

PROPONENTE:

**CUBICO MODENA S.r.l.**

Via A. Manzoni 43  
20121 Milano (MI)  
c.f. e p.iva 13389990964  
cubicomodena@legalmail.it



REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO  
E OPERE DI CONNESSIONE ALLA R.T.N.  
DELLA POTENZA DI PICCOI MODULI FOTOVOLTAICI 35,7 MW<sub>p</sub>

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO AVANZATO “MODENA SFP”**  
COMUNE DI SAN FELICE SUL PANARO (MO)  
E COMUNE DI FINALE EMILIA (MO)  
REGIONE EMILIA ROMAGNA

PROGETTO DEFINITIVO

**RELAZIONE IDROGEOLOGICA E MODELLAZIONE SISMICA**

Codifica Elaborato: SFP018.RELGEO

Data: 25/06/24

Scala



GSR TECH srl  
via del casale della castelluccia 39 Roma  
00123  
info@gsrtech.it  
gsrtech@pec.it



Ing. Giovanni Maria Giansanti Di Muzio  
ing.giansanti@gsrtech.com  
ing.giansanti@pec.ording.roma.it  
Ordine degli Ingegneri di Roma A34380



Dr. Geol. Tullio Ciccarone

PROGETTAZIONE E COORDINAMENTO

PROGETTAZIONE

STUDIO SPECIALISTICO

## Sommario

1.0	PREMESSA.....	1
2.0	INQUADRAMENTO E UBICAZIONE TOPOGRAFICA DEL PROGETTO.....	1
3.0	CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO.....	2
4.0	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE.....	3
5.0	INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE.....	5
6.0	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	5
7.0	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	6
8.0	RISCHIO IDROGEOLOGICO .....	8
9.0	PROGRAMMA INDAGINI E PROVE PROGRAMMATE.....	12
10.0	CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI .....	13
11.0	ANALISI DEI PARAMETRI GEOTECNICI .....	16
12.0	MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO .....	17
13.0	MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO .....	17
	SISMICITA' STORICA.....	19
	SISMICITA' RECENTE .....	20
	ZONIZZAZIONE SISMICA.....	21
	RISPOSTA SISMICA LOCALE .....	22
	RISPOSTA SISMICA DI PROGETTO .....	24
	CLASSIFICAZIONE SISMICA LOCALE DEL SITO.....	25
	INDAGINE SISMICA CON METODO M.A.S.W. ....	25
	CATEGORIA SISMICA DI SUOLO .....	28
	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA RIFERITA AL CONTESTO DELL'INTERVENTO.....	30
14.0	CRITICITA' GEOLOGICA.....	32
15.0	CONCLUSIONI.....	33

## ALLEGATI

## 1.0 PREMESSA

Il sottoscritto **dr. Geol. Tullio Ciccarone**, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Campania al n.1863, a seguito dell'incarico conferitomi dall'Ing. Umberto Preda, in qualità di legale rappresentante della società proponente "**CUBICO MODENA S.r.l.**", con sede in via A. Manzoni, 43 Milano (MI), ha redatto una relazione geologica, idrogeologica e di modellazione sismica su un'area per la realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato, denominato "**MODENA SFP**" e opere di connessione alla R.T.N. della potenza di picco moduli fotovoltaici 35,7 MWp, all'interno di un terreno agricolo sito nel Comune di San felice sul Panaro (MO), collegato alla RTN presso la Stazione Elettrica di Massa Finalese (nel Comune di Finale Emilia) di Terna, il tutto nella Provincia di Modena e come meglio descritto ed evidenziato negli altri elaborati progettuali.

*Scopo del presente studio è stato quello di inquadrare l'area in esame nell'ambito del contesto geomorfologico ed idrogeologico generale, fornire le caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati dalla realizzazione dell'opera, determinare i parametri che condizionano la stabilità del complesso terreno-fondazione e verificare che il progetto in esame sia compatibile con i principali processi geomorfologici e vincoli idrogeologici dell'area di interesse.*

A tal scopo è stato eseguito uno studio specifico dedicato alla caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione, ai sensi della NTC 2008 (D.M. 17/01/2018), attraverso indagini geognostici effettuati in sito.

## 2.0 INQUADRAMENTO E UBICAZIONE TOPOGRAFICA DEL PROGETTO

L'area di intervento è collocata in aree pressochè agricole della zona della bassa pianura Modenese del comune di San Felice del Panaro e modellata su quote topografiche comprese localmente tra 13 e 16 m s.l.m. Ubicata tra via Vallicella che segna il confine a nord, via Dogaro il confine sud e via Spinosa a ovest dell'area progettuale. Con riferimento alla Cartografia Ufficiale dello Stato, rientra nell'ambito della foglio CTR 184140 in scala 1:10.000 "San Felice sul Panaro", sulla carta topografica 1:25.000 I.G.M. N.075 III-NE "CAMPOSANTO", nella tavola IGM foglio N°184 "MIRANDOLA", in scala 1:50.000 e nella Carta Geologica d'Italia N°075 "MIRANDOLA" in scala 1:100.000.



**Fig. 1 - Layout area interessata su ortofoto - Lat. 44°48'35.24"N - Long. 11° 9'51.72"E (al centro)**

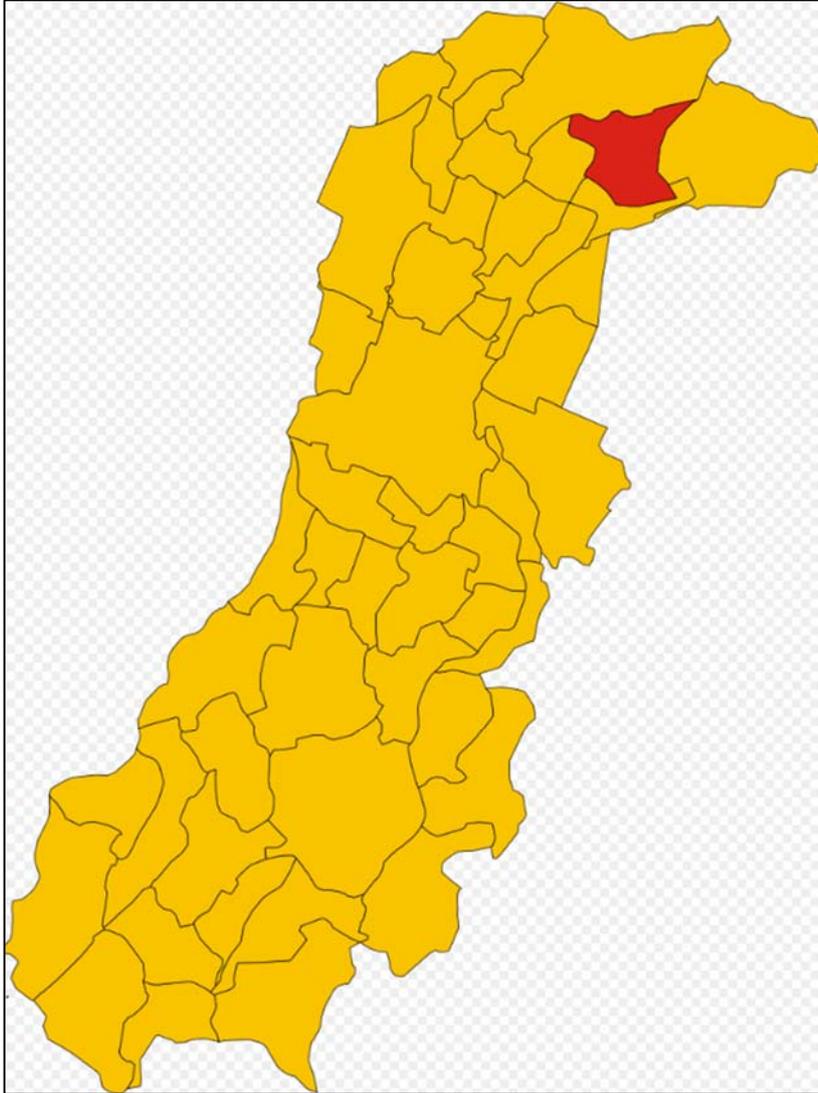


Fig. 2 - Comune di Pradamano nella Provincia di Udine

### 3.0 CARATTERISTICHE GENERALI DELL'IMPIANTO

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto agrivoltaico all'interno di un terreno agricolo di potenza di circa 35,7 MW, sito nel Comune di San felice sul Panaro, collegato alla RTN presso la Stazione Elettrica di Massa Finalese (nel Comune di Finale Emilia) di Terna, il tutto nella Provincia di Modena e come meglio descritto ed evidenziato negli altri elaborati progettuali. La superficie dell'area interessata dal progetto fotovoltaico è di circa 45 ettari.

Verranno installati 49.998 moduli fotovoltaici di potenza unitaria di 715 Wp, in silicio cristallino, su strutture ad inseguimento solare monoassiale. L'impianto fotovoltaico sarà suddiviso in campi omogenei, ognuno con la medesima organizzazione interna: la conversione da corrente continua a corrente alternata è realizzata tramite inverter di stringa modello Sungrow SG350HX (o similari) di potenza unitaria pari a 320 kW lato AC, montati ai lati della struttura metallica porta moduli.

Ciascuno campo è collegato ad un trasformatore MT/BT alloggiato all'interno di una cabina elettrica ad esso dedicata (cosiddetta cabina di campo), pertanto sono previsti: 101 inverter di stringa, 6 volumi tecnici adibiti a 6 cabine di trasformazione più un'ulteriore cabina tecnica principale. Da questa cabina principale partirà un cavidotto interrato in MT a 20 kV a profondità 110 cm di lunghezza di circa 8 km fino ad arrivare alla Stazione Elettrica Terna sita in Via Valle Acquosa a Finale Emilia (Frazione Massa Finalese), punto di connessione alla Rete di

Trasmissione Nazionale, previa elevazione da 20 a 150 kV ( e conseguente ultimo tratto di elettrodotto in AT).

Le cabine di campo e la cabina principale saranno del tipo prefabbricato in monoblocco in calcestruzzo (cav) o in pannello sandwich o, in alternativa, in monoblocco in metallo tipo “solar station”). Il locale tecnico all'interno della SSEU sarà del tipo prefabbricato in monoblocco in calcestruzzo (cav) o in pannello sandwich.

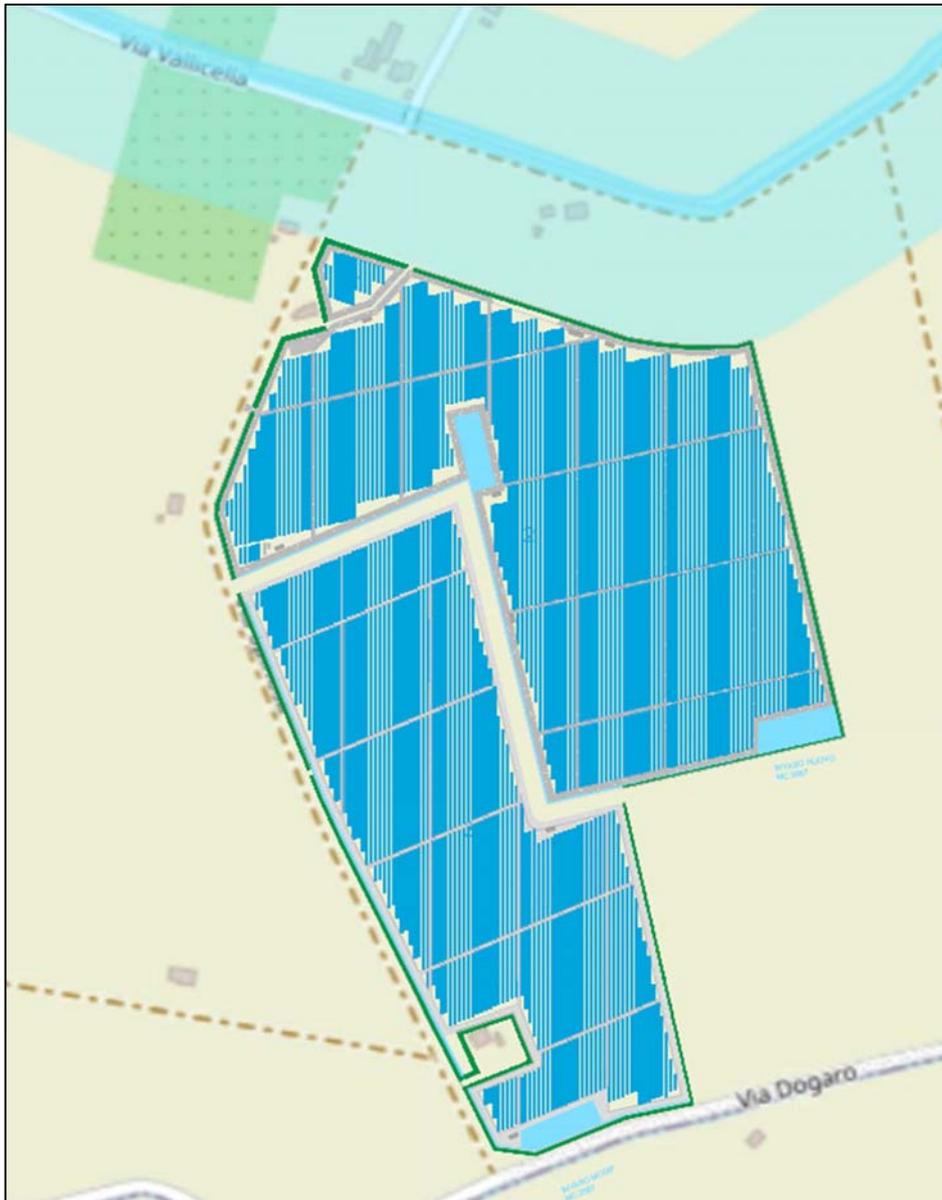


Fig. 3 - Layout di progetto

#### 4.0 INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il contesto geologico dell'area in esame è da porre in stretta relazione con la storia evolutiva del bacino padano. La dinamica interazione di importanti deformazioni tettoniche ed oscillazioni eustatiche del livello marino hanno determinato la successione di vari ambienti sedimentari, responsabili della situazione stratigrafica oggi osservata.

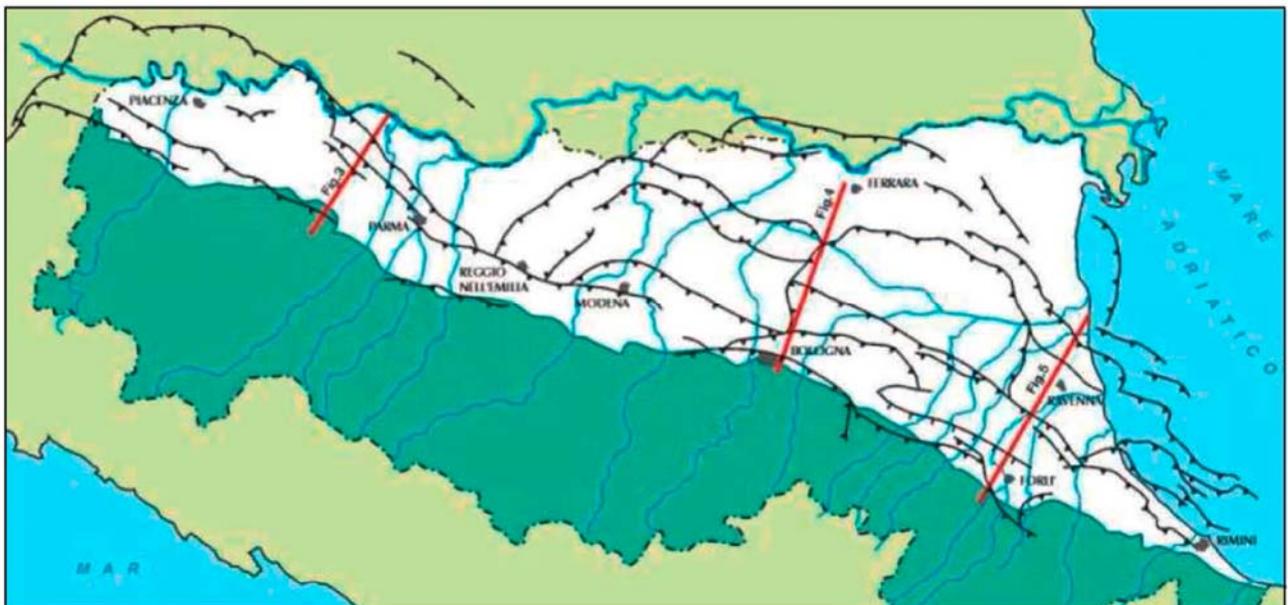
L'assetto di tale corpo sedimentario è il risultato dell'evoluzione deposizionale dei corsi d'acqua, legata sia alle variazioni climatiche pleistoceniche sia ai recenti movimenti tettonici

della zona di margine, vale a dire di quella fascia interposta tra la Pianura s.l. in abbassamento e l'Appennino in sollevamento. L'assetto geostrutturale delle formazioni prequaternarie è caratterizzato da una successione plicativa ad anticlinali e sinclinali spesso fagliate e sovrascorse, con assi a vergenze appenniniche; tale sistema ha provocato la suddivisione della pianura padana in settori caratterizzati da situazioni locali di bacino e di alto strutturale, che hanno pertanto avuto evoluzioni differenti.

L'evoluzione geodinamica del settore emiliano-romagnolo della Pianura Padana ha lasciato evidenti tracce nelle strutture tettoniche che si possono individuare in profondità, al di sotto delle coltri di sedimenti alluvionali.

In termini generali ed in modo schematico possiamo individuare tre zone principali:

- "*Zona delle pieghe pedeappenniniche*", dal margine collinare alla Via Emilia, costituita da una successione di sinclinali ed anticlinali, con asse a vergenza appenninica, spesso fagliate e sovrascorse sul fianco Nord;
- "*Zona della Sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia*", dove i depositi quaternari raggiungono il loro massimo spessore per tutta la pianura Padana;
- "*Zona della Dorsale Ferrarese*", ampia struttura anticlinale molto evidente ed elevata, che corre da Massa Finalese a Mirandola, con direzione complessiva E/SEN/NW e delimitata da due zone a forte subsidenza: la regione del delta a Nord e del Ravennate a Sud (Masè, 1983). Tale struttura subisce una decisa inflessione verso sud, con andamento SE-NW. Lungo tali allineamenti, lo spessore dei depositi quaternari subisce una notevole riduzione, sino a poche decine di metri (vedi figura al seguito).



**Fig. 4 - Principali strutture della Pianura Padana orientale (modificata da Pieri e Groppi, 1981)**

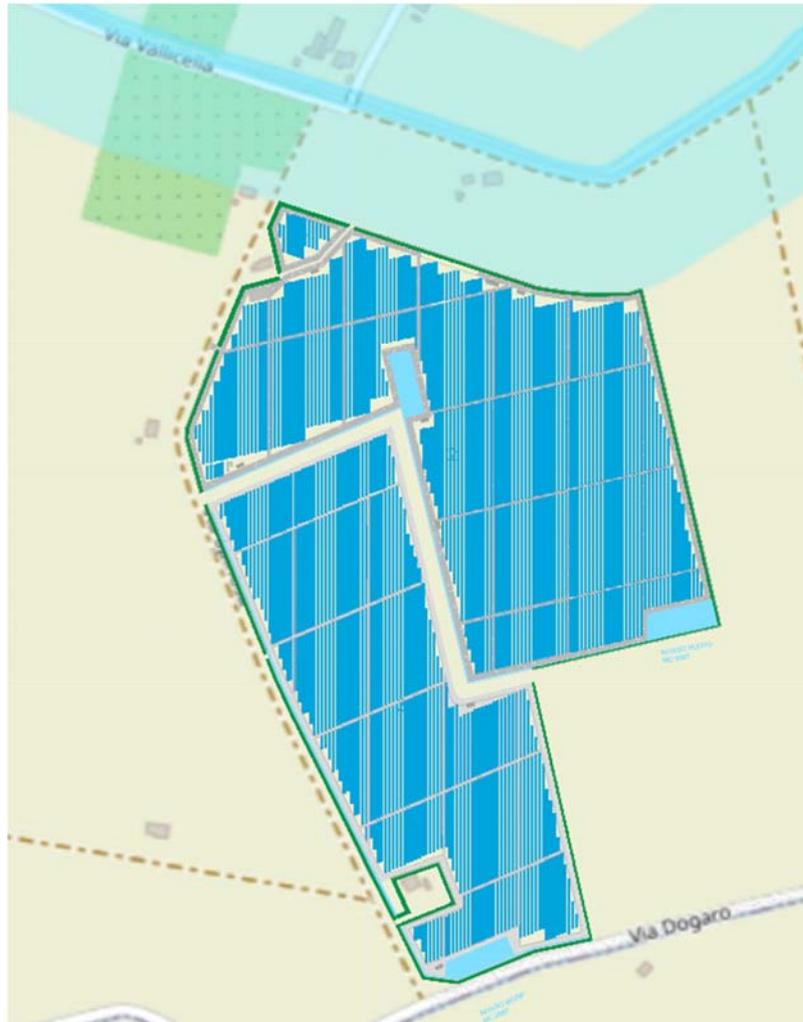
Concentrando l'attenzione sulla zona in esame, si osserva che il territorio di San Felice ricade nella zona delle "*pieghe ferraresi*". Lo spessore della successione plio-quaternaria risulta abbastanza variabile: da oltre 3.000 m nella zona più meridionale esso si riduce, alla cerniera della piega-faglia ferrarese, fino a meno di 1.000 m (porzione centrale e settentrionale del territorio comunale).

La parte sommitale della copertura sedimentaria del bacino è costituita dalle alluvioni oloceniche dei principali corsi d'acqua, tale copertura alluvionale risulta costituita sostanzialmente da una monotona sequenza di strati con granulometria compresa tra le argille e le sabbie più grossolane.

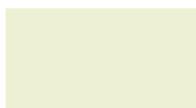


Il sito in esame si sviluppa su una superficie pianeggiante debolmente degradante verso N - NE con quote medie di circa 15 + 16 m s.l.m ..

Il sito in esame, pur non essendo cartografato come area ad elevata criticità idraulica, risulta adiacente ad aree morfologicamente depresse che presentano consistenti difficoltà di drenaggio superficiale, sia per scorrimento rapido a NO, sia per possibili ristagni d'acqua a S. L'area risulta altresì esterna alla fascia distale del conoide di rotta che investe l'intero abitato del capoluogo. Nell'area non appaiono altri elementi morfologici naturali significativi.



**Fig. 5 - Carta geomorfologica**



Area a superficie pianeggiante di origine alluvionale debolmente degradante verso N - NE con quote medie di circa 13 + 16 m s.l.m. ad elevata e media criticità idraulica e condizionata da una forte realizzazione di opere di bonifica.

## **7.0 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO**

Le caratteristiche degli acquiferi del territorio in esame vanno inquadrare nel modello evolutivo tridimensionale, sia idrogeologico che stratigrafico, dell'intera Pianura Padana emiliano-romagnola.

Secondo i più recenti studi (vedi Regione Emilia-Romagna, Eni-Agip, 1998) si distinguono, sia in superficie che nel sottosuolo, 3 Unità Idrostratigrafiche Sequenziali (UIS) di rango superiore, denominate Gruppi Acquiferi.

Esse affiorano sul margine meridionale del Bacino Idrogeologico della Pianura per poi

immersersi verso nord al di sotto dei sedimenti depositati dal fiume Po e dai suoi affluenti negli ultimi 20.000 anni, contenenti acquiferi di scarsa estensione e potenzialità (Acquifero Superficiale), quasi sempre freatici, di scarsa estensione e potenzialità.

Ciascun Gruppo Acquifero risulta idraulicamente separato, almeno per gran parte della sua estensione, da quelli sovrastanti e sottostanti, grazie a livelli argillosi di spessore plurimetrico sviluppati a scala regionale. Le Unità Idrostratigrafico-Sequenziali di rango superiore, denominate Gruppi Acquiferi A, B e C, a loro volta sono suddivise in 12 UIS, gerarchicamente inferiori, denominate Complessi Acquiferi, composti da serbatoi acquiferi sovrapposti e giustapposti, parzialmente o totalmente isolati tra loro.

La conseguenza di tale struttura è che i flussi idrici ipogei avvengono principalmente in direzione parallela alle stratificazioni; il flusso ortogonale risulta quindi secondario, e i flussi possono essere quindi considerati confinati all'interno della UIS.

Il limite inferiore della circolazione idrica sotterranea è rappresentato dall'Acquitardo Basale, costituito dalla formazione impermeabile plio-pleistocenica delle Argille Azzurre affiorante nella zona di margine appenninico.

I gruppi acquiferi continentali (A e B) sono così descrivibili:

A) è costituito dai depositi del sistema emiliano romagnolo superiore (450.000 - 350.000 anni B.P.) ed è essenzialmente caratterizzato da:

- ghiaie e sabbie prevalenti nella pianura pedemontana;
- depositi prevalentemente fini argillosi e/o limosi attraversati in senso meridiano da corpi nastriformi di ghiaie e sabbie, nella pianura a crescita verticale;

B) corrisponde al sistema emiliano romagnolo inferiore (650.000 e 450.000 - 350.000 anni B.P.) e rappresenta la fase iniziale della sedimentazione continentale del quaternario con limite inferiore e superiore di tipo erosivo. L'unità è sedimentata in un ambiente di piana alluvionale durante un periodo di subsidenza regionale, costituita in prevalenza da depositi fini con intercalazioni di corpi ghiaiosi e sabbiosi nastriformi, riferibili ad antichi paleoalvei fluviali, i quali diventano preponderanti in corrispondenza dell'apertura dei principali bacini vallivi sull'antistante pianura alluvionale.

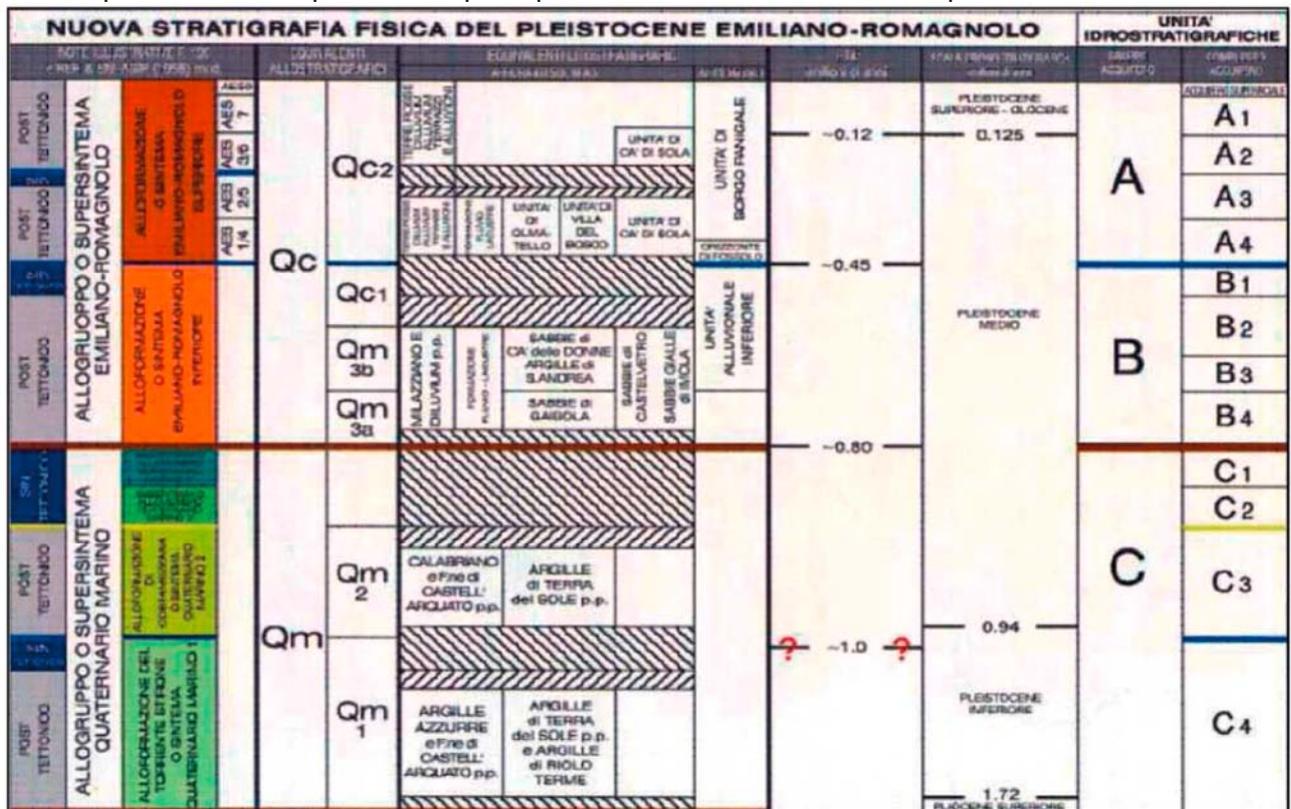


Fig. 6 - Schema geologico-stratigrafico e idrostratigrafico del Bacino Pleistocenico della Pianura Emiliano-Romagnola. Da "Di Dio G. (2001).

L'Unità Idrostratigrafico-Sequenziale affiorante nell'area in esame e direttamente coinvolta dalle opere di fondazione dell'intervento in progetto è denominata Gruppo Acquifero A, che ricalca il Sintema Emiliano Romagnolo superiore (450.000 - 350.000 anni B.P.).

Il sistema acquifero locale, caratterizzato da sequenze limo-argillose con intercalazioni sabbiose e torbose, si presenta compartimentato, con una potenzialità idrica complessivamente molto scarsa sia al punto di vista quantitativo che da quello qualitativo.

Il livello piezometrico è generalmente prossimo al piano campagna con frequenti livelli acquiferi sospesi, di tipo freatico, completamente separati dall'acquifero principale.

Nell'area di interesse è presente una rete idrografica ben definita con canali e intercanali di bonifica che contribuiscono ad una regolare regimazione delle acque meteoriche e di irrigazione che drenate dalla coltre superficiale vengono tamponate dal substrato sottostante argilloso relativamente meno permeabile. Pertanto, siccome i processi morfogenetici principali si limitano principalmente all'azione erosiva di tipo areale esercitata dalle acque meteoriche, è indispensabile che la progettazione preveda un adeguato sistema di regimazione intorno a tutte le strutture di progetto con canali e drenaggi affinché le acque possano essere convogliate nei reticoli naturali di deflusso. Tale sistema eviterà così risalite di umidità per capillarità e renderà maggiore stabilità all'intera opera di progetto.

Si ritiene utile sottolineare che, in relazione alle variabilità degli apporti idrici, è possibile ipotizzare che il livello piezometrico possa subire variazioni stagionali significative, raggiungendo talora quote prossime al piano campagna.

## **8.0 RISCHIO IDROGEOLOGICO**

Con il Piano per l'Assetto Idrogeologico è stata avviata la pianificazione di bacino, intesa come lo strumento fondamentale della politica di assetto territoriale delineata dalla legge 183/89, della quale ne costituisce il primo stralcio tematico e funzionale.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, di seguito denominato Piano Stralcio o Piano P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio nazionale. Facendo riferimento a quanto previsto nel "Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico", si è proceduto alla classificazione delle aree di intervento effettuando la perimetrazione delle aree a rischio, in particolare, dove la vulnerabilità si connette a gravi pericoli per le persone, le strutture ed infrastrutture ed il patrimonio ambientale e vengono altresì definite le norme di salvaguardia.

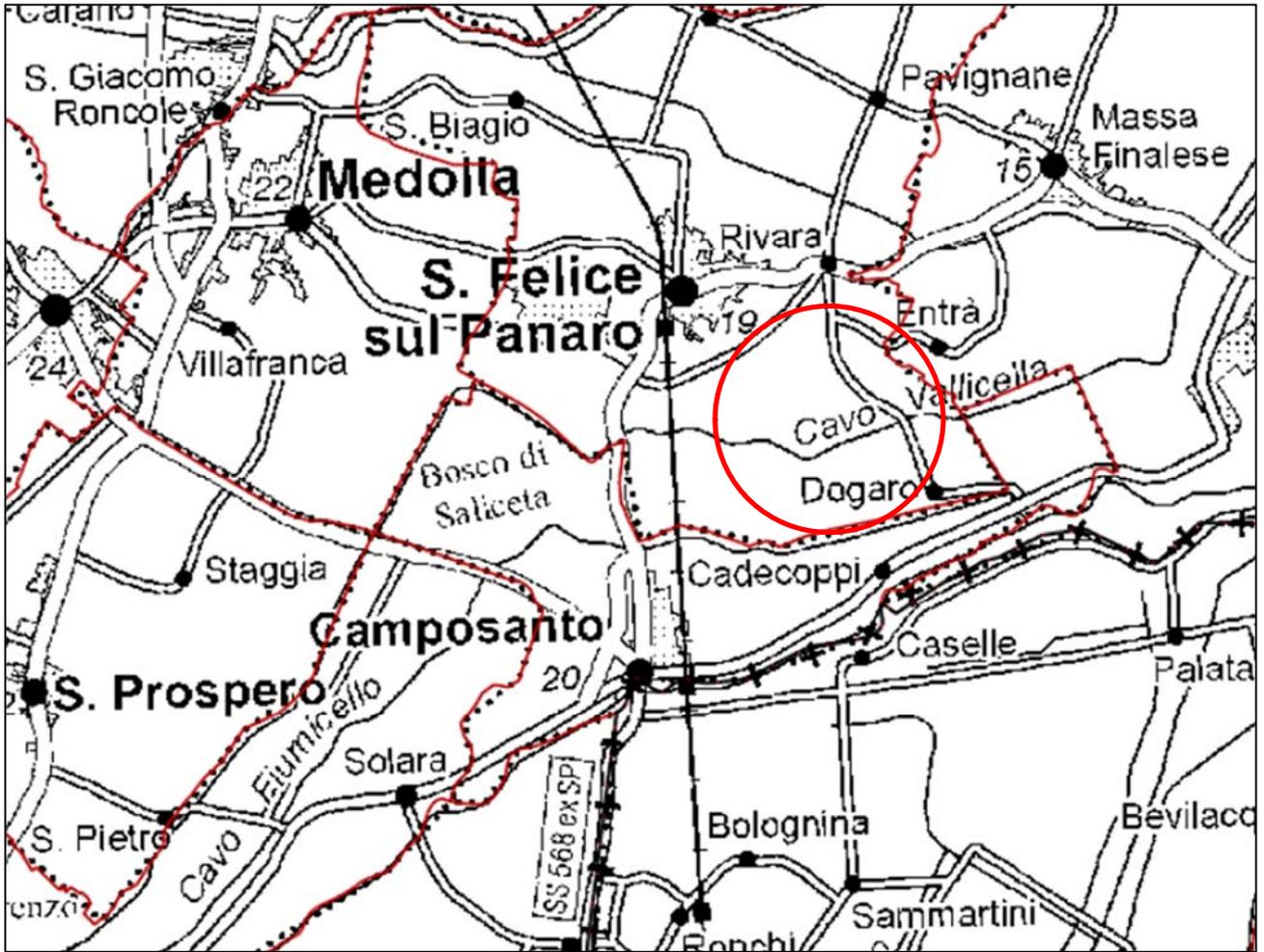
Il sito indagato ricade nei piani stralcio **dell'Autorità di Bacino del distretto idrografico dell'Appennino Settentrionale (PAI dissesti)**. Il **PAI dissesti** è il Piano stralcio di distretto per l'Assetto Idrogeologico previsto all'art. 67 del D.Lgs. 152/06 e sostituisce interamente i vari PAI elaborati secondo le disposizioni della legge 183/89.

Di seguito vengono illustrate stralci delle carte sul rischio idrogeologico.

## RISCHIO ALLUVIONI



Alluvioni	Territorio	Popolazione	Famiglie	Edifici	Imprese	Beni culturali
<b>Elevata</b>	7,57 (33,3%)	545 (17,2%)	209 (16,9%)	201 (24,1%)	52 (31%)	1 (8,3%)
<b>Media</b>	21,26 (93,6%)	2.909 (91,7%)	1.134 (91,6%)	764 (91,5%)	157 (93,5%)	14 (116,7%)
<b>Bassa</b>	22,71 (100%)	3.171 (100%)	1.238 (100%)	835 (100%)	168 (100%)	14 (116,7%)



## Legenda

**Aree interessate dai dissesti di  
versante di maggio 2023**

Inventario dei fenomeni  
franosì verificatisi nel maggio  
2023

Area\_in\_frana

 Area in frana

## CARTA INVENTARIO FENOMENI FRANOSI

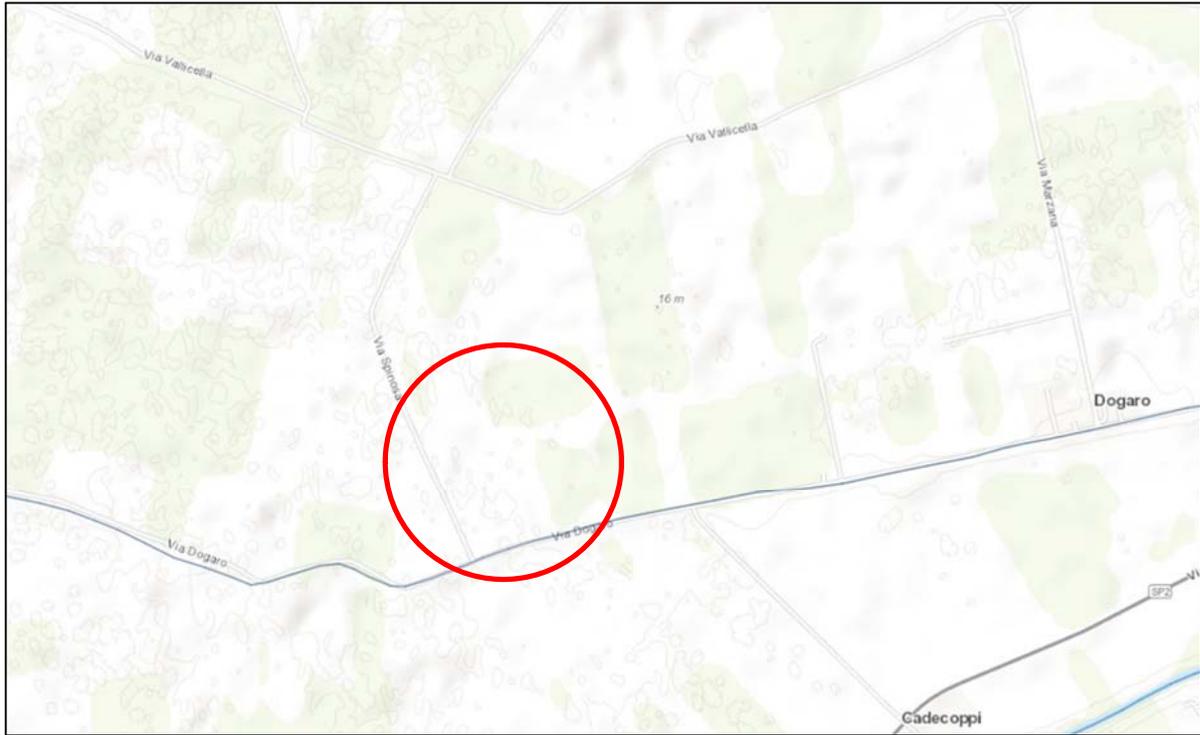
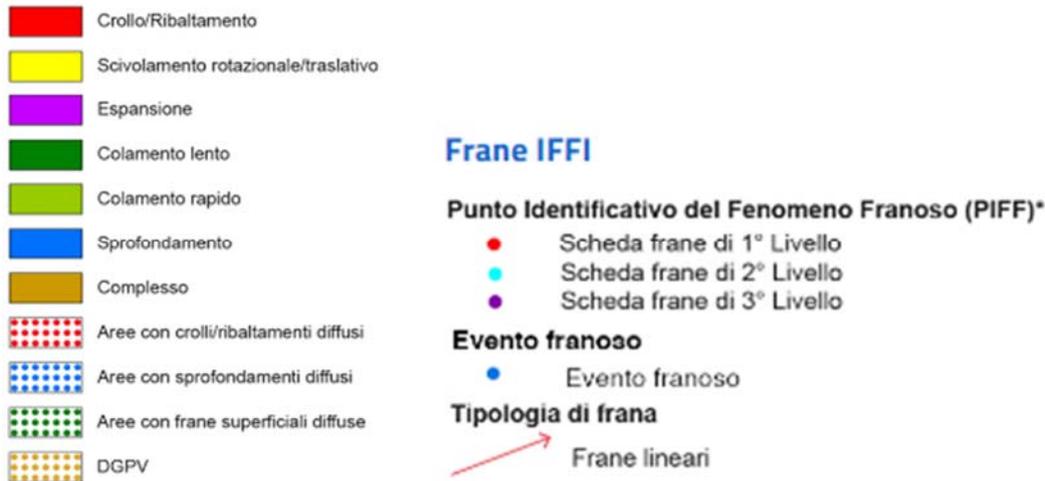


Fig. 7 - Carta inventario dei fenomeni franosi



Tutto il territorio comunale, e quindi anche l'area in esame, è praticamente pianeggiante, caratterizzato da una pendenza verso nord di circa 0,5%, tale caratteristica conferisce una totale stabilità geomorfologica, infatti, non si rinvenivano movimenti gravitazionali significativi, infatti, non sono segnalate presenza di frane in atto, antiche o quiescenti (fig.7).

Dal punto di vista idraulico l'area ricade parte in elevata e parte in media criticità idraulica, ma, anche se nel territorio sono presenti aree morfologicamente depresse che presentano consistenti difficoltà di drenaggio superficiale sia per scorrimento rapido, sia per possibili ristagni d'acqua, nel sito in disamina, i numerosi canali presenti, riescono a drenare bene tutte le acque superficiali e gli accumuli freatici sospesi, tamponati dagli orizzonti pelitici a minore permeabilità, durante le precipitazioni meteoriche. Quindi i processi morfogenetici principali si limitano principalmente all'azione erosiva di tipo areale esercitata dalle acque meteoriche, per cui, è indispensabile, realizzare un idoneo sistema di regimazione delle acque su tutta l'area interessata al progetto affinché possono essere convogliate nei recapiti naturali e dai canali presenti su tutta la zona circostante.

## 9.0 PROGRAMMA INDAGINI E PROVE PROGRAMMATE

Le indagini sono state effettuate per avere informazioni sulle caratteristiche geomeccaniche e sismiche dei terreni oggetto d'intervento. Essi consistono in n.8 sondaggi penetrometrici dinamici DPSH, entro cui sono stati prelevati n.2 campioni di terreno per le analisi da laboratorio, e n.1 prospezioni sismiche M.A.S.W. per la caratterizzazione sismica dei terreni (NTC2018). Si precisa che la tipologia e il numero di indagini effettuate è da ritenersi idoneo all'opera a farsi in quanto hanno fornito un quadro completo sulle caratteristiche geomeccaniche e sismiche dei terreni di fondazione.



Sondaggio DPSH – P1



Sondaggio DPSH – P2



Sondaggio DPSH – P3



Sondaggio DPSH – P4



Sondaggio DPSH – P5



Sondaggio DPSH – P6



Sondaggio DPSH – P7



Sondaggio DPSH – P8



Prospezione sismica M.A.S.W.



#### UBICAZIONE SONDAGGI SU ORTOFOTO

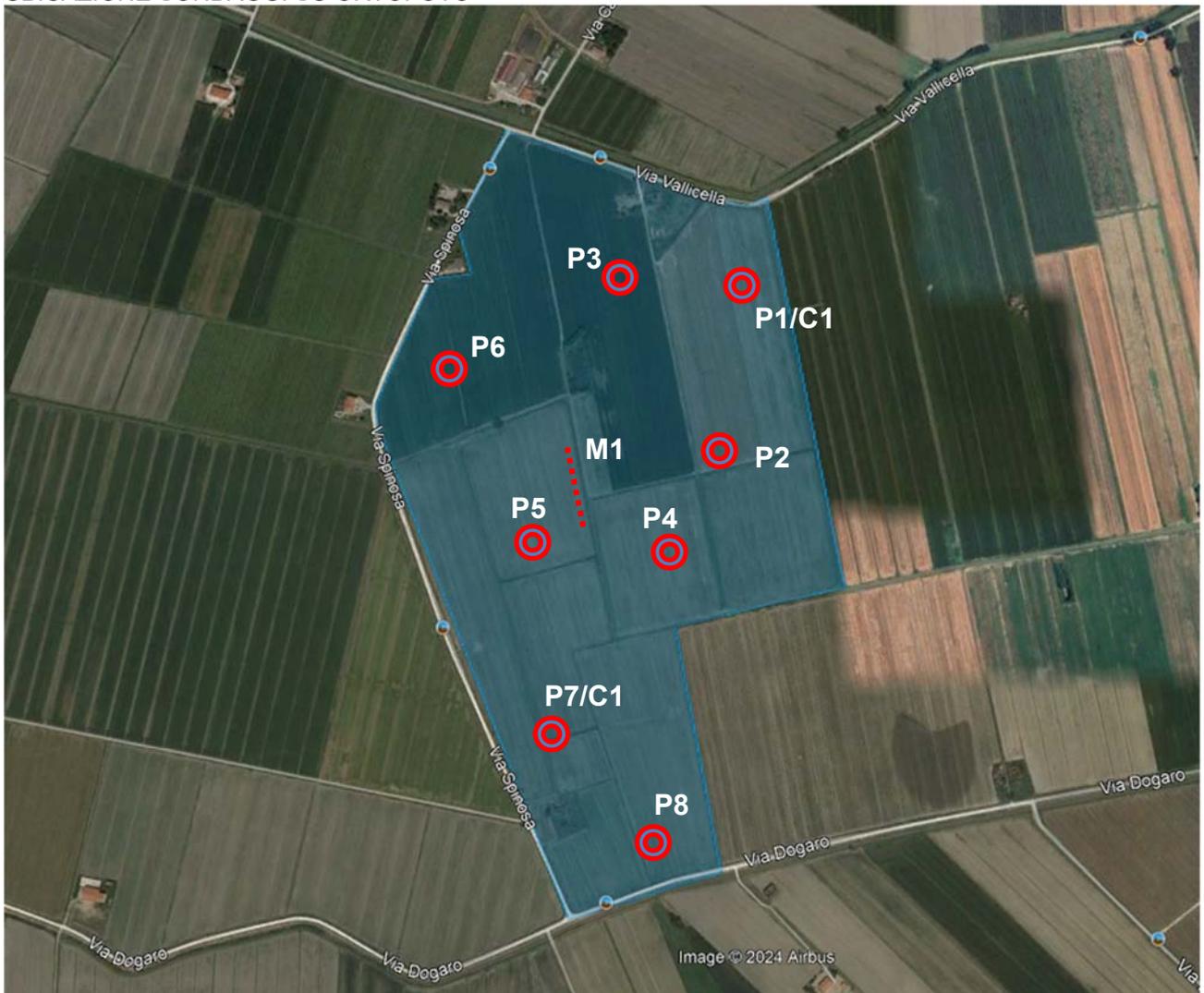


Fig. 8 -- Ubicazione sondaggi DPSH (Ortofoto Satellitare – Google Earth)

### 10.0 CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI

I sondaggi penetrometrici DPSH sono stati spinti fino a un massimo di circa 8.00 metri di profondità rispetto al piano campagna. La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infingere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi  $N$  necessari. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati.

L'interpretazione delle prove penetrometriche ha permesso di individuare, dunque, nell'ambito del volume di terreno investigato (volume significativo), un profilo litostratigrafico aventi le seguenti caratteristiche:

<b>STRATO 1</b>	<b>Spessore Min</b>	<b>Spessore Max</b>	Coltre superficiale limo argillosa da moderatamente consistente a consistente
	1.40 mt	2.20 mt	
<b>STRATO 2</b>	<b>Spessore Min</b>	<b>Spessore Max</b>	Argilla torbosa poco consistente
	1.40 mt	3.00 mt	
<b>STRATO 3</b>	<b>Spessore Min</b>	<b>Spessore Max</b>	limo argilloso sabbioso di variamente consistente
	2.00 mt	4.20 mt	

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni, il profilo penetrometrico è stato suddiviso in tratti a carattere omogenei distinti e, per ciascun tratto, sono state valutate le rispettive caratteristiche fisico-meccaniche valutando i parametri desunti dall'elaborazione dei dati acquisiti.

#### STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEI SONDAGGI DPSH P1

STRATO	NSPT Medio	DH (m)	Gam [t/m <sup>3</sup> ]	Gams [t/m <sup>3</sup> ]	Fi [°]	c [Kg/cm <sup>2</sup> ]	cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ni
1	3.62	2.20	1.68	1.87	25.90	0.15	0.27	36.20	38.71	0.36
2	1.48	1.40	1.52	1.85	21.00	0.06	0.09	14.80	16.89	0.45
3	8.73	4.20	1.93	2.12	28.22	0.22	0.35	87.30	90.83	0.34

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; c: Coesione drenata; cu: Coesione non drenata; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson.

#### STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEI SONDAGGI DPSH P2

STRATO	NSPT Medio	DH (m)	Gam [t/m <sup>3</sup> ]	Gams [t/m <sup>3</sup> ]	Fi [°]	c [Kg/cm <sup>2</sup> ]	cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ni
1	3.52	1.60	1.67	1.87	25.60	0.14	0.25	35.20	37.69	0.37
2	2.74	2.60	1.62	1.86	22.00	0.08	0.12	27.40	29.74	0.44
3	7.93	2.20	1.90	1.90	27.84	0.20	0.32	79.30	82.67	0.34

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; c: Coesione drenata; cu: Coesione non drenata; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson.

#### STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEI SONDAGGI DPSH P3

STRATO	NSPT Medio	DH (m)	Gam [t/m <sup>3</sup> ]	Gams [t/m <sup>3</sup> ]	Fi [°]	c [Kg/cm <sup>2</sup> ]	cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ni
1	3.87	1.60	1.69	1.87	26.00	0.15	0.26	38.70	41.26	0.36
2	2.14	2.20	1.57	1.85	20.00	0.07	0.11	21.40	23.62	0.44
3	7.65	2.40	1.89	1.90	27.71	0.18	0.31	76.50	79.82	0.34

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; c: Coesione drenata; cu: Coesione non drenata; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson.

**STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEI SONDAGGI DPSH P4**

STRATO	NSPT Medio	DH (m)	Gam [t/m <sup>3</sup> ]	Gams [t/m <sup>3</sup> ]	Fi [°]	c [Kg/cm <sup>2</sup> ]	cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ni
1	3.99	2.00	1.70	1.87	26.30	0.16	0.28	39.90	42.49	0.36
2	2.04	1.60	1.56	1.85	19.00	0.09	0.13	20.40	22.60	0.44
3	8.18	3.40	1.91	2.10	27.96	0.20	0.33	81.80	85.22	0.34

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; c: Coesione drenata; cu: Coesione non drenata; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson.

**STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEI SONDAGGI DPSH P5**

STRATO	NSPT Medio	DH (m)	Gam [t/m <sup>3</sup> ]	Gams [t/m <sup>3</sup> ]	Fi [°]	c [Kg/cm <sup>2</sup> ]	cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ni
1	3,95	1.80	1,70	1,87	26.00	0,16	0.27	39,50	42,08	0.36
2	2,17	3.00	1,57	1,85	20.00	0,09	0.13	21,70	23,93	0.44
3	7,99	2.00	1,90	1,91	27.87	0.20	0.32	79,90	83,29	0.34

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; c: Coesione drenata; cu: Coesione non drenata; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson.

**STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEI SONDAGGI DPSH P6**

STRATO	NSPT Medio	DH (m)	Gam [t/m <sup>3</sup> ]	Gams [t/m <sup>3</sup> ]	Fi [°]	c [Kg/cm <sup>2</sup> ]	cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ni
1	3.17	1.40	1.65	1.86	25.00	0.13	0.22	31.70	34.12	0.37
2	2.56	2.20	1.60	1.86	22.00	0.08	0.12	25.60	27.90	0.44
3	8.46	3.60	1.92	2.11	28.09	0.22	0.34	84.60	88.08	0.34

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; c: Coesione drenata; cu: Coesione non drenata; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson.

**STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEI SONDAGGI DPSH P7**

STRATO	NSPT Medio	DH (m)	Gam [t/m <sup>3</sup> ]	Gams [t/m <sup>3</sup> ]	Fi [°]	c [Kg/cm <sup>2</sup> ]	cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ni
1	3.70	2.00	1.68	1.87	26.00	0.15	0.26	37.00	39.53	0.36
2	2.04	2.60	1.56	1.85	19.00	0.09	0.13	20.40	22.60	0.44
3	8.47	3.00	1.92	2.11	28.10	0.22	0.34	84.70	88.18	0.34

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; c: Coesione drenata; cu: Coesione non drenata; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson.

## STIMA DEI PARAMETRI GEOTECNICI DEI SONDAGGI DPSH P8

STRATO	NSPT Medio	DH (m)	Gam [t/m <sup>3</sup> ]	Gams [t/m <sup>3</sup> ]	Fi [°]	c [Kg/cm <sup>2</sup> ]	cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ni
1	3.79	1.80	1.69	1.87	26.15	0.16	0.27	37.90	40.45	0.36
2	2.75	2.80	1.62	1.86	22.00	0.08	0.12	27.50	29.84	0.44
3	7.93	2.20	1.90	1.90	27.84	0.20	0.32	79.30	82.67	0.34

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; c: Coesione drenata; cu: Coesione non drenata; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson.

### 11.0 ANALISI DEI PARAMETRI GEOTECNICI

Nelle tabelle successive vengono riportati i valori desunti dai sondaggi effettuati evidenziando il range dei valori riscontrati nelle varie elaborazioni degli strati litologici analizzati.

PARAMETRI FISICI E GEOMECCANICI STRATO 1				
Coltre superficiale limo argillosa da moderata a consistente				
	PARAMETRO GEOTECNICO	U.M.	INTERVALLO VALORE	
			MIN	MAX
<b>Cu</b>	Coesione non drenata	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.22	0.28
<b>Eed</b>	Modulo edometrico	(kg/cm <sup>2</sup> )	34.12	42.99
<b>Ey</b>	Modulo elastico (Modulo di Young)	(kg/cm <sup>2</sup> )	31.70	39.90
<b>γ<sub>n</sub></b>	Peso dell'unità di volume naturale	(t/m <sup>3</sup> )	1.65	1.70
<b>γ<sub>sat</sub></b>	Peso dell'unità di volume saturo	(t/m <sup>3</sup> )	1.86	1.87
<b>φ</b>	Angolo di attrito	(°)	25.00	26.30
<b>c</b>	Coesione drenata	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.13	0.16
<b>ni</b>	Coefficiente di Poisson	---	0.36	0.37

PARAMETRI FISICI E GEOMECCANICI STRATO 2				
Argilla torbosa poco consistente				
	PARAMETRO GEOTECNICO	U.M.	INTERVALLO VALORE	
			MIN	MAX
<b>Cu</b>	Coesione non drenata	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.09	0.13
<b>Eed</b>	Modulo edometrico	(kg/cm <sup>2</sup> )	16.89	29.84
<b>Ey</b>	Modulo elastico (Modulo di Young)	(kg/cm <sup>2</sup> )	14.80	27.50
<b>γ<sub>n</sub></b>	Peso dell'unità di volume naturale	(t/m <sup>3</sup> )	1.52	1.62
<b>γ<sub>sat</sub></b>	Peso dell'unità di volume saturo	(t/m <sup>3</sup> )	1.85	1.86
<b>φ</b>	Angolo di attrito	(°)	19.00	22.00
<b>c</b>	Coesione drenata	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.06	0.09
<b>ni</b>	Coefficiente di Poisson	---	0.44	0.45

<b>PARAMETRI FISICI E GEOMECCANICI STRATO 3</b>				
Limo argilloso sabbioso di variamente consistente				
	PARAMETRO GEOTECNICO	U.M.	INTERVALLO VALORE	
			MIN	MAX
<b>Cu</b>	Coesione non drenata	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.31	0.35
<b>Eed</b>	Modulo edometrico	(kg/cm <sup>2</sup> )	79.82	90.83
<b>Ey</b>	Modulo elastico (Modulo di Young)	(kg/cm <sup>2</sup> )	76.50	87.30
<b>γ<sub>n</sub></b>	Peso dell'unità di volume naturale	(t/m <sup>3</sup> )	1.89	1.93
<b>γ<sub>sat</sub></b>	Peso dell'unità di volume saturo	(t/m <sup>3</sup> )	1.90	2.12
<b>φ</b>	Angolo di attrito	(°)	27.71	28.22
<b>c</b>	Coesione drenata	(kg/cm <sup>2</sup> )	0.18	0.22
<b>ni</b>	Coefficiente di Poisson	---	0.34	0.34

## 12.0 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

L'analisi ed il confronto dei dati così conseguiti, dalla campagna geognostica, hanno permesso, in particolare, di delineare l'assetto geologico strutturale dell'area, le varie successioni litostratigrafiche e le condizioni fisico-meccaniche dei terreni nell'ambito geomorfologico significativo. Analizzando i dati desunti dai sondaggi, le analisi di laboratorio, accorpando terreni con simili caratteristiche litologiche e geomeccaniche, sono stati individuati i principali strati rappresentanti il volume geotecnico del sottosuolo relativo all'area di progetto. La tabella seguente rappresenta un modello geotecnico dove sono stati inseriti i dati delle analisi di laboratorio effettuati sui campioni prelevati e i valori minimi riscontrati in tutti i sondaggi effettuati.

STRATO	Spessore medio (m)	Gam [t/m <sup>3</sup> ]	Gams [t/m <sup>3</sup> ]	Fi [°]	c [Kg/cm <sup>2</sup> ]	cu [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ey [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ed [Kg/cm <sup>2</sup> ]	Ni
1	1.80	1.95	1.98	25.03	0.15	0.22	31.70	34.12	0.37
2	2.20	1.52	1.85	19.00	0.06	0.09	14.80	16.89	0.45
3	3.10	1.89	1.90	27.71	0.18	0.34	76.50	79.82	0.34

In rosso dati analizzati da laboratorio geotecnico

DH: Spessore dello strato; Gam: Peso unità di volume; Gams: Peso unità di volume saturo; Fi: Angolo di attrito; c: Coesione; Ey: Modulo Elastico; Ed: Modulo Edometrico; Ni: Poisson; cu: Coesione non drenata

## 13.0 MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO

Questo capitolo tratta la modellazione sismica concernente la "pericolosità sismica di base" del sito su cui è prevista la realizzazione del progetto di cui in premessa e quello della valutazione dell'effetto della risposta sismica di progetto mediante specifiche analisi.

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

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

accelerazione al suolo (PGA o Accelerazione di picco al suolo) in funzione di un tempo di ritorno (ossia un valore probabilistico).

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

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

L'Italia è una regione **altamente sismica**. Ad eccezione della Sardegna, di parte della Puglia, di parte della Val Padana e delle Alpi centro- occidentali, dove il rischio sismico è basso, l'intero territorio nazionale è soggetto a fenomeni medio-alti di sismicità.

Per individuare il rischio sismico delle diverse aree si effettua la zonazione del rischio sismico. Principalmente, tramite la zonizzazione vengono determinati i parametri per la progettazione degli interventi strutturali e sismici. Inoltre, dal punto di vista fiscale, le zone 1,2 e 3 permettono di accedere al **Sismabonus**, anche legato al **Super Sismabonus**. Gli edifici costruiti in **zona 4** non accedono alle detrazioni fiscali.

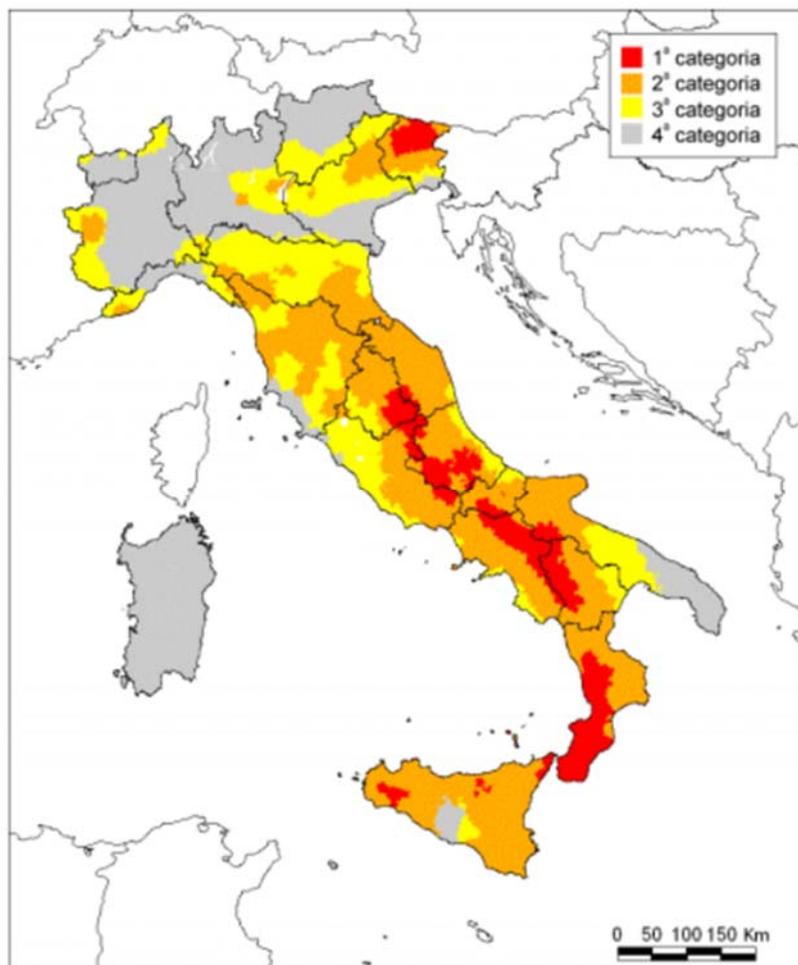


Fig. 9 - Zone sismiche 1, 2, 3, 4: classificazione nazionale agg. 2024

La corrispondenza fra queste diverse definizioni è riportata di seguito:

Decreti fino al 1984	GdL 1998	Classificazione 2003
S=12	prima categoria	zona 1
S=9	seconda categoria	zona 2
S=6	terza categoria	zona 3
non classificato	NC	zona 4

Zone sismiche	Rischio	Considerazioni
Zona 1	Alto	possono verificarsi forti terremoti;
Zona 2	Medio	possono verificarsi terremoti abbastanza forti;
Zona 3	Basso	possono essere soggetti a scuotimenti modesti
Zona 4	Molto basso	possibilità di danni sismici sono basse.

### SISMICITA' STORICA

La sismicità storica del Comune di San Felice sul Panaro è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI11. Il database è stato realizzato nell'ambito delle attività del TTC (Tema Trasversale Coordinato) *"Banche dati e metodi macrosismici"* dell'INGV, con il contributo parziale del Dipartimento della Protezione Civile.

La sismicità temporale del territorio comunale è riassunta graficamente nel diagramma della figura seguente.

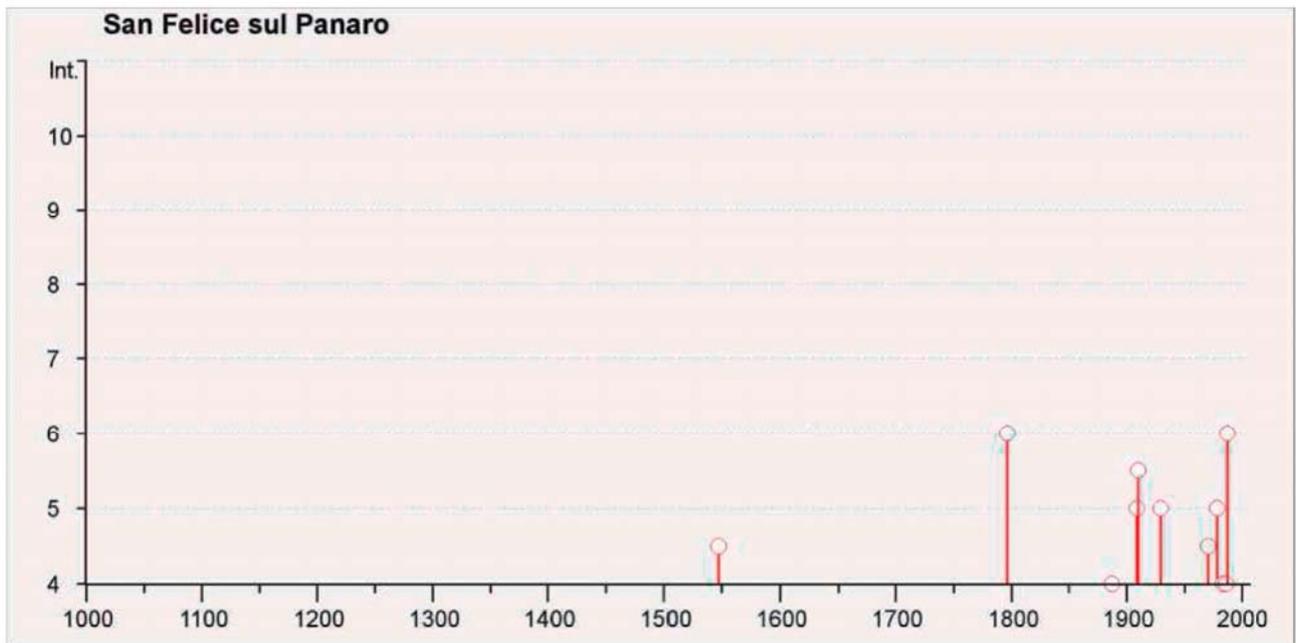


Fig. 10 - Diagramma rappresentante la storia sismica del Comune di San Felice sul Panaro

Nella successiva Tabella sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Nella tabella sono indicate oltre alla stessa intensità al sito (Is), l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi) e l'ora in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io), e la magnitudo momento (Mw).

Is	anno Me Gi ora	AE	Io	Mw
4-5	1547 02 10 13:20	Reggio Emilia	7	5.14 $\hat{A}\pm 0.34$
6	1796 10 22 04:00	Emilia orientale	7	5.61 $\hat{A}\pm 0.36$
4	1887 02 23 05:21:50	Liguria occidentale		6.97 $\hat{A}\pm 0.15$
2	1898 01 16 12:10:05	Romagna settentrionale	6-7	4.79 $\hat{A}\pm 0.33$
NF	1900 03 04 16:55	VALDOBBIADENE	6-7	5.13 $\hat{A}\pm 0.14$
NF	1907 04 25 04:52	Veronese	6	4.91 $\hat{A}\pm 0.15$
5	1909 01 13 00:45	BASSA PADANA	6-7	5.53 $\hat{A}\pm 0.09$
5-6	1910 03 22 23:29	Bassa modenese	5	4.30 $\hat{A}\pm 0.34$
5	1929 04 20 01:09:46	Bolognese	7	5.34 $\hat{A}\pm 0.13$
4-5	1970 11 02 08:42:12	Bassa modenese	4-5	4.09 $\hat{A}\pm 0.34$
5	1978 12 25 22:53:42	Bassa mantovana	5	4.22 $\hat{A}\pm 0.22$
NF	1980 11 23 18:34:52	Irpinia-Basilicata	10	6.89 $\hat{A}\pm 0.09$
4	1983 11 09 16:29:52	Parmense	6-7	5.06 $\hat{A}\pm 0.09$
4	1986 12 06 17:07:20	BONDENO	6	4.61 $\hat{A}\pm 0.10$
6	1987 05 02 20:43:53	Reggiano	6	4.74 $\hat{A}\pm 0.09$
6	1987 05 08 11:10:27	Bassa modenese	6	4.57 $\hat{A}\pm 0.23$
NF	1988 03 15 12:03:18	Reggiano	6	4.66 $\hat{A}\pm 0.12$
NF	1998 02 21 02:21:13	Reggiano	5	4.34 $\hat{A}\pm 0.17$
NF	1998 03 26 16:26:17	Appennino umbro-marchigiano	6	5.29 $\hat{A}\pm 0.09$
3	2000 06 18 07:42:08	Parmense	5-6	4.43 $\hat{A}\pm 0.09$

## SISMICITA' RECENTE

La sismicit  recente del territorio in esame   caratterizzata dagli eventi avvenuti nel maggio del 2012, che hanno causato numerose vittime, feriti e importanti danni in molte localit  colpendo sia i centri storici che le aree rurali e industriali.

La sequenza sismica   stata caratterizzata da due scosse principali avvenute il 20 e il 29 maggio (vedi figura sottostante); la prima di magnitudo ML = 5.9 e profondit  di 6.3 km con epicentro tra Mirandola e Finale Emilia, la seconda di magnitudo ML = 5.8 e profondit  di 10.2 km con epicentro vicino a Medolla. Oltre alle due scosse principali sono stati registrati ulteriori 5 terremoti di ML >5.

### SEQUENZA SISMICA 20 maggio - 20 luglio

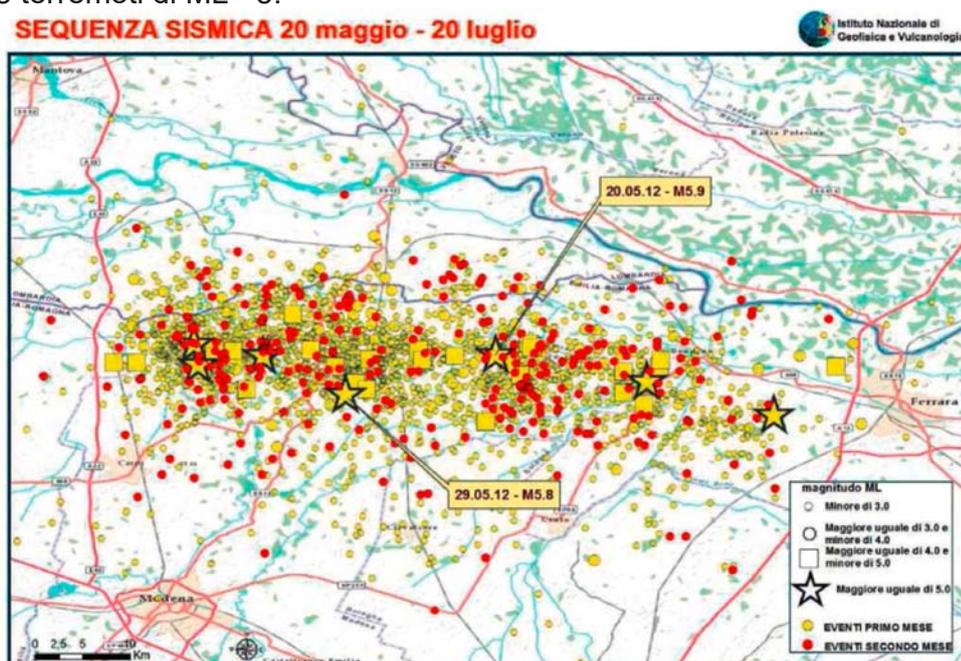


Fig. 11 - Sequenza sismica del periodo maggio - luglio 2012 in Emilia

Dai dati accelerometrici dedotti dalla stazione RAN MRN di Mirandola (MO) relativamente al sisma del 20-5-12, poco distante da San Felice sul Panare, si sono rilevate i seguenti parametri di accelerazione sismica:

- PGA - verticale= 0,309 g
- PGA - orizzontale direzione NS = 0,264 g
- PGA - orizzontale direzione EW = 0,261 g

## ZONIZZAZIONE SISMICA

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha prodotto una zonizzazione sismogenetica (ZS) del territorio nazionale che tiene conto dell'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale (*"Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall' O.P.C.M. 20/3/2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano - Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici"*).

La zonizzazione è stata condotta tramite l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni che hanno condotto alla costruzione del modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche. Per il reperimento dei dati relativi alla sismicità osservata è stato considerato il catalogo storico contenente 2.488 eventi degli ultimi 1.000 anni con intensità epicentrali maggiore o uguale al V - VI grado MCS la cui magnitudo è maggiore o uguale a 4.

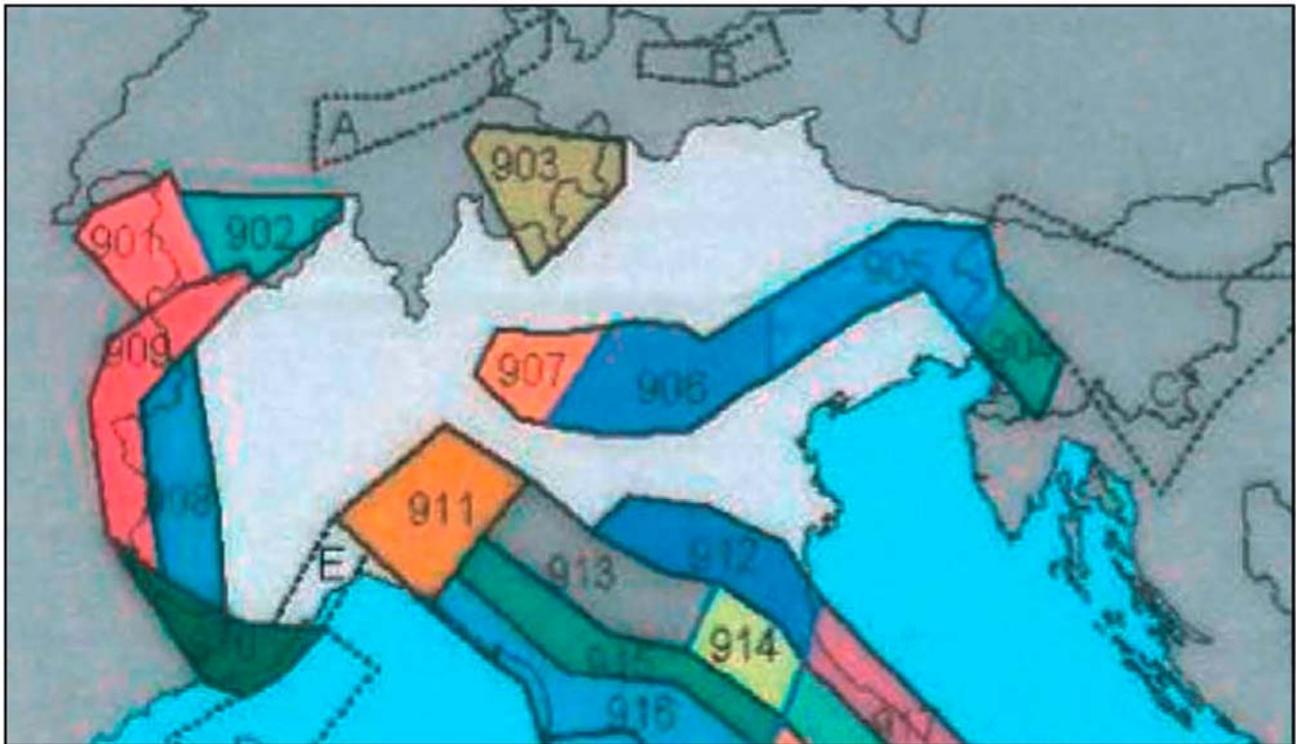


Fig. 12 - Stralcio della Zonizzazione sismogenetica ZS9

Dall'osservazione della mappa delle aree sismogenetiche dell'Italia settentrionale si evince come il territorio comunale di San Felice sul Panaro ricade all'interno della zona sismogenetica 912 (vedi figura sovrastante) denominata *"Pieghie emiliane e Dorsale Ferrarese"*, la quale costituisce la continuazione sepolta delle strutture appenniniche nell'antistante area di pianura. Tale zona ricade nella porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale, in cui si osserva un regime tettonico debolmente compressivo in atto. Le

strutture compressive responsabili della sismicità sono prevalentemente legate a *thrust* allineati lungo la costa o a breve distanza da esse.

Nella Zona Sismogenetica 912 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a  $M_{wmax} = 6,14$ .

## RISPOSTA SISMICA LOCALE

Il territorio comunale di San Felice Sul Panaro (MO) ricade in zona sismica (nuova classificazione) "zona 3" così come risulta dalla carta della macrozonazione sismica indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Deliberazione della Giunta Regionale n.1435 del 21 luglio 2003 e successivamente con la n.1164 del 23 luglio 2018.

<b>ZONA SISMICA 3</b> <b>ag=0.35g</b>	Zona con pericolosità sismica bassa, che può essere soggetta a scuotimenti modesti.
--	---

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

La stima della pericolosità sismica, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ( $V_{s30} > 800$  m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica, disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni, indica che il territorio comunale di Pradamano rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.125 e 0.175 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

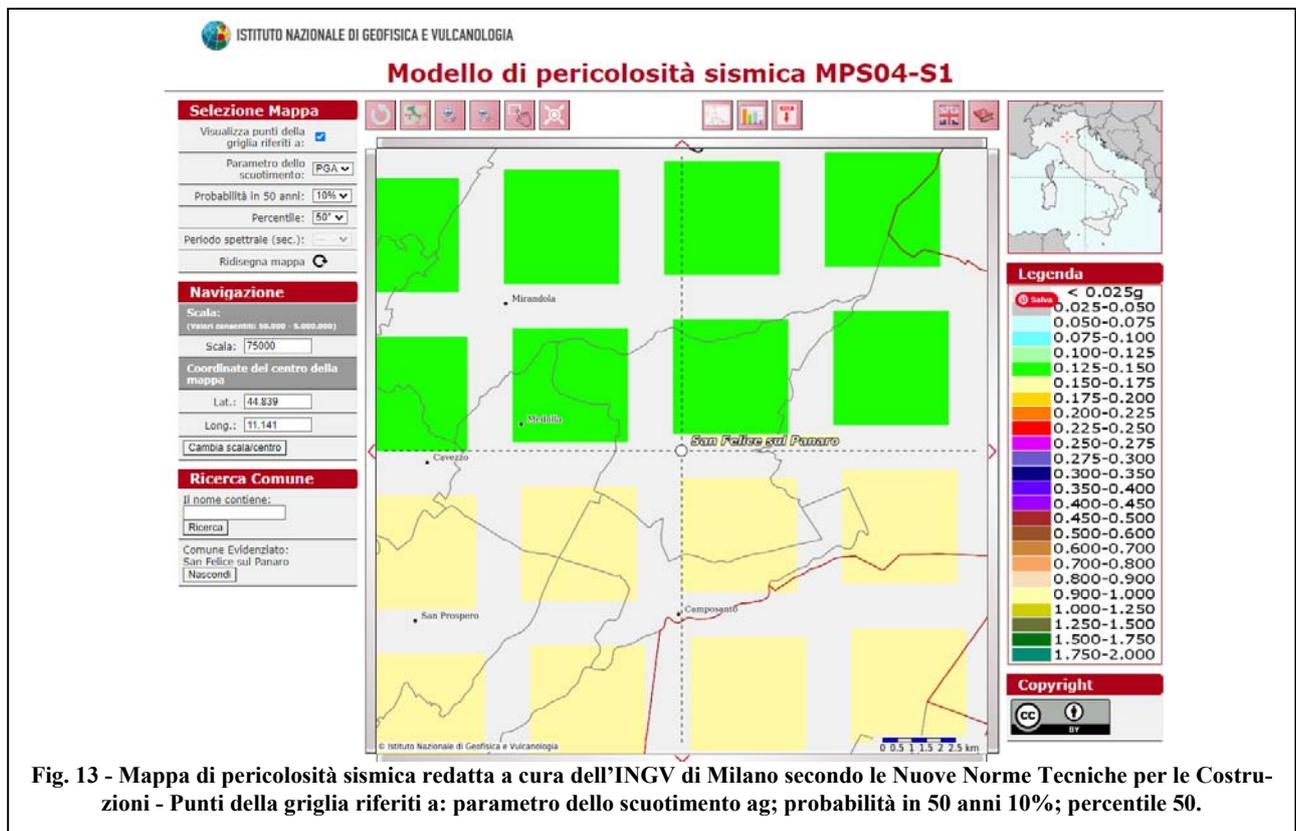


Fig. 13 - Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

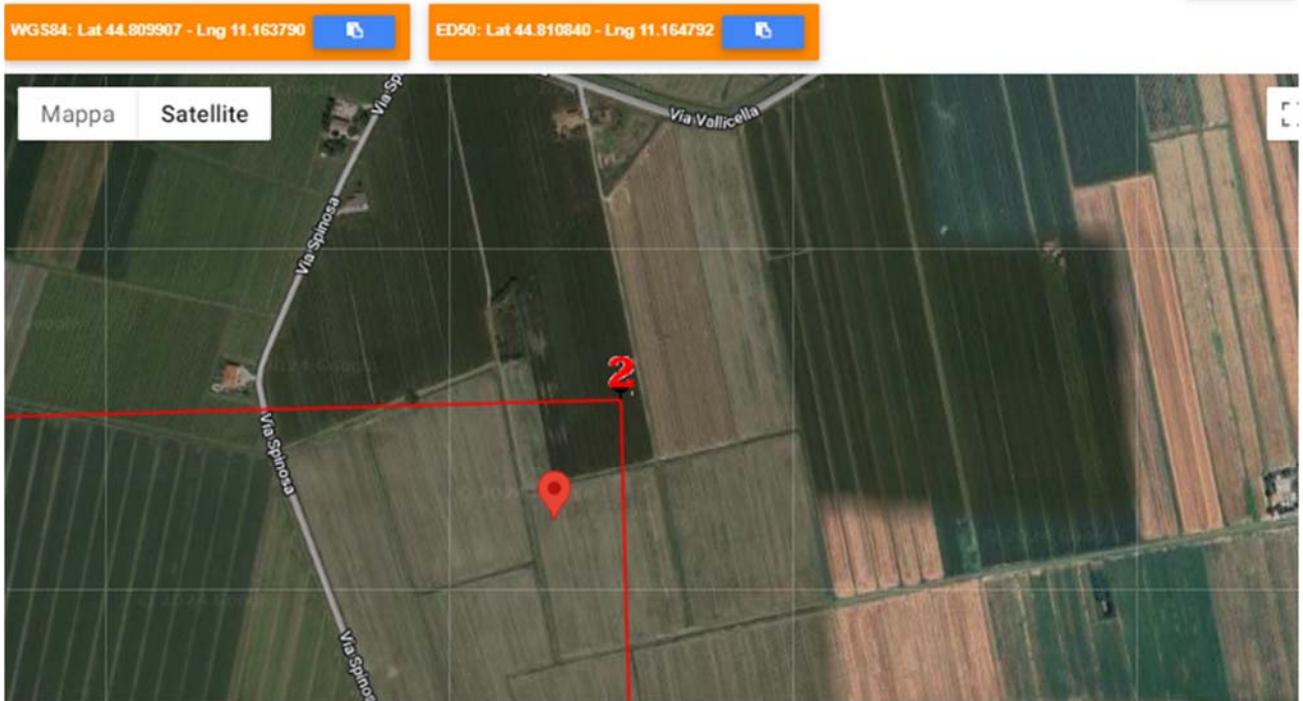


Fig. 14 – Inquadramento su ortofoto nei punti della griglia

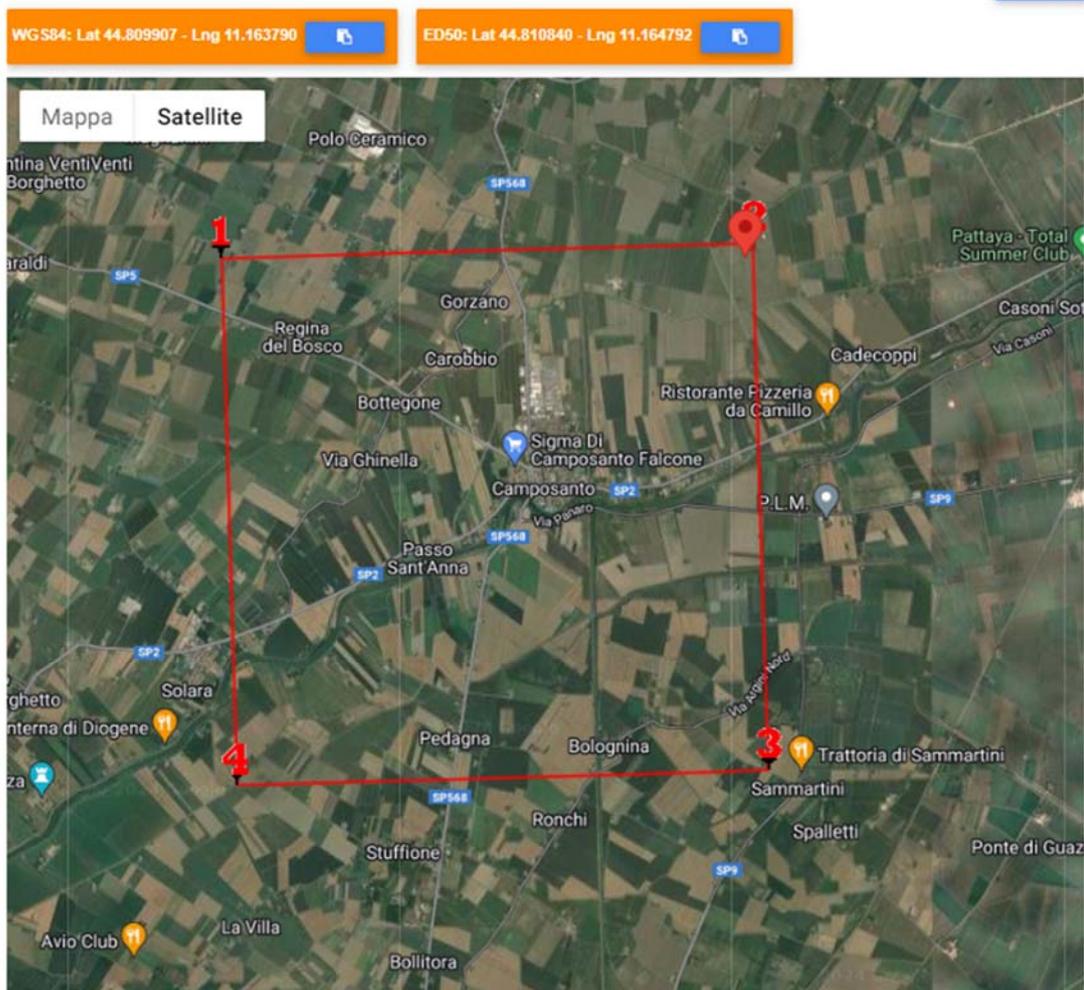


Fig. 15 - Vertici della maglia di appartenenza

Latitudine: 44,81084      Longitudine: 11,164792 (ED50)

Siti di riferimento dei punti della griglia:

Sito 1 ID: 15395	Lat: 44,8108	Lon: 11,0955	Distanza: 5468,524
Sito 2 ID: 15396	Lat: 44,8122	Lon: 11,1658	Distanza: 174,911
Sito 3 ID: 15618	Lat: 44,7623	Lon: 11,1678	Distanza: 5408,313
Sito 4 ID: 15617	Lat: 44,7609	Lon: 11,0975	Distanza: 7688,055

## RISPOSTA SISMICA DI PROGETTO

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_c(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{vr}$ , nel periodo di riferimento  $V_r$ . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{vr}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag: accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c$ : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

### Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

*Gli stati limiti di esercizio sono:*

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

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

*Gli stati limite ultimi sono:*

**Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

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

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{vr}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati sono riportati nella successiva tabella.

Stati limite		Pvr: probabilità di superamento nel periodo di riferimento Vr
Stati limite di esercizio	SLO	81 %
	SLD	63 %
Stati limite ultimi	SLV	10 %
	SLC	5 %

## CLASSIFICAZIONE SISMICA LOCALE DEL SITO

In occasione di eventi sismici, le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare la pericolosità sismica di base, producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area. Tali effetti vengono distinti in funzione del comportamento dinamico dei materiali coinvolti;

pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area. In funzione delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono quindi due grandi gruppi di effetti locali: quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli dovuti ad instabilità.

La normativa sismica vigente ai sensi della NTC 2018 indica di tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica e morfologica del sito e quindi va applicato lo spettro previsto dalla normativa, previa definizione della categorie di suolo su cui sorgerà l'opera edilizia in progetto.

A tal caso sul sito di interesse sono state effettuate n.1 indagini sismiche per valutare l'effetto della risposta sismica locale di progetto di seguito descritte.

## INDAGINE SISMICA CON METODO M.A.S.W.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi.

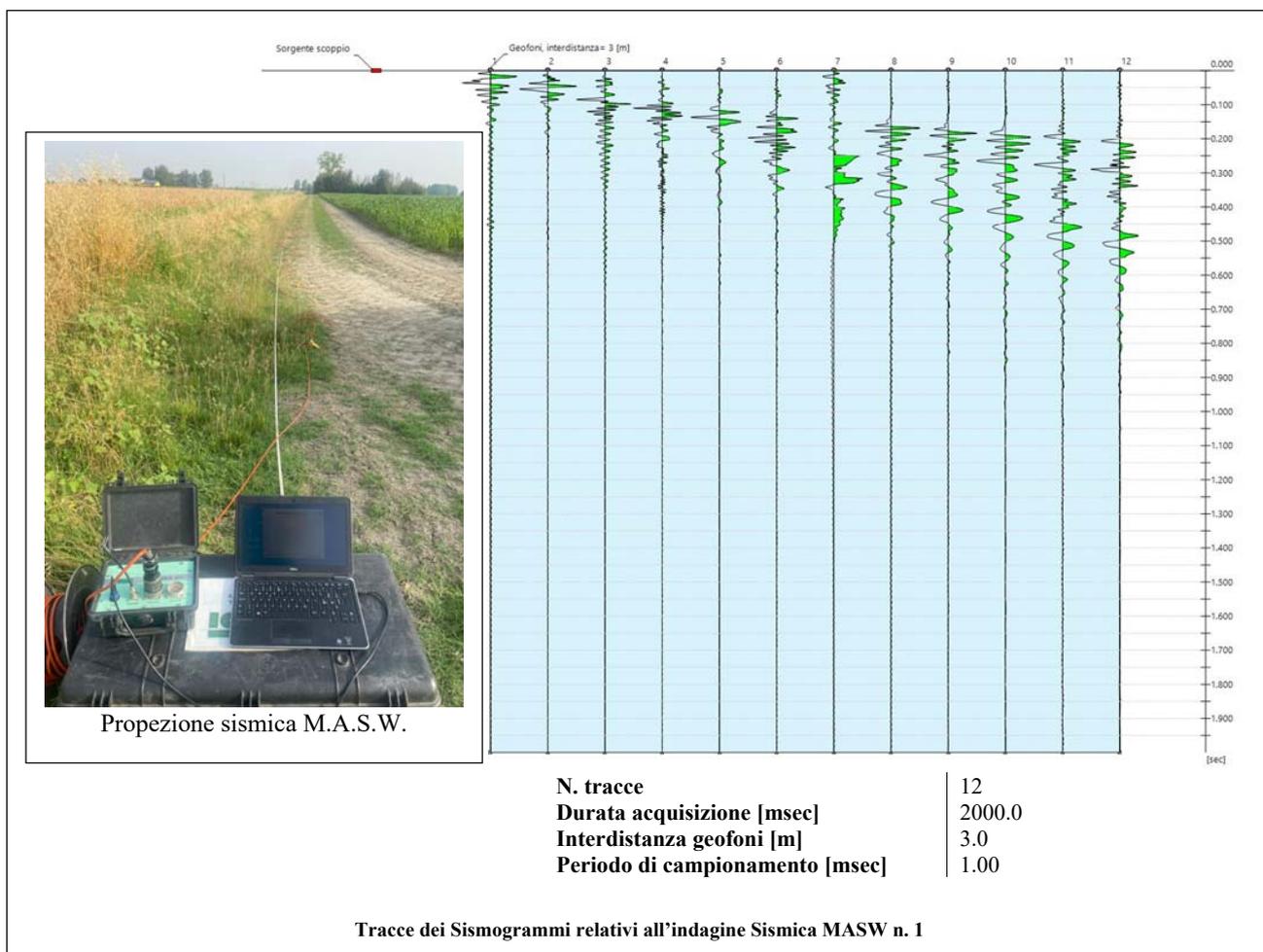
In sito è stata effettuata una prospezione sismica M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh), mediante l'utilizzo di sismografo **PASI GEA 24** matricola 18297 (24 bit 24 canali), con 12 geofoni elettromagnetici a bobina mobile con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

La sorgente sismica è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 6kg che batte su una piastra quadrata in alluminio). Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale a 10Hz, posto in prossimità della piastra. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 12 geofoni verticali (4.5Hz) posizionati ogni 3 metri lungo il profilo di indagine per una lunghezza complessiva di 36 metri.

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

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati utilizzando il software WinMasw lite della Eliosoft con numero di serie 0X3109A511. Si ricorda altresì che le indagini geofisiche e nella fattispecie le prospezioni sismiche non sono contemplate nella circolare 349 STC del 16 dicembre 1999 e, con seguentemente, secondo le N.T.C. 2018 (D.M. 17/01/2018), non sono soggette a certificazione.

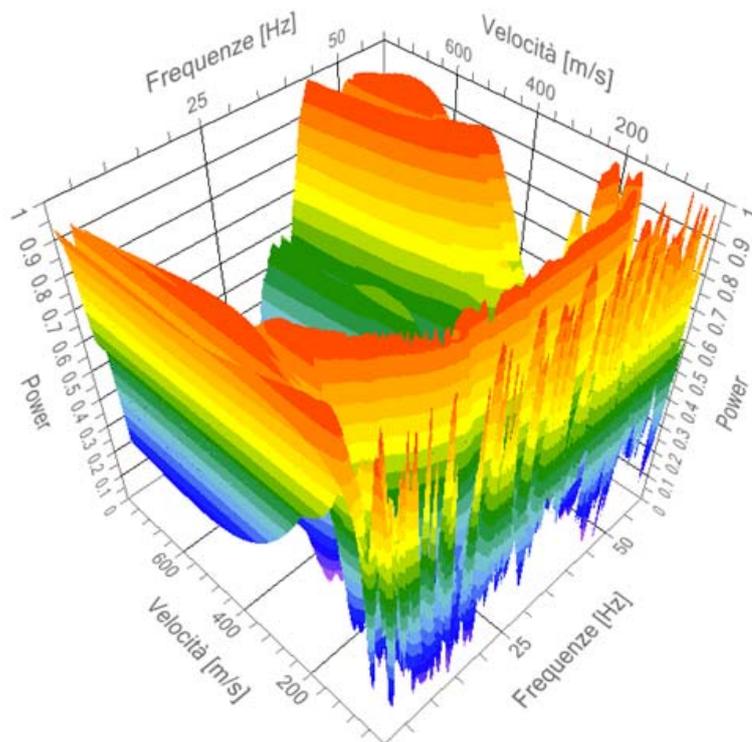
ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI M.A.S.W.1



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

Curva di dispersione M.A.S.W.1		
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]
1	2.6	264.0
2	6.2	250.8
3	11.0	217.7
4	14.9	166.4
5	20.6	123.4
6	26.4	105.2
7	34.5	95.3
8	44.2	98.6
9	53.4	103.6

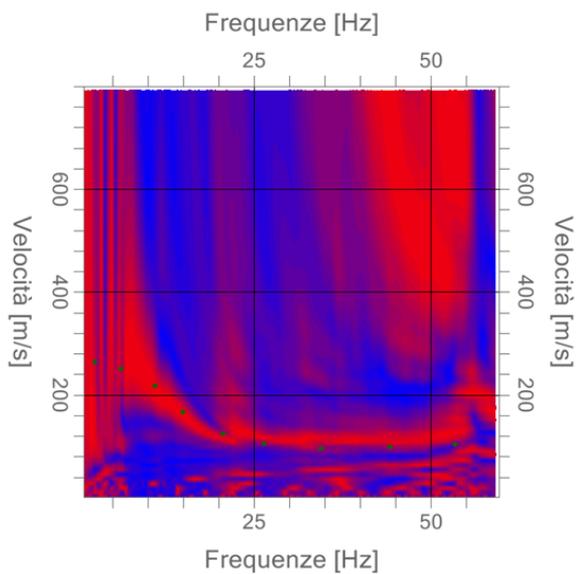
Spettro Velocità di fase - Frequenze



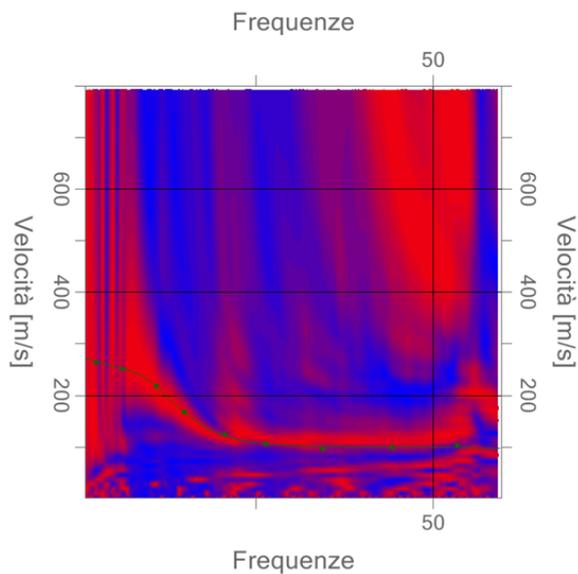
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

Fig.a Analisi spettrale M.A.S.W.1

Spettro Velocità di fase - Frequenze

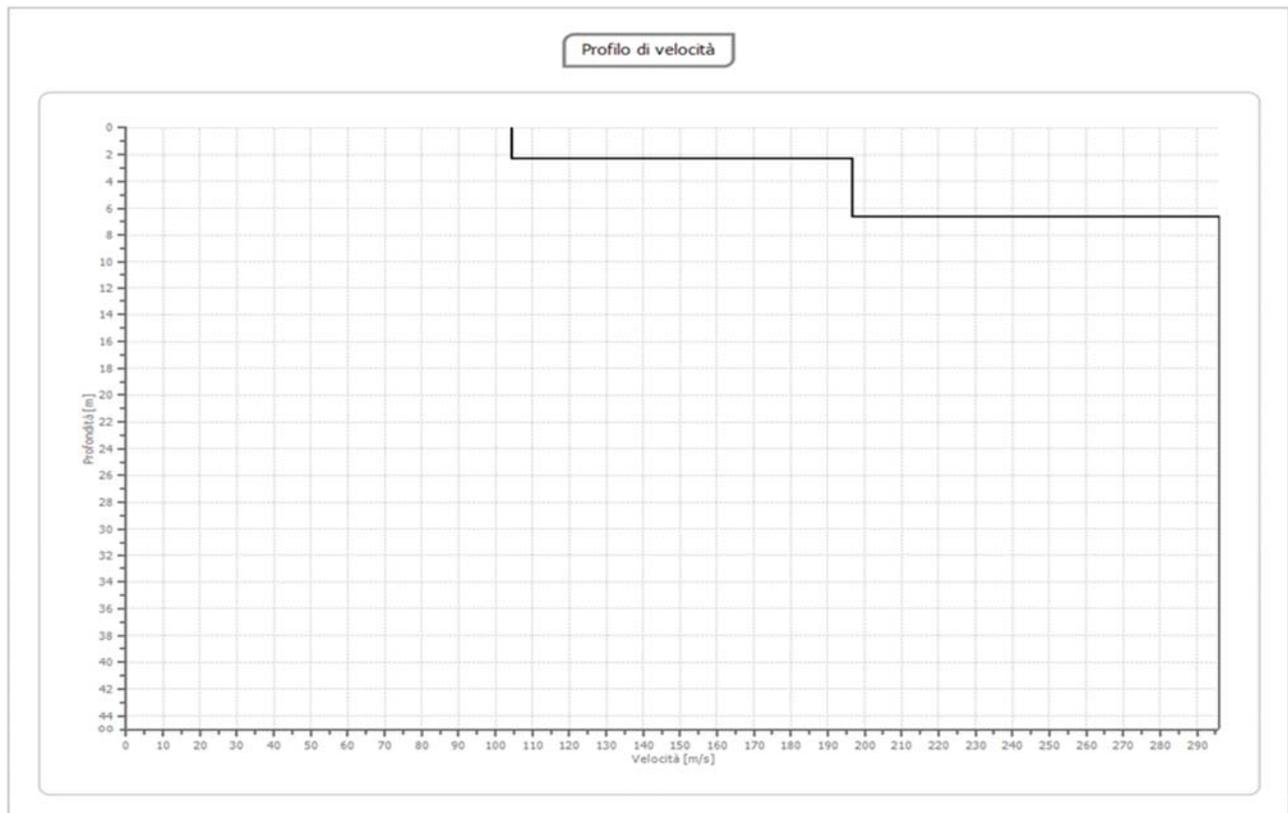


Inversione



### Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.34	2.34	0.36	223.1	104.3
3	6.62	4.27	0.44	600.4	196.5
3	oo	oo	0.34	601.6	296.2



*SISMOTRATIGRAFIA M.A.S.W.1*

### CATEGORIA SISMICA DI SUOLO

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente VS30 di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m. di profondità.

Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita 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 è riferita al piano di imposta della fondazione. La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata.

Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (NSPT,30) nei terreni a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente (CU,30) nei terreni prevalentemente a grana fina.

La velocità equivalente delle onde di taglio VS30 è definita dall'espressione:

$$V_{S30} = 30 / \sum h_i/v_{si}$$

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente  $N_{spt30}$  è definita dall'espressione:

$$N_{SPT30} = \sum h_i / h_i / NSPT_i$$

La resistenza non drenata equivalente  $C_{u30}$  è definita dall'espressione:

$$C_{u30} = \sum h_i / h_i / C_{ui}$$

Nel caso di sottosuoli costituiti da stratificazioni di terreni a grana grossa e a grana fina, distribuite con spessori confrontabili nei primi 30 m di profondità, ricadenti nelle categorie da A ad E, quando non si disponga di misure dirette della velocità delle onde di taglio si può procedere come segue:

- Determinare  $N_{SPT30}$  limitatamente agli strati di terreno a grana grossa compresi entro i primi 30 m. di profondità;
- Determinare  $C_{u30}$  limitatamente agli strati di terreno a grana fina compresi entro i primi 30 m. di profondità;
- Individuare le categorie corrispondenti singolarmente ai parametri  $N_{SPT30}$  e  $C_{u30}$ ;
- Riferire il sottosuolo alla categoria peggiore tra quelle individuate al punto precedente.

### Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale; per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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

### ELABORAZIONE CATEGORIA DI SUOLO DALLE INDAGINI EFFETTUAE

Della prospezione sismica M.A.S.W. effettuata in sito sono state elaborate le velocità delle onde  $V_s$ , che in aggiunta alla determinazione della profondità del substrato sismico  $H$  è possibile ottenere il valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  o il valore di velocità media di propagazione di tali onde  $V_{s,30}$  attraverso le relative formule:

$$V_{s30} = \frac{30m}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo per un totale di  $N$  strati presenti nei primi 30 metri di profondità al di sotto del piano fondale.

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

$h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato (in m);  
 $V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato (in m/s);  
 $N$  numero di strati;

H rappresenta la profondità del **substrato SISMICO** (in m), definito come quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Quando, dall'elaborazione, risulta che la profondità H del substrato sismico sia superiore a 30 m la velocità equivalente **Vs,eq** è uguale a Vs,30, ponendo H=30 metri e assumendo le proprietà degli strati fino a tale profondità.

Dall'elaborazione si evince che il substrato risulta ad una profondità superiore a 30 metri, per cui, si calcola la velocità media di propagazione delle onde di taglio **Vs,30**, il cui valore ha classificato il suolo in categoria B.

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

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

Prospezione sismica	VS30 (m/s)	Categoria Suoli di Fondazione (D.M. 17/01/2018)	CATEGORIA TOPOGRAFICA
MASW_1	243.61	C	T1

Categoria Suolo di fondazione ottenuta dalla prospezione sismica MASW effettuata.

**Categoria topografica T1** = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .

#### VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA RIFERITA AL CONTESTO DELL'INTERVENTO

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

L'indagine sismica M.A.S.W. effettuata ha fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine in **categoria C** del D.M. 17 gennaio 2018 e proprio in funzione della suddetta categoria e della **categoria topografica T1**, in aggiunta dei parametri di progetto dell'opera, (a cura dello strutturista), vengono ricavati i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri

di risposta e di progetto elastico, di seguito riportati, affinché il progettista e/o strutturista verifichi il comportamento ante e post operam dell'opera da realizzare nelle seguenti fasi di calcolo:

- Fase 1 (Individuazione della pericolosità del sito)
- Fase 2 (Scelta della strategia di Progettazione)
- Fase 3 (Determinazione dell'azione di progetto)

In relazione alla tipologia di costruzione e alle prestazioni richieste per questa nel suo complesso, non essendo previste espresse indicazioni in merito, il rispetto dei vari stati limite si considera conseguito:

- Nei confronti dei tutti gli stati limite di esercizio, rispettando le verifiche relative al solo STATO LIMITE DI DANNO (SLD), a cui corrisponde una probabilità di superamento nel periodo di riferimento pari al 63%
- II. Nei confronti di tutti gli stati limite ultimi, rispettando le indicazioni costruttive e progettuali riportate nelle norme e le verifiche relative al solo STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (SLV), a cui corrisponde una probabilità di superamento nel periodo di riferimento pari al 10%.

In particolare, per le verifiche si assume che la struttura abbia un comportamento NON DISSIPATIVO, adottando come spettro di progetto lo spettro elastico (non introducendo alcun fattore di struttura).

#### COEFFICIENTI E PARAMETRI SISMICI [N.T.C.]

Normativa	NTC 2018
Tipo opera:	Opere ordinarie (presenza normale di persone)
Classe d'uso	Classe II
Coefficiente $C_u$	1.0
Vita nominale:	50.0 anni
Vita di riferimento	50.0 anni
Fattore di struttura $[q]$	3
Categoria sottosuolo	C
Categoria topografica	T1

Stato Limite	$T_r$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_c^*$ [s]
Operatività (SLO)	30	0.040	2.563	0.253
Danno (SLD)	50	0.053	2.458	0.266
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.153	2.589	0.270
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.206	2.537	0.277
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

Coefficienti sismici				
	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,46	1,39
CC Coeff. funz categoria	1,65	1,62	1,62	1,60
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00
<input type="checkbox"/> Acc.ne massima attesa al sito [m/s <sup>2</sup> ]				
				0.6
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.016	0.054	0.080
kv	0.006	0.008	0.027	0.040
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.590	0.782	2.195	2.805
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

## 14.0 CRITICITA' GEOLOGICA

### LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti, interessa in genere i **depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti**, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi, in cui, durante una sollecitazione sismica, le sollecitazioni indotte nel terreno, possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione litostatica e la tensione di sconfinamento, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione. (LIQUEFAZIONE DEI TERRENI IN CONDIZIONI SISMICHE – Sebastiano G. Monaco – EPC LIBRI); Il DM 17.012018 punto 7.11.3.4 prescrive che il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, sulla base delle caratteristiche geologiche, idrogeologiche e geotecniche dei terreni presenti nel sottosuolo dell'area. *Dallo studio geologico effettuato, sul sito d'interesse, i terreni di fondazione non possiedono una tessitura uniforme e con granulometria sabbiosa, per cui, per tali caratteristiche, i terreni non sono soggetti a fenomeni di liquefazione in concomitanza di un evento sismico. Questo viene confermato dalle aree a rischio desunti dalla Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, redatta dal Comune di San Felice sul Panaro in base all'Ordinanza del Commissario delegato per la ricostruzione n° 70 del 13 Novembre 2012. Secondo tale studio l'area ricade all'interno di una zona suscettibile di amplificazione sismica ma non di liquefazione sismica, in cui la stima del coefficiente di amplificazione stratigrafico locale è fattibile con procedure semplificate.*

### TERRENI

Dai sondaggi effettuati e dal rilevamento geologico sul sito si evince che, generalmente, i terreni, su cui saranno effettuati gli interventi, possiedono buone caratteristiche fisico-meccaniche e di addensamento, non sono stati riscontrati livelli cedevoli o cavità interagenti e

le opere fondali non apporteranno alcun mutamento agli equilibri naturali ed alla circolazione idrica sotterranea.

*L'unica criticità da tenere in considerazione è rappresentata dalla presenza di uno strato di argilla torbosa poco addensata che potrebbe interferire con il volume geotecnico significativo delle strutture di progetto a causa della sua irregolarità stratigrafica che potrebbe avvicinarsi alla superficie topografica del sito.*

## **15.0 CONCLUSIONI**

Il sottoscritto **dr. Geol. Tullio Ciccarone**, iscritto all'Albo dei Geologi della Regione Campania al n.1863, a seguito dell'incarico conferitomi dall'Ing. Umberto Preda, in qualità di legale rappresentante della società proponente "**CUBICO MODENA S.r.l.**", con sede in via A. Manzoni, 43 Milano (MI), ha redatto una relazione geologica, idrogeologica e di modellazione sismica su un'area per la realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato, denominato "**MODENA SFP**" e opere di connessione alla R.T.N. della potenza di picco moduli fotovoltaici 35,7 MWp, all'interno di un terreno agricolo sito nel Comune di San felice sul Panaro (MO), collegato alla RTN presso la Stazione Elettrica di Massa Finalese (nel Comune di Finale Emilia) di Terna, il tutto nella Provincia di Modena e come meglio descritto ed evidenziato negli altri elaborati progettuali.

*Scopo del presente studio è stato quello di inquadrare l'area in esame nell'ambito del contesto geomorfologico ed idrogeologico generale, fornire le caratteristiche geomeccaniche dei terreni interessati dalla realizzazione dell'opera, determinare i parametri che condizionano la stabilità del complesso terreno-fondazione e verificare che il progetto in esame sia compatibile con i principali processi geomorfologici e vincoli idrogeologici dell'area di interesse.*

A tal scopo è stato eseguito uno studio specifico dedicato alla caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione, ai sensi della NTC 2008 (D.M. 17/01/2018), attraverso indagini geognostiche effettuate in sito.

L'area si colloca generalmente nell'area alluvionale della Pianura Padana e del Margine adriatico caratterizzata litologicamente da depositi di argine distale, di canale, internale e argine indifferenziati, aree interfluviali e depositi palustri.

L'esecuzione dei sondaggi, nell'ambito del volume significativo di interesse progettuale, hanno rilevato una coltre superficiale della copertura sedimentaria costituita da alluvioni oloceniche dei principali corsi d'acqua costituite, sostanzialmente, da una monotona sequenza di strati con granulometria compresa tra le argille e sabbie limose con presenza di livelli di argilla organica di bassa consistenza, di modesto spessore e spesso prossimi alla superficie topografica.

Nell'area di interesse è presente una rete idrografica ben definita con canali e intercanali di bonifica che contribuiscono ad una regolare regimazione delle acque meteoriche e di irrigazione che drenate dalla coltre superficiale vengono tamponate dal substrato sottostante argilloso relativamente meno permeabile. Pertanto è indispensabile che la progettazione preveda un adeguato sistema di regimazione intorno a tutte le strutture di progetto con canali e drenaggi affinché le acque possano essere convogliate nei reticoli naturali di deflusso. Tale sistema eviterà così risalite di umidità per capillarità e renderà maggiore stabilità all'intera opera di progetto.

I parametri geomeccanici di questi terreni vengono aggravati dalla stessa acqua di percolazione, la quale, penetrando tra i granuli della coltre e dei litotipi sottostanti, favorisce l'aumento della tensione capillare e l'asportazione della frazione fine con conseguente diminuzione della coesione e dell'angolo di attrito interno, parametri indispensabili al mantenimento della loro stabilità.

Dai sondaggi effettuati e dal rilevamento geologico sul sito si evince che, generalmente, i terreni, su cui saranno effettuati gli interventi, possiedono buone caratteristiche fisico-meccaniche e di addensamento, non sono stati riscontrati livelli cedevoli o cavità interagenti e le opere fondali non apporteranno alcun mutamento agli equilibri naturali ed alla circolazione idrica sotterranea.

L'unica criticità da tenere in considerazione è rappresentata dalla presenza di uno strato di argilla torbosa poco addensata che potrebbe interferire con il volume geotecnico significativo delle strutture di progetto a causa della sua irregolarità stratigrafica che potrebbe avvicinarsi alla superficie topografica del sito.

Gli interventi previsti non prevedono movimenti di terreno e/o sbrancamenti significativi, le linee di quota e la geometria naturale dell'area non verrà modificata, per cui, i lavori possono essere considerati non come fattore alterante, ma, bensì, come elemento di integrazione controllata che non modifica gli attuali equilibri idrogeologici e geomorfologici; Inoltre, durante il rilevamento geologico, l'area risulta stabile, non sono state rilevate presenza di movimenti in atto e/o quiescenti.

Dalle indagini sismiche effettuate risulta che il sito di interesse ricade in categoria di suolo **C** (NTC 2018) e il substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  superiore a 800 m/s, è posto ad una profondità superiore a 30 metri.

Pertanto, dallo studio geologico effettuato, si evince che le caratteristiche geolitologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dei terreni rendono fattibile la realizzazione del progetto in disamina in quanto:

1. Si escludono fenomeni di liquefazione in concomitanza di un evento sismico;
2. La permeabilità e la circolazione idrica sotterranea non verrà modificata;
3. Gli interventi sono compatibili tra la previsione urbanistica e la caratterizzazione geomorfologica dell'area;
4. L'attuale equilibrio idrogeologico non verrà modificato;
5. I terreni possiedono buone caratteristiche di addensamento e non sono stati riscontrati livelli cedevoli o cavità interagenti.

Si precisa che la tipologia e il numero di indagini effettuate è da ritenersi idoneo all'opera a farsi in quanto hanno fornito un quadro completo sulle caratteristiche geomeccaniche e sismiche dei terreni di fondazione.

Il sottoscritto si rende disponibile, se richiesto, ad effettuare una verifica delle caratteristiche litologiche al momento degli scavi di fondazione.

Dunque visto che l'entità e la tipologia degli interventi realizzati sono del tutto irrilevanti sull'equilibrio idrogeologico del sito, si può affermare che tali interventi garantiscono la sicurezza del territorio in coerenza a quanto disposto dagli articoli 3, 17 e 31 della legge quadro sulla difesa del suolo L. 183/89 e s.i.m.

**IL GEOLOGO**

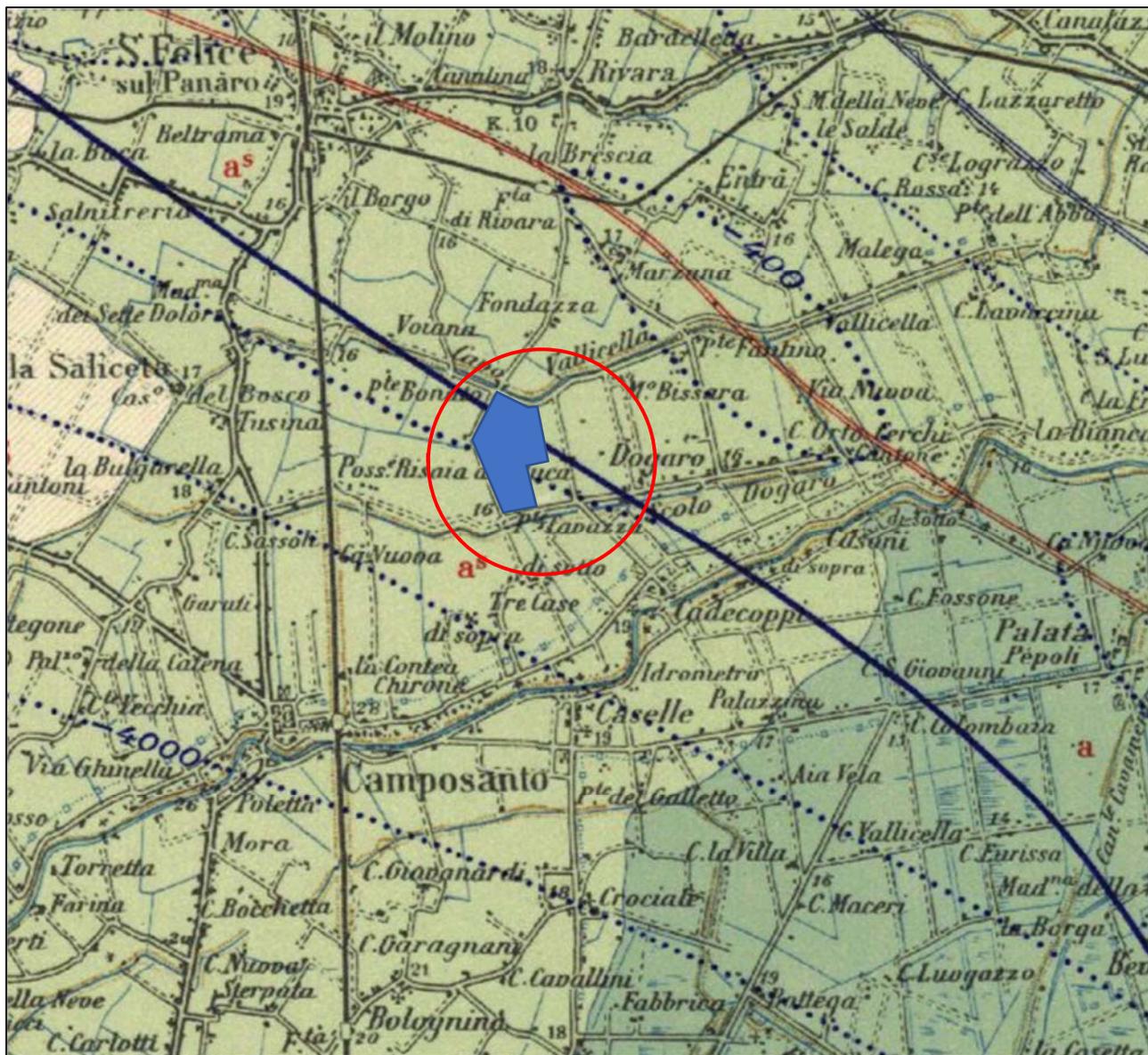
*Dr. TULLIO CICCARONE*

# **ALLEGATO I**

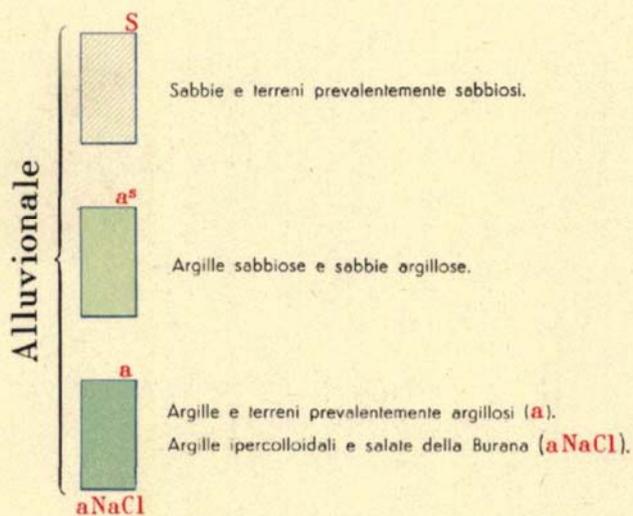
INQUADRAMENTI CARTOGRAFICI

# CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

Scala 1:100.000



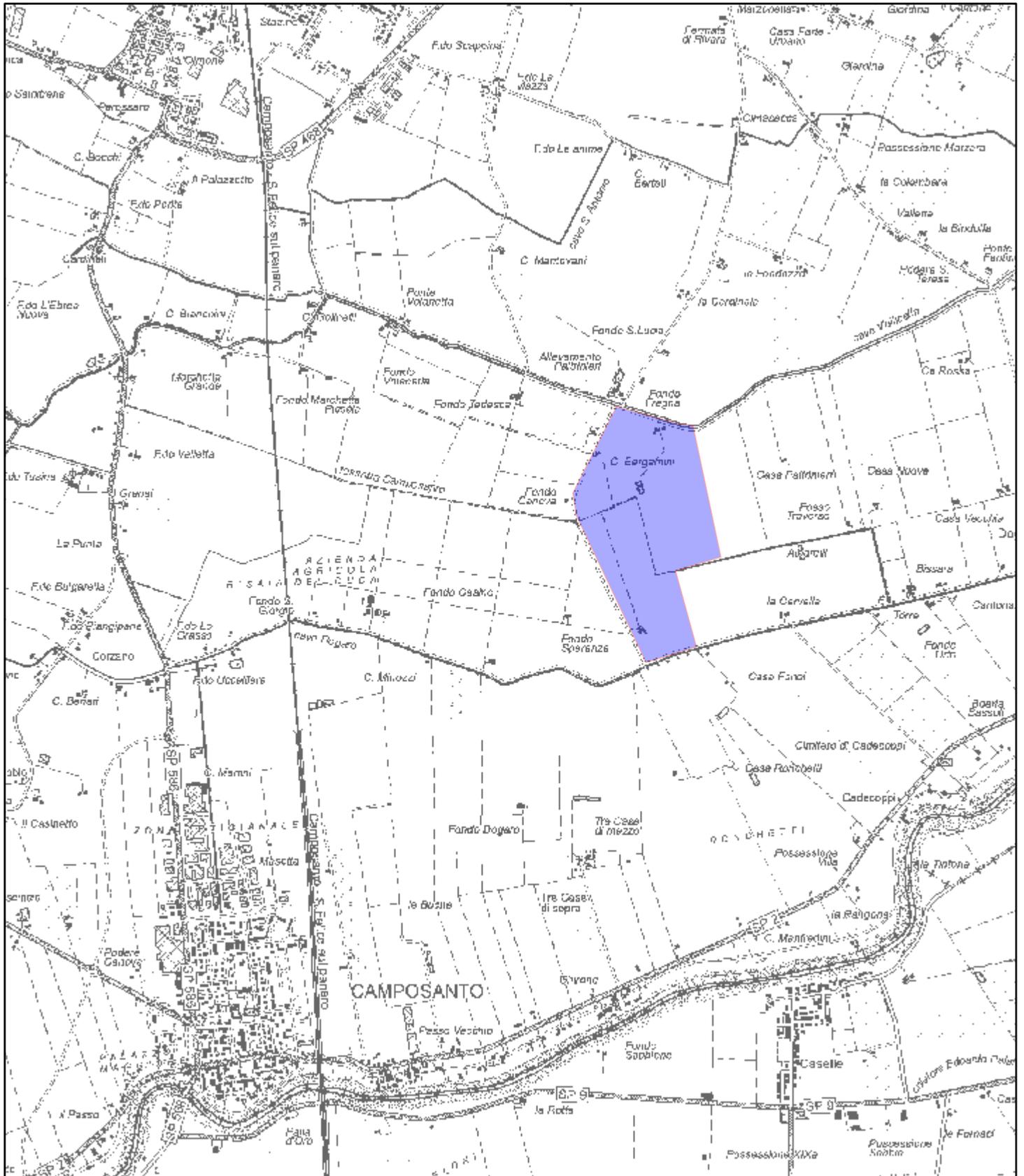
## Litologia di Superficie



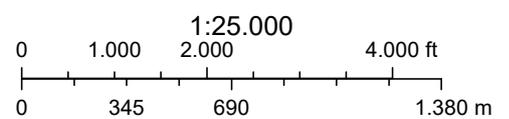
Area di progetto



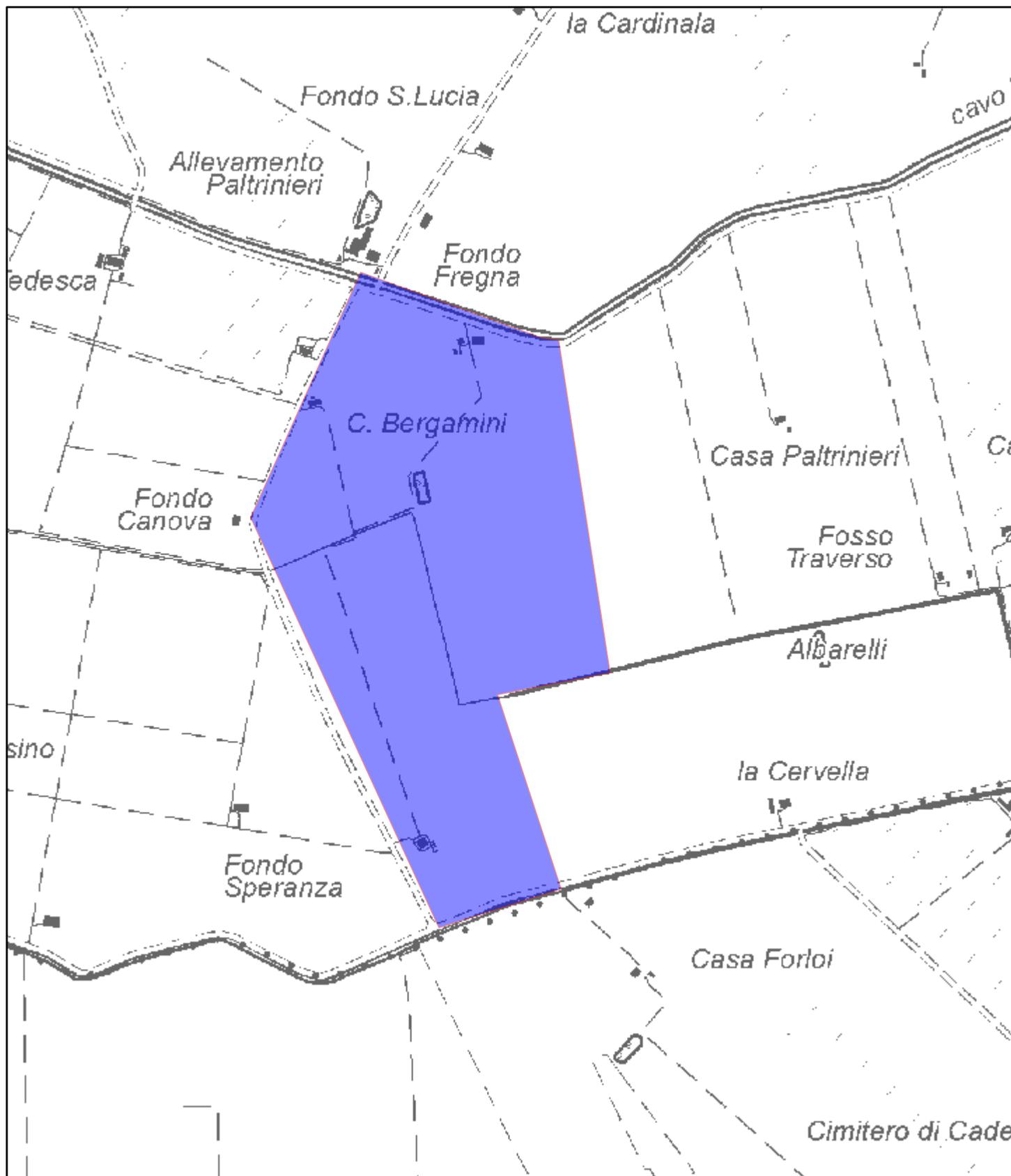
# AEROFOTOGRAMMETRIA



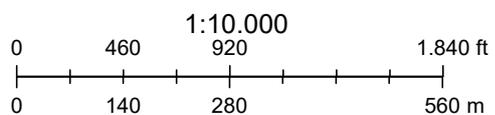
AREA DI PROGETTO



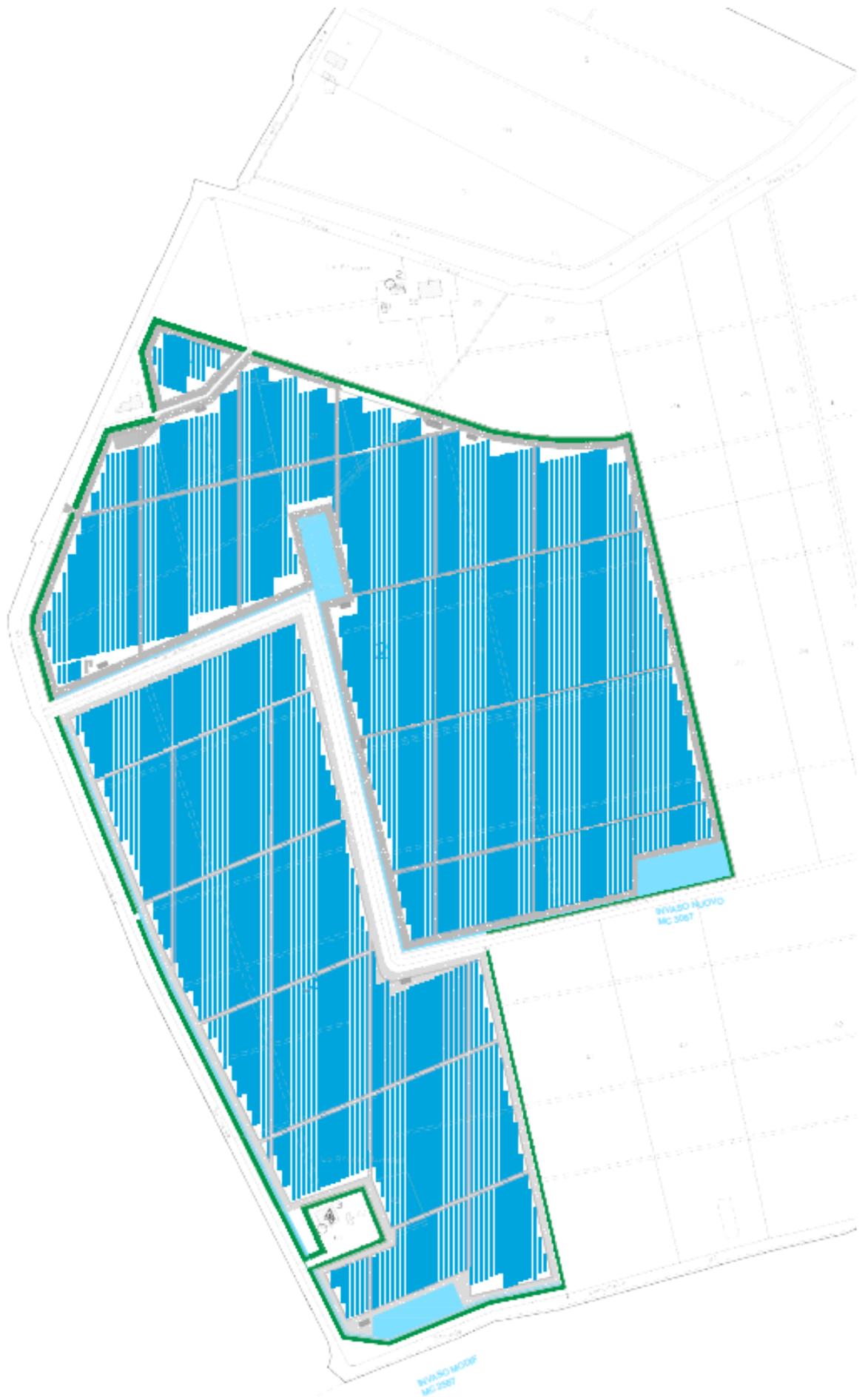
# AEROFOTOGRAMMETRIA



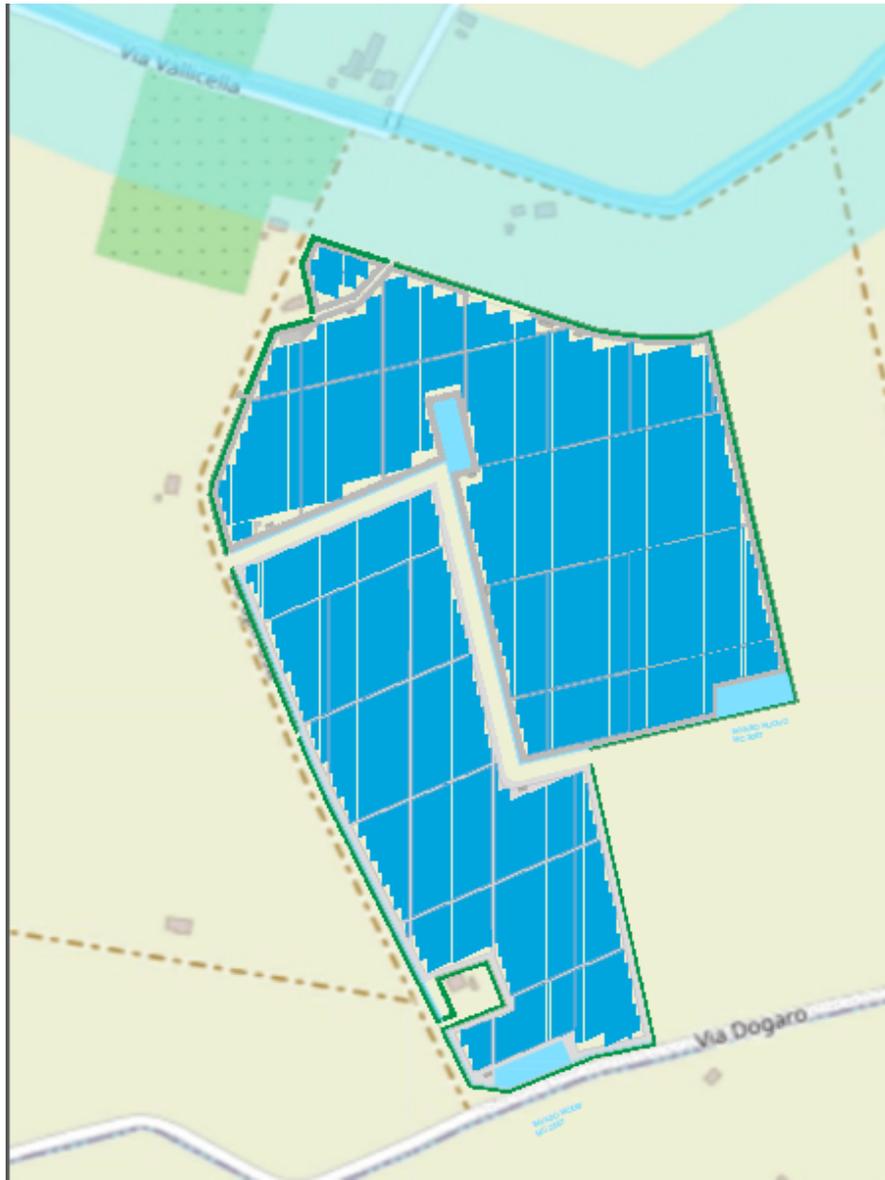
AREA DI PROGETTO



# LAYOUT DI PROGETTO SU CATASTALE



# CARTA GEOLITOLOGICA E IDROGEOLOGICA



## GEOLOGIA REGIONALE



### Unità di Modena

Ciclo di rango inferiore che costituisce la parte sommitale del Subsistema di Ravenna. E' costituita da depositi grossolani, ghiaiosi, presso le aste fluviali e da depositi fini nelle aree distali. Limite superiore sempre affiorante, coincidente con il piano topografico e definito sulla base della presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione con profilo potente meno di 100 cm, e orizzonti A/C subordinatamente A/Bw/C (colore grigio-giallastro). Si caratterizza per la buona preservazione delle forme deposizionali originarie. Ambiente alluvionale. Ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C.. Include, concettualmente, i depositi fluviali in evoluzione  $b_1$  che però, in accordo con la tradizione della cartografia geologica preesistente, sono stati cartografati separatamente. Spessore di alcuni metri (<10 m).

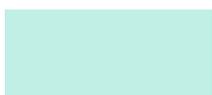
*POST-IV sec. d.C.-Attuale*

## GEOLOGIA LOCALE

### Argille e limi di piana inondabile

Argille e argille limose con contenuto in argilla >40%, con stratificazione non definibile; in quanto spesso le argille ed i limi sono bioturbati. Presenti anche livelli di argille organiche. Lo spessore è modesto, non superando i 2-3 metri in superficie. Nel sottosuolo indagato dai sondaggi geognostici intervalli argilloso-limosi indifferenziati possono superare i 6 metri e le argille organiche raggiungere spessori di 3-4 metri. In AES<sub>8a</sub> formano corpi di geometria allungata nelle aree depresse interposte ai depositi di argine.

Permeabilità per porosità primaria con grado medio-basso e livelli impermeabili



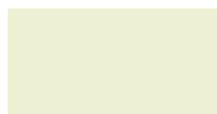
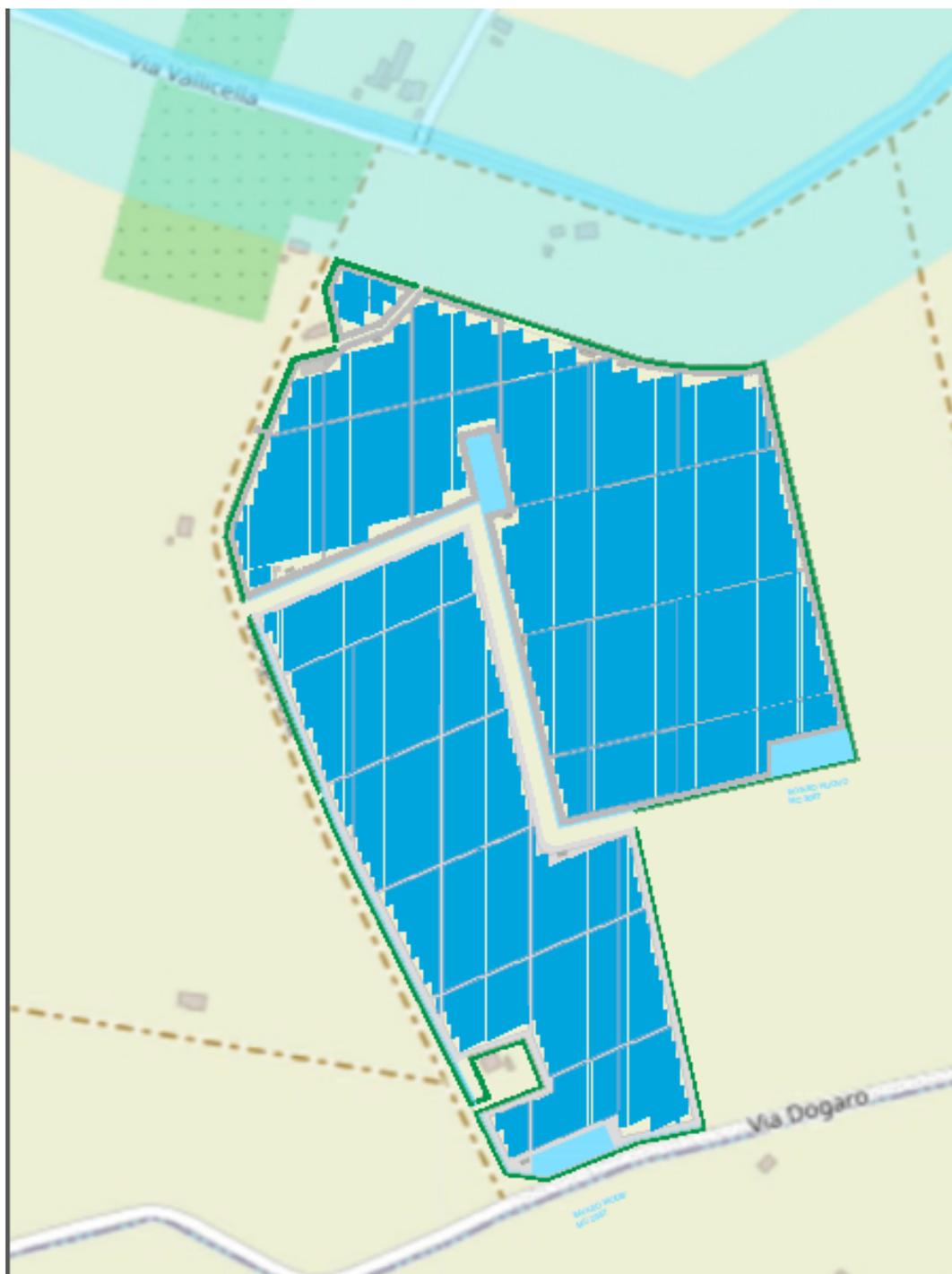
Depositi fluvio-alluvionali di canale e argine prossimale

Permeabilità per porosità primaria con grado medio-alto



AREA DI PROGETTO

# CARTA GEOMORFOLOGICA



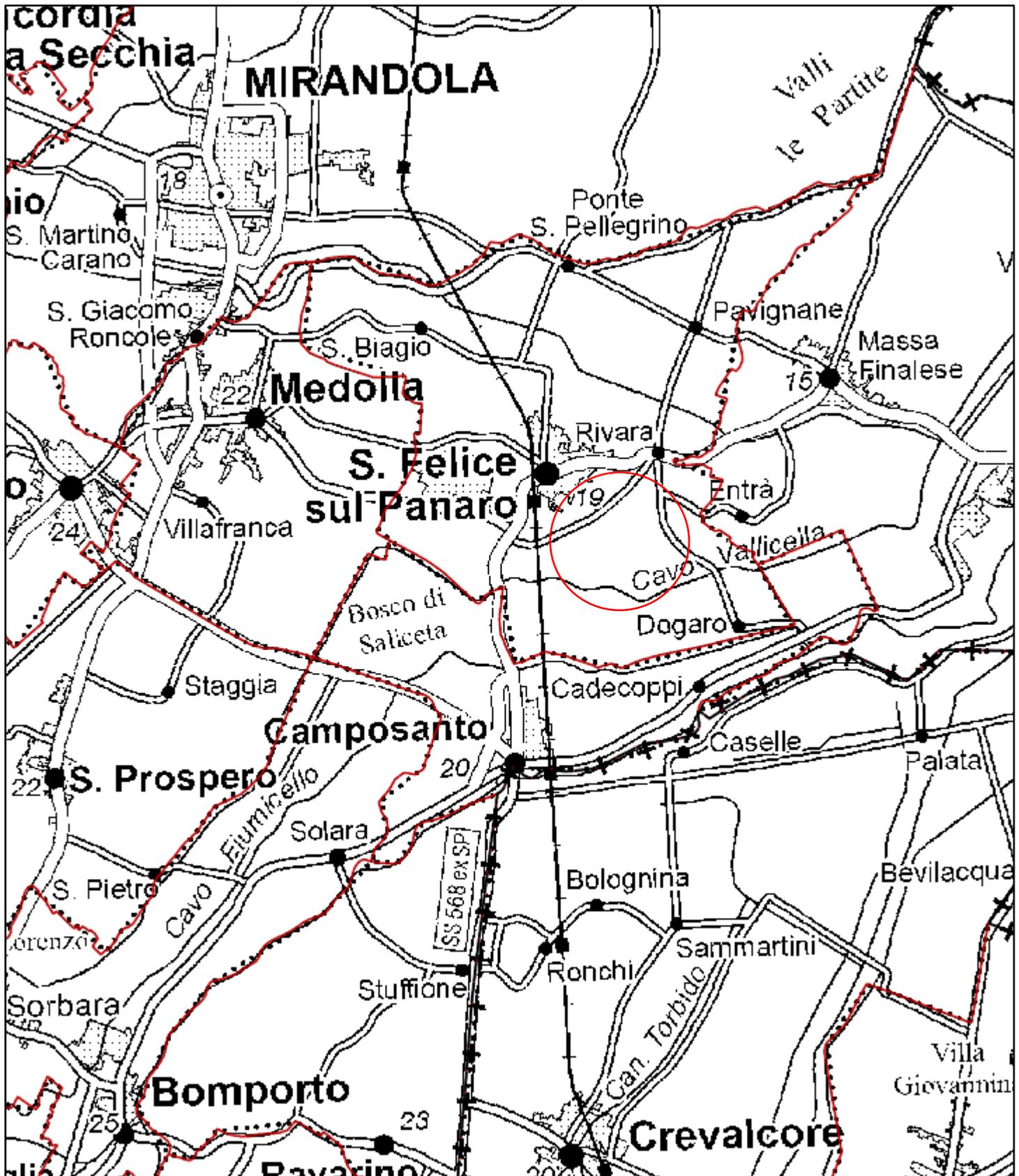
Area a superficie pianeggiante di origine alluvionale debolmente degradante verso N - NE con quote medie di circa 13 + 16 m s.l.m. ad elevata e media criticità idraulica e condizionata da una forte realizzazione di opere di bonifica.



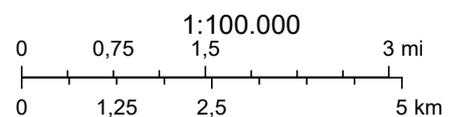
Zone di tutela dei caratteri ambientali di laghi - bacini e corsi acqua



AREA DI PROGETTO

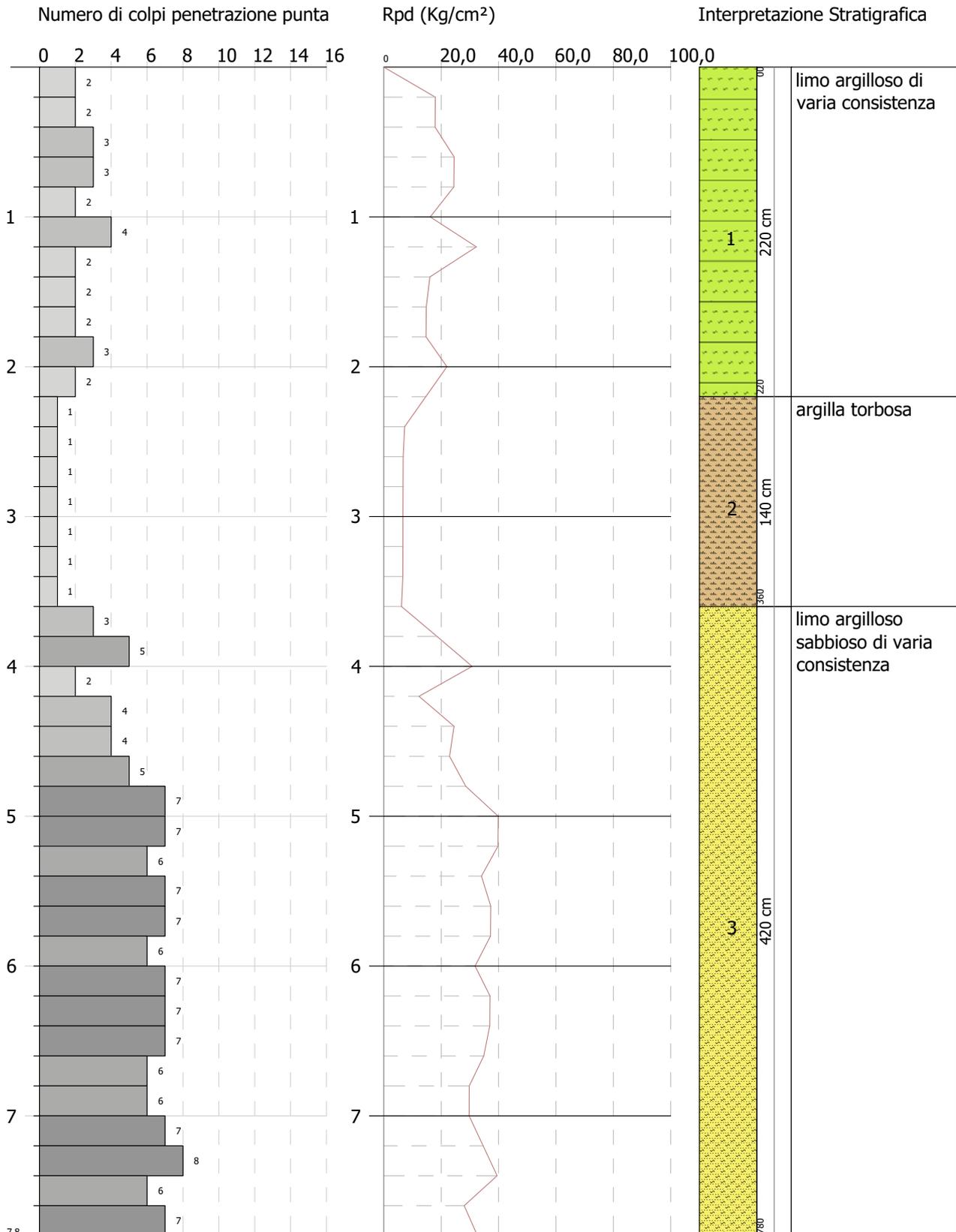


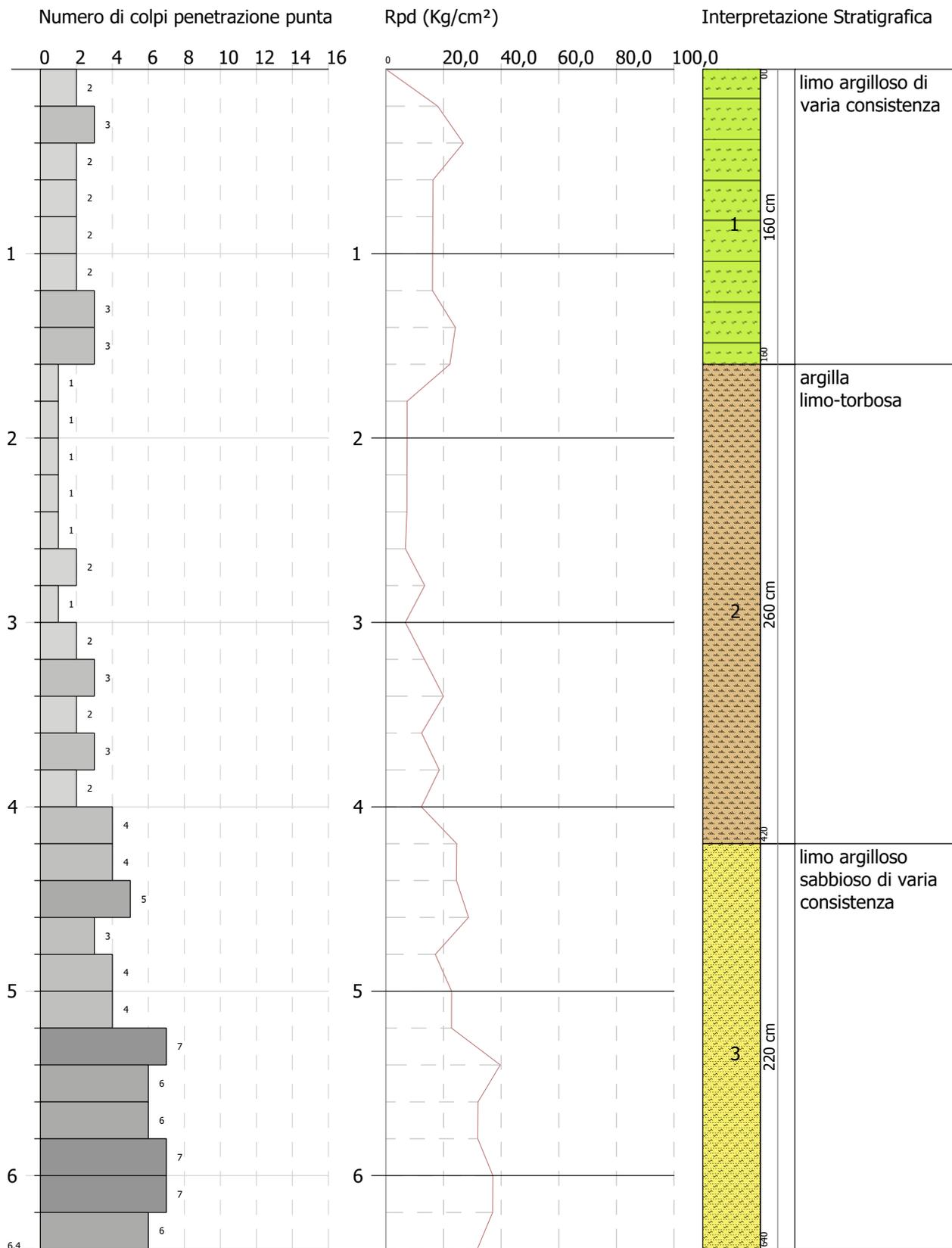
Area non perimetrata

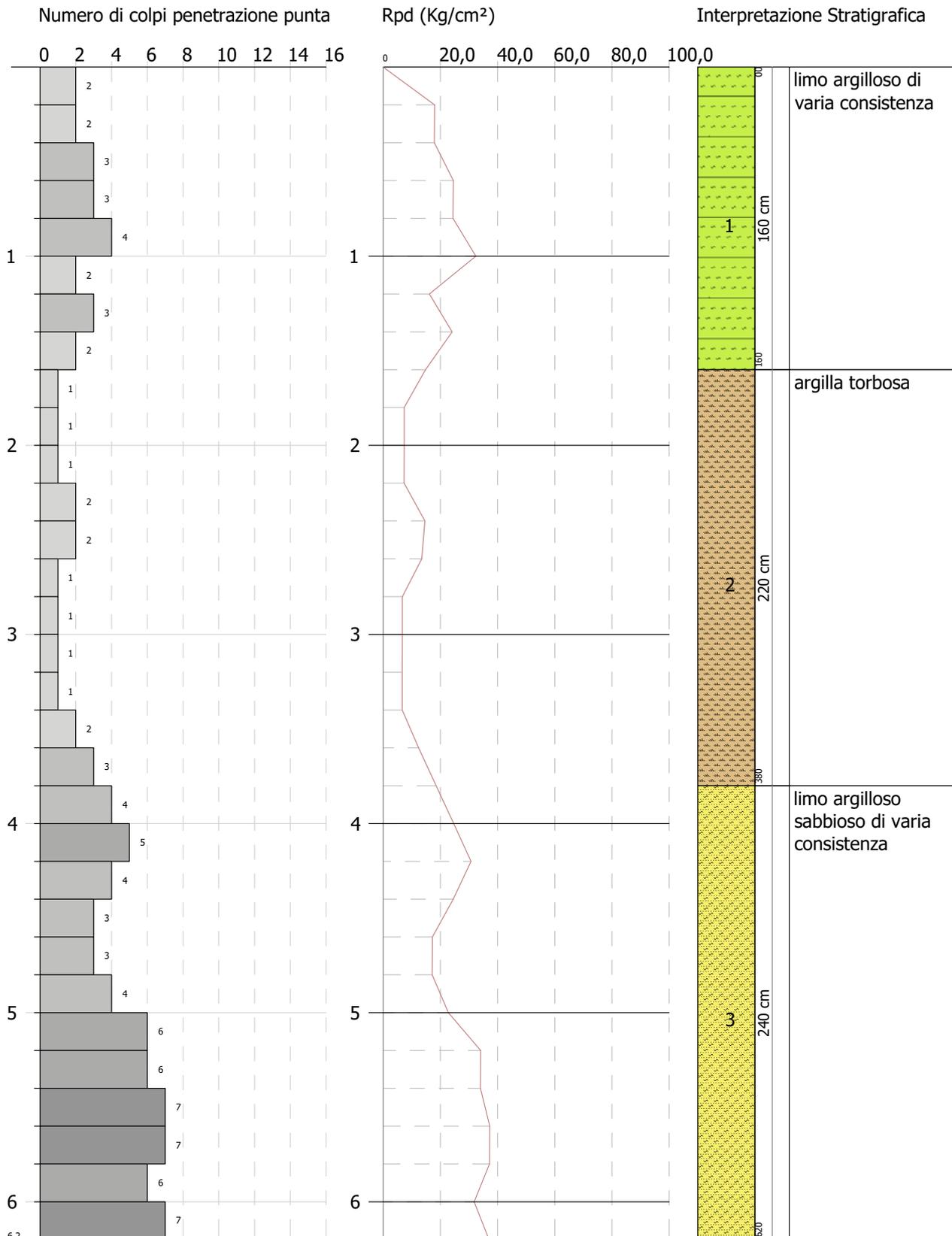


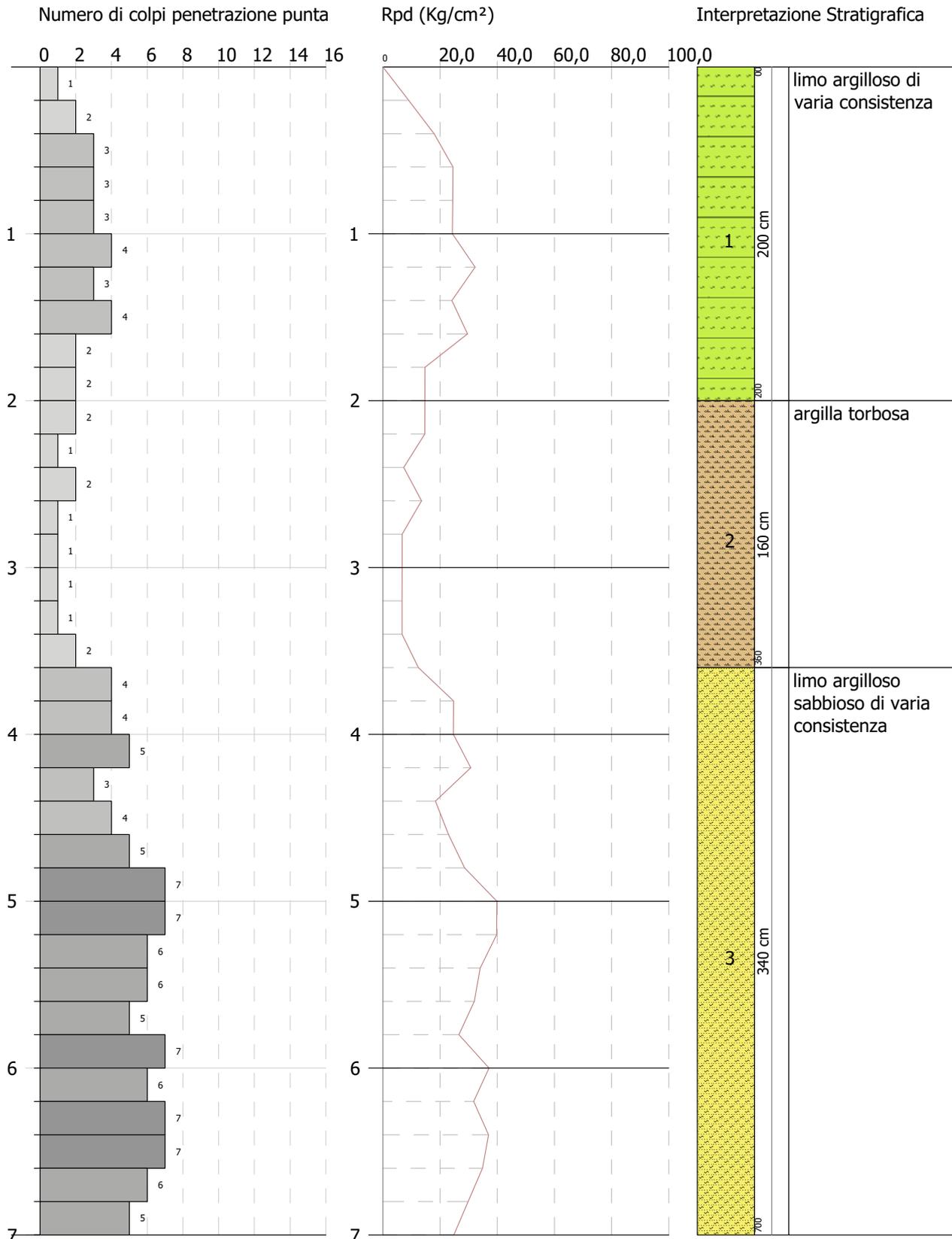
# **ALLEGATO II**

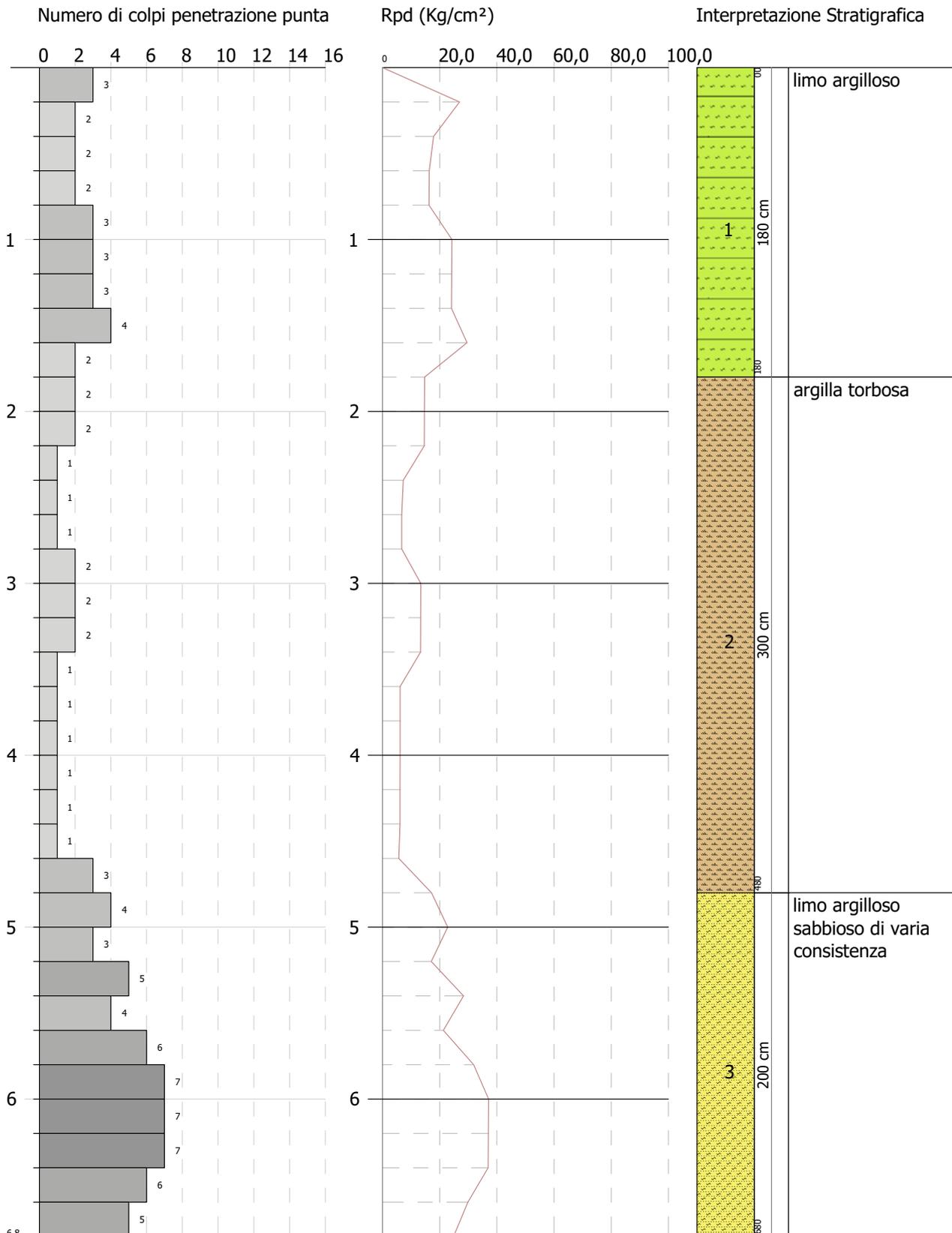
ELABORATO SONDAGGI PENETROMETRICI

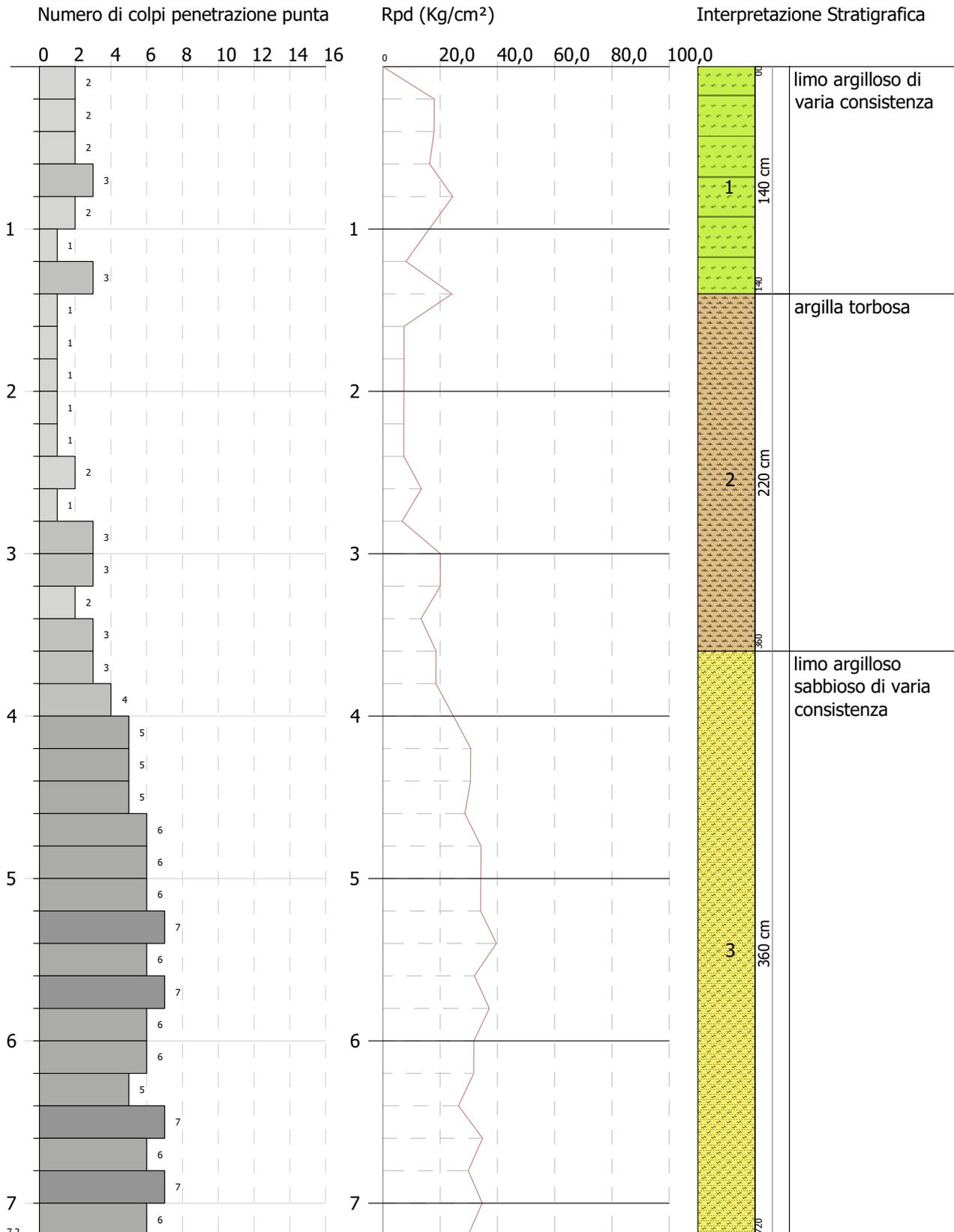




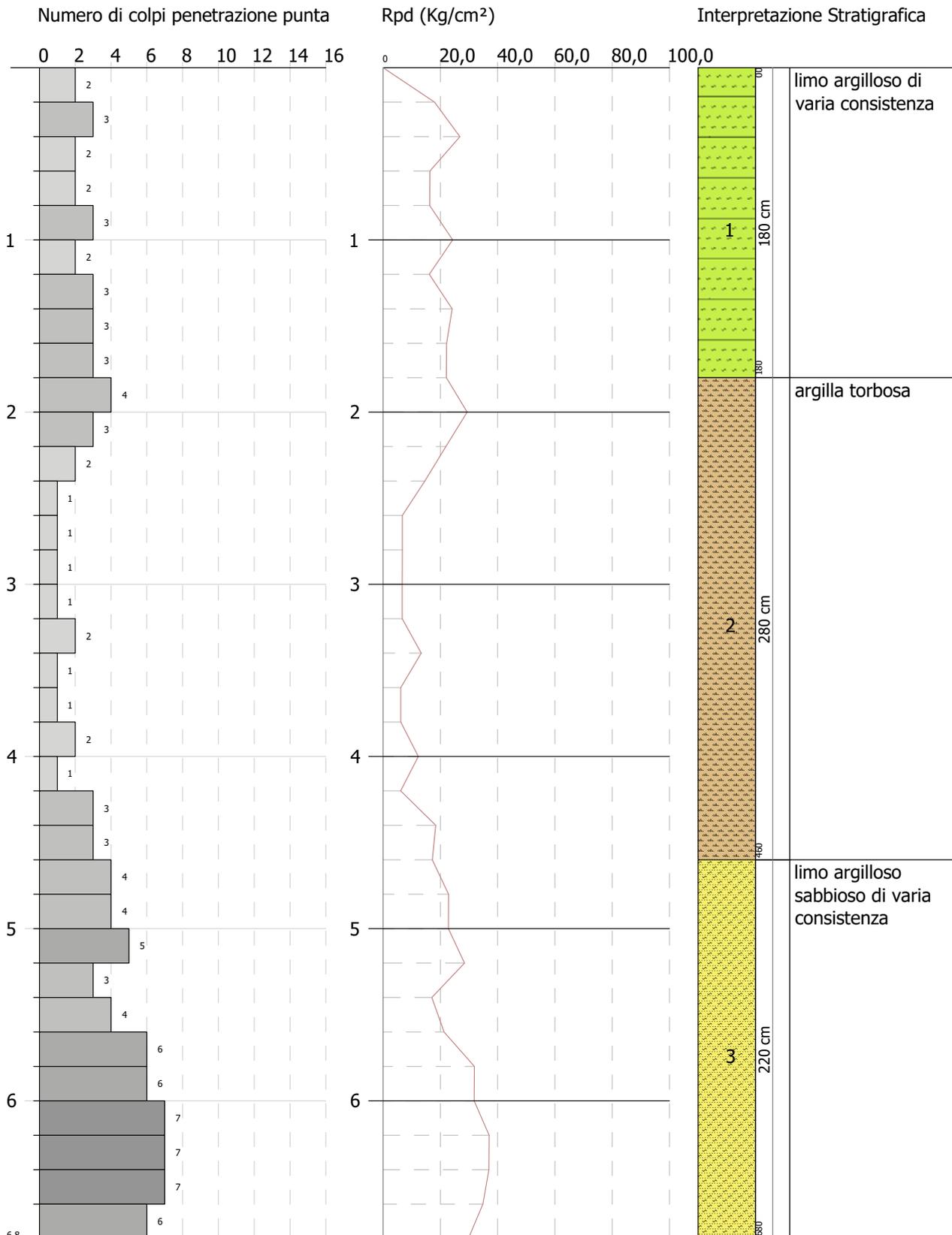












# **ALLEGATO III**

PROVE DI LABORATORIO CERTIFICATE

## IDENTIFICAZIONE CAMPIONE

Norma di riferimento: - ASTM D 2488-00

MC-41 Rev. 00  
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 200/24  
del: 25.06.2024

Certificato n°: 1910-2024  
Data certificato: 28.06.2024

Richiedente: Dott. Geol. Tullio Ciccarone  
Committente: MR WIND S.r.l.  
Cantiere: Realizzazione impianto agrofotovoltaico  
Località: via Vallicella snc - San Felice sul Panaro (MO)  
Data di prova: 25.06.2024

### DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
P1	C1	0,80-1,30	indisturbato	18.06.2024

### DATI GENERALI

Contenitore:	Fustella	Pocket penetrometer Test (MPa)	***
Diametro (cm):	9,5	Pocket vane Test (MPa)	***
Lunghezza (cm):	49,0	Classe di Qualità (AGI)	Q5
Peso netto campione estratto (N)	66,0	Colore (Tabella colori Munsell)	2,5Y Olive brown 4/4

### PROVE SPEDITIVE

### DESCRIZIONE LITOLOGICA

Limo argilloso sabbioso di colore marrone/verdastro, moderatamente consistente.

Tecnico sperimentatore  
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio  
Dr. Geol. F. MARTONE



## CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-1, 2, 3 - ASTM D854 - ASTM D2216

MC-01 Rev. 01  
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 200/24  
del: 25.06.2024

Certificato n°: 1911-2024  
Data certificato: 28.06.2024

Richiedente: Dott. Geol. Tullio Ciccarone  
Committente: MR WIND S.r.l.  
Cantiere: Realizzazione impianto agrofotovoltaico  
Località: via Vallicella snc - San Felice sul Panaro (MO)  
Data di prova: 25.06.2024

### DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
P1	C1	0,80-1,30	indisturbato	18.06.2024

## RISULTATI DELLE PROVE

### Grandezze indici rilevate in laboratorio

$\gamma_n$	Peso dell'unità di volume naturale	KN/m <sup>3</sup>	19,15
$\gamma_s$	Peso specifico dei granuli	KN/m <sup>3</sup>	26,32
w	Contenuto di acqua naturale	%	25,36

### Grandezze indici derivate analiticamente

$\gamma_d$	Peso dell'unità di volume secco	KN/m <sup>3</sup>	15,27
n	Porosità	%	41,97
e	Indice dei vuoti	---	0,72
$s_r$	Grado di saturazione	%	94,11
$\gamma_{sat}$	Peso dell'unità di volume saturo	KN/m <sup>3</sup>	19,39
$\gamma'$	Peso dell'unità di volume sommerso	KN/m <sup>3</sup>	9,58

Tecnico sperimentatore  
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio  
Dr. Geol. F. MARTONE



## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01  
del 03/01/2013

Pag. 1 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 200/24      Certificato n°: 1912-2024  
del: 25.06.2024      Data certificato: 28.06.2024  
Richiedente: Dott. Geol. Tullio Ciccarone  
Committente: MR WIND S.r.l.  
Cantiere: Realizzazione impianto agrofotovoltaico  
Località: via Vallicella snc - San Felice sul Panaro (MO)  
Data di prova: 25.06.2024

### Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P1	C1	0,80-1,30	indisturbato	18.06.2024

Tipo di prova	Consolidata drenata	
Velocità di prova	0,0118	mm/min

### Caratteristiche del campione

	Sezione (cm <sup>2</sup> )	Altezza iniziale (mm)	Peso Volume (KN/m <sup>3</sup> )	Contenuto acqua iniziale (%)	Contenuto acqua finale (%)
<b>Provino 1</b>	36,00	23,00	19,06	24,95	25,91
<b>Provino 2</b>	36,00	23,00	19,11	25,77	25,36
<b>Provino 3</b>	36,00	23,00	19,27	24,78	23,44

### Fase di consolidazione

	Tempo (ore)	Carico applicato (KPa)	Cedimento (mm)
<b>Provino 1</b>	24	50	0,36
<b>Provino 2</b>	24	100	0,68
<b>Provino 3</b>	24	150	1,01

ATTREZZATURA UTILIZZATA: Matest S/N S277-01N/AE/0009

Tecnico sperimentatore  
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio  
Dr. Geol. F. MARTONE



## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01  
del 03/01/2013

Pag. 2 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 200/24  
del: 25.06.2024

Certificato n°: 1912-2024  
Data certificato: 28.06.2024

Richiedente: Dott. Geol. Tullio Ciccarone  
Committente: MR WIND S.r.l.  
Cantiere: Realizzazione impianto agrofotovoltaico  
Località: via Vallicella snc - San Felice sul Panaro (MO)  
Data di prova: 25.06.2024

### Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
PI	C1	0,80-1,30	indisturbato	18.06.2024

Dati relativi al provino 1

$\sigma_v$ 50 KPa														
dt	Sh	Sv	F	$\tau$	dt	Sh	Sv	F	$\tau$	dt	Sh	Sv	F	$\tau$
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
20	0,24	0,014	0,024	6,6										
40	0,47	0,023	0,045	12,4										
60	0,71	0,031	0,064	17,8										
80	0,94	0,037	0,080	22,2										
100	1,18	0,044	0,095	26,5										
120	1,42	0,053	0,109	30,4										
140	1,65	0,060	0,121	33,6										
160	1,89	0,068	0,128	35,5										
180	2,12	0,076	0,132	36,6										
200	2,36	0,084	0,135	37,4										
220	2,60	0,092	0,137	38,0										
240	2,83	0,099	0,133	37,0										
260	3,07	0,106	0,128	35,5										
280	3,30	0,113	0,119	33,1										
300	3,54	0,118	0,109	30,3										
320	3,78	0,124	0,097	27,0										
340	4,01	0,131	0,084	23,4										
360	4,25	0,138	0,075	20,8										
380	4,48	0,143	0,069	19,1										
400	4,72	0,147	0,064	17,9										
420	4,96	0,150	0,060	16,8										

Pressione a rottura 38,0 (KPa)  
Deformazione a rottura 2,60 (mm)

Tecnico sperimentatore  
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio  
Dr. Geol. F. MARTONE



## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01  
del 03/01/2013

Pag. 3 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 200/24  
del: 25.06.2024

Certificato n°: 1912-2024  
Data certificato: 28.06.2024

Richiedente: Dott. Geol. Tullio Ciccarone  
Committente: MR WIND S.r.l.  
Cantiere: Realizzazione impianto agrofotovoltaico  
Località: via Vallicella snc - San Felice sul Panaro (MO)  
Data di prova: 25.06.2024

### Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
PI	C1	0,80-1,30	indisturbato	18.06.2024

Dati relativi al provino 2

$\sigma_v$ 100 KPa														
dt	Sh	Sv	F	$\tau$	dt	Sh	Sv	F	$\tau$	dt	Sh	Sv	F	$\tau$
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
20	0,24	0,022	0,042	11,8										
40	0,47	0,037	0,077	21,4										
60	0,71	0,049	0,109	30,2										
80	0,94	0,059	0,137	38,0										
100	1,18	0,069	0,160	44,5										
120	1,42	0,079	0,175	48,7										
140	1,65	0,087	0,188	52,2										
160	1,89	0,095	0,198	55,1										
180	2,12	0,104	0,210	58,3										
200	2,36	0,112	0,218	60,5										
220	2,60	0,121	0,223	62,0										
240	2,83	0,131	0,227	63,1										
260	3,07	0,141	0,230	63,8										
280	3,30	0,149	0,225	62,4										
300	3,54	0,155	0,217	60,3										
320	3,78	0,163	0,205	56,9										
340	4,01	0,170	0,185	51,3										
360	4,25	0,177	0,167	46,5										
380	4,48	0,184	0,154	42,8										
400	4,72	0,189	0,145	40,4										
420	4,96	0,194	0,141	39,1										

Pressione a rottura 63,8 (KPa)  
Deformazione a rottura 3,07 (mm)

Tecnico sperimentatore  
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio  
Dr. Geol. F. MARTONE



## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: **Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10**

MC - 08 Rev. 01  
del 03/01/2013

Pag. 4 di 6

Verbale di accettazione n°: **TR 200/24**  
del: **25.06.2024**

Certificato n°: **1912-2024**  
Data certificato: **28.06.2024**

**Richiedente:** Dott. Geol. Tullio Ciccarone  
**Committente:** MR WIND S.r.l.  
**Cantiere:** Realizzazione impianto agrofotovoltaico  
**Località:** via Vallicella snc - San Felice sul Panaro (MO)  
**Data di prova:** 25.06.2024

### Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P1	C1	0,80-1,30	indisturbato	18.06.2024

Dati relativi al provino 3

$\sigma_v$ 150 KPa														
dt	Sh	Sv	F	$\tau$	dt	Sh	Sv	F	$\tau$	dt	Sh	Sv	F	$\tau$
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
20	0,24	0,032	0,065	18,0										
40	0,47	0,057	0,122	33,8										
60	0,71	0,071	0,168	46,7										
80	0,94	0,084	0,204	56,6										
100	1,18	0,097	0,229	63,6										
120	1,42	0,108	0,252	69,9										
140	1,65	0,117	0,270	74,9										
160	1,89	0,125	0,284	78,9										
180	2,12	0,133	0,294	81,7										
200	2,36	0,143	0,302	83,8										
220	2,60	0,153	0,305	84,8										
240	2,83	0,163	0,308	85,5										
260	3,07	0,172	0,302	84,0										
280	3,30	0,180	0,292	81,1										
300	3,54	0,189	0,280	77,7										
320	3,78	0,197	0,268	74,5										
340	4,01	0,204	0,255	70,9										
360	4,25	0,212	0,240	66,6										
380	4,48	0,219	0,222	61,8										
400	4,72	0,224	0,210	58,2										
420	4,96	0,228	0,200	55,6										

Pressione a rottura	85,5	(KPa)
Deformazione a rottura	2,83	(mm)

Tecnico sperimentatore  
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio  
Dr. Geol. F. MARTONE



## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01  
del 03/01/2013

Pag. 5 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 200/24

Certificato n°: 1912-2024

del: 25.06.2024

Data certificato: 28.06.2024

Richiedente: Dott. Geol. Tullio Ciccarone

Committente: MR WIND S.r.l.

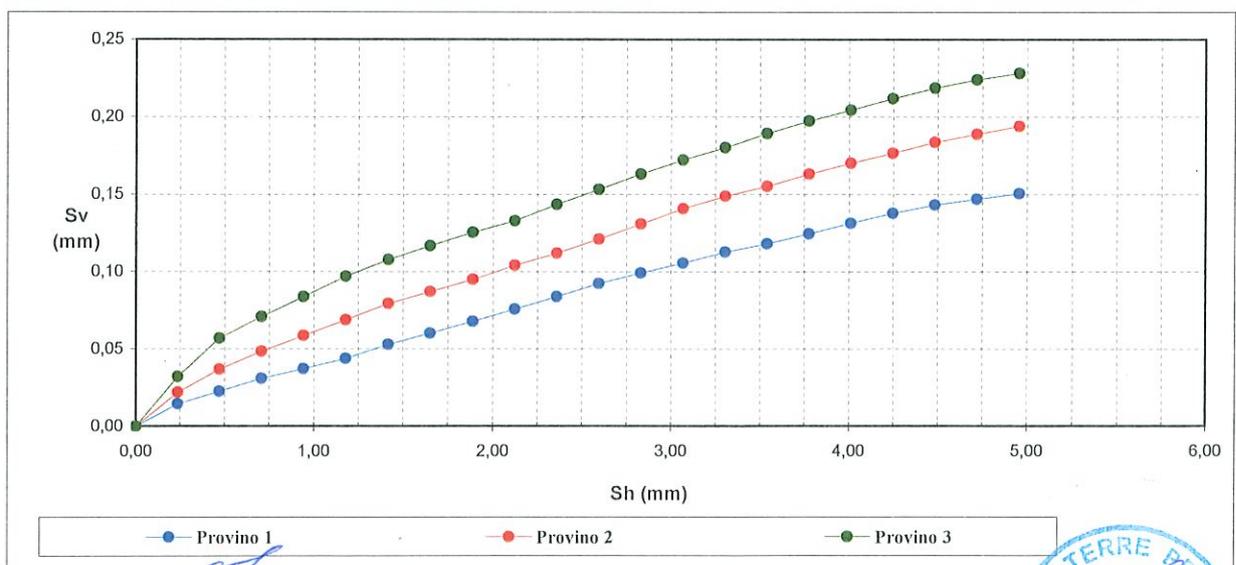
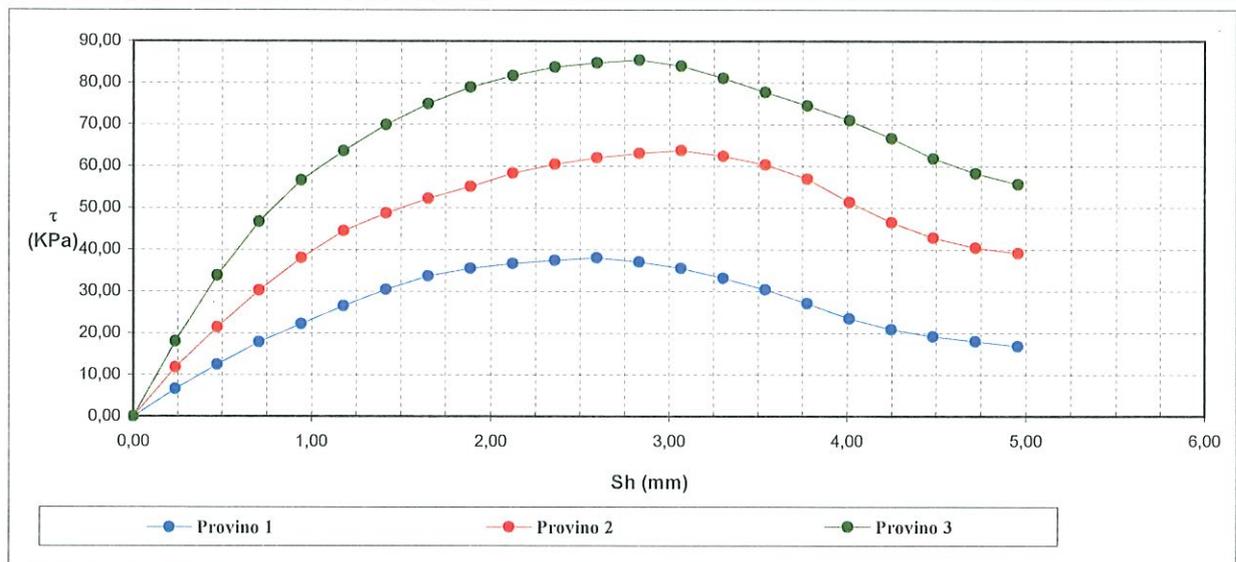
Cantiere: Realizzazione impianto agrofotovoltaico

Località: via Vallicella snc - San Felice sul Panaro (MO)

Data di prova: 25.06.2024

### Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P1	C1	0,80-1,30	indisturbato	18.06.2024



Tecnico sperimentatore  
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio  
Dr. Geol. F. MARTONE

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01  
del 03/01/2013

Pag. 6 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 200/24  
del: 25.06.2024

Certificato n°: 1912-2024  
Data certificato: 28.06.2024

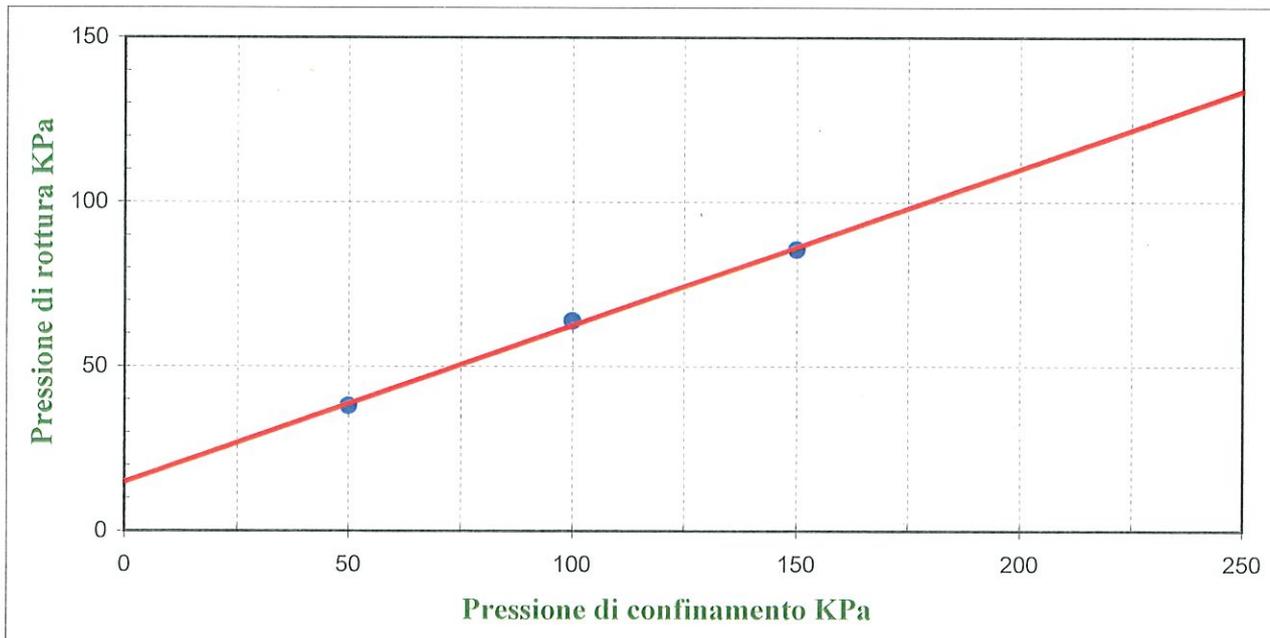
Richiedente: Dott. Geol. Tullio Ciccarone  
Committente: MR WIND S.r.l.  
Cantiere: Realizzazione impianto agrofotovoltaico  
Località: via Vallicella snc - San Felice sul Panaro (MO)  
Data di prova: 25.06.2024

### Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P1	C1	0,80-1,30	indisturbato	18.06.2024

### Parametri meccanici a rottura

	Press. di consolidazione (KPa)	Press. di rottura (KPa)	Def. a rottura (mm)
Provino 1	50,00	38,00	2,60
Provino 2	100,00	63,80	3,07
Provino 3	150,00	85,50	2,83



### Risultati sperimentali

Angolo di attrito **25,41** Gradi  
Coesione **14,93** KPa

Tecnico sperimentatore  
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio  
Dr. Geol. F. MARTONE



## IDENTIFICAZIONE CAMPIONE

Norma di riferimento: - ASTM D 2488-00

MC-41 Rev. 00  
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 200/24      Certificato n°: 1913-2024  
del: 25.06.2024      Data certificato: 28.06.2024

Richiedente: Dott. Geol. Tullio Ciccarone  
Committente: MR WIND S.r.l.  
Cantiere: Realizzazione impianto agrofotovoltaico  
Località: via Vallicella snc - San Felice sul Panaro (MO)  
Data di prova: 25.06.2024

### DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
P7	C1	0,80-1,30	indisturbato	19.06.2024

### DATI GENERALI

### PROVE SPEDITIVE

Contenitore:	Fustella	Pocket penetrometer Test (MPa)	***
Diametro (cm):	9,5	Pocket vane Test (MPa)	***
Lunghezza (cm):	49,0	Classe di Qualità (AGI)	Q5
Peso netto campione estratto (N)	66,0	Colore (Tabella colori Munsell)	2,5Y Olive brown 4/3

### DESCRIZIONE LITOLOGICA

Limo argilloso sabbioso di colore marrone scuro, consistente.

Tecnico sperimentatore  
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio  
Dr. Geol. F. MARTONE



## CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI

Norma di riferimento: UNI CEN ISO/TS 17892-1, 2, 3 - ASTM D854 - ASTM D2216

MC-01 Rev. 01  
del 03/01/2013

Pag. 1 di 1

Verbale di accettazione n°: TR 200/24  
del: 25.06.2024

Certificato n°: 1914-2024  
Data certificato: 28.06.2024

Richiedente: Dott. Geol. Tullio Ciccarone  
Committente: MR WIND S.r.l.  
Cantiere: Realizzazione impianto agrofotovoltaico  
Località: via Vallicella snc - San Felice sul Panaro (MO)  
Data di prova: 25.06.2024

### DATI IDENTIFICATIVI DEL CAMPIONE

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal p.c.)	Tipo campione	Data prelievo
P7	C1	0,80-1,30	indisturbato	19.06.2024

## RISULTATI DELLE PROVE

### Grandezze indici rilevate in laboratorio

$\gamma_n$	Peso dell'unità di volume naturale	KN/m <sup>3</sup>	19,89
$\gamma_s$	Peso specifico dei granuli	KN/m <sup>3</sup>	26,37
w	Contenuto di acqua naturale	%	16,21

### Grandezze indici derivate analiticamente

$\gamma_d$	Peso dell'unità di volume secco	KN/m <sup>3</sup>	17,11
n	Porosità	%	35,10
e	Indice dei vuoti	---	0,54
$s_r$	Grado di saturazione	%	80,59
$\gamma_{sat}$	Peso dell'unità di volume saturo	KN/m <sup>3</sup>	20,55
$\gamma'$	Peso dell'unità di volume sommerso	KN/m <sup>3</sup>	10,75

Tecnico sperimentatore  
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio  
Dr. Geol. E. MARTONE



## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01  
del 03/01/2013

Pag. 1 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 200/24      Certificato n°: 1915-2024  
del: 25.06.2024      Data certificato: 28.06.2024  
Richiedente: Dott. Geol. Tullio Ciccarone  
Committente: MR WIND S.r.l.  
Cantiere: Realizzazione impianto agrofotovoltaico  
Località: via Vallicella snc - San Felice sul Panaro (MO)  
Data di prova: 25.06.2024

### Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P7	C1	0,80-1,30	indisturbato	19.06.2024

Tipo di prova	Consolidata drenata	
Velocità di prova	0,0123	mm/min

### Caratteristiche del campione

	Sezione (cm <sup>2</sup> )	Altezza iniziale (mm)	Peso Volume (KN/m <sup>3</sup> )	Contenuto acqua iniziale (%)	Contenuto acqua finale (%)
<b>Provino 1</b>	36,00	23,00	19,88	15,96	19,01
<b>Provino 2</b>	36,00	23,00	20,00	16,46	18,08
<b>Provino 3</b>	36,00	23,00	19,78	16,99	18,01

### Fase di consolidazione

	Tempo (ore)	Carico applicato (KPa)	Cedimento (mm)
<b>Provino 1</b>	24	50	0,39
<b>Provino 2</b>	24	100	0,72
<b>Provino 3</b>	24	150	1,09

ATTREZZATURA UTILIZZATA: LBG Srl cella di carico AEP n° 13436

Tecnico sperimentatore  
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio  
Dr. Geol. F. MARTONE

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01  
del 03/01/2013

Pag. 2 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 200/24

Certificato n°: 1915-2024

del: 25.06.2024

Data certificato: 28.06.2024

Richiedente: Dott. Geol. Tullio Ciccarone

Committente: MR WIND S.r.l.

Cantiere: Realizzazione impianto agrofotovoltaico

Località: via Vallicella snc - San Felice sul Panaro (MO)

Data di prova: 25.06.2024

### Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P7	C1	0,80-1,30	indisturbato	19.06.2024

Dati relativi al provino 1

$\sigma_v$ 50 KPa														
dt	Sh	Sv	F	$\tau$	dt	Sh	Sv	F	$\tau$	dt	Sh	Sv	F	$\tau$
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
20	0,25	0,014	0,024	6,6										
40	0,49	0,019	0,045	12,4										
60	0,74	0,027	0,064	17,8										
80	0,98	0,033	0,080	22,2										
100	1,23	0,039	0,095	26,5										
120	1,48	0,044	0,109	30,4										
140	1,72	0,052	0,121	33,6										
160	1,97	0,059	0,130	36,2										
180	2,21	0,066	0,138	38,3										
200	2,46	0,074	0,143	39,7										
220	2,71	0,083	0,145	40,3										
240	2,95	0,089	0,147	40,8										
260	3,20	0,097	0,144	40,1										
280	3,44	0,103	0,139	38,7										
300	3,69	0,111	0,135	37,4										
320	3,94	0,119	0,129	35,9										
340	4,18	0,126	0,125	34,7										
360	4,43	0,132	0,121	33,7										
380	4,67	0,141	0,117	32,4										
400	4,92	0,151	0,112	31,0										
420	5,17	0,162	0,108	29,9										

Pressione a rottura	40,8	(KPa)
Deformazione a rottura	2,95	(mm)

Tecnico sperimentatore  
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio  
Dr. Geol. F. MARTONE



## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01  
del 03/01/2013

Pag. 4 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 200/24

Certificato n°: 1915-2024

del: 25.06.2024

Data certificato: 28.06.2024

Richiedente: Dott. Geol. Tullio Ciccarone

Committente: MR WIND S.r.l.

Cantiere: Realizzazione impianto agrofotovoltaico

Località: via Vallicella snc - San Felice sul Panaro (MO)

Data di prova: 25.06.2024

### Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P7	C1	0,80-1,30	indisturbato	19.06.2024

Dati relativi al provino 3

$\sigma_v$ 150 KPa														
dt	Sh	Sv	F	$\tau$	dt	Sh	Sv	F	$\tau$	dt	Sh	Sv	F	$\tau$
min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa	min	mm	mm	KN	KPa
0	0,00	0,000	0,000	0,0										
20	0,25	0,032	0,065	18,0										
40	0,49	0,053	0,122	33,8										
60	0,74	0,067	0,168	46,7										
80	0,98	0,079	0,204	56,6										
100	1,23	0,090	0,229	63,6										
120	1,48	0,099	0,252	69,9										
140	1,72	0,107	0,270	74,9										
160	1,97	0,115	0,284	78,9										
180	2,21	0,123	0,294	81,7										
200	2,46	0,132	0,302	83,8										
220	2,71	0,140	0,312	86,6										
240	2,95	0,151	0,315	87,5										
260	3,20	0,163	0,308	85,5										
280	3,44	0,173	0,298	82,8										
300	3,69	0,180	0,288	79,9										
320	3,94	0,187	0,275	76,5										
340	4,18	0,192	0,262	72,7										
360	4,43	0,200	0,247	68,7										
380	4,67	0,206	0,233	64,7										
400	4,92	0,212	0,217	60,4										
420	5,17	0,220	0,197	54,6										

Pressione a rottura	87,5	(KPa)
Deformazione a rottura	2,95	(mm)

Tecnico sperimentatore  
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio  
Dr. Geol. E. MARTONE



## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01  
del 03/01/2013

Pag. 5 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 200/24

Certificato n°: 1915-2024

del: 25.06.2024

Data certificato: 28.06.2024

Richiedente: Dott. Geol. Tullio Ciccarone

Committente: MR WIND S.r.l.

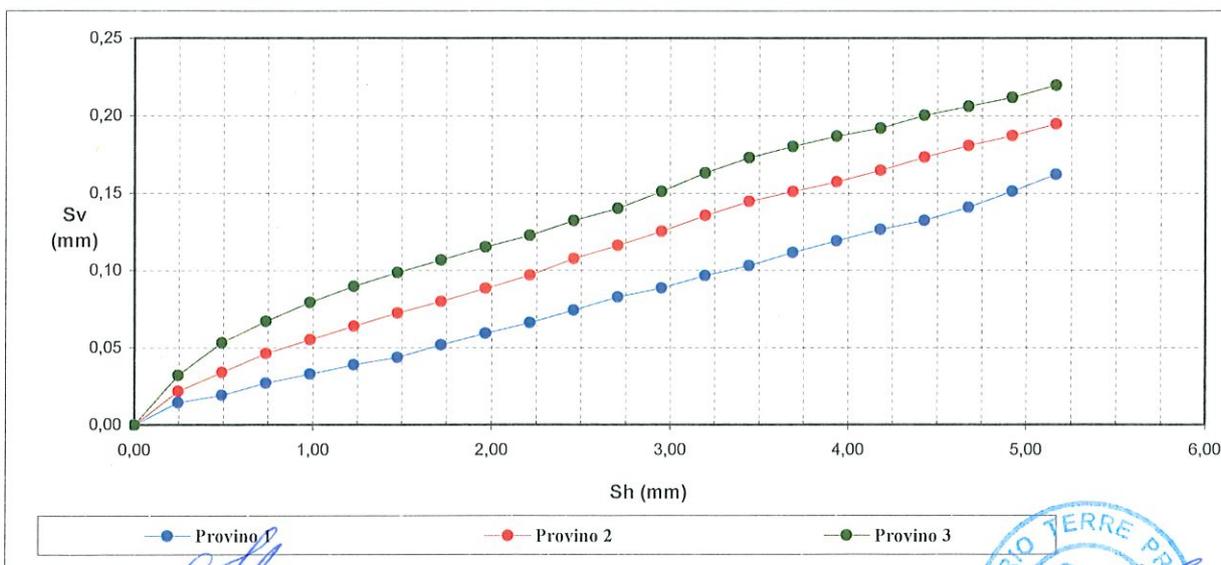
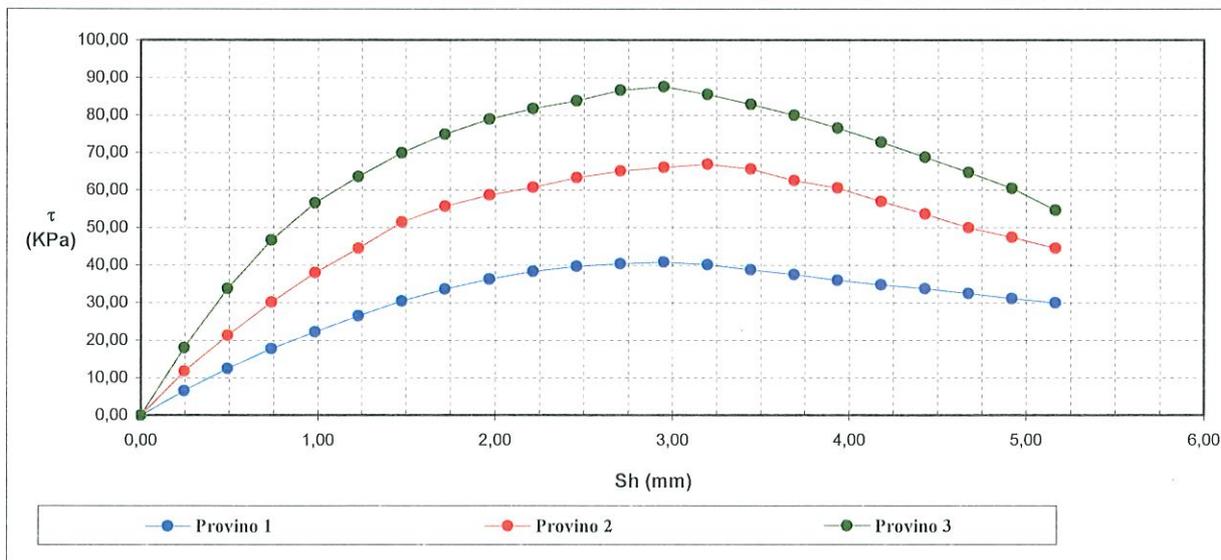
Cantiere: Realizzazione impianto agrofotovoltaico

Località: via Vallicella snc - San Felice sul Panaro (MO)

Data di prova: 25.06.2024

### Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P7	C1	0,80-1,30	indisturbato	19.06.2024



Tecnico sperimentatore  
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio  
Dr. Geol. F. MARTONE

## PROVA DI TAGLIO DIRETTO

Norma di riferimento: Raccomandazioni AGI - UNI CEN ISO/TS 17892-10

MC - 08 Rev. 01  
del 03/01/2013

Pag. 6 di 6

Verbale di accettazione n°: TR 200/24

Certificato n°: 1915-2024

del: 25.06.2024

Data certificato: 28.06.2024

Richiedente: Dott. Geol. Tullio Ciccarone

Committente: MR WIND S.r.l.

Cantiere: Realizzazione impianto agrofotovoltaico

Località: via Vallicella snc - San Felice sul Panaro (MO)

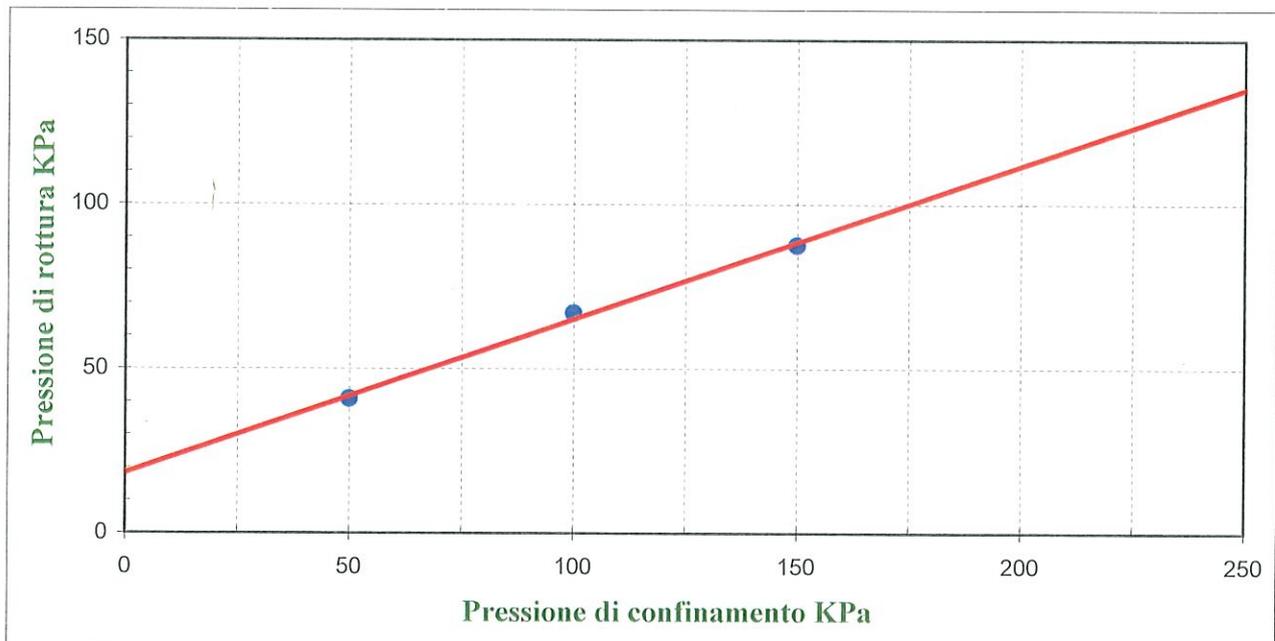
Data di prova: 25.06.2024

### Dati identificativi del campione

Sondaggio	Campione	Profondità (m dal pc)	Tipo campione	Data di prelievo
P7	C1	0,80-1,30	indisturbato	19.06.2024

### Parametri meccanici a rottura

	Press. di consolidazione (KPa)	Press. di rottura (KPa)	Def. a rottura (mm)
<b>Provino 1</b>	50,00	40,80	2,95
<b>Provino 2</b>	100,00	66,90	3,20
<b>Provino 3</b>	150,00	87,50	2,95



### Risultati sperimentali

Angolo di attrito **25,03** Gradi  
Coesione **18,23** KPa

Tecnico sperimentatore  
Dr. Geol. M. MAGLIO

Direttore Laboratorio  
Dr. Geol. F. MARTONE



## ASSEVERAZIONE

Autocertificazione secondo quanto previsto ai sensi del D.P.R. 28/12/2000 n.445/2000

Io sottoscritto **Dr. Geol. Tullio Ciccarone** iscritto all'albo dei Geologi della Regione Campania al n°1863, all'Albo dei Collaudatori della Regione Campania al n°260 e domiciliato in Bellizzi alla via Parisi, 6, in riferimento alla realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato, denominato "MODENA SFP" e opere di connessione alla R.T.N. della potenza di picco moduli fotovoltaici 35,7 MWp, all'interno di un terreno agricolo sito nel Comune di San felice sul Panaro (MO), collegato alla RTN presso la Stazione Elettrica di Massa Finalese (nel Comune di Finale Emilia) di Terna, il tutto nella Provincia di Modena e come meglio descritto ed evidenziato negli altri elaborati progettuali.

## ASSEVERO

che, quanto fatto, elaborato e dedotto con la dichiarazione/certificazione che precede "è tanto fedelmente adempiuto nelle operazioni commessegli al solo scopo di far conoscere la verità".

Bellizzi, luglio 2024

In fede



Cognome	CICCARONE
Nome	TULLIO
nato il	02-01-1969
(atto n. 00018 p. 1 s. A 1969)	
a	BATTIPAGLIA (SA)
Cittadinanza	ITALIANA
Residenza	BELLIZZI (SA)
Via	PARISI D. 6 i.4
Stato civile	=====
Professione	GEOLOGO
CONNOTATI E CONTRASSEGNI SALIENTI	
Statura	185
Capelli	Castani
Occhi	Castani
Segni particolari	=====

	
Firma del titolare	<i>Tullio Ciccarone</i>
BELLIZZI	12-08-2016
Impresa del ditto	IL SINDACO
Indice s	L'UFFICIALE D'ANAGRAFE
	Antonio Ciccarone

