84:

Long 41°46’02.70’’ N

Lat 15°18’57.02’’E

Categoria sottosuolo : B

Categoria topografica : T1

Amplificazione topografica St = 1

La frequenza fondamentale del terreno di fondazione di interesse ingegneristico in un Range da 1.0 a 10 Hz risulta variabile da 6.25 – 6.22 Hz.

8. CONCLUSIONI

In sede preliminare è stato dato un quadro topografico e geomorfologico del territorio in cui ricadono i siti in esame. E' stata poi analizzata la morfologia, la geologia e l'idrogeologia in senso stretto del territorio circostante e dell'areae allo studio, ne deriva che si hanno cinque formazioni geologiche-sedimentarie La geologia del territorio interessato dall'intervento ospita terreni di origine continentale e terreni di origine marina, la cui età è compresa tra il Miocene-Serravalliano all'Olocene attuale. Dal basso verso l'alto si susseguono:

M^3 Calcareniti di Apricena; Si tratta di calcareniti chiare, biancastre, giallastre, per lo più fortemente cementate,in strati o banchi di vario spessore, dai giunti non sempre netti; la grana è variabile. Talvolta si passa a calcilutiti un po' marnose, tal'altra a brecciole ricche di frammenti organogeni (tra cui ceritidi), frequenti in tasche alla base della serie. Affiorano al margine orientale del foglio in una larga fascia, che dall'abitato di Apricena si estende verso i laghi di Lesina e di Varano. Poggiano trasgressive. sulle sottostanti formazioni mesozoiche; la trasgressione è segnata a volte dalla presenza di una breccia grossolana ad elementi calcarei ed a cemento calcareo-marnoso fortemente arrossato, per uno spessore variabile da 1 a 10 m. Nella zona fra Apricena e Poggio Imperiale lo spessore complessivo della formazione è di 125 mt. circa. La datazione delle microfaune permettono di attribuire la formazione al Serravalliano.

Q^c Sabbie di Serracapriola; Le Sabbie di Serracapriola sono costituite prevalentemente da sabbie giallastre quarzose in grossi banchi; a luoghi sono presenti intercalazioni di arenarie abbastanza ben cementate, argille biancastre o verde chiaro. Non mancano i livelli lentiformi di conglomerati ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi. Poggiano in concordanza sulle Argille di Montesecco, alle quali passano gradualmente per alternanze, con locali fenomeni di eteropia. Il limite fra le due formazioni è stato posto convenzionalmente ove iniziano banchi sabbiosi più potenti, caratterizzati dalla presenza di intercalazioni arenacee, con locali episodi di sedimentazione più grossolana. Ove il passaggio è più netto, le Sabbie di Serracapriola spiccano con evidenza morfologica sulle tenere argille sottostanti. Nella zona di Apricena le Sabbie di Serracapriola poggiano direttamente in trasgressione sui terreni mesozoici e miocenici del Gargano. L'età è ascrivibile al Calabriano Pliocene superiore.

q^{Q} Conglomerati di Campomarino; Sono costituiti da lenti e letti di ghiaie. più o meno cementate, talvolta con livelli di conglomerati compatti. A luoghi sono presenti sabbie a stratificazione incrociata ed intercalazioni di argille verdastre. La natura litologica dei costituenti è molto varia, trattandosi di materiale proveniente dalle formazioni appenniniche: prevalgono i ciottoli di calcari marnosi, di arenarie e, localmente, di cristallino. Il passaggio alle sottostanti Sabbie di Serracapriola è normalmente concordante o con lieve discordanza angolare nelle zone più interne. La natura del sedimento e la locale presenza, nei livelli inferiori, di fossili marini, fa ritenere che la formazione rappresenti la fase finale della regressione calabriana e l'inizio del successivo alluvionamento. I Conglomerati dì Campomarino presentano localmente un arrossamento superficiale per alterazione.

L'età è ascrivibile al Postcalabriano-Calabriano Terminale.

Fl^{3} Alluvioni ghiaioso-sabbioso-argillose del III° ordine di terrazzi; Si tratta di depositi più fini dei depositi del II° ordine, con prevalenza di sabbie e argille e rari livelli ghiaiosi. Lo spessore del sedimento è dell'ordine di qualche metro Nella zona orientale del foglio ed in prossimità del lago di Lesina, sono stati distinti dei sedimenti alluvionali e contrassegnati con fl^{3}. L'età è ascrivibile al Pleistocene inferiore.

Fl^{4} Alluvioni prevalentemente limoso-argillose del IV° ordine di terrazzi; Si tratta di limi, argille e sabbie provenienti essenzialmente dall'erosione dei sedimenti plio-pleistocenici, a questo materiale fine si intercalano localmente lenti di ciottoli grossolani. Lo spessore supera i 10 mt, le alluvioni terrazzate indicate con fl^{4} costituiscono ripiani elevati al massimo di una decina di metri rispetto agli alvei attuali; verso il mare però tale valore decresce progressivamente fino ad annullarsi. L'età è ascrivibile al Pleistocene superiore-Olocene.

L'area interessata dall'impianto agrivoltaico ospita la formazione delle sabbie di Serracapriola.

Per quanto riguarda l'assetto litotecnico lo stesso si caratterizza per la presenza di differenti termini, riconosciuti in affioramento da peculiari caratteristiche tecniche ed idrogeologiche. Di seguito sono descritte le unità litotecniche che raggruppano elementi a comportamento più o meno omogeneo:

-Unità litotecnica costituita da depositi sciolti a grana fine rappresentata da materiali limosi, argillosi e sabbiosi riguarda la formazione (Fl^{4}). Detta unità litotecnica, presenta un comportamento

7el tipo granulare ed una risposta meccanica, del tipo non elastico. Il grado di permeabilità risulta in genere medio.

-Unità litotecnica costituita da depositi sciolti a prevalente componente ghiaioso-sabbioso riguarda la formazione (Fl^3). Detta unità litotecnica, presenta un comportamento del tipo granulare ed una risposta meccanica, del tipo non elastico. Il grado di permeabilità risulta in genere de medio ad elevato.

-Unità litotecnica a prevalente componente siltoso-sabbioso e/o arenitica riguarda le formazioni (Q^q e Q_c). Detta unità litotecnica, presenta un comportamento del tipo granulare ed una risposta meccanica, del tipo non elastico. Il grado di permeabilità risulta in genere da medio ad elevato.

-Unità litotecnica a prevalente componente calcare o dolomitica riguarda la formazione (M^3). Detta unità litotecnica, presenta un comportamento rigido; sono materiali la cui risposta meccanica varia da ottima a buona ed è dipendente dal locale grado di fratturazione dell'ammasso. Il grado di permeabilità risulta in genere da medio ad elevato.

Dal punto di vista geomorfologico ed idrogeologico, l'area interessata dai pannelli fotovoltaici si presenta per lo più pianeggiante ed altimetricamente è posta a quote minime di mt 77, massime di mt.83 s.l.m., con pendenza verso sud-est poco accentuata dell' 1.7%. In quest'area dalla lettura delle carte PAI e dalla verifica effettuata in loco risulta un vincolo geomorfologico P.G.1 a pericolosità geomorfologica media e moderata. Considerando il tipo si strutture che si andranno a realizzare (pannelli sostenuti da piantoni o tracher di altezza al mozzo di mt.3.50 inclinazione massima del pannello mt. 1.20 dal p.c.), si ritiene che la pericolosità viene mitigata. Inoltre l'area presenta una bassissima pendenza che non permette l'instaurarsi di fenomeni franosi. Pertanto nell' area allo studio ed in quelle vicinorie non si riscontrano fenomeni franosi in atto o potenziali, fenomeni quiescenti, fenomeni franosi stabilizzati zone di erosione o di ruscellamento accelerato. Il territorio interessato dall'impianto agrivoltaico, dalla linea Mt e dalla stazione utente di trasformazione per la bassa acclività si presenta stabile e privo di fenomenologie eversive. Tutto ciò è visibile, nella carta geomorfologica e nella carta della pericolosità idraulica redatta dall'autorità di bacino ed allegata al Piano di Assetto Idrogeologico (PAI).

A conclusione di quanto sopra esposto e dalle risultanze emerse nei calcoli delle verifiche innanzi effettuate si deduce che l'area in parola, non è interessata da **"pericolosità geologica"** in

quanto :

- I pendii risultano stabili.

- Non vi sono fenomeni franosi in atto o potenziali.

- Non vi sono fenomeni erosivi.

-Non vi sono fenomeni di ruscellamento.

-Geotecnicamente i parametri dei terreni che ospiteranno le fondazioni della cabina generale, delle cabine inverter e delle cabine vani tecnici risultano buoni.

Dall'ultima proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale, risulta che il territorio di San Paolo di Civitate è zona sismica 2, di classe media sismicità. Pertanto, per il dimensionamento delle opere d'arte, è prevista l'adozione e le relative prescrizioni e norme antisismiche ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 e della Circolare del C.S.LL.PP. n.7 del 21 gennaio 2019.

Tanto Dovevasi.

IL GEOLOGO

Dott. Vito. F. PLESCIA

Bibliografia

REGIONE PUGLIA Carta Tecnica Regionale C.T.R. elementi 395041,395042,395043,395044,396013,396014, alla scala 1 : 5.000

Regolamento Regionale 11 Marzo 2015 n.9 e dalla L.R. del 27 Luglio 2001, n° 20 Art.4 comma 3, lett.b e Art.5,comma 10 bis

Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato Direzione Generale delle Miniere, Servizio Geologico d'Italia – Note illustrative della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA Foglio 154 San Severo.

Note illustrative della carta geologica alla scala 1 : 100.000 Foglio 154 San Severo

Note illustrative della carta geologica alla scala 1 : 50.000 Foglio 422 Cerignola

Autorità di Bacino ADB Puglia

Progetto di Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico (PAI) dei Bacini di competenza.

Il Dipartimento Difesa del Suolo - *Servizio Geologico d'Italia* dell'APAT (ora in ISPRA). Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia).

ENI Acque dolci sotterranee "Inventario dei dati raccolti dall'Agip durante la ricerca di idrocarburi in Italia".

D.M. 17/01/2018 e della Circolare del C.S.LL.PP. n.7 del 21 gennaio 2019

C. Cestelli Guidi Geotecnica e tecnica delle fondazioni Vol. I° e II°

Arai H. e Tokimatsu K., 2004. *S*-Wave Velocity Profiling by Inversion of Microtremor H/V Spectrum, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, **94**, p. 53-63.

Delgado J., Lopez Casado C., Giner J., Estevez A., Cuenca A. e Molina, S., 2000. Microtremors as a geophysical exploration tool: applications and limitations, *Pure Appl. Geophys.*, **157**, 1445–1462.

Nakamura Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimates of subsurface using microtremor on the round surface, *QR of RTRI*, **30**, 25-33.

Bard P.-Y., 1998. Microtremor measurements: a tool for site effect estimation? Second International Symposium on the Effects of the Surface Geology on Seismic Motion-ESG98, Japan.

Borcherdt R. D., 1992. Simplified site classes and empirical amplification factors for site-dependent code provisions, in *Proc. NCEER, SEAOC, BSSC Workshop on Site Response during Earthquakes and Seismic Code Provisions*, November 18-20, University of Southern California, Los Angeles, California.

Borcherdt R. D., 1994. Estimates of site-dependent response
spectra for design (methodology and justification), *Earthq. Spectra*, **4**, 617-653.

Budny M, 1984. *Seismische Bestimmung der bodendynamischen Kennwerte von oberflächennahen Schichten in Erdbebengebieten der Niederrheinischen Bucht und ihre ingenieur seismologische Anwendung*, Ph.D. Thesis, Special publications No. 57, Geologisches Institut der Universität zu Köln, 209 pp. (in German).

Castellaro S., Mulargia F. e Bianconi L., 2005. Stratigrafia sismica passiva: una nuova tecnica accurata, rapida ed economica, *Geologia Tecnica e Ambientale*, vol. 3.

Mulargia F. e Castellaro S.; 2007b: Single station passive seismic stratigraphy
to almost 2 km depth, Roma, GNGTS.

Ben-Menahem A. e Singh S.J.; 1981: Seismic waves and sources, Springer-Verlag, New York, 1108 pp.

Mucciarelli M. e Gallipoli M.R.; 2006: Comparison between Vs30 and other estimates of site amplification in Italy, Conf. Earthq. Eng. and Seismol., Geneva, 3-8 Sept., no. 270.

Regione Abruzzo dipartimento della protezione civile, Linee guida per la microzonazione sismica per la ricostruzione dell'area aquilana.

ALLEGATI
PROVE SISMICHE (HVSR) – PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE (DPSH)

INDAGINE SISMICA HVSR

Nel sito di studio sono state eseguite n. 4 misure di microtremore a stazione singola di tipo HVSR.

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios) e un'indagine finalizzata all'individuazione delle frequenze caratteristiche di risonanza di sito. Esse sono correlabili ai cambi litologici presenti sia all'interno della copertura che nell'ammasso roccioso.

Una stima delle frequenze proprie di vibrare dei terreni e possibile tramite la tecnica sismica passiva a stazione singola denominata H/V (componenti orizzontali H e componenti verticali V; Nogoshi e Igarashi, 1979; Nakamura, 1989).

Le tecniche sismiche passive sfruttano il campo di vibrazione ambientale che è composto prevalentemente da onde di superficie (SESAME, 2004 e referenze).

Considerazioni sia teoriche che sperimentali mostrano come sia possibile stimare le frequenze di risonanza dell'onda SH a partire da misure di onde di superficie.

Strumentazione impiegata

Per la rilevazione del rumore sismico ambientale è stato utilizzato il tomografo digitale TROMINO (Marca Micromed), uno strumento dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W che permettono la registrazione del microtremore nel campo di frequenze compreso tra 0 e 200 Hz. Il segnale di microtremore, dopo essere stato acquisito dai tre velocimetri ad una frequenza di campionamento di 128Hz, amplificato e digitalizzato a 24 bit equivalenti, è stato quindi trasmesso ad un software dedicato (Grilla) che, per ciascuna delle tre componenti del moto registrate, ha eseguito:

1. la divisione del tracciato in finestre di lunghezza scelta dall'operatore;
2. la depurazione del segnale dal trend di ciascuna finestra;
3. il "taper" con una finestra di Bartlett;
4. il "pad" di ciascuna finestra con degli zero;
5. il calcolo della trasformata di Fourier (FFT) per ciascuna finestra;
6. il calcolo dello spettro di ampiezza per ciascuna finestra;
7. lo smoothing dello spettro di ogni finestra secondo differenti funzioni;
8. il calcolo del rapporto spettrale H/V per ogni frequenza e finestra.

Il risultato finale consiste nella graficizzazione delle medie degli HVSR di ciascuna finestra e

nell'interpretazione secondo la tecnica di Nakamura.

Metodologia interpretativa

L'elaborazione della registrazione effettuata e stata eseguita con il software Grilla e prevede che vengano individuati i picchi di H/V significativi da analizzare singolarmente per rilevarne la significativa anche in chiave di qualità della misura. La scheda di output della misura riporta le informazioni "di campagna" del sito oggetto di indagine, le principali assunzioni adottate per l'analisi delle registrazioni e quindi i risultati "grafici" dell'elaborazione e la verifica del soddisfacimento dei criteri per giungere all'attribuzione della classe di qualità della misura e ai valori qualitativi su profondità del substrato e contrasto di impedenza. La dove siano presenti più picchi in un'unica registrazione, l'elaborazione prevede una prima scansione della registrazione su tutto il range di frequenze significative comprese fra 0. Hz e 64 Hz, quindi una successiva scansione con range di frequenze campionate più ristretto (intorno al picco relativo) per evidenziare le caratteristiche dello specifico picco di interesse e valutare la qualità della misura in quello specifico range. La visione d'insieme dell'area in esame permette di inquadrare correttamente ciascuna singola misura nel contesto più ampio e quindi con il contributo di una interpretazione svolta su più punti e con più riferimenti connessi alle stratigrafie da indagini dirette disponibili.

Le considerazioni sono di carattere "stratigrafico", inquadrando le risposte dell'indagine con le conoscenze geologiche disponibili (individuazione di modeste coperture e zone di detensionamento superficiale per alterazione), ma divengono sostanziali, dal punto di vista "ingegneristico", la dove il picco di risonanza rientra nel range di frequenze di vibrazione di edifici e manufatti (0.5-10 Hz) per le implicazioni dirette che possono avere con fenomeni di risonanza delle strutture.

Risultati

Le misure di microtremori vengono anche utilizzate per valutazioni stratigrafiche o, alternativamente, di velocità delle onde di taglio (Vs). Il metodo risulta molto semplice ed intuitivo nell'ipotesi di un sottosuolo stratificato orizzontalmente e i cui parametri variano solo con la profondità (sistema monodimensionale 1D). Nel caso ideale di un sottosuolo formato da due soli strati (la copertura(1) ed il bedrock (2)), separati da una superficie orizzontale e distinguibili per un diverso valore di impedenza sismica, ovvero per differenti densità e/o velocità delle onde sismiche, un'onda che viaggia nel mezzo(1) viene parzialmente riflessa dall'orizzonte che separa i due strati.

L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le massime ampiezze di oscillazione (condizione di risonanza), quando la sua lunghezza d'onda λ è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato. In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza fr della copertura (mezzo (1)), relativa alle onde P è pari a :

fr = VP1 / (4 h) (5)

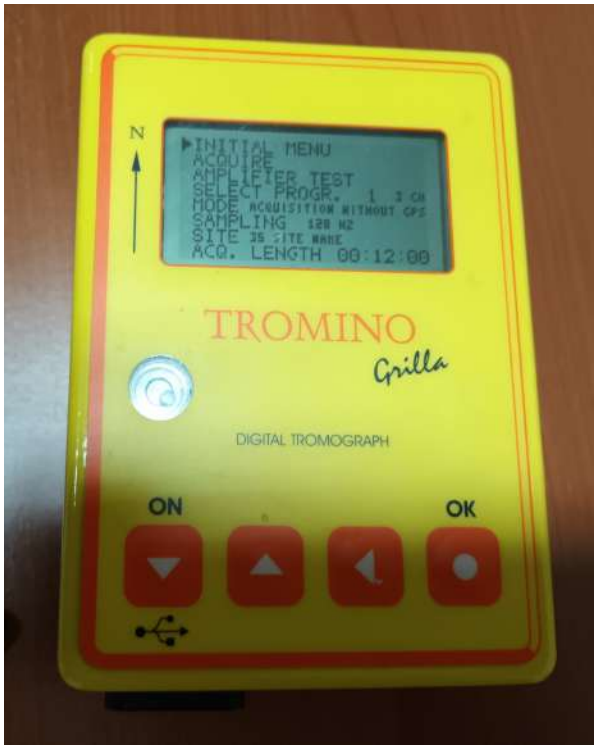
mentre quella relativa alle onde S è :

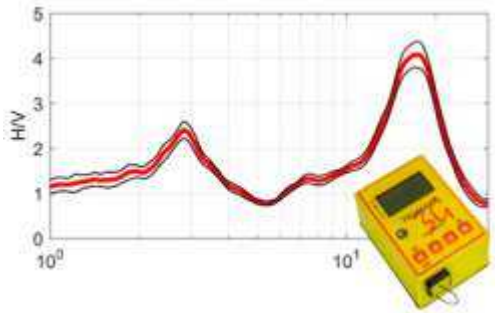
fr = VS1 / (4 h) (6)

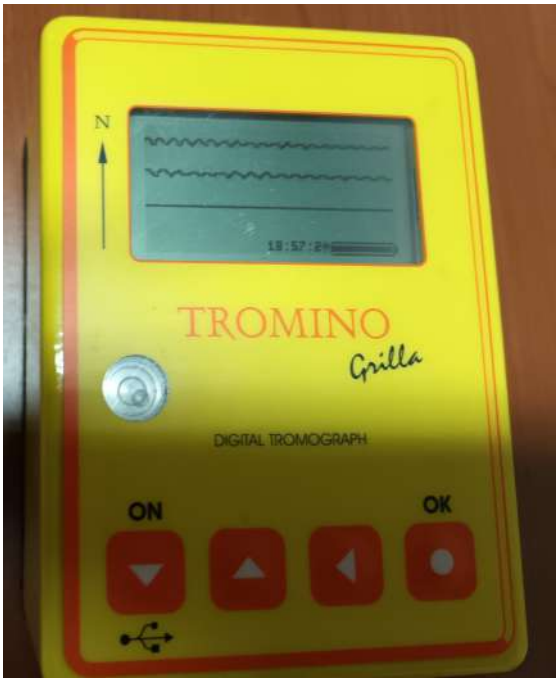
Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva HVSR mostra, come massimi relativi, le frequenze di risonanza dei vari strati alle varie profondità. Questo, insieme ad una stima degli spessori degli strati, è in grado di fornire previsioni sulle velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo. Nell'area in esame le prove individuano un terreno di tipo B con Vs-equ = variabile da 372 a 377 m/sec. La frequenza del terreno di fondazione in tutti e due le indagini risulta variabile da 6.22 – 6.25 Hz.

Nell'allegato 3 si riportano i certificati delle indagini sismiche HVSR eseguite, comprendenti la scheda monografica, con la sintesi dei dati della registrazione, la documentazione fotografica, lo stralcio dell'ubicazione, i sismogrammi registrati e i grafici dei rapporti spettrali H/V.

ELABORAZIONE PROVE SISMICHE HVSR

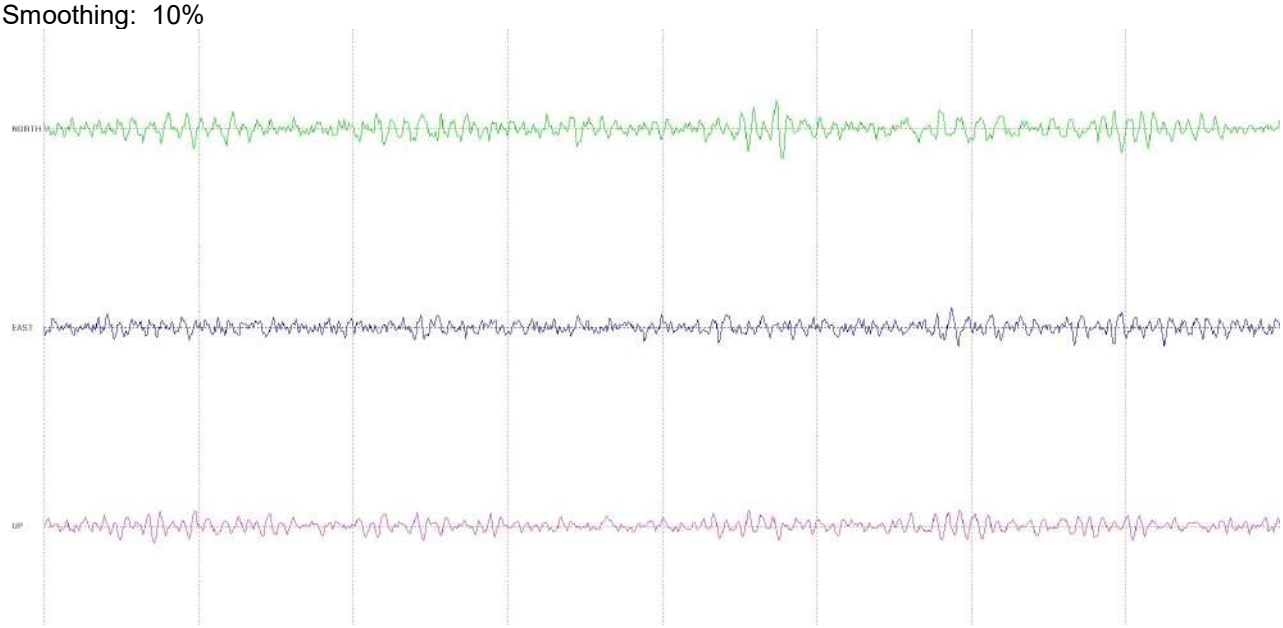




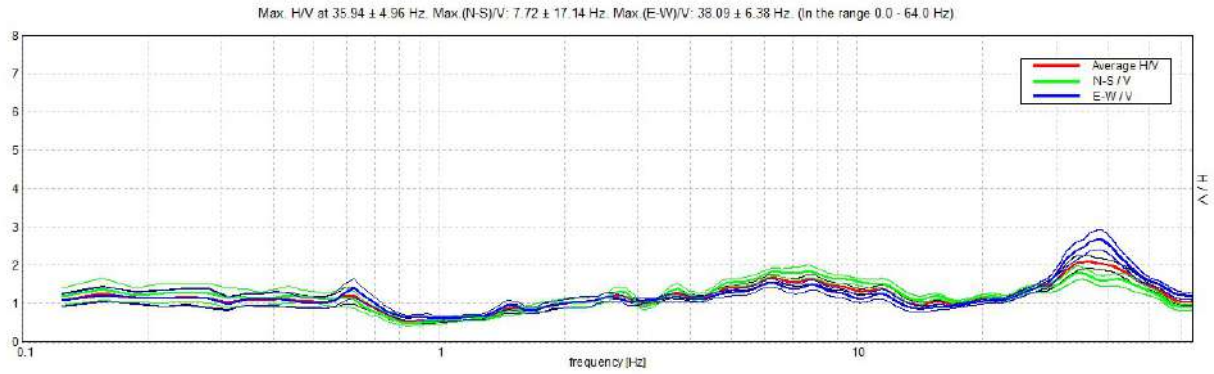


SAN PAOLO DI CIVITATE (FG) IMPIANTO AGRIVOLTAICO HVSR-1

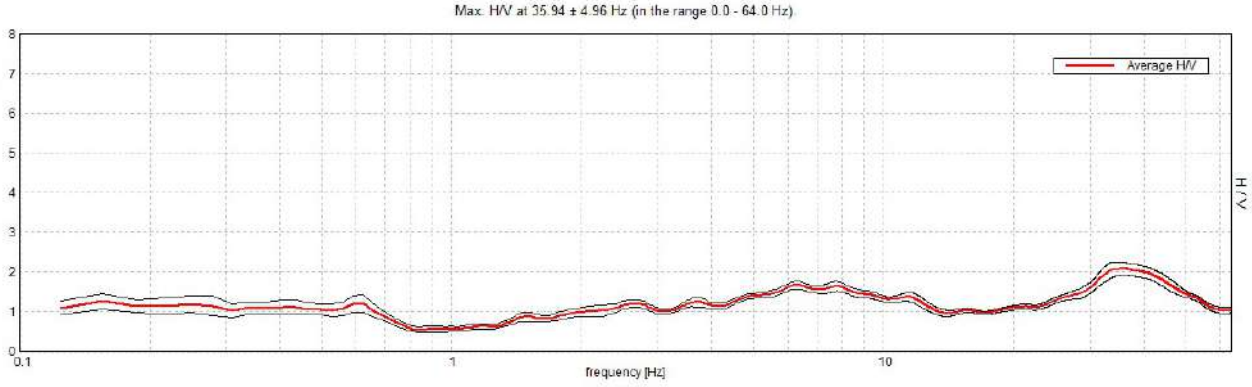
Instrument: TRZ-0092/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 16/03/23 07:36:46 End recording: 16/03/23 07:48:47
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Trace length: 0h12'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

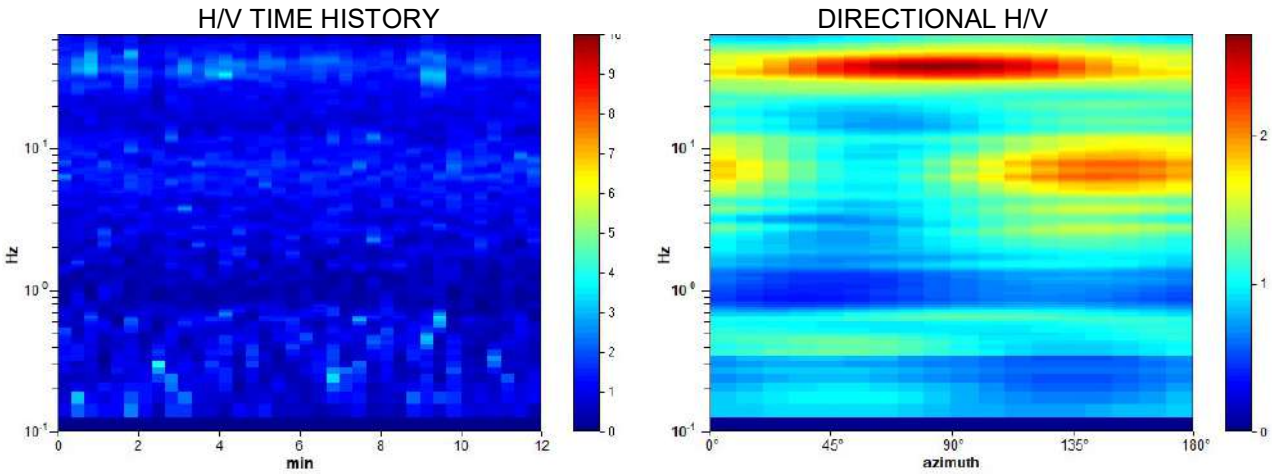


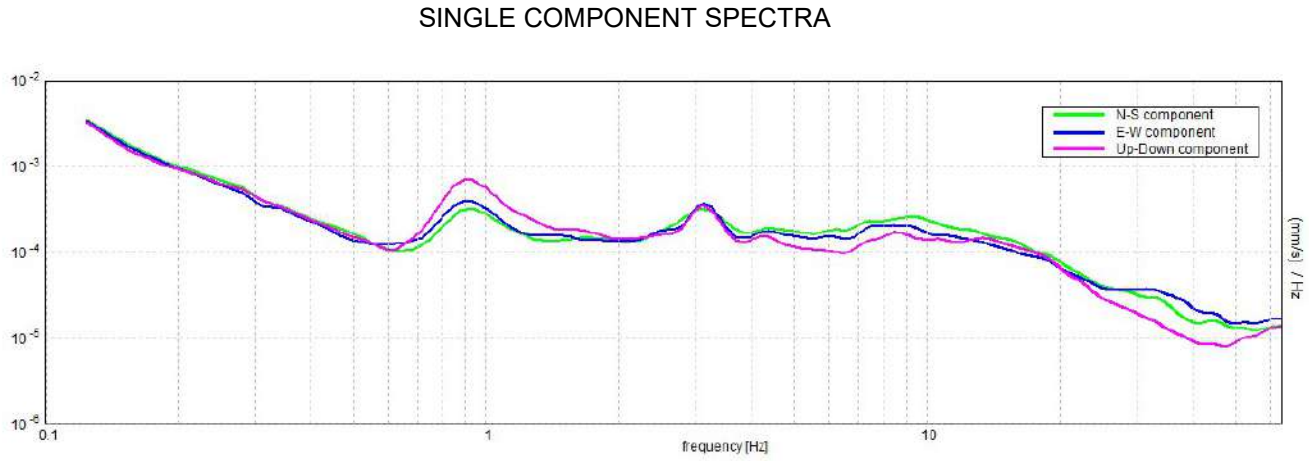
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



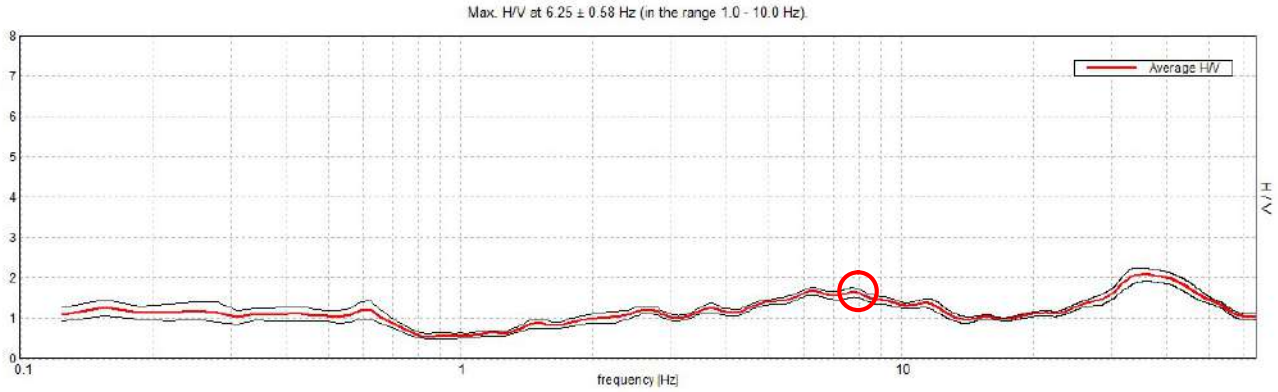
HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO





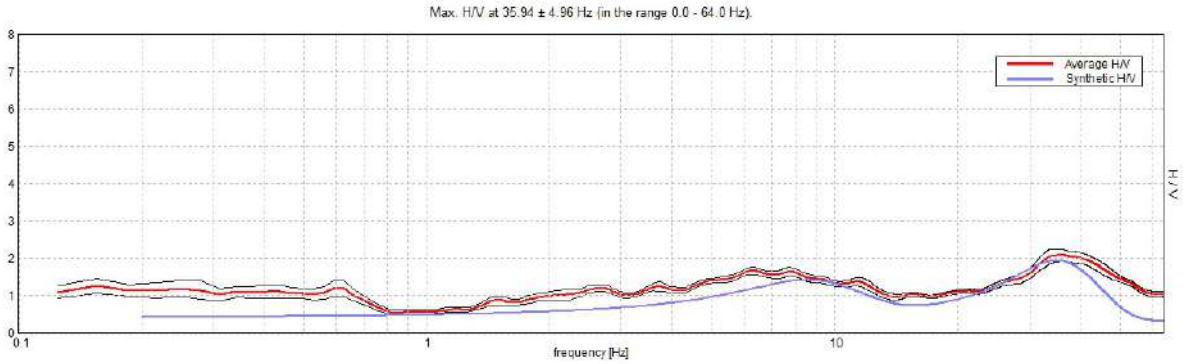


Frequenza fondamentale del terreno di fondazione



Rapporto spettrale H/V. In rosso è indicato l'H/V medio mentre in nero l'intervallo di confidenza al 95%

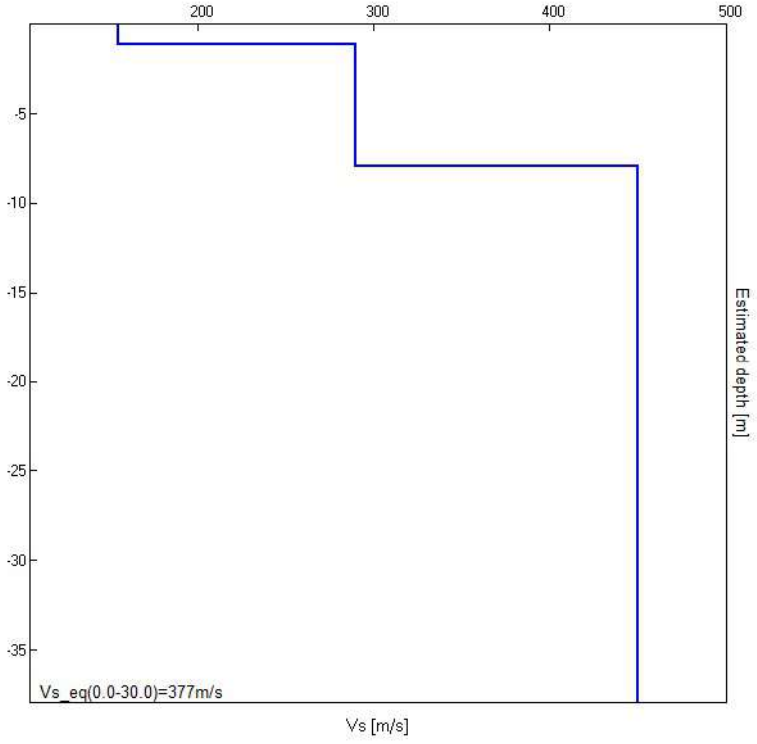
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



MODELLO D'INVERSIONE PROPOSTO

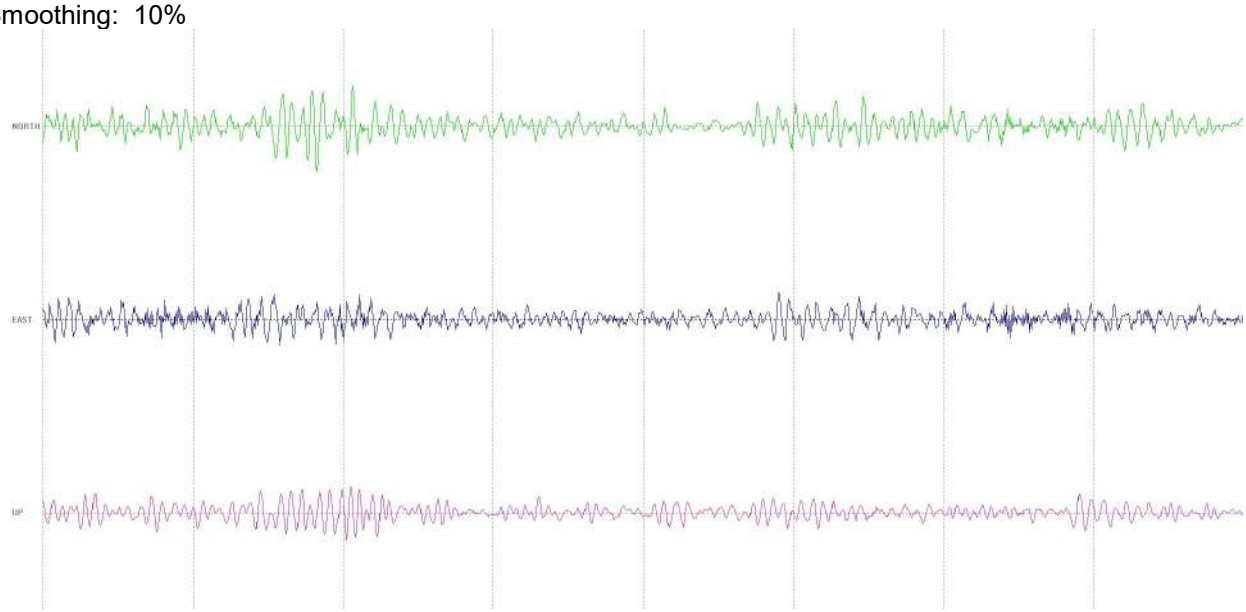
Profondità (m)	Spessore sismostrati (m)	Velocità onde Vs (m/s)
1.10	1.10	155
7.90	6.80	290
32.90	25.00	450
inf.	inf.	450

Vs_eq(0.0-30.0)=377m/s

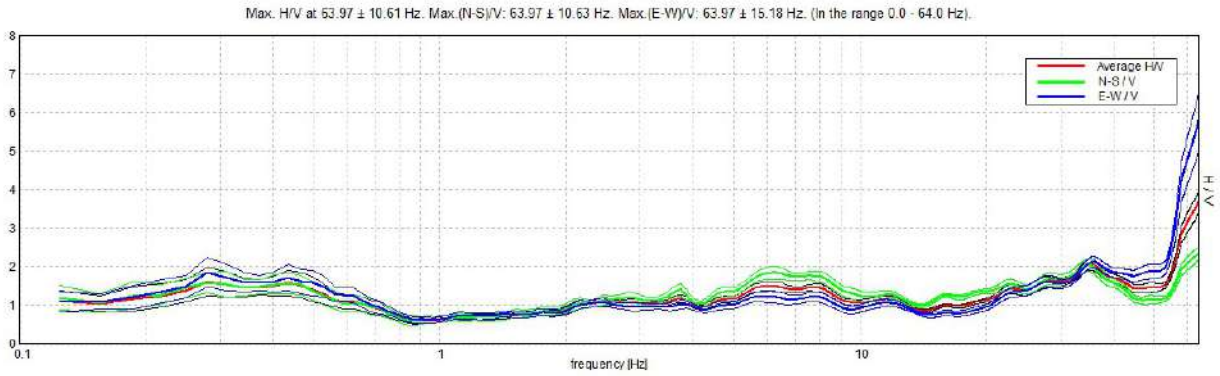


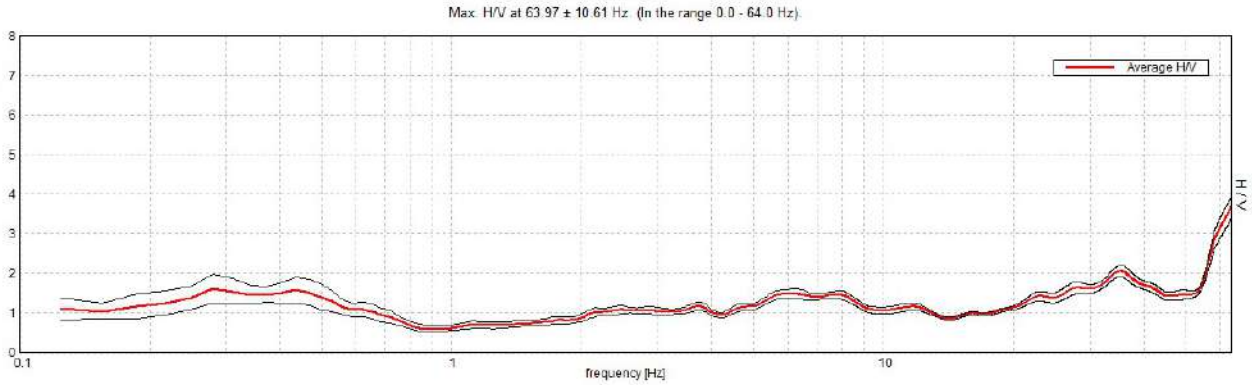
SAN PAOLO DI CIVITATE (FG) IMPIANTO AGRIVOLTAICO HVSR-2

Instrument: TRZ-0092/01-10
Data format: 16 byte
Full scale [mV]: n.a.
Start recording: 16/07/23 8:10:20 End recording: 16/07/23 8:22:21
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Trace length: 0h12'00". Analyzed 92% trace (manual window selection)
Sampling rate: 128 Hz
Window size: 20 s
Smoothing type: Triangular window
Smoothing: 10%

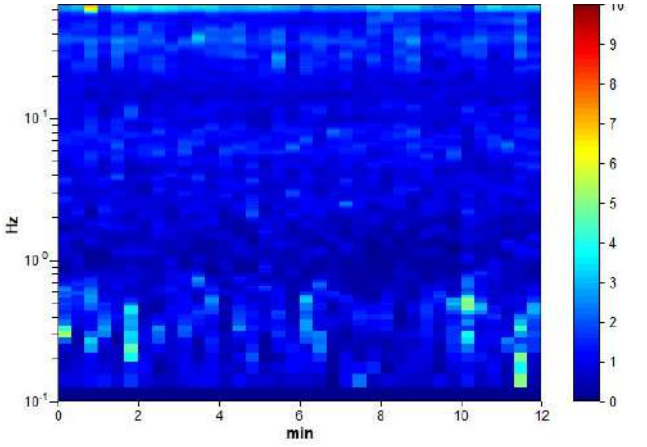


HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

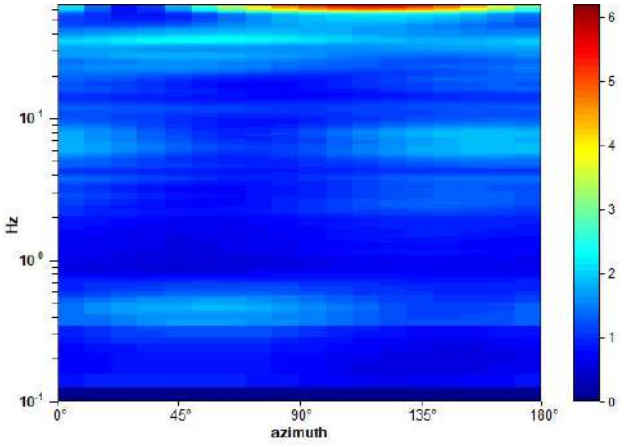


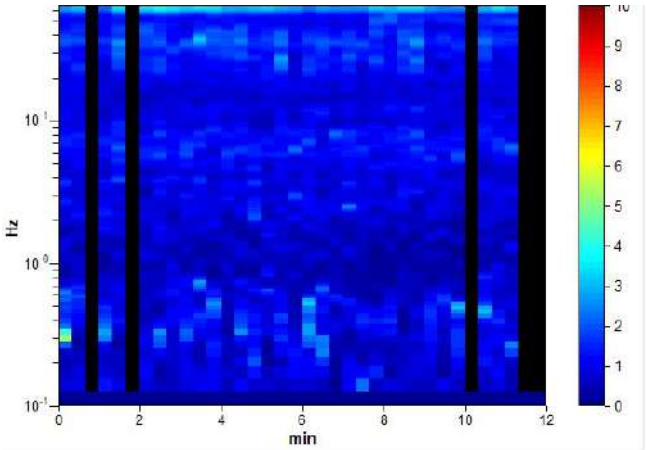


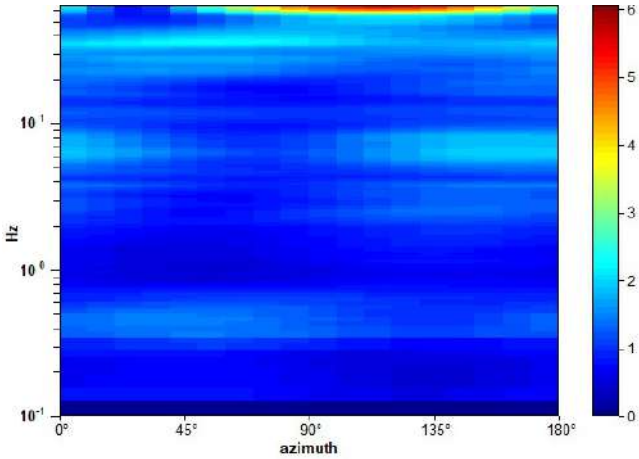
H/V TIME HISTORY



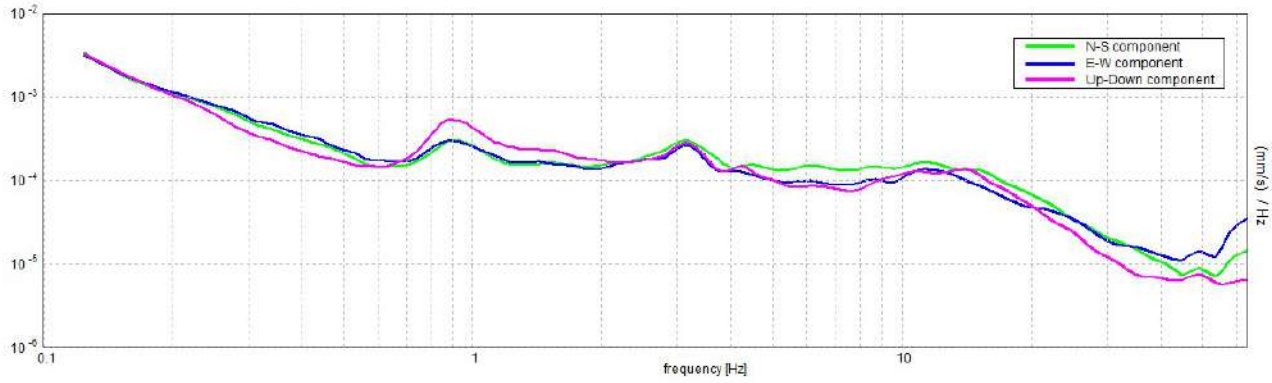
DIRECTIONAL H/V



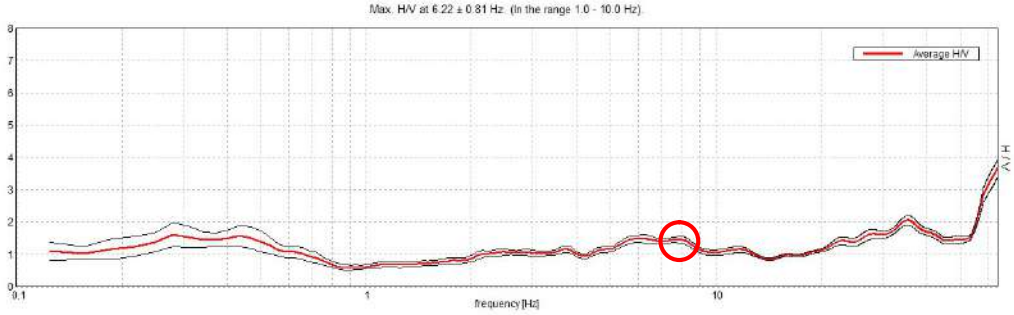




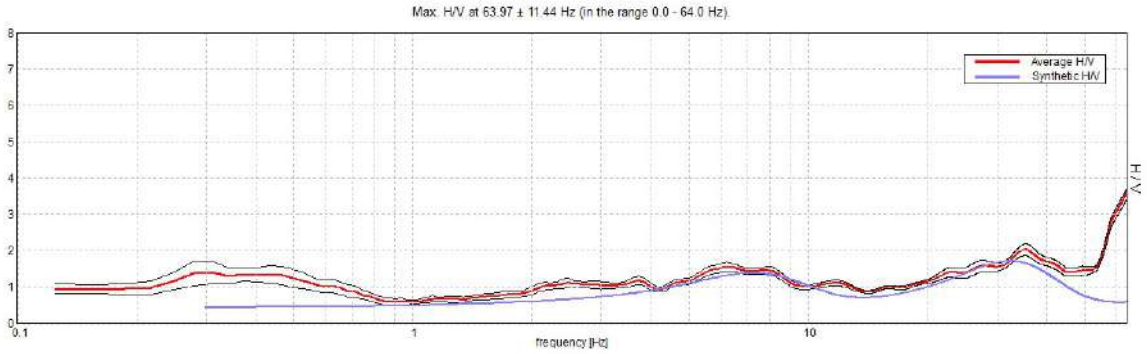
SINGLE COMPONENT SPECTRA



Frequenza fondamentale del terreno di fondazione



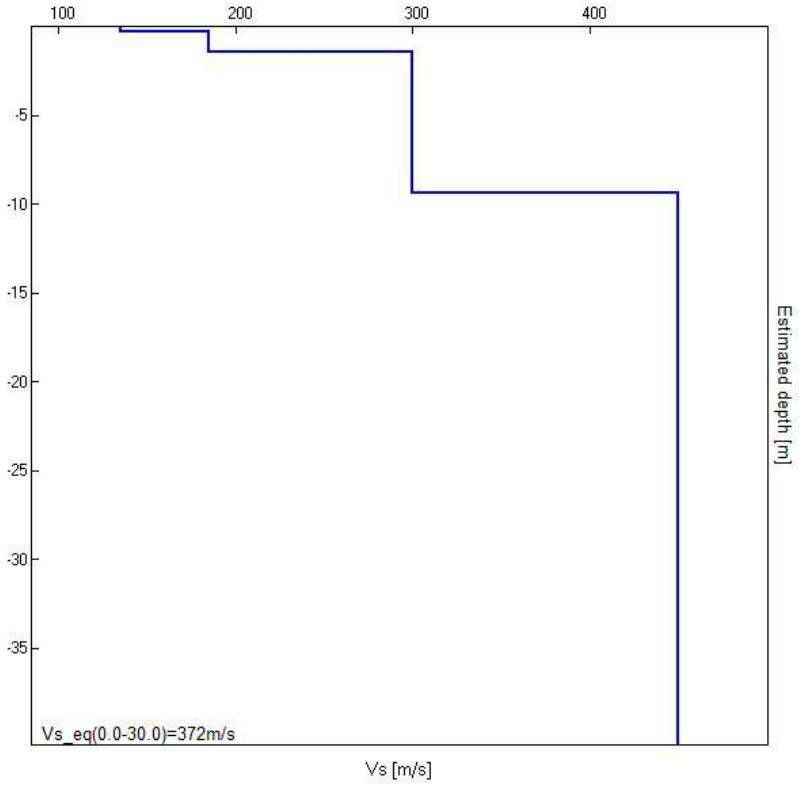
EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



MODELLO D'INVERSIONE PROPOSTO

Profondità (m)	Spessore sismostrati (m)	Velocità onde Vs (m/s)
0.30	0.30	135
1.40	1.10	185
9.40	8.00	300
35.40	26.00	450
inf.	inf.	450

Vs_eq(0.0-30.0)=372m/s



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

Committente: Ing. Roselli Nicola
Cantiere: Imp. agrovoltaico
Località: San_Paolo_Di_Civitate

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	5,1 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,20 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

DPSH-1

DPSH-2

DPSH-3

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DYNAMIC PROBING) *DPSH*

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

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 e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	M ≤10	8
Medio	DPM (Medium)	10<M <40	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	40≤M <60	25
Super pesante (Super Heavy)	**DPSH**	**M≥60**	**25**

penetrometri in uso in Italia

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
  massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento δ=20-30 cm, punta conica conica (α = 60°-90°) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm^2, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$Nspt = \beta_t \, N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Qspt è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

M = peso massa battente;

M' = peso aste;

H = altezza di caduta;

A = area base punta conica;

δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);
e = infissione media per colpo (δ/ N);
M = peso massa battente (altezza caduta H);
P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software.*

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono :

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immorsamento d = 1 mt..

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati Nspt il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se Nspt dello strato considerato risulta inferiore a Nspt critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione Nspt in presenza di falda

Nspt corretto = 15 + 0.5 × (Nspt - 15)

Nspt è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda) .

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) σ>5 t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) σ>15 t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONALE RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) s>15 t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.

- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young *(E_y)*

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa $\gamma = 2{,}65$ t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (Nspt = 0) a 1,99 (Nspt = 95)

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione *(Stress Ratio)*

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio *Vs (m/sec)*

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio *(G)*

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione *(Ko)*

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico *(Qc)*

- Robertson 1983 Qc

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.

- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con Nspt <8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). *Cu min-max.*
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille** e **limi argillosi** con Nc=20 e Qc/Nspt=2.
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

***Resistenza alla punta del Penetrometro Statico** (Qc)*

- Robertson 1983 Qc

***Modulo Edometrico-Confinato** (Mo)*

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità (IP< 20), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità (IP< 20) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -Mo (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto Qc/Nspt=1.5-2.0).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte (Nspt <30) medie e molli (Nspt <4) e argille sabbiose (Nspt=6-12).

***Modulo Di Young** (Ey)*

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. >15
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa G=2,70 (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 (Nspt=0) a 0,545 (Nspt=28)

PROVA Nr.1

Strumento utilizzato DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data
Profondità prova 4,60 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	1	0,855	8,44	9,87	0,42	0,49
0,40	3	0,851	23,62	27,76	1,18	1,39
0,60	4	0,847	31,35	37,02	1,57	1,85
0,80	2	0,843	15,61	18,51	0,78	0,93
1,00	2	0,840	15,54	18,51	0,78	0,93
1,20	2	0,836	15,48	18,51	0,77	0,93
1,40	2	0,833	14,51	17,42	0,73	0,87
1,60	2	0,830	14,45	17,42	0,72	0,87
1,80	3	0,826	21,59	26,13	1,08	1,31
2,00	4	0,823	28,68	34,84	1,43	1,74
2,20	5	0,820	35,72	43,55	1,79	2,18
2,40	8	0,817	53,78	65,81	2,69	3,29
2,60	9	0,814	60,29	74,04	3,01	3,70
2,80	9	0,811	60,08	74,04	3,00	3,70
3,00	9	0,809	59,88	74,04	2,99	3,70
3,20	10	0,806	66,31	82,27	3,32	4,11
3,40	10	0,803	62,62	77,94	3,13	3,90
3,60	10	0,801	62,42	77,94	3,12	3,90
3,80	13	0,748	75,83	101,33	3,79	5,07
4,00	17	0,746	98,85	132,50	4,94	6,63
4,20	23	0,694	124,36	179,27	6,22	8,96
4,40	34	0,641	161,49	251,77	8,07	12,59
4,60	43	0,589	187,62	318,41	9,38	15,92

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
[1] - Strato	4,11	2,20	Sanglerat	0,51
[2] - Strato	13,97	3,60	Sanglerat	1,75
[3] - Strato	22,56	4,00	Sanglerat	2,82
[4] - Strato	50,13	4,60	Sanglerat	6,27

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
[1] - Strato	4,11	2,20	Stroud e Butler (1975)	18,86
[2] - Strato	13,97	3,60	Stroud e Butler (1975)	64,09
[3] - Strato	22,56	4,00	Stroud e Butler (1975)	103,51
[4] - Strato	50,13	4,60	Stroud e Butler (1975)	230,00

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
[1] - Strato	4,11	2,20	Schultze	26,87
[2] - Strato	13,97	3,60	Schultze	140,26
[3] - Strato	22,56	4,00	Schultze	239,04

[4] - Strato	50,13	4,60	Schultze	556,10

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	4,11	2,20	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Strato	13,97	3,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Strato	22,56	4,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] - Strato	50,13	4,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - Strato	4,11	2,20	Meyerhof ed altri	1,71
[2] - Strato	13,97	3,60	Meyerhof ed altri	2,05
[3] - Strato	22,56	4,00	Meyerhof ed altri	2,11
[4] - Strato	50,13	4,60	Meyerhof ed altri	2,50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - Strato	4,11	2,20	Meyerhof ed altri	1,87
[2] - Strato	13,97	3,60	Meyerhof ed altri	--
[3] - Strato	22,56	4,00	Meyerhof ed altri	2,16
[4] - Strato	50,13	4,60	Meyerhof ed altri	2,50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	4,11	2,20	4,11	Skempton 1986	18,42
[2] - Strato	13,97	3,60	13,97	Skempton 1986	41,11
[3] - Strato	22,56	4,00	22,56	Skempton 1986	54,84
[4] - Strato	50,13	4,60	50,13	Skempton 1986	80,47

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	4,11	2,20	4,11	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	22,85
[2] - Strato	13,97	3,60	13,97	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	29,48
[3] - Strato	22,56	4,00	22,56	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	33,4
[4] - Strato	50,13	4,60	50,13	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	42,42

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - Strato	4,11	2,20	4,11	Schmertmann (1978) (Sabbie)	32,88
[2] - Strato	13,97	3,60	13,97	Schmertmann (1978) (Sabbie)	111,76

[3] - Strato	22,56	4,00	22,56	Schmertmann (1978) (Sabbie)	180,48
[4] - Strato	50,13	4,60	50,13	Schmertmann (1978) (Sabbie)	401,04

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Strato	4,11	2,20	4,11	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	35,91
[2] - Strato	13,97	3,60	13,97	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	56,16
[3] - Strato	22,56	4,00	22,56	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	73,80
[4] - Strato	50,13	4,60	50,13	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	130,43

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	4,11	2,20	4,11	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	13,97	3,60	13,97	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Strato	22,56	4,00	22,56	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - Strato	50,13	4,60	50,13	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato	4,11	2,20	4,11	Meyerhof ed altri	1,50
[2] - Strato	13,97	3,60	13,97	Meyerhof ed altri	1,85
[3] - Strato	22,56	4,00	22,56	Meyerhof ed altri	2,04
[4] - Strato	50,13	4,60	50,13	Meyerhof ed altri	2,24

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato	4,11	2,20	4,11	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,88
[2] - Strato	13,97	3,60	13,97	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,94
[3] - Strato	22,56	4,00	22,56	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,45
[4] - Strato	50,13	4,60	50,13	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	4,11	2,20	4,11	(A.G.I.)	0,35
[2] - Strato	13,97	3,60	13,97	(A.G.I.)	0,33
[3] - Strato	22,56	4,00	22,56	(A.G.I.)	0,31
[4] - Strato	50,13	4,60	50,13	(A.G.I.)	0,25

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
[1] - Strato	4,11	2,20	4,11	Ohsaki (Sabbie pulite)	245,43

[2] - Strato	13,97	3,60	13,97	Ohsaki (Sabbie pulite)	775,17
[3] - Strato	22,56	4,00	22,56	Ohsaki (Sabbie pulite)	1216,33
[4] - Strato	50,13	4,60	50,13	Ohsaki (Sabbie pulite)	2576,35

PROVA Nr.2

Strumento utilizzato DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data
Profondità prova 4,40 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	1	0,855	8,44	9,87	0,42	0,49
0,40	5	0,851	39,36	46,27	1,97	2,31
0,60	5	0,847	39,19	46,27	1,96	2,31
0,80	5	0,843	39,02	46,27	1,95	2,31
1,00	5	0,840	38,86	46,27	1,94	2,31
1,20	8	0,836	61,91	74,03	3,10	3,70
1,40	8	0,833	58,04	69,68	2,90	3,48
1,60	8	0,830	57,80	69,68	2,89	3,48
1,80	7	0,826	50,38	60,97	2,52	3,05
2,00	7	0,823	50,19	60,97	2,51	3,05
2,20	11	0,820	78,58	95,81	3,93	4,79
2,40	17	0,767	107,29	139,86	5,36	6,99
2,60	24	0,714	141,02	197,44	7,05	9,87
2,80	31	0,661	168,68	255,03	8,43	12,75
3,00	31	0,659	167,98	255,03	8,40	12,75
3,20	32	0,656	172,70	263,26	8,63	13,16
3,40	33	0,653	168,06	257,21	8,40	12,86
3,60	31	0,651	157,27	241,62	7,86	12,08
3,80	28	0,698	152,42	218,24	7,62	10,91
4,00	27	0,696	146,48	210,45	7,32	10,52
4,20	34	0,644	170,58	265,01	8,53	13,25
4,40	45	0,591	197,08	333,22	9,85	16,66

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
[1] - Strato	6,32	1,00	Sanglerat	0,79
[2] - Strato	11,43	2,00	Sanglerat	1,43
[3] - Strato	21,06	2,40	Sanglerat	2,63
[4] - Strato	44,55	4,00	Sanglerat	5,57
[5] - Strato	59,41	4,40	Sanglerat	7,43

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
[1] - Strato	6,32	1,00	Stroud e Butler (1975)	29,00
[2] - Strato	11,43	2,00	Stroud e Butler (1975)	52,44
[3] - Strato	21,06	2,40	Stroud e Butler (1975)	96,62
[4] - Strato	44,55	4,00	Stroud e Butler (1975)	204,40
[5] - Strato	59,41	4,40	Stroud e Butler (1975)	272,57

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
[1] - Strato	6,32	1,00	Schultze	52,28
[2] - Strato	11,43	2,00	Schultze	111,05
[3] - Strato	21,06	2,40	Schultze	221,79
[4] - Strato	44,55	4,00	Schultze	491,93
[5] - Strato	59,41	4,40	Schultze	662,82

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	6,32	1,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Strato	11,43	2,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] - Strato	21,06	2,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] - Strato	44,55	4,00	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE
[5] - Strato	59,41	4,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - Strato	6,32	1,00	Meyerhof ed altri	1,83
[2] - Strato	11,43	2,00	Meyerhof ed altri	2,00
[3] - Strato	21,06	2,40	Meyerhof ed altri	2,10
[4] - Strato	44,55	4,00	Meyerhof ed altri	2,50
[5] - Strato	59,41	4,40	Meyerhof ed altri	2,50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m³)
[1] - Strato	6,32	1,00	Meyerhof ed altri	1,89
[2] - Strato	11,43	2,00	Meyerhof ed altri	--
[3] - Strato	21,06	2,40	Meyerhof ed altri	2,12
[4] - Strato	44,55	4,00	Meyerhof ed altri	2,50
[5] - Strato	59,41	4,40	Meyerhof ed altri	2,50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	6,32	1,00	6,32	Skempton 1986	24,27
[2] - Strato	11,43	2,00	11,43	Skempton 1986	36,06
[3] - Strato	21,06	2,40	21,06	Skempton 1986	52,77
[4] - Strato	44,55	4,00	44,55	Skempton 1986	75,96
[5] - Strato	59,41	4,40	59,41	Skempton 1986	89,38

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)

[1] - Strato	6,32	1,00	6,32	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	24,74
[2] - Strato	11,43	2,00	11,43	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	28,09
[3] - Strato	21,06	2,40	21,06	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	32,77
[4] - Strato	44,55	4,00	44,55	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	40,85
[5] - Strato	59,41	4,40	59,41	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	44,85

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - Strato	6,32	1,00	6,32	Schmertmann (1978) (Sabbie)	50,56
[2] - Strato	11,43	2,00	11,43	Schmertmann (1978) (Sabbie)	91,44
[3] - Strato	21,06	2,40	21,06	Schmertmann (1978) (Sabbie)	168,48
[4] - Strato	44,55	4,00	44,55	Schmertmann (1978) (Sabbie)	356,40
[5] - Strato	59,41	4,40	59,41	Schmertmann (1978) (Sabbie)	475,28

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Strato	6,32	1,00	6,32	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	40,45
[2] - Strato	11,43	2,00	11,43	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	50,94
[3] - Strato	21,06	2,40	21,06	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	70,72
[4] - Strato	44,55	4,00	44,55	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	118,97
[5] - Strato	59,41	4,40	59,41	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	149,49

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	6,32	1,00	6,32	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	11,43	2,00	11,43	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Strato	21,06	2,40	21,06	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - Strato	44,55	4,00	44,55	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
[5] - Strato	59,41	4,40	59,41	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato	6,32	1,00	6,32	Meyerhof ed altri	1,59

[2] - Strato	11,43	2,00	11,43	Meyerhof ed altri	1,78
[3] - Strato	21,06	2,40	21,06	Meyerhof ed altri	2,01
[4] - Strato	44,55	4,00	44,55	Meyerhof ed altri	2,22
[5] - Strato	59,41	4,40	59,41	Meyerhof ed altri	2,28

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato	6,32	1,00	6,32	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
[2] - Strato	11,43	2,00	11,43	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,93
[3] - Strato	21,06	2,40	21,06	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,41
[4] - Strato	44,55	4,00	44,55	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
[5] - Strato	59,41	4,40	59,41	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	6,32	1,00	6,32	(A.G.I.)	0,34
[2] - Strato	11,43	2,00	11,43	(A.G.I.)	0,33
[3] - Strato	21,06	2,40	21,06	(A.G.I.)	0,31
[4] - Strato	44,55	4,00	44,55	(A.G.I.)	0,27
[5] - Strato	59,41	4,40	59,41	(A.G.I.)	0,23

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
[1] - Strato	6,32	1,00	6,32	Ohsaki (Sabbie pulite)	367,78
[2] - Strato	11,43	2,00	11,43	Ohsaki (Sabbie pulite)	641,91
[3] - Strato	21,06	2,40	21,06	Ohsaki (Sabbie pulite)	1140,16
[4] - Strato	44,55	4,00	44,55	Ohsaki (Sabbie pulite)	2305,85
[5] - Strato	59,41	4,40	59,41	Ohsaki (Sabbie pulite)	3022,33

PROVA Nr.3

Strumento utilizzato DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Prova eseguita in data
Profondità prova 5,00 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,20	6	0,855	50,61	59,22	2,53	2,96
0,40	4	0,851	31,49	37,02	1,57	1,85
0,60	3	0,847	23,51	27,76	1,18	1,39

0,80	1	0,843	7,80	9,25	0,39	0,46
1,00	1	0,840	7,77	9,25	0,39	0,46
1,20	4	0,836	30,96	37,02	1,55	1,85
1,40	3	0,833	21,76	26,13	1,09	1,31
1,60	3	0,830	21,68	26,13	1,08	1,31
1,80	6	0,826	43,18	52,26	2,16	2,61
2,00	5	0,823	35,85	43,55	1,79	2,18
2,20	5	0,820	35,72	43,55	1,79	2,18
2,40	6	0,817	40,34	49,36	2,02	2,47
2,60	11	0,814	73,69	90,50	3,68	4,52
2,80	12	0,811	80,11	98,72	4,01	4,94
3,00	11	0,809	73,18	90,50	3,66	4,52
3,20	11	0,806	72,94	90,50	3,65	4,52
3,40	10	0,803	62,62	77,94	3,13	3,90
3,60	14	0,751	81,94	109,12	4,10	5,46
3,80	13	0,748	75,83	101,33	3,79	5,07
4,00	13	0,746	75,59	101,33	3,78	5,07
4,20	12	0,794	74,24	93,53	3,71	4,68
4,40	13	0,741	71,37	96,26	3,57	4,81
4,60	21	0,689	107,18	155,50	5,36	7,78
4,80	27	0,687	137,37	199,93	6,87	10,00
5,00	35	0,635	164,58	259,17	8,23	12,96

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm²)
[1] - Strato	5,9	2,40	Shioi - Fukui (1982)	0,30
[2] - Strato	18,05	4,40	Shioi - Fukui (1982)	0,90

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Kg/cm²)
[1] - Strato	5,9	2,40	Stroud e Butler (1975)	27,07
[2] - Strato	18,05	4,40	Stroud e Butler (1975)	82,81

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Kg/cm²)
[1] - Strato	5,9	2,40	Schultze	47,45
[2] - Strato	18,05	4,40	Schultze	187,18

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	5,9	2,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[2] - Strato	18,05	4,40	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m³)
[1] - Strato	5,9	2,40	Meyerhof ed altri	1,81
[2] - Strato	18,05	4,40	Meyerhof ed altri	2,09

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato	Correlazione	Peso unità di volume

		(m)		saturo (t/m³)
[1] - Strato	5,9	2,40	Meyerhof ed altri	1,89
[2] - Strato	18,05	4,40	Meyerhof ed altri	--

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	5,9	2,40	5,9	Skempton 1986	23,19
[2] - Strato	18,05	4,40	18,05	Skempton 1986	48,22
[3] - Strato	36,1	4,80	36,1	Skempton 1986	69,15
[4] - Strato	52,64	5,00	52,64	Skempton 1986	82,65

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	5,9	2,40	5,9	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	24,41
[2] - Strato	18,05	4,40	18,05	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	31,45
[3] - Strato	36,1	4,80	36,1	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	38,27
[4] - Strato	52,64	5,00	52,64	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	43,1

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm²)
[1] - Strato	5,9	2,40	5,9	Schmertmann (1978) (Sabbie)	47,20
[2] - Strato	18,05	4,40	18,05	Schmertmann (1978) (Sabbie)	144,40
[3] - Strato	36,1	4,80	36,1	Schmertmann (1978) (Sabbie)	288,80
[4] - Strato	52,64	5,00	52,64	Schmertmann (1978) (Sabbie)	421,12

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm²)
[1] - Strato	5,9	2,40	5,9	Buisman-Sanglerat	47,20
[2] - Strato	18,05	4,40	18,05	Buisman-Sanglerat	144,40
[3] - Strato	36,1	4,80	36,1	Buisman-Sanglerat	288,80
[4] - Strato	52,64	5,00	52,64	Buisman-Sanglerat	421,12

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	5,9	2,40	5,9	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato	18,05	4,40	18,05	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Strato	36,1	4,80	36,1	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO
[4] - Strato	52,64	5,00	52,64	Classificazione A.G.I. 1977	MOLTO ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato	5,9	2,40	5,9	Meyerhof ed altri	1,58
[2] - Strato	18,05	4,40	18,05	Meyerhof ed altri	1,95
[3] - Strato	36,1	4,80	36,1	Meyerhof ed altri	2,18
[4] - Strato	52,64	5,00	52,64	Meyerhof ed altri	2,25

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m³)
[1] - Strato	5,9	2,40	5,9	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,89
[2] - Strato	18,05	4,40	18,05	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,97
[3] - Strato	36,1	4,80	36,1	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50
[4] - Strato	52,64	5,00	52,64	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,50

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	5,9	2,40	5,9	(A.G.I.)	0,34
[2] - Strato	18,05	4,40	18,05	(A.G.I.)	0,32
[3] - Strato	36,1	4,80	36,1	(A.G.I.)	0,28
[4] - Strato	52,64	5,00	52,64	(A.G.I.)	0,25

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
[1] - Strato	5,9	2,40	5,9	Ohsaki (Sabbie pulite)	344,76
[2] - Strato	18,05	4,40	18,05	Ohsaki (Sabbie pulite)	986,28
[3] - Strato	36,1	4,80	36,1	Ohsaki (Sabbie pulite)	1892,21
[4] - Strato	52,64	5,00	52,64	Ohsaki (Sabbie pulite)	2697,43