



RF-VEGA SRL

Via Bottonaga, 4
25125 - Brescia (BS) ITALY

**REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI PIACENZA
COMUNE DI SARMATO**

Soggetto proponente: RF-VEGA SRL

*Istanza di Valutazione di Impatto Ambientale
ai sensi della L.R. n°4/2008*

e dell' art. 27 bis del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

Istanza di Autorizzazione Unica

ai sensi dell'art. 12 del D.Lgs. 29/12/2003 n° 387 e ss.mm.ii.

PARCO SOLARE FOTOVOLTAICO DA 7,41 MW

CASCINA AGAZZARA – STRADA SP 37

COMUNE DI SARMATO (PC)

RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE DOCUMENTO: 30420_RSG



Società di Ingegneria Integrata srl
Via Bottonaga, 4
25125 BRESCIA
www.sisthemaengineering.it



COMUNE DI SARMATO

Provincia di Piacenza

**PARCO SOLARE FOTOVOLTAICO
DA 7,41 MW
CASCINA AGAZZARA – STRADA SP 37**

Relazione geologica, idrogeologica, sismica con parametrizzazione geotecnica del sottosuolo

***Committente:
RF VEGA srl
Via Bottonaga 4
25100 Brescia***

**Iusignani
dott. filippo**

servizi di geologia
cave ed ambiente

Aprile 2021

INDICE

PREMESSA.	pag. 3
OGGETTO DELL'INCARICO.	pag. 5
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - TERRITORIALE	pag. 6
• Altimetria.	pag. 6
LINEAMENTI GEOLOGICI DELL'AREA.	pag. 7
QUADRO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.	pag. 10
IDROGRAFIA	pag. 12
PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI.	pag. 14
IDROGEOLOGIA	pag. 18
• Ipotesi di alimentazione dell'acquifero	pag. 26
• Descrizione delle caratteristiche di vulnerabilità naturale dell'acquifero	pag. 26
INDAGINI GEGNOSTICHE.	pag. 29
• Prove penetrometriche CPT	pag. 29
• Stendimento sismico MASW.	pag. 34
• Indagine sismica passiva HVSR.	pag. 38
MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	pag. 42
SISMICITA'	pag. 43
CONCLUSIONI	pag. 51

ALLEGATI:

- diagrammi e tabelle dei parametri geotecnici da prove penetrometriche CPT
- risultanze prova MASW
- risultanze prova geofisica HVSR
- autorizzazione cava Buglione

PREMESSA

L'area oggetto di studio ricade entro il territorio comunale di Sarmato ed è ubicata a circa 1.6 km a sud-ovest del capoluogo in fregio alla strada provinciale n°37.

L'area nei primi anni 2000 fu oggetto di escavazione (vedi ortofoto anno 2003 di seguito allegata) a seguito di specifica autorizzazione comunale (n°2354 del 30/03/03).

Le modalità di recupero autorizzate prevedevano la sola ristesura, sulla superficie di risulta dagli scavi, del terreno agrario precedentemente asportato (recupero a quota ribassata rispetto al territorio circostante).

Ciò premesso, nell'ambito della documentazione da predisporre a corredo dell'Istanza di VIA per il progetto d'installazione di un campo fotovoltaico a terra, il presente studio ha lo scopo di determinare le caratteristiche geologiche idrogeologiche e sismiche del primo sottosuolo al fine di poter fornire al progettista anche i parametri geotecnici da utilizzarsi nel dimensionamento delle previste strutture metalliche a sostegno dei moduli, nonché delle opere di fondazione della cabina elettrica a servizio dell'impianto.

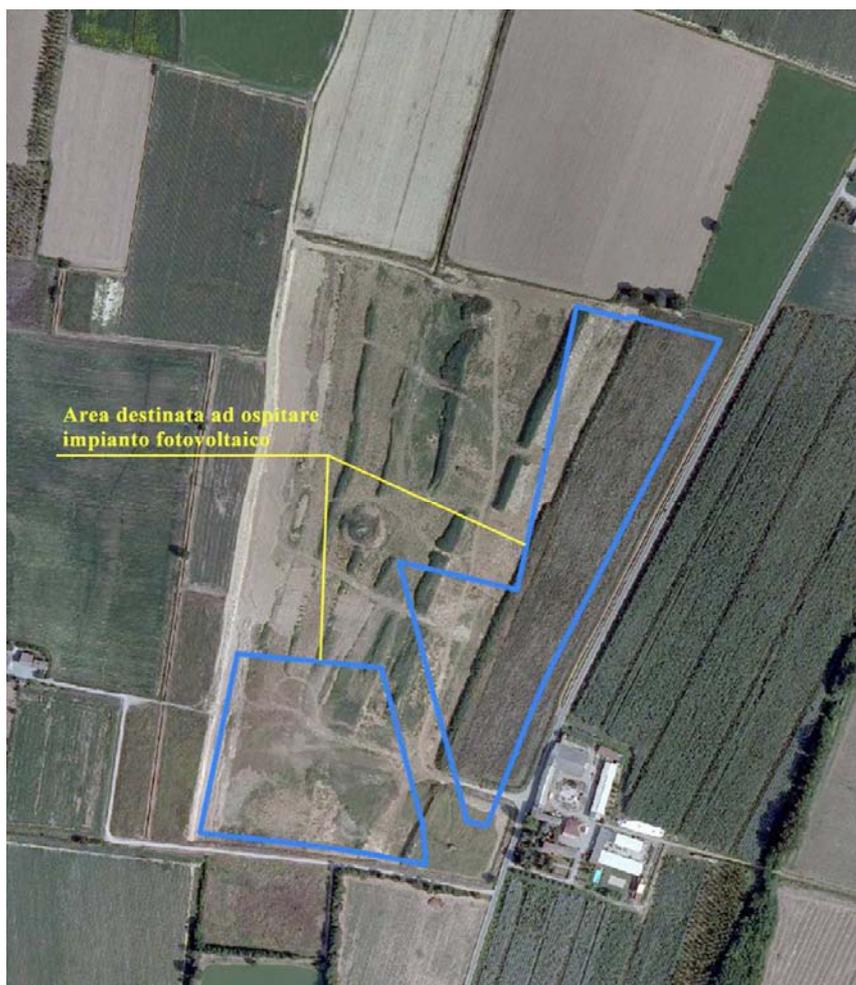
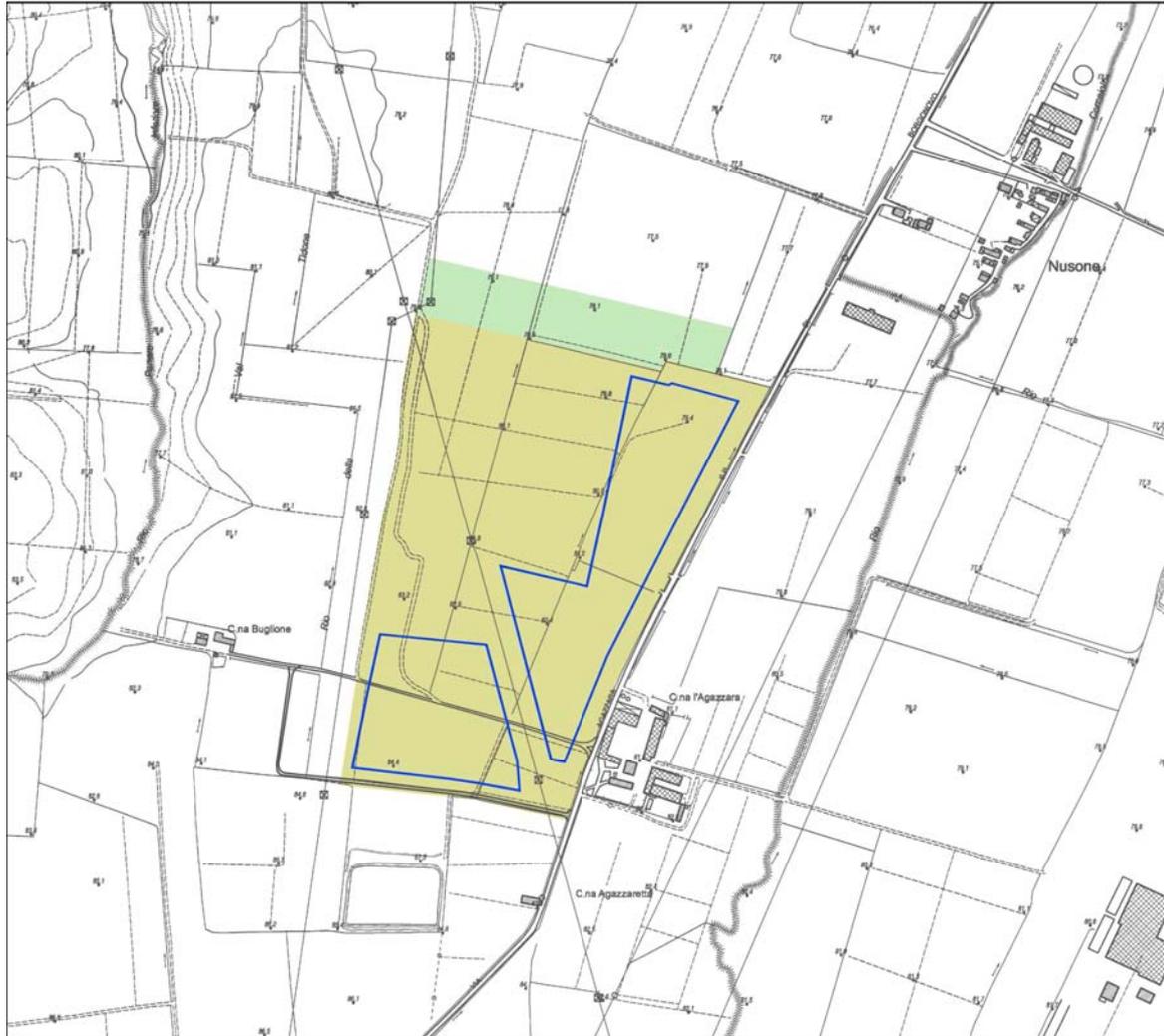
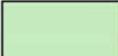


Immagine della cava Buglione in fase di attività

INQUADRAMENTO TERRITORIALE scala 1:10.000



LEGENDA:

-  Area destinata ad ospitare impianto fotovoltaico
-  Area di pertinenza ex cava "Buglione"
-  Area di pertinenza ex cava "Buglione 2"



OGGETTO DELL'INCARICO

In data 23 marzo 2021 lo scrivente ha ricevuto l'incarico dalla spett.le RF Vega srl per la redazione del presente rapporto tecnico che prevede le seguenti fasi di lavoro:

Indagini

- sopralluoghi e rilevamenti di campagna;
- realizzazione di n°2 prove penetrometriche CPT;
- esecuzione di una prova sismica MASW;
- assistenza alle indagini;

Relazione tecnica

- inquadramento geologico;
- elaborazione dati stratigrafici desunti dalle prove penetrometriche;
- elaborazione dati sismici desunti dalla prova MASW;
- determinazione parametri geotecnici del sottosuolo per singola verticale;
- inquadramento idrogeologico
- inquadramento sismico dell'area con determinazione classe sismica del sottosuolo
- documentazione fotografica;

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO - TERRITORIALE

L'area di intervento ricade nella media pianura Piacentina ed in particolare nella porzione sud occidentale del Comune di Sarmato. La superficie deputata ad ospitare l'impianto fotovoltaico presenta un'estensione di circa 10,27 ha. ed è situata a circa 1,0 chilometro a sud del capoluogo in fregio alla strada provinciale n°37 di Sarmato.

Dal punto di vista cartografico l'area in esame è individuabile nella Tavolettina I.G.M. Scala 1:25.000 "Sarmato" (F. 60, III° Quadrante S.O.) e nelle Sezioni C.T.R. Scala 1:10.000 161140 "Borgonovo V.T.".

Le coordinate geografiche sono: Lat. 45° 02' 27" N - Long 2° 58' 26".



Stralcio F.60 III° Quadrante S.O. scala 1:25.000

Le coordinate baricentriche U.T.M. del Polo risultano N 4987887 - E 537732.

Altimetria

L'area si presenta sub-pianeggiante e depressa rispetto alla pianura circostante¹ a causa della pregressa attività estrattiva² che l'ha interessata, il cui recupero prevedeva il ripristino a quota ribassata, con quote comprese tra circa 82 e 77 m s.l.m. e pendenze dell'ordine dello 0,3% leggermente digradanti verso NE ovvero verso il F.Po.

¹ di circa 2m

² estrazione di argilla da laterizi

LINEAMENTI GEOLOGICI DELL'AREA

L'assetto geologico dell'area è determinato dal succedersi di cicli erosivo-deposizionali che, nel corso del Quaternario continentale, contribuirono al colmamento ed alla modellazione dell'area attualmente corrispondente alla Pianura Padana.

Durante il Quaternario continentale gli eventi morfogenetici e deposizionali che hanno dato origine alla corrispondente serie di aggradazione/progradazione che caratterizza la formazione della coltre deposizionale, deriva da un succedersi di situazioni di squilibrio (Ricci Lucchi et al., 1982) generate dall'alternarsi di cicli glaciali responsabili di altrettante variazioni del livello di base (livello del mare) con conseguenti fasi alterne di accrescimento e di erosione queste ultime definite da superfici di discordanza (discontinuità) e terrazzamento individuabili anche nell'area di pianura studiata.

Per quanto concerne il quadro stratigrafico di riferimento utilizzato nel presente lavoro si fa riferimento a quanto ricostruito dalla R.E.R. nell'ambito degli studi per la realizzazione della nuova Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000; la metodologia utilizzata si basa sulla individuazione di pacchi di strati (unità stratigrafiche) delimitati da superfici-tempo (superfici di discontinuità), legati a cicli deposizionali coevi o in UBSU³ (sintemi).

In particolare il Supersistema Emiliano Romagnolo, che appartiene al ciclo quaternario continentale affiorante al margine appenninico padano, presenta un limite inferiore inconforme, evidenziato da una discordanza angolare sui depositi quaternari marini; il suo limite superiore coincide invece con l'attuale piano topografico; il Supersistema Emiliano-Romagnolo è stato suddiviso in due sequenze deposizionali: separate da una discontinuità "minore".

SINTEMA EMILIANO - ROMAGNOLO INFERIORE (0.65-0.35/0.45 MA). L'unità è stata deposta in ambienti sedimentari di piana alluvionale, bacino interfluviale e conoide distale. Litologicamente si tratta di depositi prevalentemente limosi e limoso-argillosi (tipicamente grigio azzurrognoli) con intercalati livelli ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi localmente preponderanti in corrispondenza di paleoapparati fluviali principali. Questa unità⁴, nell'area in studio è stata individuata unicamente in sottosuolo e rappresenta una prolungata fase di subsidenza regionale delle strutture del margine appenninico caratterizzata da sedimentazione prevalentemente fine in ambiente di pianura alluvionale.

³ *Unconformity Bounded Stratigraphic Units*

⁴ *corrispondente alla "Formazione Della Val Luretta" (Thanetiano-Ypresiano)*

SINTEMA EMILIANO - ROMAGNOLO SUPERIORE (0.35/0.45-ATTUALE). E' caratterizzato da depositi che testimoniano il persistere di marcata subsidenza post-tettonica seguiti da strutture e depositi che indicano una fase di prevalente sollevamento della catena con conseguente erosione e terrazzamento delle unità precedenti. All'interno di questo Sintema sono presenti unità di rango inferiore (Subsintemi) che registrano la ciclicità glaciale ed interglaciale e che in ordine cronologico dalla più recente alla più antica sono state così definite:

SUBSINTEMA DI RAVENNA (AES₈): Olocene: 9.000 anni – Attuale

SUBSINTEMA DI VILLA VERRUCCHIO (AES₇): Pleistocene superiore 18.000 – 125.000 anni

SUBSINTEMA DI AGAZZANO (AES₃): Pleistocene medio 125.000 – 250.000 anni

SUBSINTEMA DI MAIATICO (AES₂): Pleistocene medio 250.000 – 400.000 anni

Il Subsintema di Villa Verrucchio, che comprende la zona in esame, è suddiviso, su base morfologica e pedostratigrafica, in due unità stratigrafiche (o sequenze deposizionali) di spessore variabile da alcuni metri ad alcune decine di metri, denominate "Unità di Vignola" (AES_{7b}) e "Unità di Niviano" (AES_{7a}); lo spessore massimo del Subsintema è di 40 metri circa. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale relitta corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è erosivo e discordante sugli altri subsintemi e sulle unità più antiche.

Unità di Niviano (AES_{7a})

L'area è rappresentata dai depositi intravallivi terrazzati che sono costituiti essenzialmente da ghiaie-sabbiose, sabbie e limi stratificati, celate al tetto da limi-sabbiosi, limi e limi-argillosi di colore ocraceo di spessore discontinuo, che localmente possono raggiungere anche 8/10 metri di spessore.

Il limite inferiore dell'Unità di Niviano corrisponde al periodo pre-romano e segna l'istaurarsi di un importante fase di deterioramento climatico che determinò un grande incremento della piovosità con conseguente modifica del reticolo idrografico.

Gli effetti di questo deterioramento climatico hanno portato durante questo periodo ad un aumento del tasso di sedimentazione con distruzione e seppellimento degli elementi infrastrutturali della colonizzazione e della bonifica romana.

CARTA GEOLOGICA
(tratta da Cartografia Geologica della Regione Emilia Romagna)
scala 1:10.000



LEGENDA:



Area destinata ad ospitare impianto fotovoltaico



AES7a - Unità di Niviano



Limo - piana alluvionale

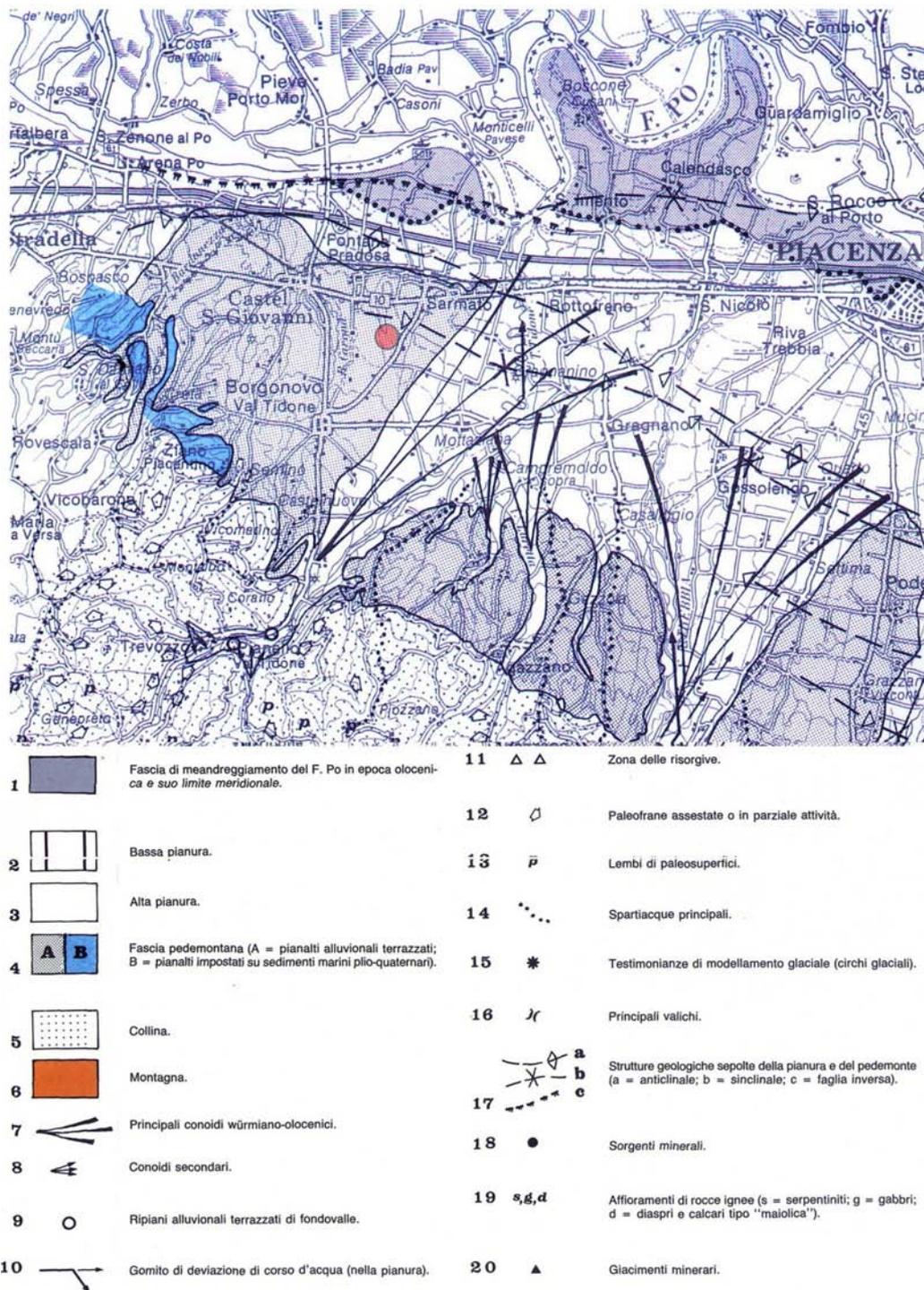


AES8 - Subsistema di Ravenna



QUADRO GEOMORFOLOGICO DI RIFERIMENTO

Il contesto territoriale in cui si inserisce l'area in studio è fisiograficamente ubicato nella fascia pedemontana dell'Appennino, caratterizzata da ripiani morfologici via via sempre più sopraelevati costituenti il sistema dei "Pianalti Alluvionali terrazzati" (vedi fig. n°13 tratta da Marchetti, Dall'Aglio, 19..).



Elementi di geografia fisica e geomorfologia (Da Marchetti, Dall'Aglio, 19..)

Detti pianalti sono caratterizzati da una morfologia dossiforme generata dal modellamento operato in età pre-wurmiana dai principali corsi d'acqua (Tebbia e Tidone) nonché, nel caso specifico, anche dai loro affluenti, quali il Rio Panaro inferiore.

L'elemento morfologico fondamentale di questa porzione di pianura è dato proprio dalla presenza di vecchie e piatte superfici topografiche, immergenti verso la pianura, delimitate sui lati da scarpate di erosione fluviale (scarpate di terrazzo), generalmente allungate parallelamente ai corsi d'acqua, la cui altezza aumenta progressivamente da valle verso monte.

Come precedentemente accennato l'area, a partire dagli inizi degli anni 2000, è stata oggetto di attività estrattiva il cui recupero morfologico (autorizzato a quota ribassata) l'ha portata oggi ad essere ribassata, rispetto al piano di campagna circostante, di circa 2m; le scarpate perimetrali dell'area si presentano stabili con una pendenza nell'ordine dei 14°/18°.



La scarpata a debole pendenza di risulta dalla pregressa attività estrattiva

IDROGRAFIA

L'idrografia di superficie è regolata dalla presenza di due corpi idrici naturali quali il Rio Panaro inferiore e il Rio Corniolo.

Il primo scorre ad Ovest dell'area in esame ad una distanza di oltre 300 metri, delimitato da scarpate poco inclinate di terrazzo fluviale, che si elevano per circa 5-6 metri; il secondo scorre ad Est a circa 200 metri di distanza, in alveo poco inciso e rettificato nell'arco dei secoli dalle attività antropiche susseguitesesi in questa porzione di pianura.

Gli elementi secondari dell'idrografia superficiale sono rappresentati per la maggior parte da una fitta rete di canalizzazioni, frutto degli interventi di miglioramento fondiario, che per secoli ha disegnato e organizzato il paesaggio.

Dette opere risultarono necessarie fin dai tempi antichi in special modo al fine di assicurare ai terreni agricoli della zona sufficiente e regolare drenaggio nei periodi di pioggia e una adeguata dotazione di acque irrigue nei mesi asciutti dell'estate.

Attualmente il compito della manutenzione e dell'esercizio di tale complesso sistema idraulico è lasciato al Consorzio di Bonifica di Piacenza⁵, ente costituito dalla Regione Emilia Romagna nel 1987 per garantire il recapito e lo scolo delle acque zenitali onde evitare ristagni ed impaludamenti o la sofferenza idraulica ai terreni; detti canali sono usualmente utilizzati nel periodo compreso fra 15 maggio e il 30 agosto di ogni anno.

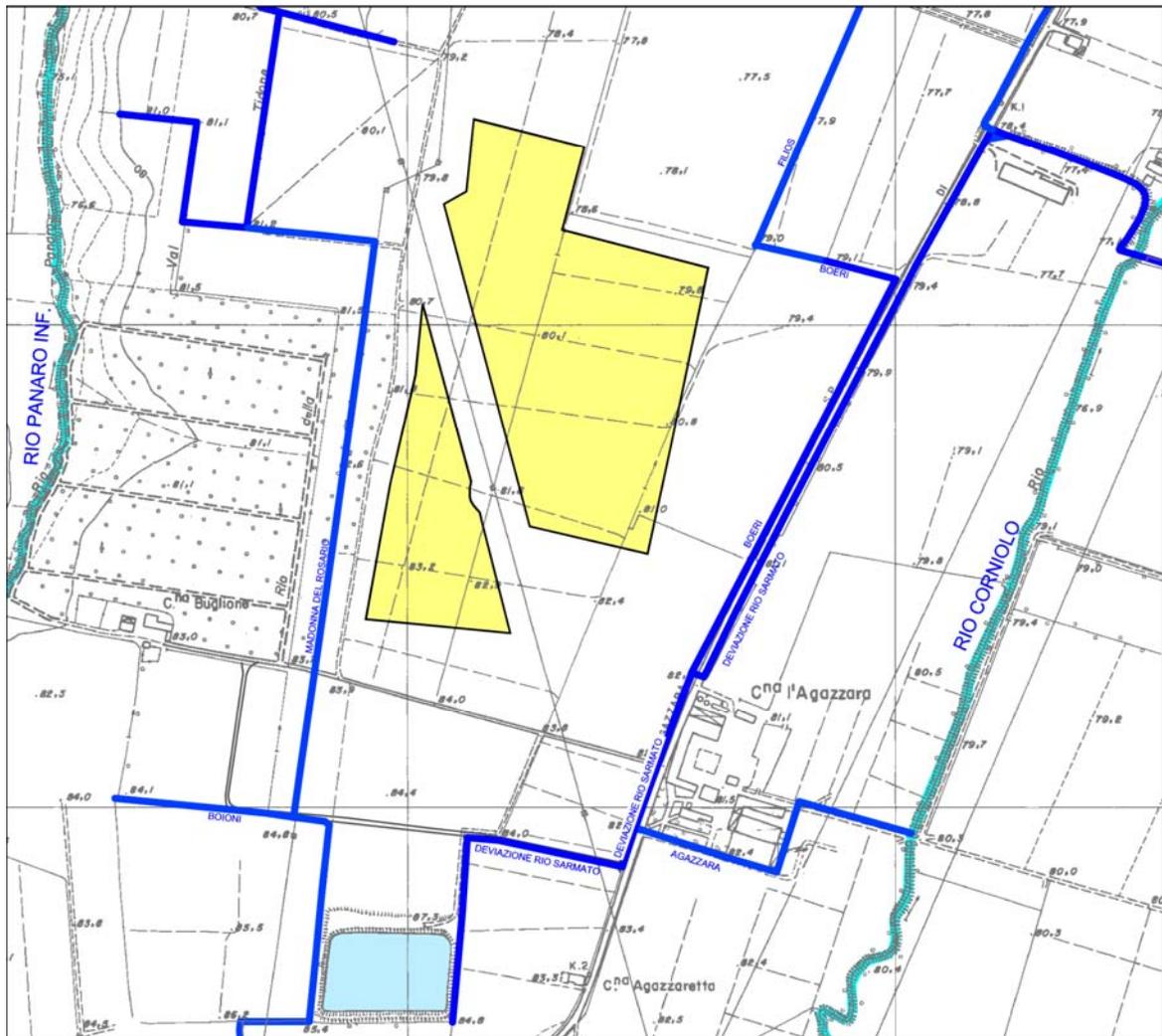
Uno di questi delimita il confine orientale dell'area di intervento; in particolare trattasi di canale in terra, che venne spostato in detta posizione nell'ambito dell'autorizzazione allo scavo della cava⁶, dal cui tracciato è stata mantenuta una distanza di 20 metri.

Tutto ciò premesso si può concludere che l'attuale efficienza della rete idrica sarà salvaguardata ed assicurata sia durante le fasi di costruzione dell'impianto che in quelle di esercizio.

⁵ dal 1° ottobre 2009 subentrato nelle attività ai preesistenti Consorzi Bacini Tidone Trebbia e Bacini Piacentini di Levante

⁶ originariamente era impostato nella porzione centrale della cava come è ancora possibile vedere dalla cartografia regionale (CTR)

IDROGRAFIA DI SUPERFICIE



LEGENDA:

- | | | | |
|---|--|---|--|
|  | Area destinata ad ospitare impianto fotovoltaico |  | Reticolo idrografico principale |
|  | Bacino irriguo |  | Rete irrigua Consorzio di Bonifica di Piacenza |



PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI **DELL'AUTORITÀ DI BACINO**

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni è l'insieme di misure e strumenti che riguardano gli aspetti della gestione del rischio di alluvioni: ha come obiettivo la riduzione delle conseguenze negative delle inondazioni attraverso l'attuazione prioritaria di interventi non strutturali, di azioni per la riduzione della pericolosità e pratiche sostenibili.

E' predisposto dall'Autorità di Bacino distrettuale e dalle Regioni del Distretto Idrografico, in coordinamento tra loro e con il Dipartimento Nazionale di Protezione civile.

Le Mappe della Pericolosità da Alluvione rappresentano l'estensione potenziale delle inondazioni causate dai corsi d'acqua (naturali ed artificiali) con riferimento a tre scenari:

- a) scarsa probabilità di alluvioni (P1, pericolosità bassa);
- b) alluvioni poco frequenti (P2, pericolosità media);
- c) alluvioni frequenti (P3, pericolosità elevata).

Gli scenari sopra descritti sono rappresentati in carta con tre tonalità di blu', associando al diminuire della frequenza di allagamento il diminuire dell'intensità del colore.

Le Mappe del Rischio indicano invece la presenza degli elementi potenzialmente esposti⁷ che ricadono nelle aree allagabili e la corrispondente rappresentazione in 4 classi di rischio:

R4 molto elevato – viola (in carta)

R3 elevato - rosso

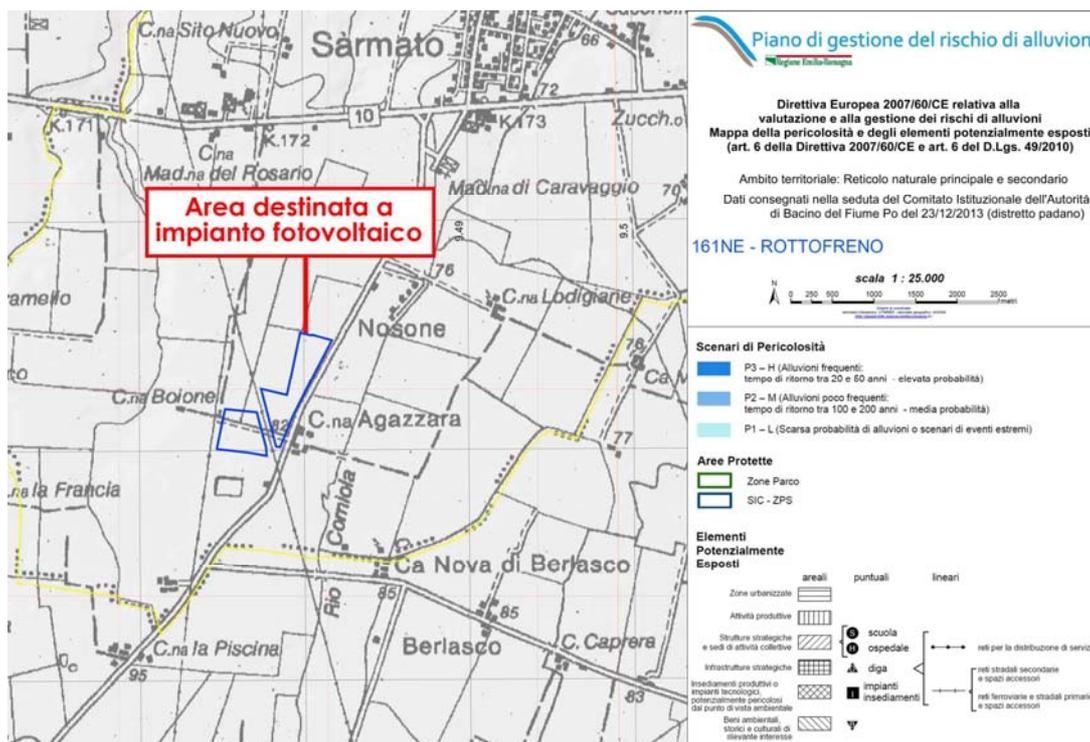
R2 medio - arancione

R1 moderato (o nullo) – giallo.

Dall'analisi degli stralci riportati si evince come l'area oggetto di futuro intervento, relativamente al "**Reticolo naturale Principale**" (RP) ricada in area non allagabile, a cui non è associato alcun livello di pericolosità né di rischio.

Per quanto concerne il "**Reticolo secondario di pianura**" (RSP) è costituito dai corsi d'acqua secondari di pianura gestiti dai Consorzi di bonifica e irrigui. La perimetrazione delle aree potenzialmente allagabili è stata effettuata con riferimento agli scenari di alluvione frequente (P3) e poco frequente (P2) previsti dalla Direttiva. Il metodo di individuazione delle aree soggette ad alluvioni è stato di tipo prevalentemente storico - inventariale e si è basato sugli effetti di eventi avvenuti generalmente negli ultimi 20-30 anni in quanto ritenuti maggiormente rappresentativi delle condizioni di pericolosità connesse con l'attuale assetto del reticolo di bonifica e del territorio.

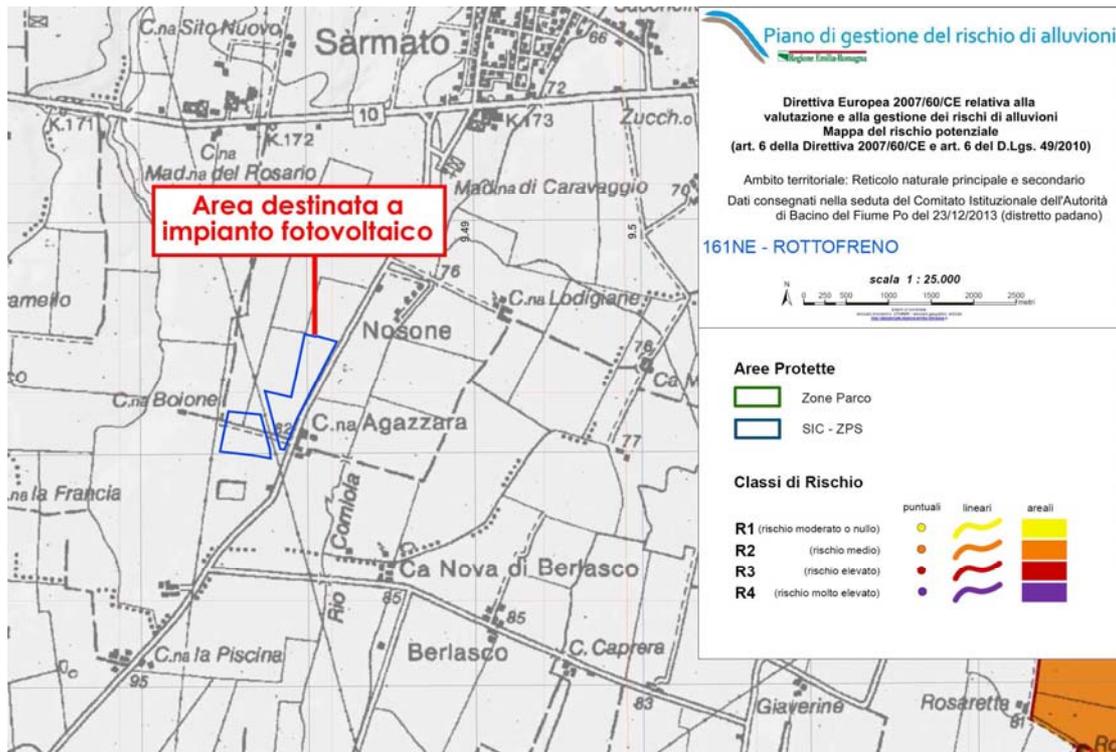
⁷ popolazione coinvolta, servizi infrastrutture, attività economiche, etc.



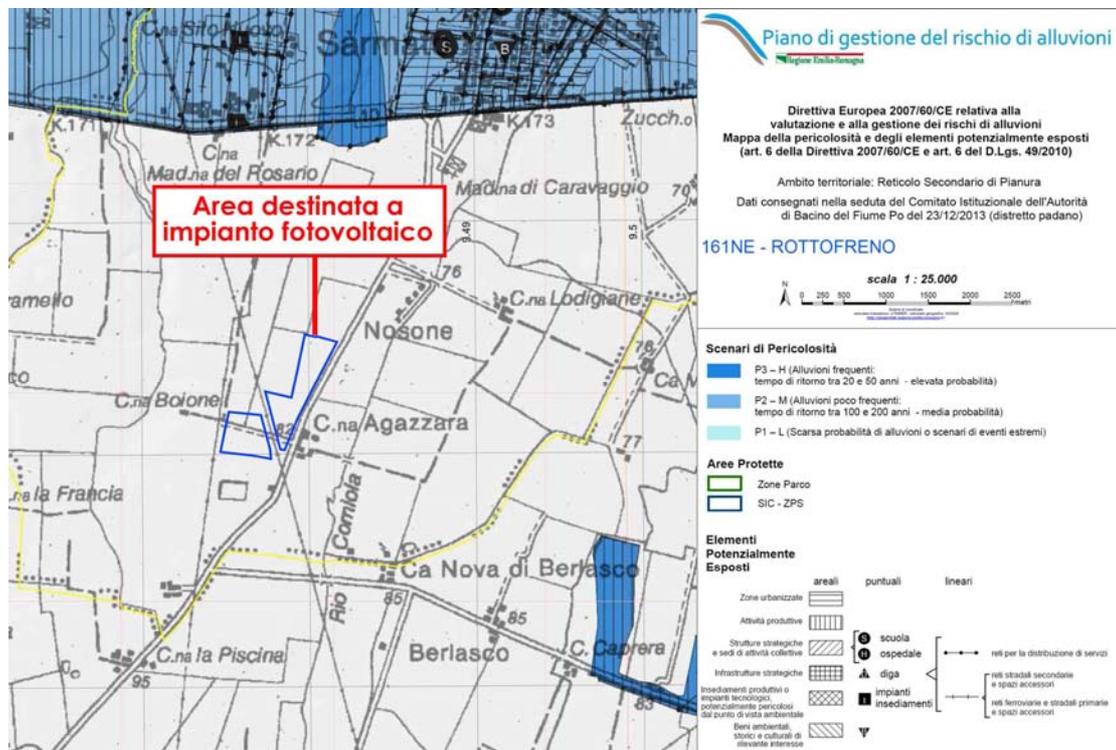
Inquadramento dell'area oggetto di intervento su base Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010). Ambito territoriale: Reticolo Naturale Principale e Secondario; come si può notare l'area oggetto di intervento non è interessata da alcuno scenario di pericolosità.

A questa tipologia di aree si aggiungono limitate zone individuate mediante modelli idrologico – idraulici e aree delimitate sulla base del giudizio esperto degli enti gestori in relazione alla incapacità, più volte riscontrata, del reticolo a far fronte ad eventi di precipitazione caratterizzati da tempi di ritorno superiori (in media) a 50 anni (individuato come tempo di ritorno massimo relativo allo scenario P3).

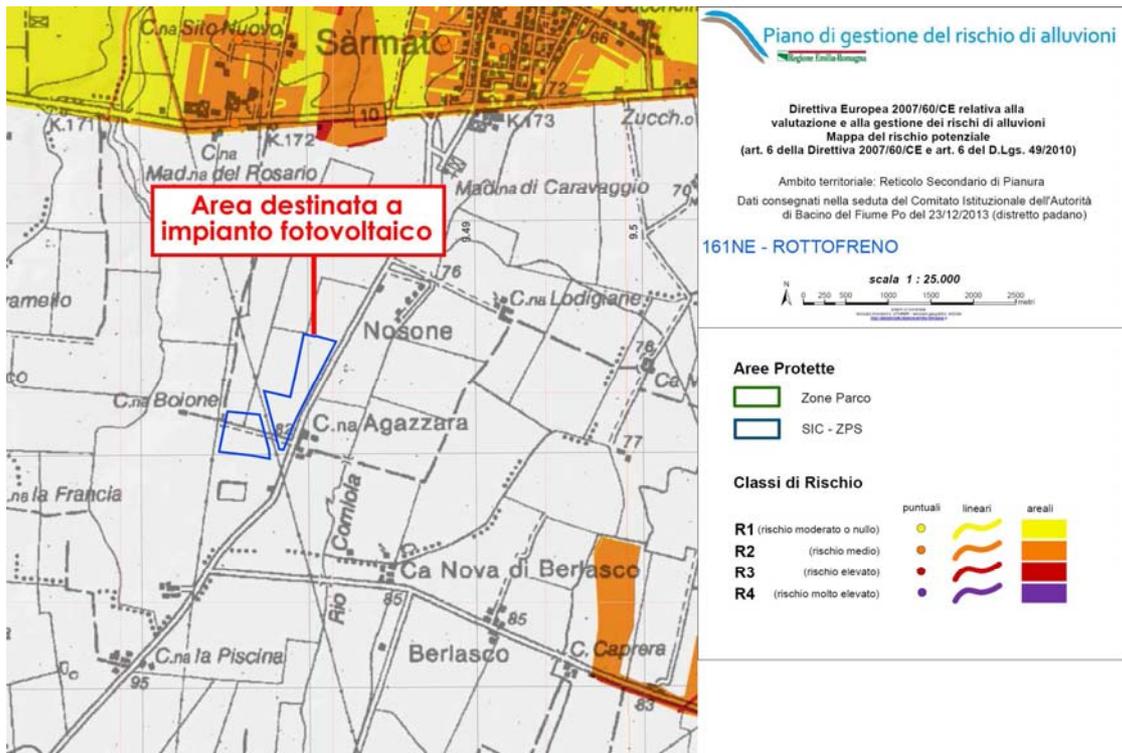
Stante le caratteristiche proprie del reticolo, nello scenario di alluvione poco frequente (P2), l'inviluppo delle aree potenzialmente allagabili, coincidente con gran parte dei settori di pianura dei bacini idrografici, ha carattere indicativo e necessita di ulteriori approfondimenti di tipo conoscitivo. Ne deriva che l'estensione delle aree interessate da alluvioni rare (P1) è ricompresa, di fatto, nello scenario P2. Le alluvioni dovute ad esondazione del reticolo artificiale di bonifica, seppure caratterizzate da alta frequenza, presentano tiranti e velocità esigui che danno origine a condizioni di rischio medio (R2) e moderato/nulla (R1) e in casi limitati, prevalentemente situati in zone urbanizzate e insediate interessate da alluvioni frequenti, a condizioni di rischio elevato (R3). La mitigazione delle condizioni di rischio per il patrimonio edilizio esistente si fonda su azioni di protezione civile ed eventualmente di autoprotezione e di protezione passiva.



Inquadramento dell'area in studio su base Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni Mappa del rischio potenziale (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010). Ambito territoriale: Reticolo Naturale Principale e Secondario; come si può notare l'area oggetto di intervento non è interessata da alcuna classe di rischio.



Inquadramento dell'area oggetto di intervento su base Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010). Ambito territoriale: Reticolo Secondario di Pianura; come si può notare l'area oggetto di intervento non è interessata da alcuno scenario di pericolosità.



Inquadramento dell'area oggetto di intervento su base Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni Mappa del rischio potenziale (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010). Ambito territoriale: Reticolo Secondario di Pianura; come si può notare l'area oggetto di intervento non è interessata da alcuna classe di rischio.



Panoramica dell'area di intervento ripresa da nord est

IDROGEOLOGIA

La valutazione delle caratteristiche idrogeologiche dell'area è un importante elemento di analisi in relazione alla valutazione del grado di vulnerabilità degli acquiferi.

Il settore di pianura sul quale insiste l'area di futuro intervento, appartiene al dominio deposizionale degli affluenti appenninici del F.Po appartenenti al ripiano terrazzato pre-wurmiano del pedemonte.

L'assetto litostratigrafico dell'area in esame è rappresentato, nella parte sommitale della successione, da litotipi argillosi e limo argillosi costituenti una litozona a scarsa permeabilità (ripiano delle alluvioni rissiane) che non consente la ricarica diretta dalle piogge e lo scambio con il reticolo idrografico; questa condizione garantisce un buon grado di protezione degli acquiferi.

Al di sotto di detto orizzonte superficiale si sviluppa fino ad una profondità di circa 50 metri una litozona prevalentemente sabbioso-ghiaiosa costituita da più corpi sedimentari sovrapposti divisi da diaframmi di sedimenti fini la cui continuità laterale risulta ridotta a causa della coalescenza dei depositi grossolani.

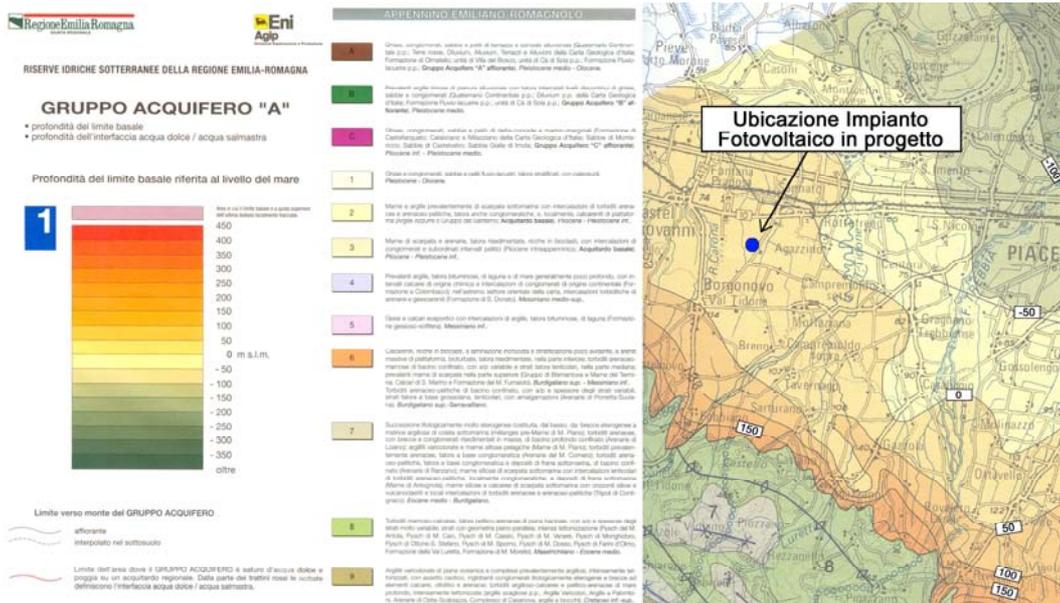
Detto sistema acquifero è costituito da falde confinate generalmente caratterizzate da bassi valori di trasmissività e talora dotate anche di un accentuato grado di artesianità.

Alla litozona sabbioso-ghiaiosa fa seguito verso il basso, fino ad una profondità superiore a 100 metri una litozona prevalentemente argillosa costituita alla sommità da depositi di ambiente continentale e di transizione (palustre), passanti verso il basso a depositi di probabile ambiente marino.

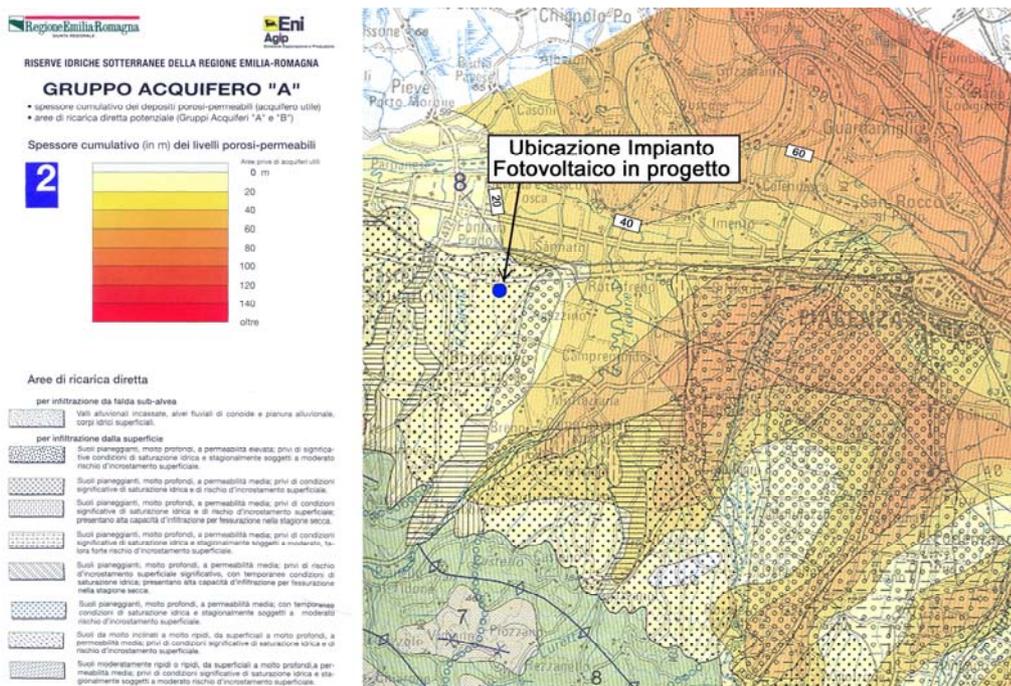
Tale quadro idrogeologico è ben confermato da quanto riportato nel volume "Riserve Idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna" (1988), edito dalla R.E.R., Ufficio Cartografico e Geologico, in collaborazione con ENI-AGIP. Nel sottosuolo del bacino padano, entro cui insiste l'area di studio, sono stati riconosciute tre Unità Idrostratigrafiche fondamentali informalmente definite, a partire dal piano di campagna, Gruppi Acquiferi A, B e C. Il Gruppo Acquifero A, come è possibile desumere dall'analisi delle stratigrafie di alcuni pozzi limitrofi all'area di cava, è costituito da depositi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi separati da setti impermeabili di spessore variabile; questo acquifero nell'area oggetto di studio è caratterizzato da spessore prossimo ai 50 metri.

Nel territorio del comune di Sarmato, questo sistema acquifero passa in profondità direttamente al Gruppo Acquifero C, da cui è separato da un acquitardo basale le cui unità litostratigrafiche sono ascrivibili alle argille azzurre pleistoceniche.

L'interfaccia di separazione tra acqua dolce e salmastra è posta intorno ai 100 metri.



Stralcio Carta "Acquifero A" scala 1:250.000 tratto da Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna (a cura di Gianmarco Di Dio.1998)- Prof. Limite basale dell'acquifero



Stralcio Carta "Acquifero A" scala 1:250.000 tratto da Riserve Idriche Sotterranee della Regione Emilia Romagna (a cura di Gianmarco Di Dio.1998)- Spessore cumulativo dei livelli permeabili

Allo scopo di definire l'escursione della superficie piezometrica nei vari periodi dell'anno nonché le caratteristiche del deflusso idrico sottterraneo è stato fatto riferimento ad alcune campagne idrogeologiche a disposizione del nostro studio ed in particolare:

- campagne di misure dei livelli piezometrici eseguite nel marzo 1986 e luglio 1996 a cura del nostro studio;

- campagna di misure dei livelli piezometrici eseguita nel maggio 1993 nell'ambito degli studi per la redazione del "Quadro Conoscitivo del PSC", a cura del dott. Geol. G.Livelli;
- campagna di misurazioni dei livelli piezometrici eseguita dal nostro Studio nel gennaio 1999 a corredo del PAE;
- "Indagine Idrogeologica finalizzata alla potenzialità idrica del sottosuolo della zona di Sarmato" redatto dallo "Studio S.G.P." di Pavia (1996).
- stratigrafie di pozzi idrici esistenti nelle zone circostanti, desunti dalla Banca Dati Geognostici della R.E.R.;

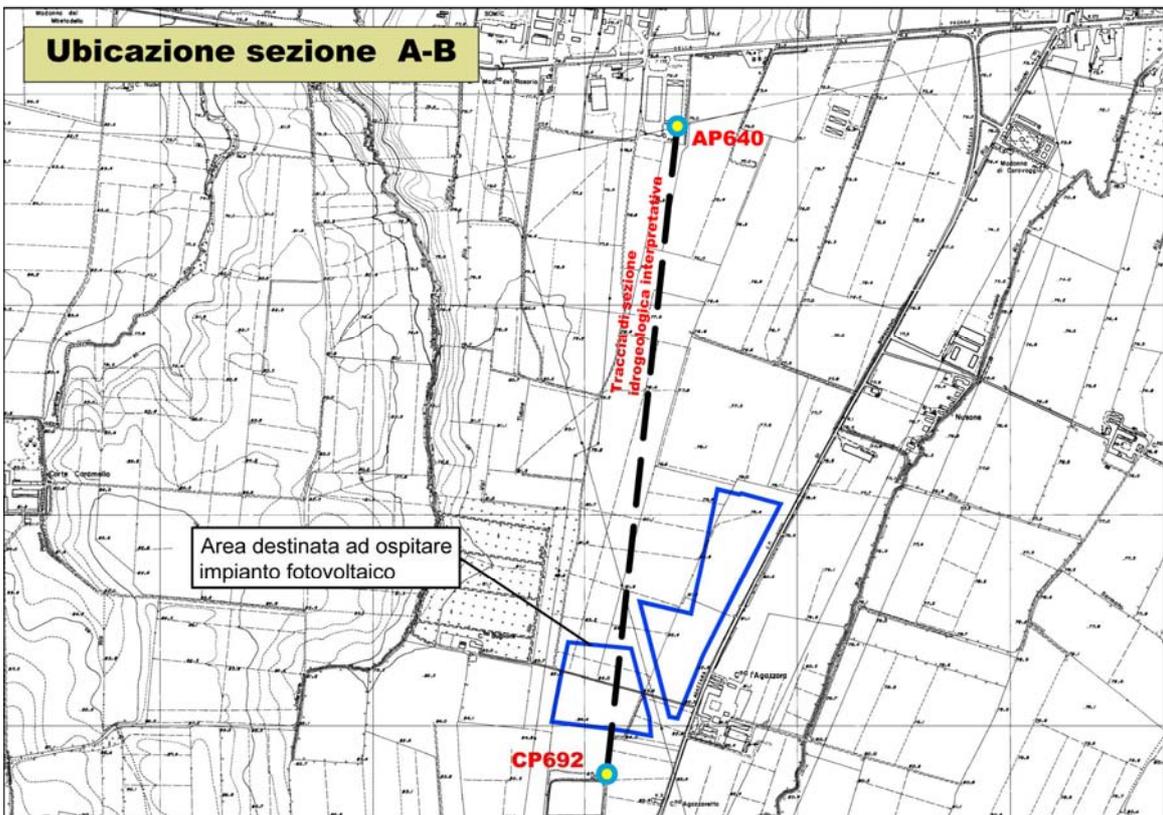
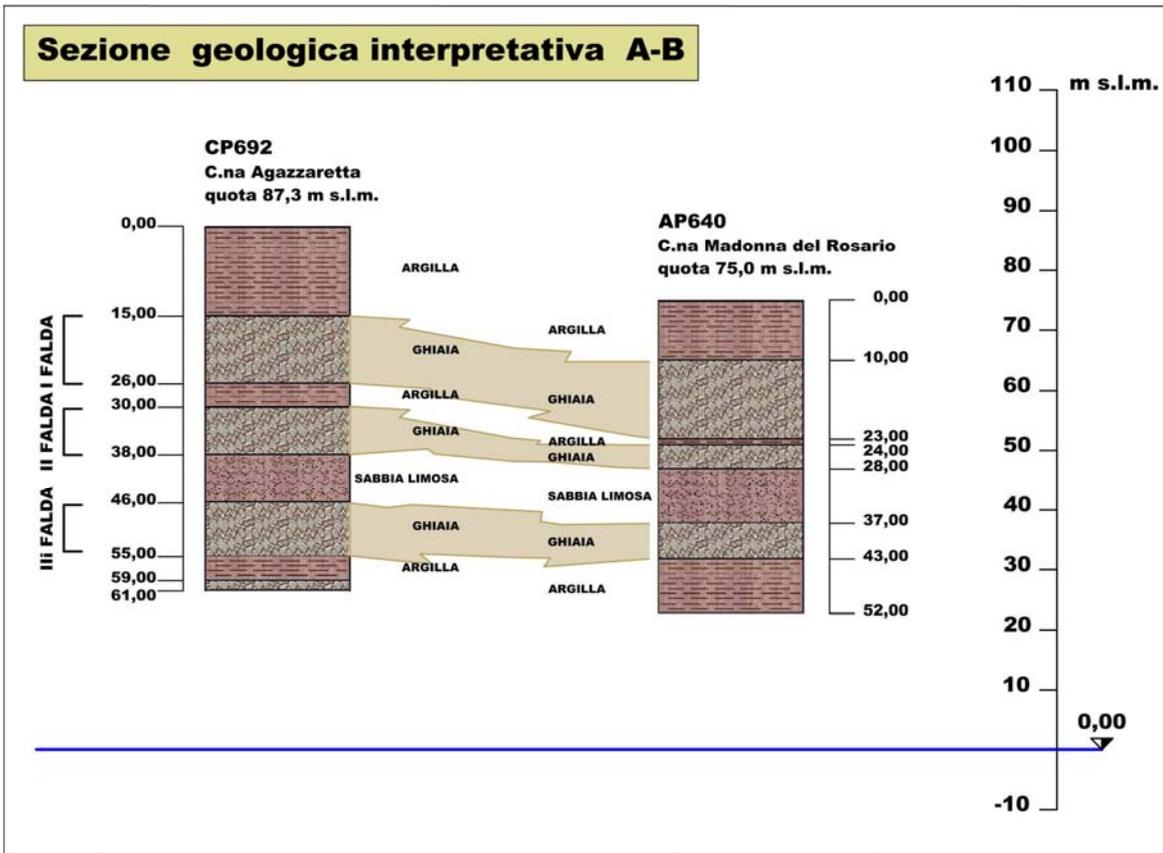
Le caratteristiche dei pozzi censiti nell'area in esame, sono riportati nella tabella seguente, ove sono anche evidenziati anche i valori di soggiacenza misurati nelle varie campagne eseguite.

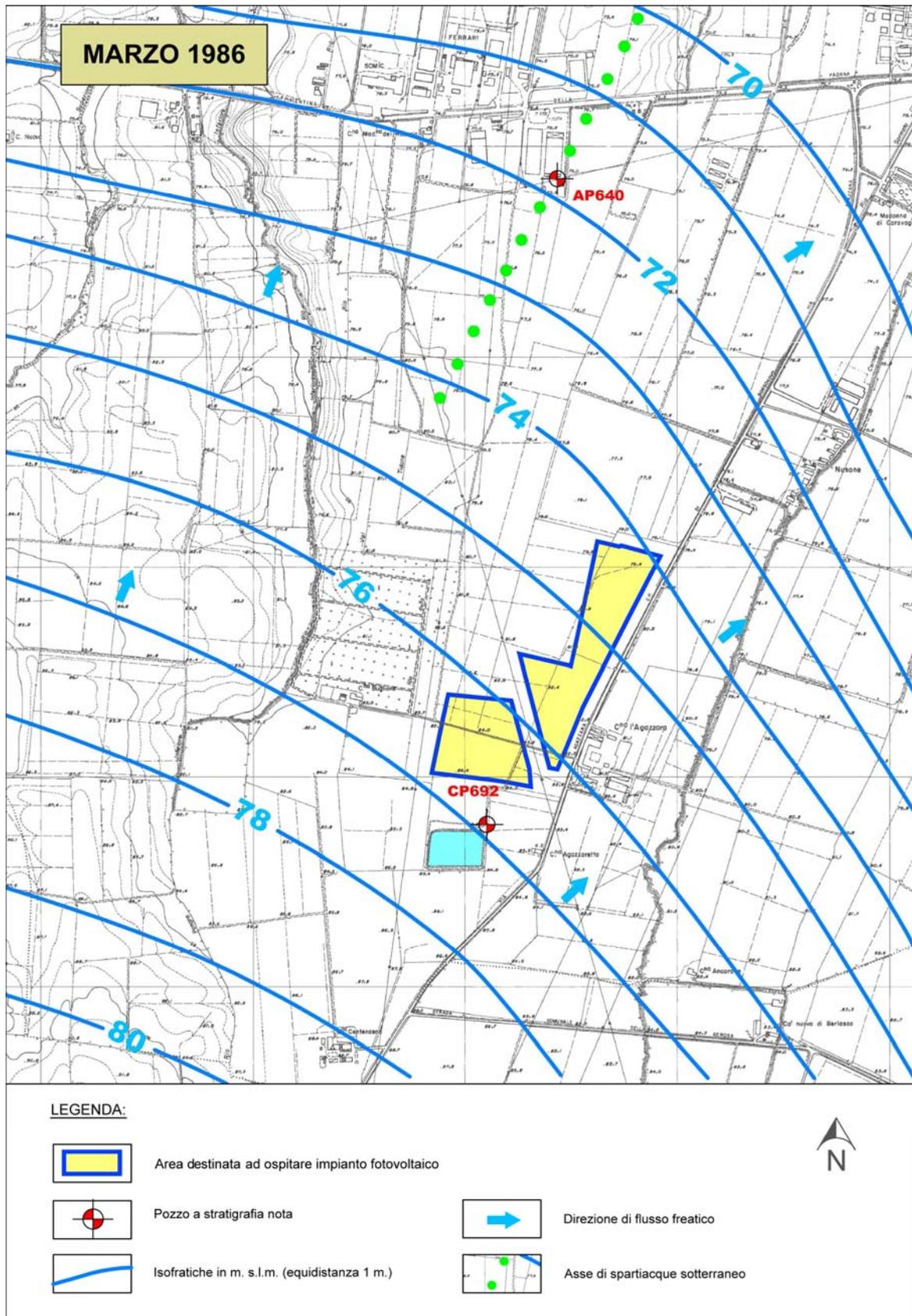
□	Località	Quota p.c. (m)□	Soggiacenza Luglio '86□ (m)□	Livello Statico Luglio '86□ (m.s.l.m.)□	Soggiacenza Marzo '86□ (m)□	Livello Statico Marzo '86□ (m.s.l.m.)□	Soggiacenza Maggio '93□ (m)□	Livello Statico Maggio '93□ (m.s.l.m.)□	Soggiacenza Gennaio '99□ (m)□	Livello statico Gennaio '99□ (m.s.l.m.)□
9□	C.NA L'AGAZZARA□	81,2□	5,4□	75,8□	5,5□	75,7□	6,3□	74,9□	10,1□	71,1□
10□	MAD. CARAVAGGIO□	76,0□	7,6□	68,4□	6,2□	69,8□	11,5□	64,5□	11,7□	64,3□
11□	NUSONE□	75,7□	4,5□	71,2□	3,8□	71,9□	7,3□	68,4□	7,5□	68,5□
12□	CORTE CAMELLO□	82,0□	4,5□	77,5□	4,9□	77,1□	6,6□	75,4□	12,9□	69,1□
13□	CASCINA NUOVA□	80,0□	9,0□	71□	7,2□	72,8□	asciutto□	oltre 69□	asciutto□	oltre 69□
14□	CASCINA BUGLIONE*□	83,0□	--□	--□	--□	--□	--□	--□	--□	--□

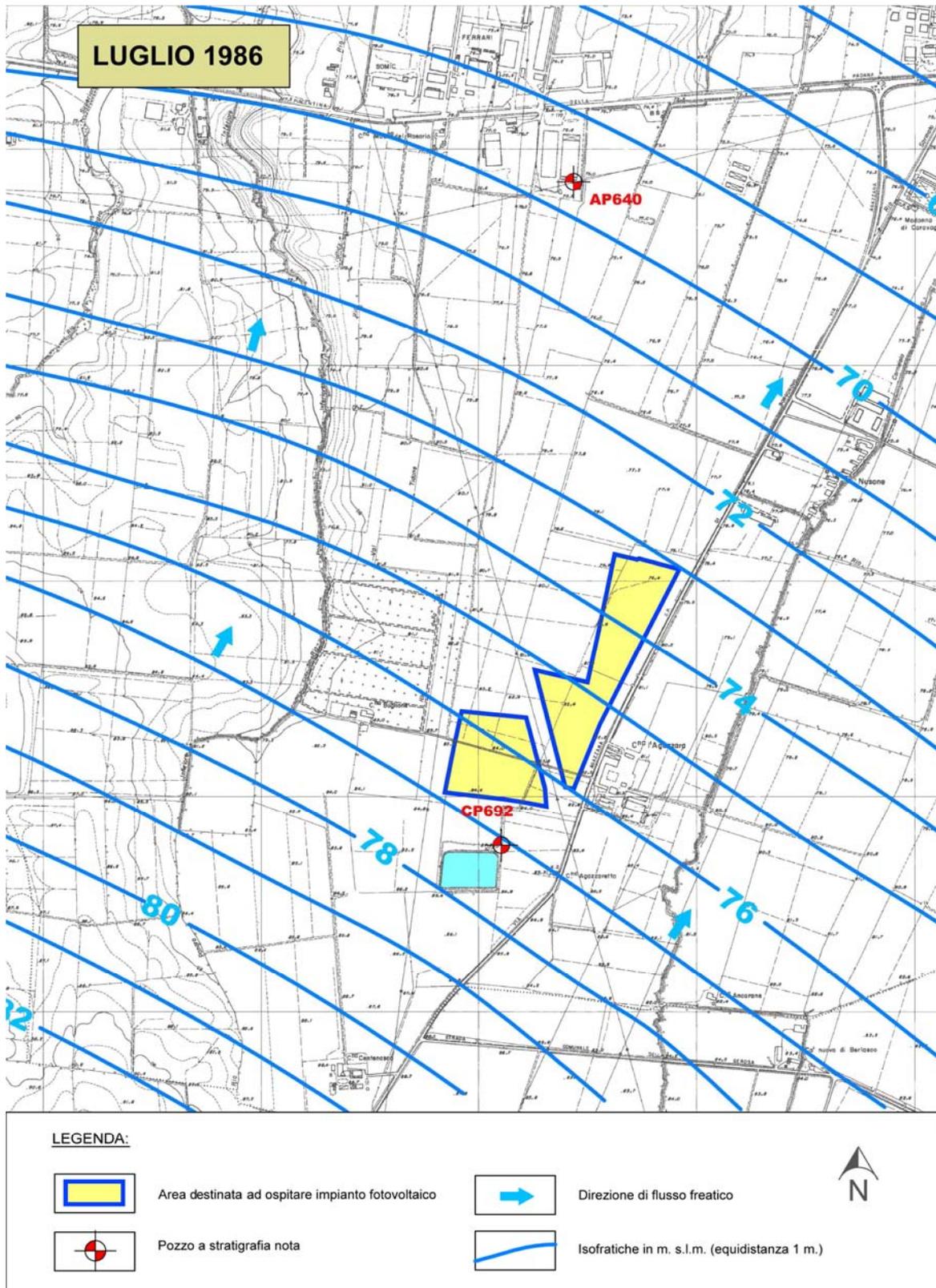
Per una migliore comparazione delle differenti situazioni emerse, le diverse cartografie, di seguito riportate, sono state "omogeneizzate" riportando isopieze con equidistanza di 2 m. In linea generale, a prescindere dalle singole situazioni stagionali riscontrate, si può concludere come i lineamenti del campo di moto della falda rimangano sostanzialmente invariati per tutti gli elaborati proposti. Il flusso idrico sotterraneo mantiene una direzione prevalente verso nord- nord est ed il livello della medesima si attesta mediamente intorno ai 10 m dal p.c.; il gradiente idraulico caratteristico è valutabile in circa 0,5% e le oscillazioni freatiche possono raggiungere anche alcuni metri. Un ulteriore dato significativo circa l'andamento della falda della zona in esame, è dato da una serie di campagne di misurazioni effettuate nel periodo intercorso fra gli anni 1977 – 1993 e riferite al pozzo presente a C.na L'Agazzara, limitrofa all'area ove è prevista la realizzazione dell'impianto fotovoltaico.

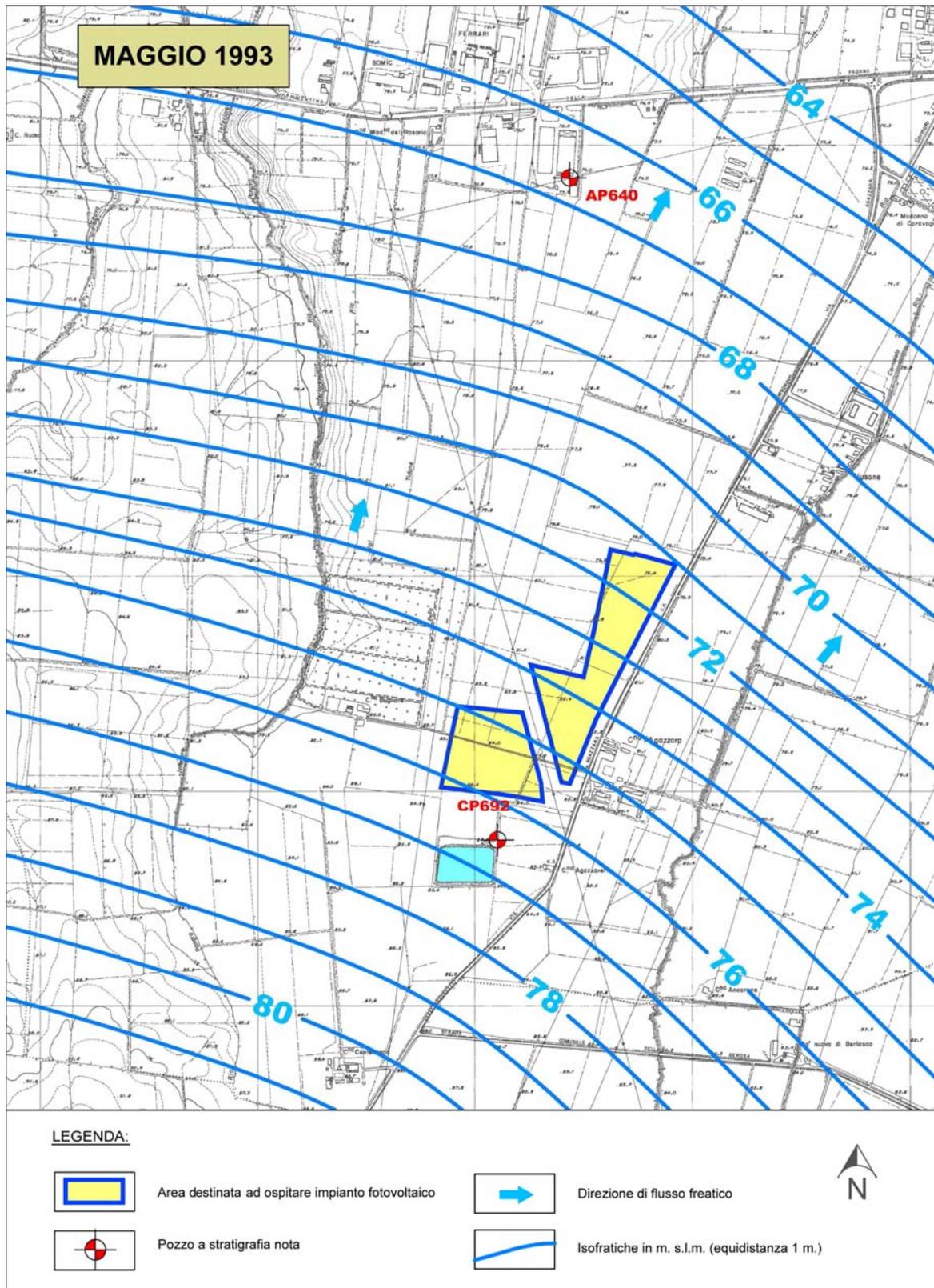
	Nov '85	Dic '85	Gen '86	Feb '86	Apr '86	Mag '86	Giu '86	Lug '86	Ago '86	Set '86	Feb '93	Set '93	Ott '93	Nov '93	Dic '93
Soggiac (m)	9.57	9.84	9.90	8.99	8.54	7.59	8.09	8.22	8.38	9.20	10.5	10.7	9.56	8.46	9.03

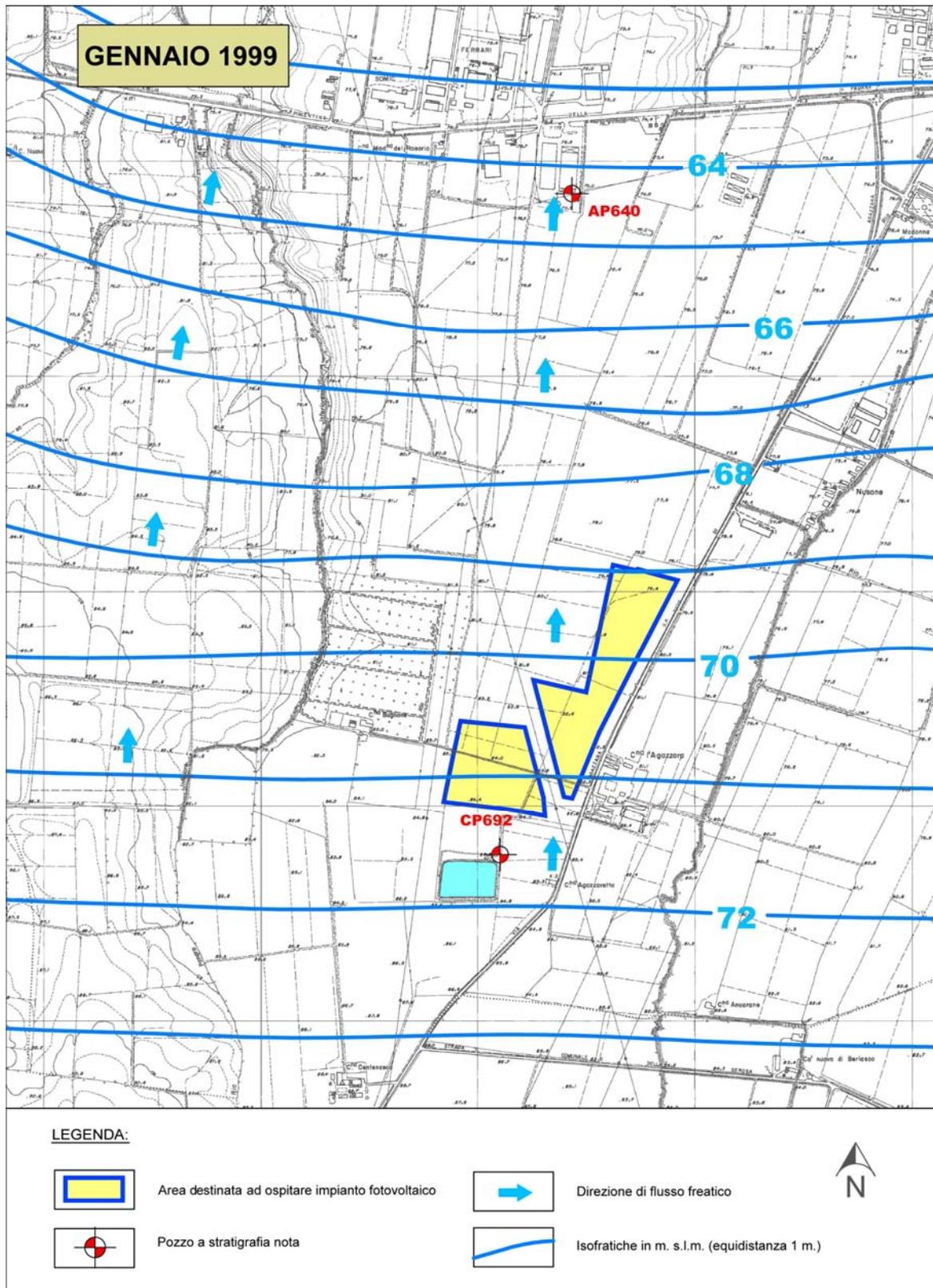
Tutto ciò premesso si può ragionevolmente concludere che essendo la profondità massima di infissione dei pali pari a non più di 2,5 metri dall'attuale piano di campagna l'intervento in studio non avrà alcuna interferenza con la sottostante falda; sarà infatti mantenuto in posto un diaframma di franco (di natura argillosa) più che sufficiente per la sua salvaguardia.











Ipotesi di Alimentazione dell'Acquifero

Le modalità di alimentazione dell'acquifero nell'area studiata sono state definite sulla base del comportamento idrodinamico riferito alla variazione dei livelli statici nei pozzi esaminati.

Il principale contributo all'alimentazione dell'acquifero nell'area oggetto di intervento è da ricercarsi, data la presenza di estese coperture scarsamente permeabili che limitano le interferenze tra la falda e i corsi d'acqua minori, nella ricarica per infiltrazione delle acque superficiali provenienti dal bacino imbrifero del T. Tidone nella zona apicale della sua conoide alluvionale.

Infatti gli orizzonti scarsamente permeabili che ricoprono gran parte della pianura, ove l'area di intervento si inserisce, riducono sensibilmente la possibilità di infiltrazioni di acque meteoriche e/o di scorrimento; per questo motivo è possibile affermare come l'acquifero superficiale nell'area in studio presenti un buon grado di protezione nei confronti di eventuali contaminazioni veicolate dalla superficie topografica.

Descrizione delle Caratteristiche di Vulnerabilità Naturale dell'Acquifero

La protezione delle acque sotterranee, è funzione di diversi fattori, che possono essere naturali e antropici; tra i primi si ha la natura litologica e lo spessore della coltre di copertura alluvionale che sovrasta la prima falda acquifera; tra i fattori antropici si hanno alcune attività quali, le attività edilizie, produttive, estrattive, di smaltimento dei reflui, le acque di prima pioggia, ecc.

La valutazione della vulnerabilità consiste nel rilevamento e nella rappresentazione cartografica per zone omogenee, delle caratteristiche delle unità idrogeologiche, che determinano la predisposizione naturale del territorio in esame, ad essere più o meno vulnerabile nei confronti degli agenti inquinanti liquidi, che possono essere dispersi sul piano campagna o immessi nelle acque superficiali.

In ambiente di pianura alluvionale, per grado di vulnerabilità, si deve intendere la maggiore o minore resistenza (permeabilità), offerta dai depositi degli orizzonti di copertura che ricoprono l'acquifero saturo e permeabile, nei confronti della penetrazione degli stessi agenti inquinanti.

Al fine di determinare il grado di vulnerabilità naturale della zona si è realizzata la "Carta della Vulnerabilità Naturale" che consente di definire, in assenza di un pregresso carico antropico, l'impatto che situazioni permanenti, periodiche o occasionali possono indurre sulle caratteristiche delle acque sotterranee e di porre in evidenza, in funzione delle caratteristiche dei terreni di superficie e delle condizioni idrogeologiche, la possibilità di penetrazione e diffusione nell'acquifero sottostante di ipotetici inquinanti liquidi o idroveicolati.

A tale scopo si è fatto riferimento agli studi pubblicati dal Gruppo Nazionale per la

Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (G.N.D.C.I.) del C.N.R. nell'ambito del programma VAZAR1, in cui la valutazione del grado di vulnerabilità è basata su alcuni fattori geologici ed idrogeologici di seguito elencati:

Idrolitologia:

Fornisce indicazioni circa il tipo e grado di permeabilità orizzontale e verticale a partire dalla Carta della litologia di superficie.

Profondità del tetto dell'acquifero:

L'eventuale presenza di una copertura a bassa permeabilità costituisce un elemento di protezione per la falda in esso contenuta.

Il limite convenzionale è stato fissato a 10 m da p.c. , termine al disotto del quale, a parità di condizioni, si considera una riduzione del rischio potenziale di inquinamento.

Soggiacenza della falda:

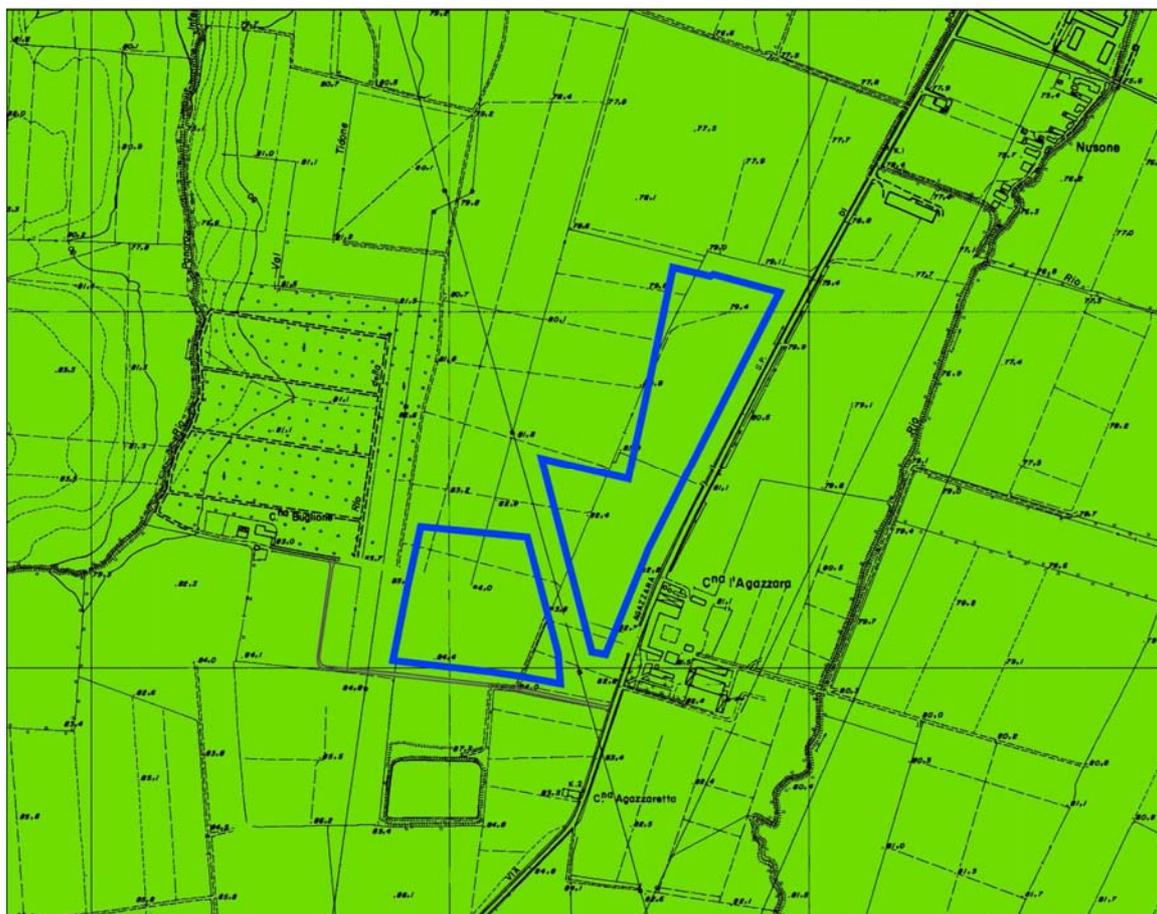
Tale parametro è relazionato alla tipologia di falda presente: confinata o freatica. Nella zona in esame la falda ha carattere confinato ed è posta ad una profondità dell'ordine di 4/7 metri dal p.c. (litozona sabbiosa individuata dalle prove penetrometriche⁸ eseguite) e dotata di un evidente grado di artesianità per altro ben verificato dalle misure dei pozzi presenti nell'intorno.

La ricostruzione delle caratteristiche litologiche di superficie è stata possibile grazie ai dati disponibili dalla limitrofa cava "Cà Buglione" ed a quelli contenuti nel "Quadro Conoscitivo del PSC comunale" - ottobre 2006 - redatto dal dott. Geol. G. Livelli.

Il grado di vulnerabilità è stato quindi individuato come "*Grado medio*": a tale classe sono state ascritte tutte le aree ove la copertura risulta di tipo argilloso a bassa permeabilità e dove emergono condizioni di falda confinata.

⁸ i cui risultati sono stati riportati nel capitolo "Indagini geognostiche" e i grafici e le tabelle interpretative in calce al presente documento

VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO scala 1:10.000



LEGENDA:

Area destinata ad ospitare impianto fotovoltaico

Grado di vulnerabilità:

Medio

Grado di vulnerabilità					Litologia di superficie	Profondità del tetto delle ghiaie	Caratteristiche acquifero
EE	E	A	M	B			
					Argilla Limo	> 5 m > 10 m	falda a pelo libero o confinata confinata
					Argilla Limo Limo Sabbia	< 5 m > 10 m < 10 m > 10 m	libera libera confinata confinata
					Limo Sabbia Sabbia e/o Ghiaia	< 10 m > 10 m < 10 m	libera libera confinata
					Limo sabbioso Sabbia e/o Ghiaia	< 5 m < 10 m	libera libera
					Alveo sabbioso e/o Lanche	0 m	falda affiorante

EE = estremamente elevato, E = elevato, A = alto, M = medio, B = basso

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Al fine di determinare le caratteristiche geotecniche del sottosuolo, e quindi poter fornire al progettista i parametri geotecnici da utilizzarsi nel dimensionamento delle previste strutture metalliche a sostegno dei moduli nonché delle opere di fondazione della cabina elettrica a servizio dell'impianto, in data 26 marzo c.a. sono state eseguite, come richiesto dalla Committenza, n.2 prove penetrometriche statiche⁹ (CPT1 e 4); per le opportune correlazioni stratigrafiche si altresì fatto riferimento ad ulteriori n°2 prove penetrometriche (CPT2 e 3) realizzate in area contermina ove sarà realizzato un ulteriore impianto fotovoltaico. Per quanto concerne invece la classificazione del suolo sismico si è eseguito uno stendimento sismico Masw i cui risultati sono stati confrontati con una indagine HVSR realizzata poche decine di metri a ovest (sempre nell'ambito della progettazione dell'ulteriore campo fotovoltaico). Tutte le prove in sito sono state costantemente visionate dallo scrivente che ne ha diretto l'esecuzione, verificandone le corrette modalità esecutive nel rispetto delle specifiche tecniche.

Prova penetrometrica CPT

Le prove sono state condotte con penetrometro tipo GOUDA da 10 tonnellate attrezzato con punta meccanica, le cui caratteristiche standard (a Norme A.G.I.) sono:

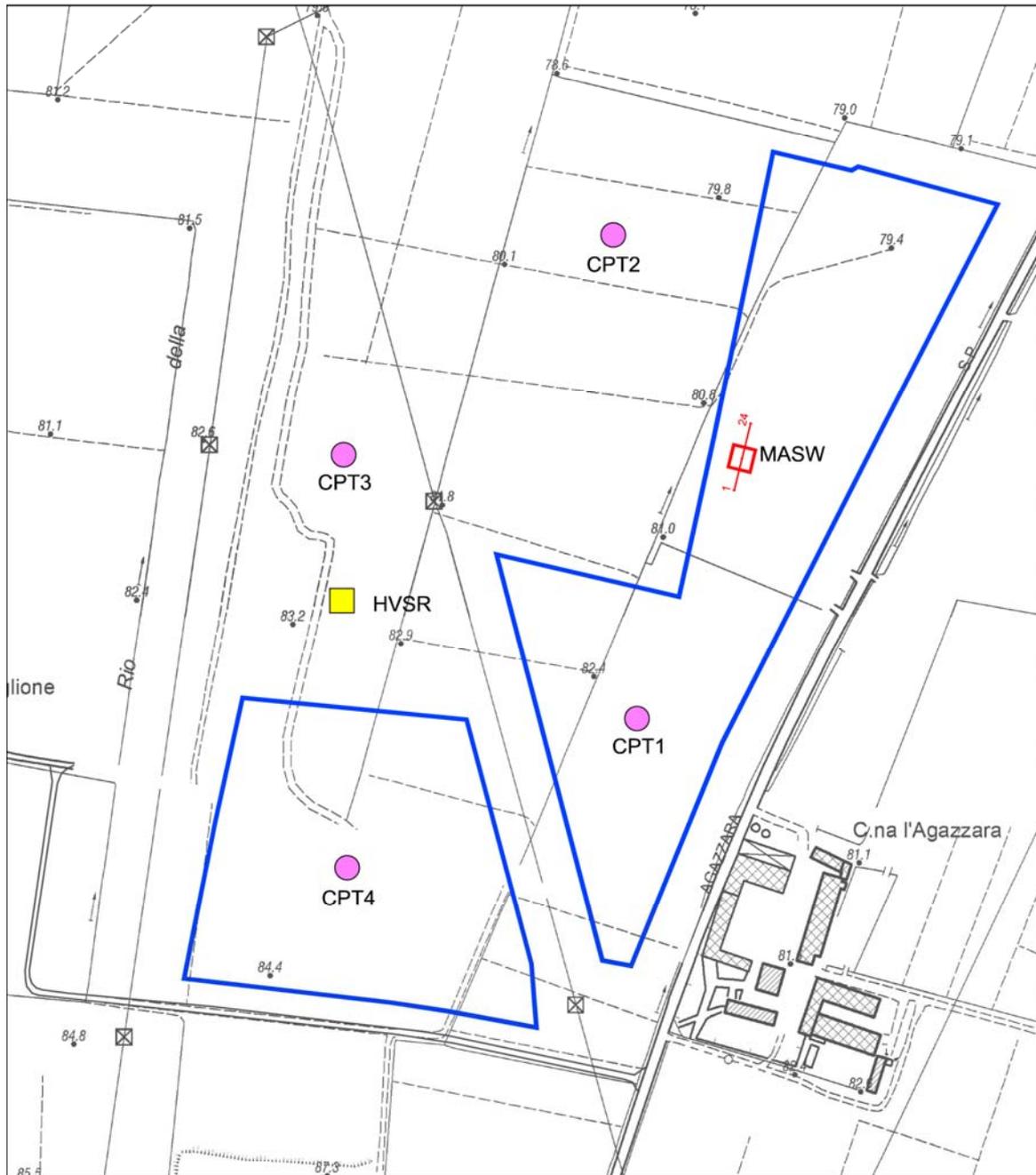
- lunghezza aste 1 m
- peso fisso "esterno" 10 kg
- peso totale aste 6.5 kg/m
- peso aste interne 1.38 kg/m
- velocità di avanzamento costante $V=2$ cm/sec (± 0.5 cm/sec)



Fasi dell'esecuzione della prova CPT1

⁹ la prova penetrometrica dinamica infatti, per modalità d'indagine, entro materiali coesivi fornisce dati meno accurati rispetto alle prove statiche

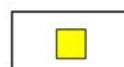
UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE



LEGENDA:



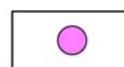
Area destinata ad ospitare
impianto fotovoltaico



Indagine sismica HVSR



Traversa sismica a rifrazione
MASW



Prova penetrometrica statica CPT



Le dimensioni punta/manicotto "Begemann"(ISSMFE 1974) utilizzata sono di seguito riportate:

- diametro di base del cono: $\varnothing = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica: $A_p = 10 \text{ cmq}$
- angolo apertura del cono: $\beta = 60^\circ$
- superficie laterale manicotto: $A_m = 150 \text{ cmq}$
- lunghezza manicotto: $h = 133 \text{ mm}$
- diametro del manicotto: $\varnothing = 35.7 \text{ mm}$

La prova penetrometrica statica CPT con punta meccanica consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v=2 \text{ cm/s} \pm 0.5 \text{ cm/s}$); la penetrazione avviene con un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo, che agisce su una batteria doppia di aste (esterne cave e interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico: la punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").



Fasi dell'esecuzione della prova CPT2

Risulta quindi:

- resistenza unitaria di punta: $q_c = L1 / 150 \text{ kg/cmq}$
- resistenza unitaria laterale: $f_s = 10 \times (L1 - L2) / 150 \text{ kg/cmq}$

I valori unitari della resistenza di punta q_c sono stati normalizzati ai valori q_{c1N} con la relazione (cfr. ROBERTSON & WRIDE, 1998):

$$q_{c1N} = CQ \times (q_c/Pa)$$

ove: $Pa = 1 \text{ atm}$

$CQ = (Pa\sigma'_{vo})^n$ essendo σ'_{vo} la pressione geostatica effettiva alla profondità di prova, ed n un coefficiente che varia (cfr. OLSEN, 1997) da 0,5 (per terreni granulari) a 1,0 (per terreni ricchi di fine argilloso).

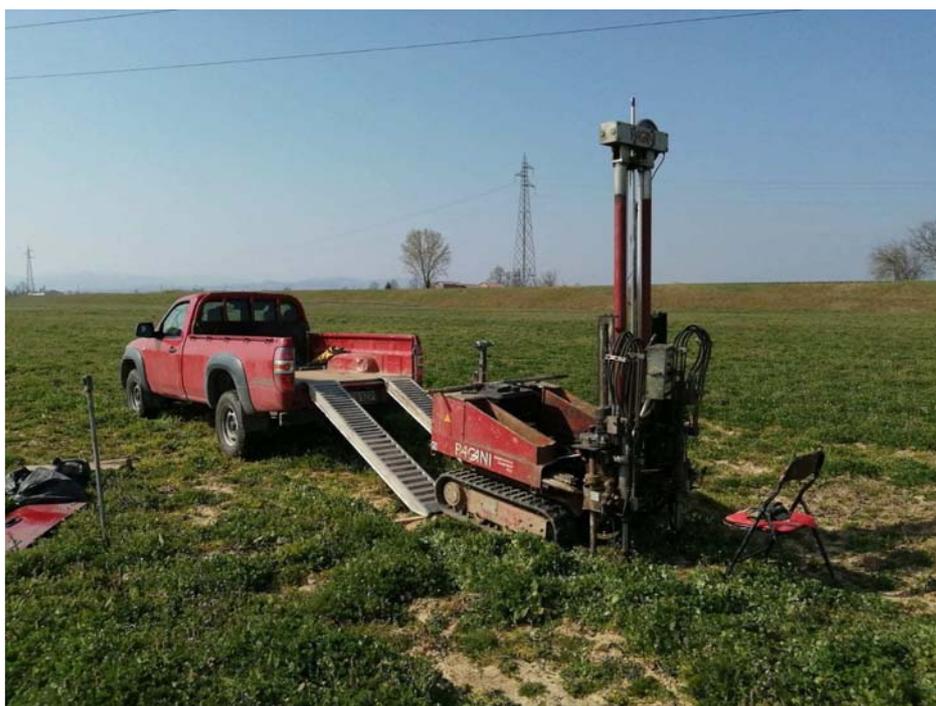
Il valore di q_{c1n} viene quindi definito con procedimento interattivo, assumendo un valore iniziale $n=1,0$ in base al quale vengono calcolati i parametri:

$$Q = ((q_c - \sigma'_{vo})/Pa) \times ((Pa/\sigma'_{vo})^n)$$

$$F = (fs/(q_c - \sigma'_{vo})) \times 100\%$$

$$Ic = ((3,47 - \log(Q))^2 + (1,22 + \log(F))^2)^{0,5}$$

In base ai summenzionati parametri si è determinata quindi, con l'allegato abaco di ROBERTSON, la granulometria del terreno indagato (procedendo, se del caso, ad una successiva rivalutazione di q_{c1N} e dei parametri medesimi).



Fasi dell'esecuzione della prova CPT3

Risultanze delle prove

Le indagini eseguite hanno evidenziato come al di sotto di terreno agrario e coltre di alterazione aerata di circa 1 m di spessore, il primo sottosuolo sia costituito da prevalenti limi e limi argillosi (comportamento coesivo e $(20 < q_c < 50 \text{ kg/cm}^2)$) di eterogenea consistenza ed elevata compressibilità, intervallati da orizzonti a maggiore componente sabbiosa che portano il litotipo ad assumere un comportamento meccanico

incoerente ($35 < q_c < 60$ kg/cmq); seguono depositi ghiaio-sabbiosi ben addensati ($q_c > 100$ kg/cmq), sede di falda, che nella prova CPT1 sono stati rinvenuti a 3,6m dal p.c. mentre nelle altre prove ad oltre 7 metri dal p.c.. Localmente, all'interno di questi ultimi depositi incoerente si possono rinvenire intercalazioni argillose di esiguo spessore.

Entro i fori di prova si è rilevata la risalita del livello di falda sino a circa 3 metri dal p.c. evidenza che questa presenti un certo grado di artesianità.

In allegato al presente documento tecnico si riportano per singola verticale le tabelle ed i diagrammi riassuntivi elaborati dai dati di campagna



Fasi dell'esecuzione della prova CPT4

Stendimento sismico con procedura M.A.S.W.

Per definire, in conformità alle NTC 2018, la velocità delle onde trasversali o di taglio entro i primi 30 metri di profondità, si è eseguito uno stendimento sismico multicanale con procedura Masw.

Questa prova permette di misurare le velocità sismiche delle onde superficiali di Rayleigh a diverse frequenze dovute al fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati: analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda¹⁰, è possibile determinare, per mezzo di una procedura di inversione numerica, la variazione delle velocità delle onde di taglio S con la profondità.

La tecnica Masw consente un'accurata e dettagliata ricostruzione della distribuzione delle velocità delle onde S fino ad una profondità di circa 30 metri.

La determinazione delle onde di taglio Vs tramite le misure delle onde superficiali Rayleigh, è particolarmente indicata per suoli altamente "attenuanti" e ambienti rumorosi quale l'area in esame, poiché la percentuale di energia convertita in onde Rayleigh è di gran lunga predominante (67%), rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

Da segnalare come l'utilizzo delle prospezioni sismiche Masw non sia condizionato/limitato, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità; la propagazione delle onde di Rayleigh è funzione principalmente delle Vs, e in misura minore dalle onde Vp e dalla densità.

La strumentazione impiegata è un sismografo a 24 canali collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4,5 Hz, con spaziatura tra i geofoni di 2 m, 0,131 ms. di acquisizione e offset minimo 5 m.

I dati così acquisiti sono stati elaborati con il software "WinMasw 4.1.1. Pro11" per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (Vs) .

Lo stendimento effettuato ha consentito di individuare nell'area in esame, 7 successivi e distinti sismostrati: per ciascuno strato individuato è stato ricavato il valore stimato del suo spessore e delle corrispondenti velocità di propagazione delle onde trasversali o di taglio Vs e delle onde longitudinali Vp, oltre che della densità e dei moduli elastici del materiale.

¹⁰ o della frequenza che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda

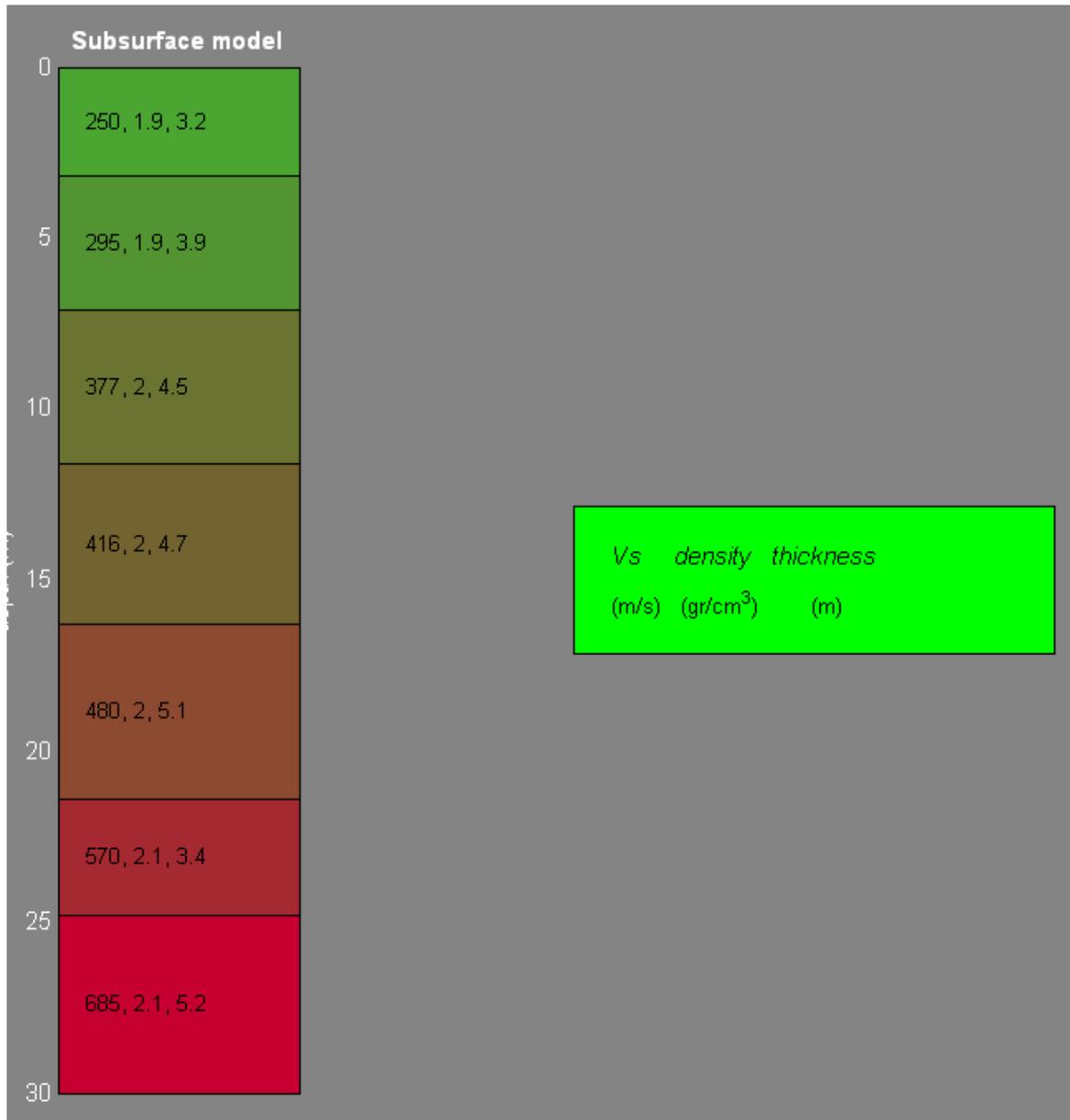
¹¹ determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime



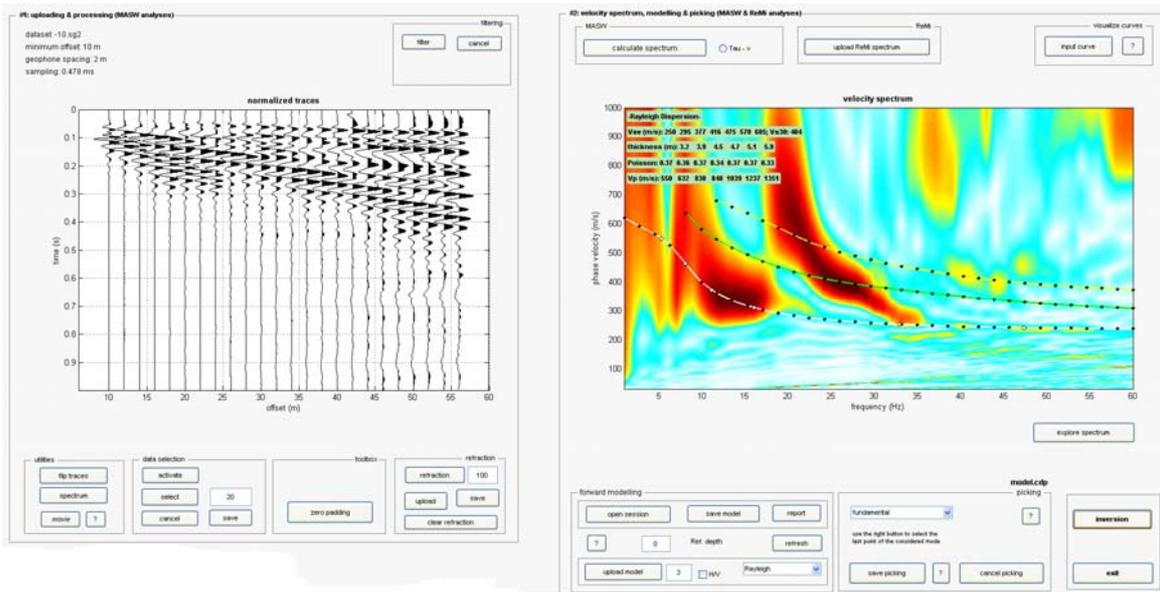
Particolare delle fasi di esecuzione della prova MASW

Nella tabella di seguito allegata vengono riassunti i dati desunti dalla prova: i valori di V_s inferiori a 300 m/sec dei primi due sismostrati ben individuano gli orizzonti coesivi mentre a circa 7,5 metri dove i valori aumentano ad oltre 370 m/sec sono rappresentativi del sottosuolo compatto ghiaio-sabbioso.

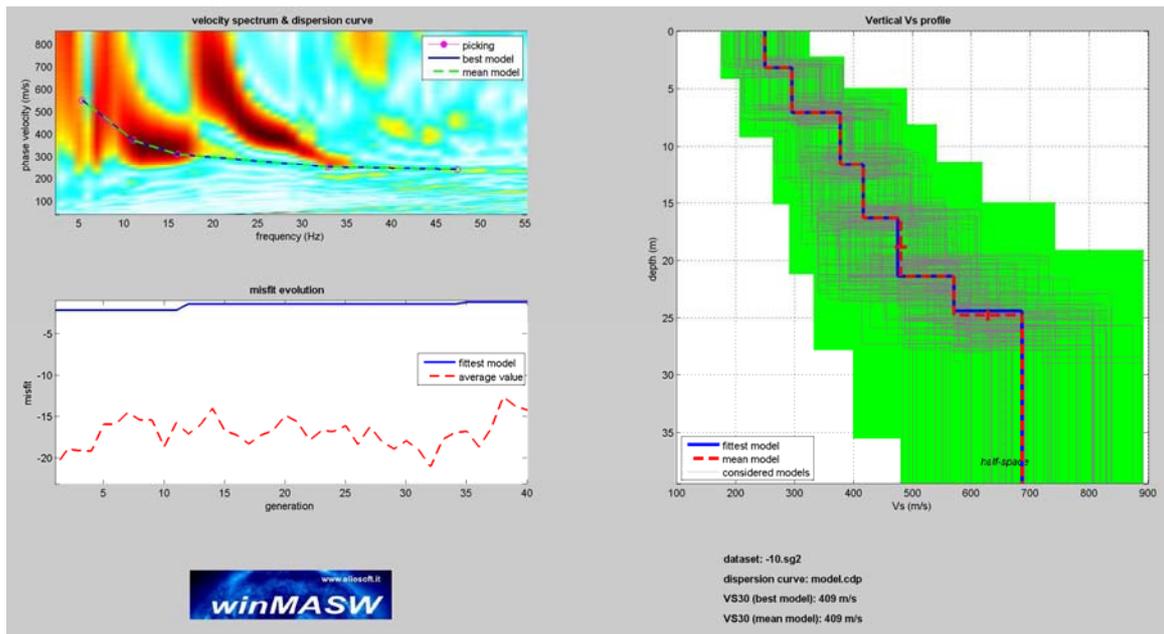
Il valore V_{s30} (in base alla quale si definisce la categoria di sottosuolo, in conformità alle NTC 2018), è 409 m/s che corrisponde a “suolo di fondazione di tipo B”.



Sismo stratigrafia del sottosuolo



Nell'immagine di sinistra sono illustrati i dati di campagna mentre su quella di destra, lo spettro di velocità calcolato



Nella figura in alto a sinistra sono rappresentati lo spettro osservato, le curve di dispersione piccate e le curve del modello individuato dall'inversione; nella figura di destra il profilo verticale Vs identificato; in basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici – Dal Moro et alii, 2007).

Indagine sismica passiva HVSR

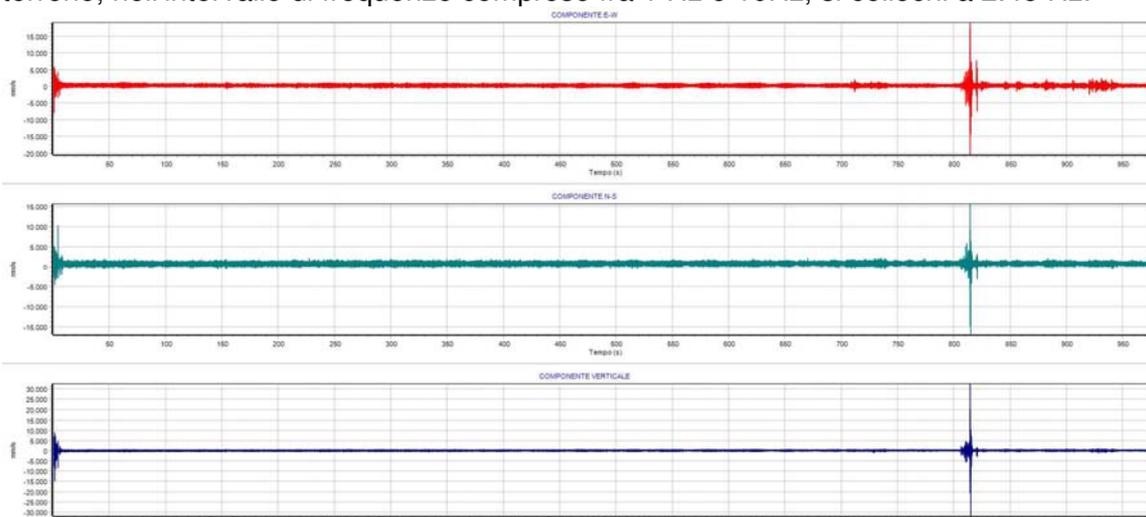
La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) consiste nel misurare direttamente, sfruttando il rumore di fondo ambientale (microtremori), le frequenze di risonanza dei terreni costituenti il sottosuolo, allo scopo di stimare gli effetti di sito e la vulnerabilità sismica delle opere in progetto. Per rumore ambientale di fondo s'intende l'insieme delle vibrazioni che si propagano nel terreno dovute sia a fenomeni naturali¹² sia all'azione antropica¹³. E' stato utilizzato un tromografo "ECHO TROMO-3" (Ambrogeo®) dotato di geofono tridirezionale frequenza propria 4,5Hz; in particolare è stata eseguita n.1 misurazione, nelle immediate vicinanze dell'area di intervento con frequenza di campionamento pari a 157 Hz .

La rilevazione sismica è stata confrontata ed "ancorata" ai valori di resistenza riferiti all'avanzamento della punta nella prova penetrometrica statica CPT3, in modo tale da calibrare il profilo nei primi metri di suolo e poterne estrapolare le caratteristiche a profondità maggiori.

Successivamente i dati relativi alla misura sono stati elaborati tramite il software dedicato "Geo HVSR" ver. 1.3 prodotto da ProgramGeo di Carpenedolo (BS) con un processing che ha valutato l'affidabilità della curva ricavata, verificando se fossero rispettati i criteri riportati nelle linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS assessment using Ambient Excitations, 2005).

Nello spettro H/V sono stati individuati i picchi positivi che corrispondono ad altrettanti minimi locali nello spettro V, fatto questo che consente di riconoscere le frequenze associate ai picchi H/V come frequenze di risonanza del terreno.

Analizzando il risultato della prova emerge come la frequenza di vibrazione principale del terreno, nell'intervallo di frequenze compreso fra 1 Hz e 10Hz, si collochi a 2.45 Hz.



Record sismici nelle tre componenti spaziali

¹² moto ondoso, perturbazioni atmosferiche ecc...

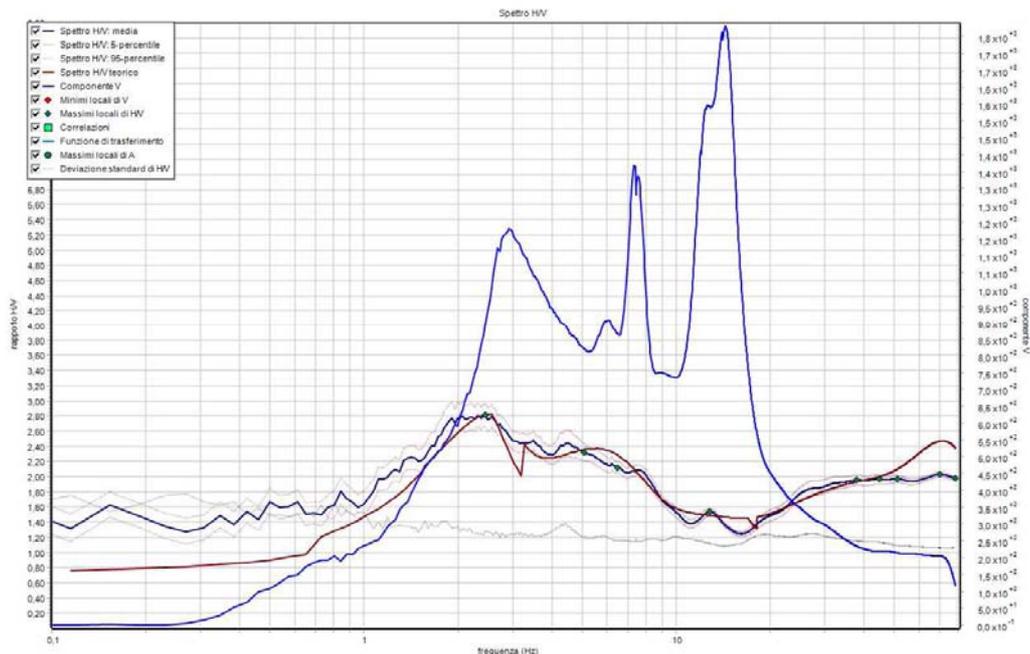
¹³ traffico veicolare, macchinari, ecc..

Frequenza (Hz)	Ampiezza	K_g
2.45	2.81	3.21
5.06	2.32	1.07
6.48	2.12	0.69
12.8	1.54	0.19
37.87	1.95	0.1

Parametri picchi stratigrafici da spettro H/V

L'indice di vulnerabilità del sito (K_g) viene calcolato facendo riferimento ai soli picchi stratigrafici dello spettro H/V posti a frequenze inferiori o prossime a 10 Hz, in quanto quelli presenti a frequenze superiori non sono significativi dal punto di vista della vulnerabilità sismica. Nel caso in esame i picchi H/V stratigrafici individuati hanno fornito un valore massimo di K_g uguale a 3.2. Il sito può essere perciò classificato come a bassa pericolosità sismica locale.

La curva H/V sintetica è stata modellata in modo da sovrapporsi ai picchi stratigrafici misurati.



Confronto fra la curva H/V sperimentale e quella teorica

L'inversione vincolata dello spettro H/V ha consentito altresì di ricavare il profilo delle velocità delle onde S in funzione della profondità.

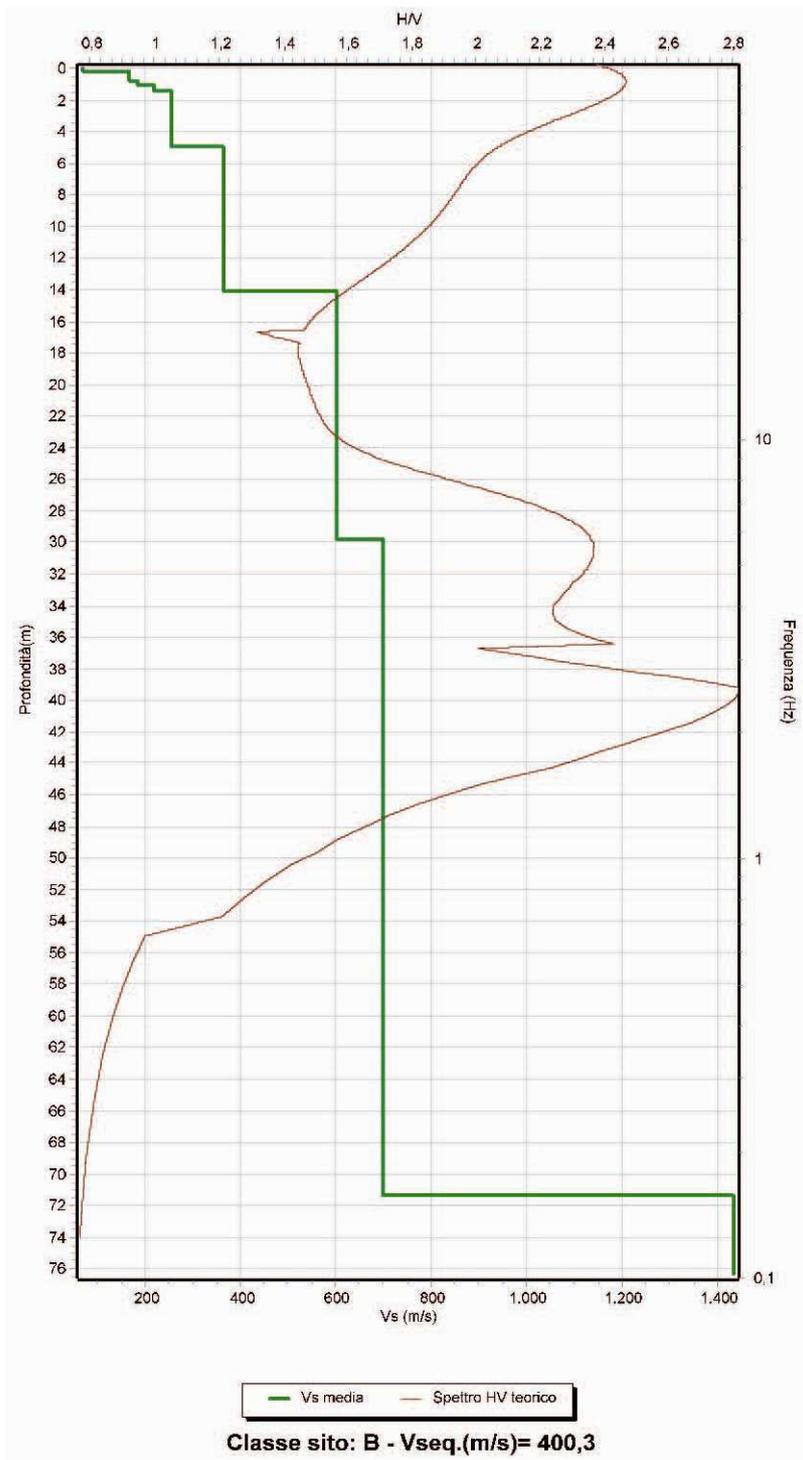
Profondità da (m) a (m)		Δz (m)	Vs (m/s)	Inversioni di velocità
0.0	0.22	0.22	70	-
0.22	0.59	0.37	166	-
0.59	0.82	0.23	168	-
0.82	1.03	0.21	186	-
1.03	1.44	0.41	219	-
1.44	4.96	3.52	254	-
4.96	14.12	9.16	366	-
14.12	29.74	15.62	602	-
29.74	71.32	41.58	699	-

Modello sismico del sottosuolo desunto dalla prova

La prova di tipo sismico passivo ha messo in luce che il valore di Vs30 , riferito al p.c., è pari a 400,3 m/s, valore che, in buon accordo con la prova MASW eseguita, pone il sito nella categoria di sottosuolo B secondo il D.M. 17.01.2018.

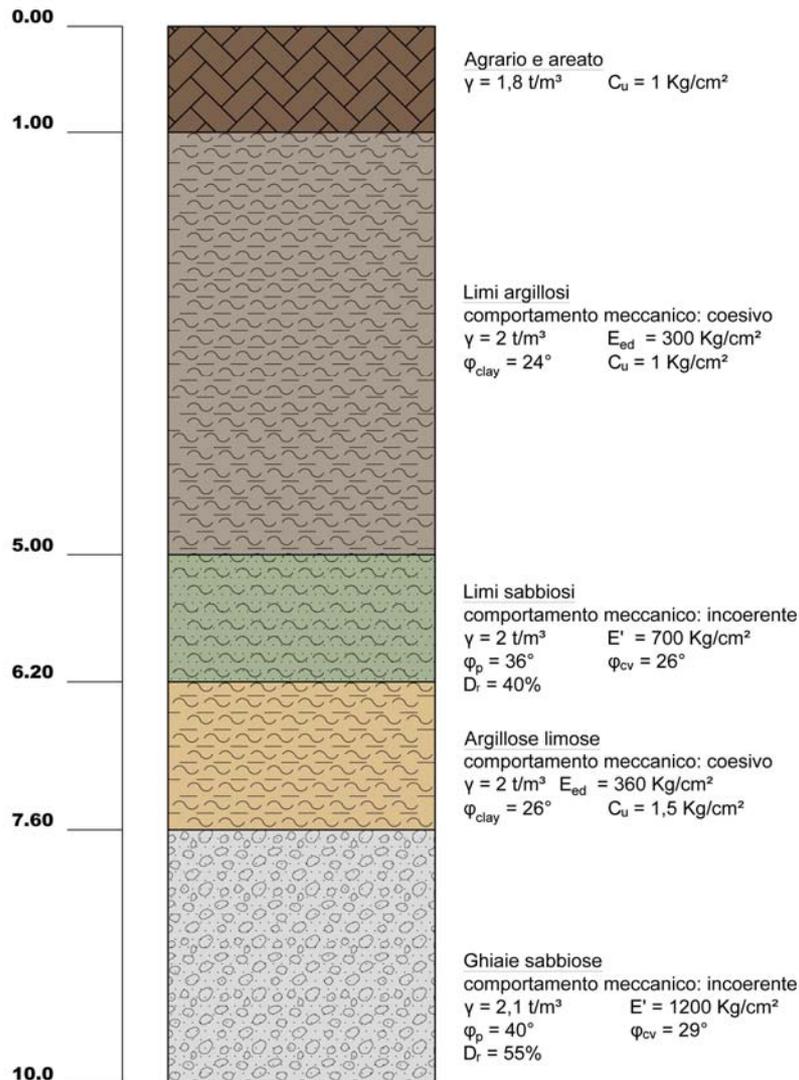


A sinistra l'ubicazione della prova HVSR in riferimento alla prova CPT3



MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

In base alle risultanze stratigrafiche si sono messi in relazione gli spessori dei litotipi incontrati sulle varie verticali analizzate in modo di fornire una caratterizzazione dei parametri geotecnici medi. La natura del sottosuolo consente senz'altro l'infissione diretta nel terreno di dette opere di sostegno senza particolari difficoltà. Per quanto concerne i parametri geotecnici da utilizzarsi per il calcolo del loro dimensionamento si riporta di seguito uno schema stratigrafico riassuntivo (medio).



γ = Peso di volume
 ϕ_{clay} = Angolo di attrito drenato
 ϕ_{cv} = Angolo di attrito a volume costante
 ϕ_p = Angolo di attrito di picco
 E_{ed} = Modulo edometrico
 E' = Modulo elastico
 D_r = Densità relativa

SISMICITA'

Il territorio comunale di Sarmato, precedentemente non classificato, è stato ascritto dall'Ordinanza P.C.M. n.3274 a zona sismica di tipo 4, la Regione Emilia-Romagna, con Deliberazione della Giunta Regionale N.1164 del 23 luglio 2018 (pubblicata sul BURERT n.263 del 08/08/2018, parte seconda), ha approvato l'aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna, ascrivendolo invece alla "classe 3".

I valori delle azioni sismiche sono riportati nelle NTC di cui al D.M.14/01/08 (entrate in vigore dal 01/07/09) sono stati recentemente precisati con l'aggiornamento delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" nel Decreto del 17 gennaio 2018 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, entrate in vigore dal 22/03/18.

Nella tabella allegata si sono riportati i valori (desunti dal foglio di calcolo "Spettri NTC-ver.1.0.3." del C.S.L.P. dei parametri a_g (accelerazione orizzontale massima), 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), calcolati in funzione delle coordinate geografiche del sito in esame ed in base alla probabilità di superamento $P_v\%$ ed in base al differente stato limite considerato (di esercizio o ultimo).

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate
LONGITUDINE: 9,47700 LATITUDINE: 45,04420

Ricerca per comune
REGIONE: Emilia-Romagna PROVINCIA: Piacenza COMUNE: Sarmato

Elaborazioni grafiche:
Grafici spettri di risposta
Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche:
Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo:
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione:
superficie rigata

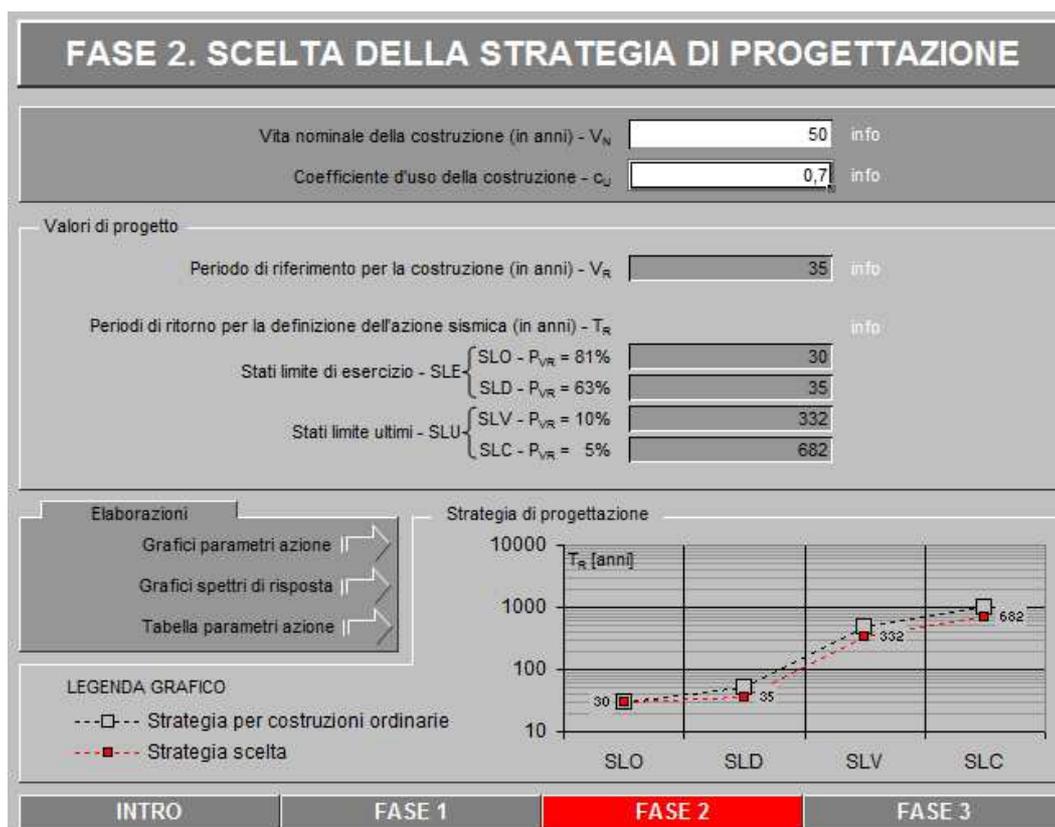
INTRO **FASE 1** FASE 2 FASE 3

Schermata foglio di calcolo "Spettri NTC-ver.1.0.3." del C.S.L.P. per individuazione pericolosità del sito

Ciò premesso la tipologia delle opere in progetto è ascrivibile alla classe d'uso I, cui va applicato un coeff. CU=0,7 e la cui vita di riferimento VR vale, per una vita nominale VN=50 anni:

$$VR = VN \times CU = 50 \times 0,7 = 35 \text{ anni}$$

Nel caso in esame considerando lo "Stato limite di salvaguardia della vita" (SLV) e quindi una probabilità di superamento nel periodo di riferimento della vita dell'opera (35 anni) pari al 10%, ovvero $T_r=332$ anni, risulta $a_g=0,082g$.

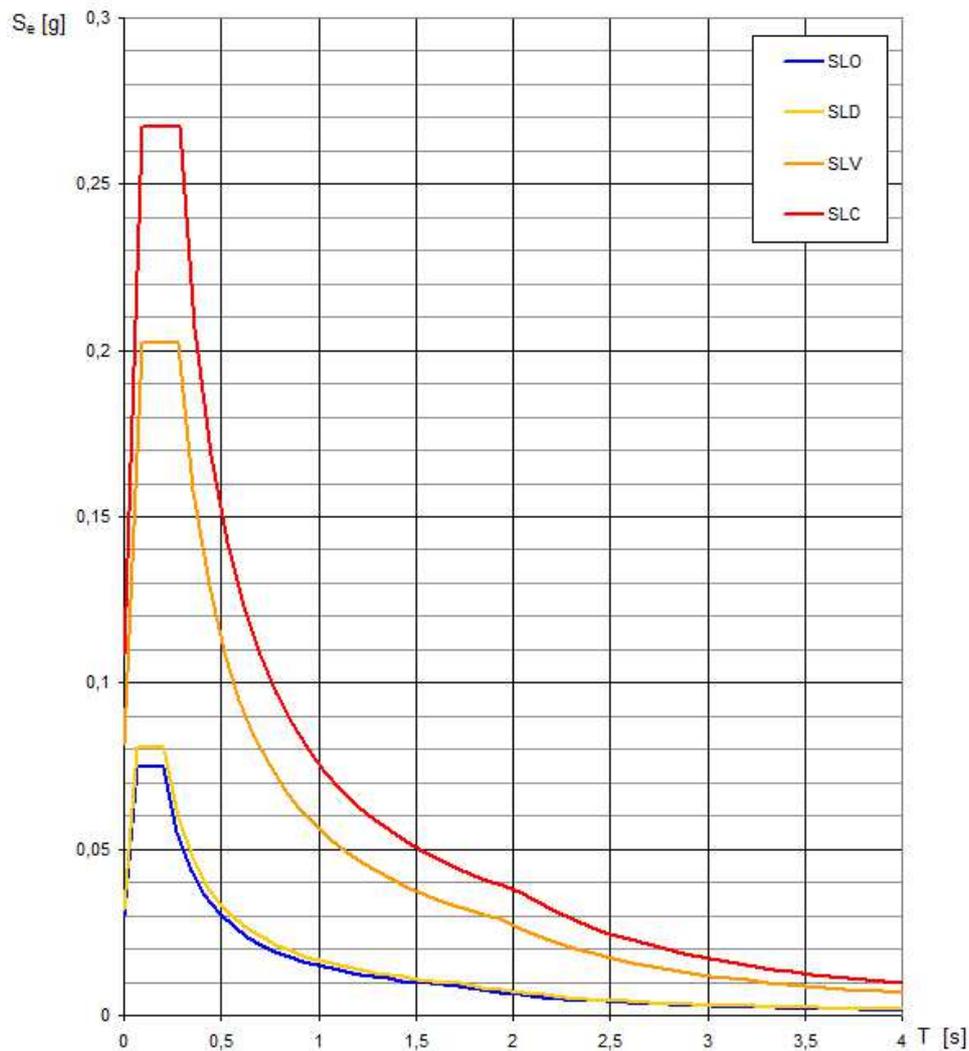


Foglio di calcolo "Spettri NTC-ver.1.0.3." del C.S.L.P. per individuazione pericolosità del sito

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	30	0,030	2,513	0,201
SLD	35	0,032	2,527	0,206
SLV	332	0,082	2,479	0,278
SLC	682	0,108	2,466	0,283

I valori dei parametri sismici in riferimento agli stati limite

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



Spettri di risposta elastici per i vari tempi di ritorno considerati

Da ricordare che le azioni sismiche desunte dal foglio di calcolo del C.S.L.P. sono valide per sito di riferimento rigido orizzontale; diversamente esse vanno incrementate in funzione della categoria topografica dell'area e della categoria del sottosuolo sotteso dalle opere in progetto.

Analisi di disaggregazione

Lo studio di disaggregazione di ag, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, permette di individuare per l'area in esame, il *range* della coppia magnitudo-distanza che incide maggiormente sulla sismicità dell'area.

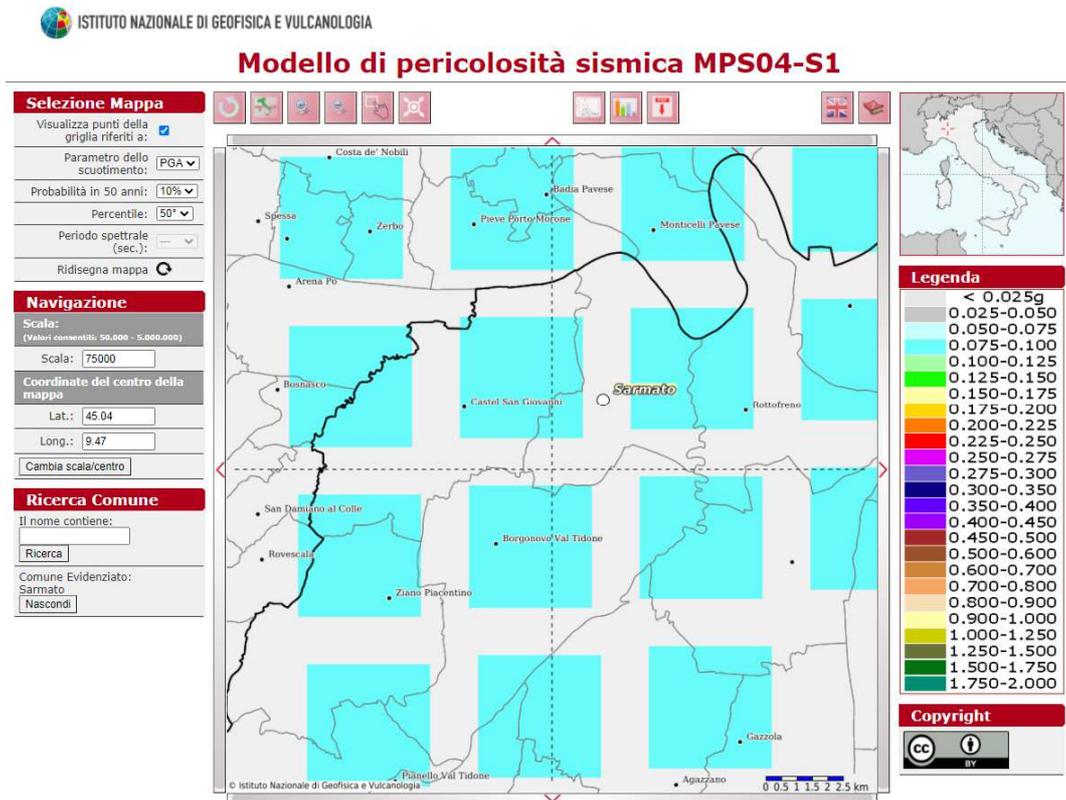
Tra i differenti metodi da utilizzare, si è optato per l'impiego delle mappe interattive di pericolosità sismica, presenti sul sito dell'*Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano* (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>); nelle figure successive vengono riprodotti i

risultati del procedimento di disaggregazione di a_g e le coppie magnitudo/distanza dei terremoti che apportano i maggiori danni nell'area, in funzione della percentuale della pericolosità.

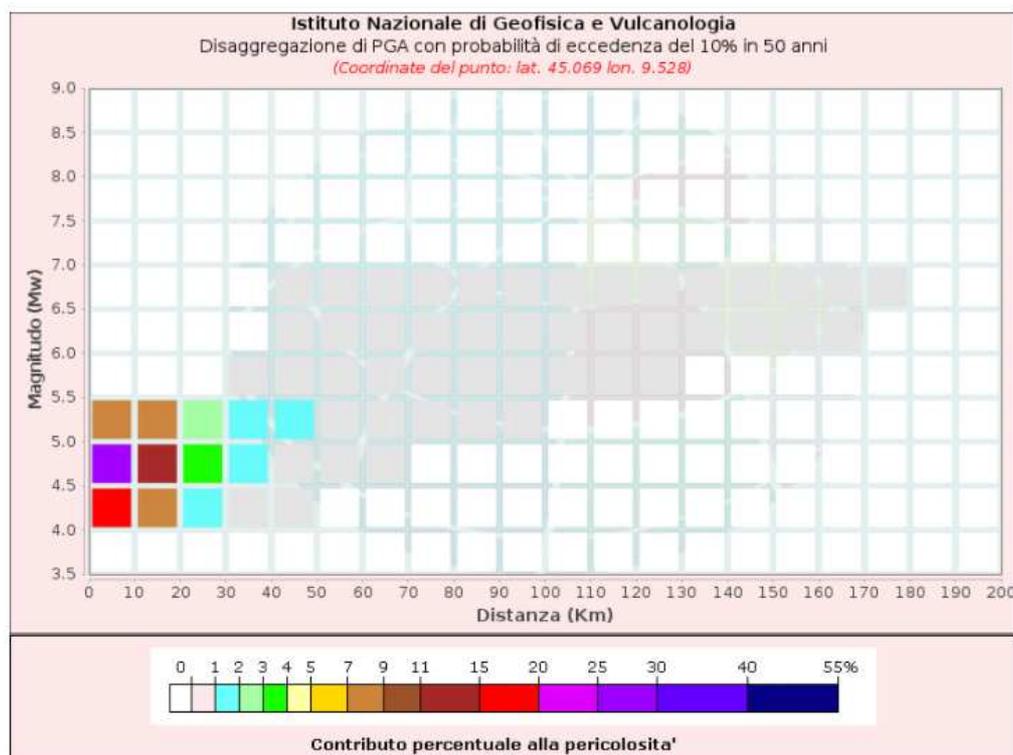
Tale elaborazione indica che gli eventi che contribuiscono alla sismicità dell'area sono contraddistinti da una magnitudo compresa tra 4,0 e 5,5, con valori medi di circa 4,78 e distanze epicentrali inferiori a 50 km, con valori medi di 13,9 km.

Si tratta pertanto di un'area contraddistinta da una sismicità medio-bassa, confermata anche dall'attribuzione del territorio comunale alla zona sismica 3.

Il valore di magnitudo ottenuto dalla disaggregazione è stato confrontato quello attribuito dalla zonazione sismogenetica ZS9 all'areale oggetto di intervento, che risulta essere pari a 6,14; adottando un approccio di tipo cautelativo, per eventuali approfondimenti di terzo livello si consiglia di assumere come valore di riferimento della magnitudo quello massimo previsto dalla zonazione sismogenetica ZS9.



Mappa pericolosità sismica tratta da Progetto DCP – INGV – S1



Dati di disaggregazione (variabilità in termini di magnitudo e distanza)

Disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto: lat. 45.069 lon. 9.528)											
Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.0000	19.2000	25.1000	8.5000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0000	8.1100	14.5000	7.4700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	1.3600	3.4700	2.6800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.1560	1.0700	1.3200	0.3160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0273	0.7380	1.4100	0.8170	0.0339	0.0060	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.1350	0.7080	0.6520	0.2040	0.0378	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0062	0.2320	0.4160	0.2640	0.0521	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0545	0.2080	0.1900	0.0400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0079	0.0912	0.1250	0.0284	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0432	0.0869	0.0207	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0184	0.0565	0.0148	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0055	0.0349	0.0104	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0007	0.0202	0.0071	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0099	0.0043	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0053	0.0024	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0022	0.0013	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0006	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.78	13.9	0.658

Valori di magnitudo-distanza con relativa probabilità di accadimento del 10% in 50 anni

Amplificazione topografica

Ciò premesso l'area in esame è perfettamente pianeggiante: in conformità alla Tab.3.2.IV delle NTC 2018 il sito va ascritto alla categoria topografica T1 cui corrisponde, ai sensi della Tab.3.2.VI delle NTC medesime, un coefficiente di amplificazione topografica: $St = 1,0$

Categoria di sottosuolo e coeff. di amplificazione stratigrafica

Come segnalato in precedenza, sull'area indagata, le indagini hanno evidenziato un sottosuolo costituito da uno strato di limi argillosi variamente sabbiosi che ricoprono un substrato ghiaio-sabbioso sede di falda; la prova MASW ha evidenziato che la velocità di propagazione delle onde sismiche trasversali o di taglio nei primi 30 m di profondità su tali tipi di terreno, calcolata con l'eq.3.2.1. delle NTC 2018, vale $V_{s30}=409$ m/sec. In tale situazione, il sottosuolo va ascritto alla categoria B definita al c.3.2.2. delle NTC 2018 da cui, in base alla Tab.3.2.V delle NTC 2018 si può assumere:

- coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s :

$$1,00 \leq (1,4 - 0,40 \times F_o \times a_{g/g}) \leq 1,20$$

- coefficiente C_c :

$$1,10 \times (T_c^*)^{-0,2}$$

In conformità al comma 3.2.3.2. delle NTC 2018, il coeff. di amplificazione che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche vale quindi per

$$SLV: S = S_s \times St = 1,2 \times 1,0 = 1,2$$

Accelerazione orizzontale massima attesa al sito

L'accelerazione orizzontale massima al suolo sulla verticale del sito in esame per lo stato limite SLV e $P_{vr}=10\%$ è pari a:

$$a_{max} = a_g \times S = a_g \times S_s = 0,082 \times 1,2 = 0,098 \text{ g}$$

Rischio liquefazione

Per quanto riguarda invece la verifica di cui alle NTC 2018 (verifica alla possibilità di liquefazione dei terreni), al paragrafo 7.11.3.4.2 è ribadito che tali analisi possono essere omesse in presenza di uno dei seguenti casi:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di free-field) inferiori a $0.1g$ ($a < 1$ m/secq);
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, quest'ultimo inteso ad andamento sub-orizzontale e con strutture a fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N_{60} > 30$;

4. elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie.

Litologie coesive

Le indagini hanno potuto verificare, in accordo con quanto riportato dalla cartografia a corredo del PSC, come il sottosuolo possa essere considerato privo di circolazione idrica fino a oltre 4/9 metri di profondità; i soprastanti orizzonti prevalentemente limo argillosi non possono essere soggetti a deformazioni per liquefazione indotta dal sisma di progetto. Inoltre, a fronte della loro bassa sensitività $St < 2$ (cfr. in base alla classificazione di DAS riportata in "Advanced soil mech.", ISE 1985), gli orizzonti coesivi limo-argillosi non sono soggetti a collasso in conseguenza del sisma di progetto nè a subire un'apprezzabile diminuzione della resistenza al taglio disponibile nel corso del sisma medesimo (che nel caso di depositi scarsamente drenanti come quelli limo-argillosi è rappresentata dalla coesione non drenata iniziale c_u): infatti, in base a quanto riportato da ROBERTSON 2009, solo per $St > 5$ la coesione si riduce ai valori della coesione residua. L'incremento di pressione interstiziale u indotto dal sisma si dissiperà a breve termine, e non influirà quindi sulla resistenza al taglio drenata dei depositi limo-argillosi che, sul lungo termine ovvero a distanza di tempo dal sisma, resterà di valore inalterato.

Litologie incoerenti

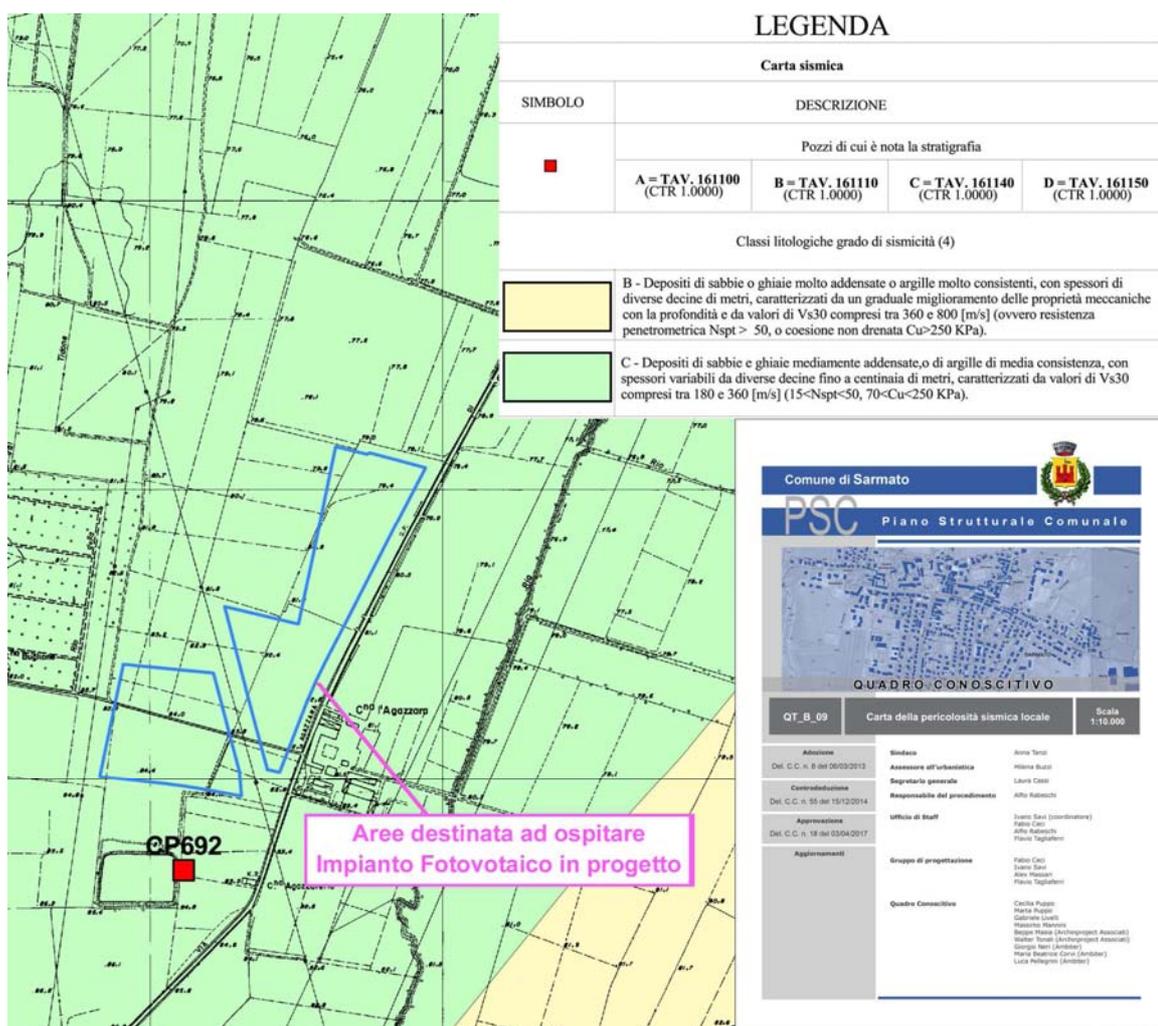
Fermo restando che l'accelerazione attesa risulta inferiore a 0.1g, e quindi il rischio di liquefazione potrebbe essere escluso a priori ai sensi del punto 1 al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, per i depositi incoerenti sede di falda può essere escluso per la natura granulometrica degli stessi (punto 4 al paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC 2018): la natura prevalentemente ghiaiosa e ciottolosa del sottosuolo, caratterizzata da valori di resistenza penetrometrica normalizzata (N') sempre maggiori di 30, consente infatti di escludere tale ipotesi.

Fattori di pericolosità geologica e sismica

L'area interessata dal progetto in esame giace in zona del tutto pianeggiante: essa è senz'altro stabile e non risulta coinvolta da fenomeni franosi od erosivi, nè è soggetta al rischio di alluvionamento per tracimazione di corsi d'acqua.

Il sottosuolo, celato da una coltre limo-argillosa di circa 4/9 metri, è costituito da depositi ghiaio-sabbiosi ben addensati, localmente intercalati da esigue lenti argillose, di apprezzabile consistenza. Essi ospitano una falda acquifera di rilevante estensione e spessore, alimentata dalla corrente di subalveo del Torrente Tidone, la cui superficie piezometrica giace a circa 10 metri sotto il piano di campagna.

Nei riguardi del “rischio sismico”, in base alla Tav. QT_B_09 “Carta della pericolosità sismica locale” allegata al Quadro Conoscitivo del PSC comunale, l’area in esame ricadrebbe entro le aree caratterizzate da “*depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri caratterizzati da valori di VS 30 compresi fra 180 e 360 m/sec*” (classe C). Le indagini, eseguite appositamente sull’area, hanno però evidenziato come il sottosuolo sia ascrivibile alla Classe B in quanto *sia il valore di VS 30 riscontrato nella prospezione MASW che HVSR è risultato maggiore di 400 m/sec*”.



Stralcio TAV QT_B_09 a corredo del PSC

Ciò premesso, l’accelerazione sismica orizzontale massima, sulla verticale del sito, tenendo conto dei coefficienti di amplificazione imposti dalle NTC medesime in merito alle condizioni stratigrafiche (categoria B) e topografiche (categoria T1), per il summenzionato $T_r=332$ anni raggiunge il valore:

$$a_{\max} = a_g \times S = a_g \times S_s = 0,082 \times 1,2 = 0,098 g$$

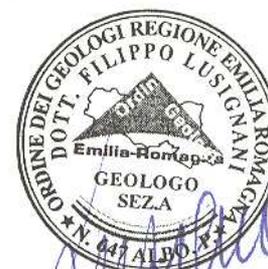
CONCLUSIONI

Lo studio eseguito ha permesso di dimostrare la non influenza negativa del progetto sulle attuali condizioni geologiche idrogeologiche e sismiche in quanto:

- l'area si presenta stabile e pianeggiante;
- L'idrogeologia della zona è condizionata dal carattere decisamente impermeabile dei terreni superficiali; ciò determina bassi valori di infiltrazione delle acque meteoriche e quindi si può affermare che le opere in progetto non possano in alcun modo alterare il regime e la qualità delle acque sotterranee.
- in base alle campagne freatimetriche disponibili si può desumere come la falda presenti un indubbio grado di artesianità in quanto è celata da una coltre di litotipi fini impermeabili;
- l'area in base agli strumenti sovra ordinati non è inondabile;
- il modello geologico desunto dalle risultanze delle indagini geognostiche eseguite e dai dati bibliografici esistenti delinea un assetto litostratigrafico sostanzialmente uniforme caratterizzato dalla presenza di depositi limoso argillosi di spessore di alcuni metri (da 4 a 9 circa) che ricoprono ghiaie in matrice sabbiosa presenti per alcune decine di metri di profondità, talora intercalate da sottili lenti argillose;
- non sono state rilevate emergenze idriche spontanee;
- non è presente circolazione idrica nell'immediato sottosuolo e comunque entro la profondità a cui saranno spinte le fondazioni dei pannelli fotovoltaici e delle cabine elettriche;
- non sono stati individuati particolari effetti sismici di sito;
- l'accelerazione massima orizzontale al sito in base alle NTC 2018 potrebbe raggiungere valori prossimi a 0,098g;
- date le caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo il rischio liquefazione è da escludersi;
- la frequenza di vibrazione principale del terreno si colloca a 2.45 Hz.

Tanto si doveva per l'incarico ricevuto

in fede



**PARCO SOLARE FOTOVOLTAICO
DA 7,41 MW**

CASCINA AGAZZARA – STRADA SP 37

**PROVE
PENETROMETRICHE
CPT**

Simboli:

qc = resistenza unitaria alla punta
 qt >= qc = qc + u2 x (1+a) = resistenza corretta in funzione della pressione interstiziale u2
 fs = resistenza unitaria laterale
 Rf = 100 x fs/qc
 uo = pressione idrostatica; Pa = pressione atmosferica

peso di volume totale: $\gamma = 0,27 \times \log(Rf) + 0,36 \times \log(qt/Pa) + 1,236$ (GREGG, 2010)
 carico geostatico totale: $\sigma_{vo} = \gamma \times z$ alla profondità z
 carico geostatico effettivo: $\sigma'_{vo} = \gamma \times z - u_o$ a profondità z > livello di falda
 $Qt1 = (qt - \sigma_{vo}) / (\sigma'_{vo})$
 $Fr = fs / (qt - \sigma_{vo}) \times 100\%$
 $lc = (3,47 - \log Qt1)^2 + (1,22 + \log Fr)^2$ (ROBERTSON, 2012)
 $Qtn = [(qt - \sigma_{vo}) / Pa] / (Pa / \sigma'_{vo})^n$ ove $n = 0,381 \times lc + 0,05 \times (\sigma_{vo}' / Pa) - 0,15 \leq 1,0$ (ROBERTSON, 2012)
 $Qtn\ CS = Kc \times Qtn$ ove $Kc = f(lc) =$ resistenza equivalente per sabbie pulite (ROBERTSON 1998, 2012)
 $N60 = qt / Pa / 10^{(1,1268 - 0,2817 \times lc)} = NSPT$ (ROBERTSON, 2012)

terreni incoerenti = $lc < 2,6$ (ROBERTSON, 2012):
 densità relativa: $Dr \% = 100 \times (Qtn / 350)^{0,5}$ (GREGG, 2010)
 angolo d'attrito di picco: $\phi_p = 17,6^\circ + 11 \times \log(Qtn)$ (GREGG, 2010)
 angolo d'attrito a volume costante: $\phi_{cv} = \phi_p' - 15,84 \times \log(Qtn\ CS) + 26,88$ (ROBERTSON, 2012)
 modulo elastico $E' = 0,015 \times (qt - \sigma_{vo}) \times 10^{(0,55 \times lc + 0,68)}$ (ROBERTSON, 2012)

terreni coesivi = $lc > 2,6$ (ROBERTSON, 2012):
 coesione non drenata: $c_u = (qt - \sigma_{vo}) / N_k$ ove $N_k = 10,5 + 7 \times \log(Fr)$ (ROBERTSON, 2012)
 angolo d'attrito di picco: $\phi_p = \arcsin(2 \times c_u / (\sigma_{vo}' \times OCR^{0,8}))$ (rif. MAYNE 2001)
 sensibilità: $St = c_u / c_{u,r} = 7 / Fr$ ove $c_{u,r} =$ coesione non drenata residua (GREGG, 2010)
 grado di sovraconsolidazione: $OCR = 0,25 \times (Qt1)^{1,2}$ (CSSM in Robertson 2012)

tutti i terreni:
 modulo edometrico: $E_{ed} = \alpha M \times (qt - \sigma_{vo})$ ove:
 $\alpha M = 14$ se $lc > 2,2$, $Qtn > 14$; $\alpha M = Qtn$ se $lc > 2,2$, $Qtn < 14$; $\alpha M = 0,03 \times 10^{(0,55 \times lc + 1,68)}$ se $lc < 2,2$ (ROBERTSON, 2012)
 modulo di taglio a piccole deformazioni: $G_o = 0,0188 \times (qt - \sigma_{vo}) \times 10^{(0,55 \times lc + 1,68)}$ (ROBERTSON, 2012)
 coeff. di permeabilità: $K (m/s) = 10^{(0,952 - 3,04 \times lc)}$ se $1 < lc < 3,27$; $K = 10^{(-4,52 - 1,37 \times lc)}$ se $3,27 < lc < 4$ (GREGG, 2010)
 velocità onde di taglio: $V_s (m/s) = (10^{(0,55 \times lc + 1,68)} \times Qtn)^{0,5}$ (ROBERTSON, 2012)

Classificazione di ROBERTSON

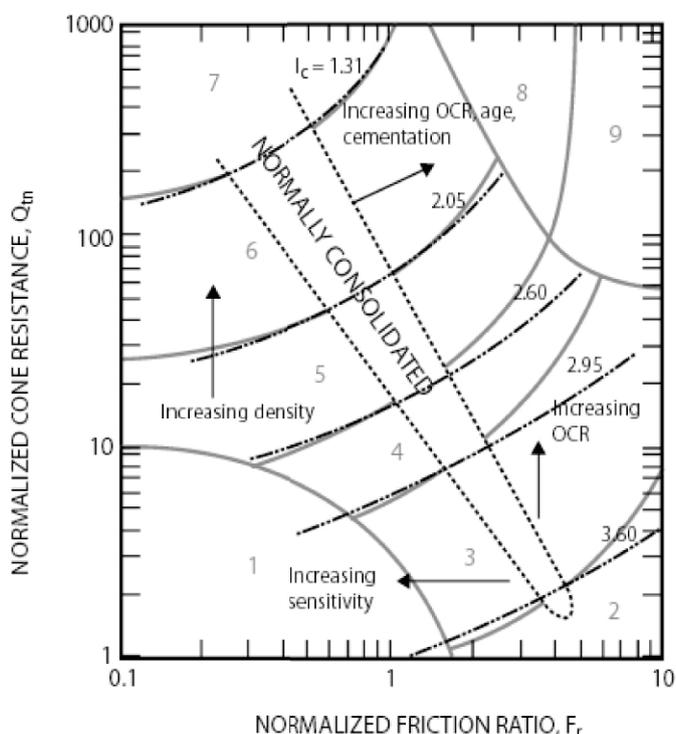
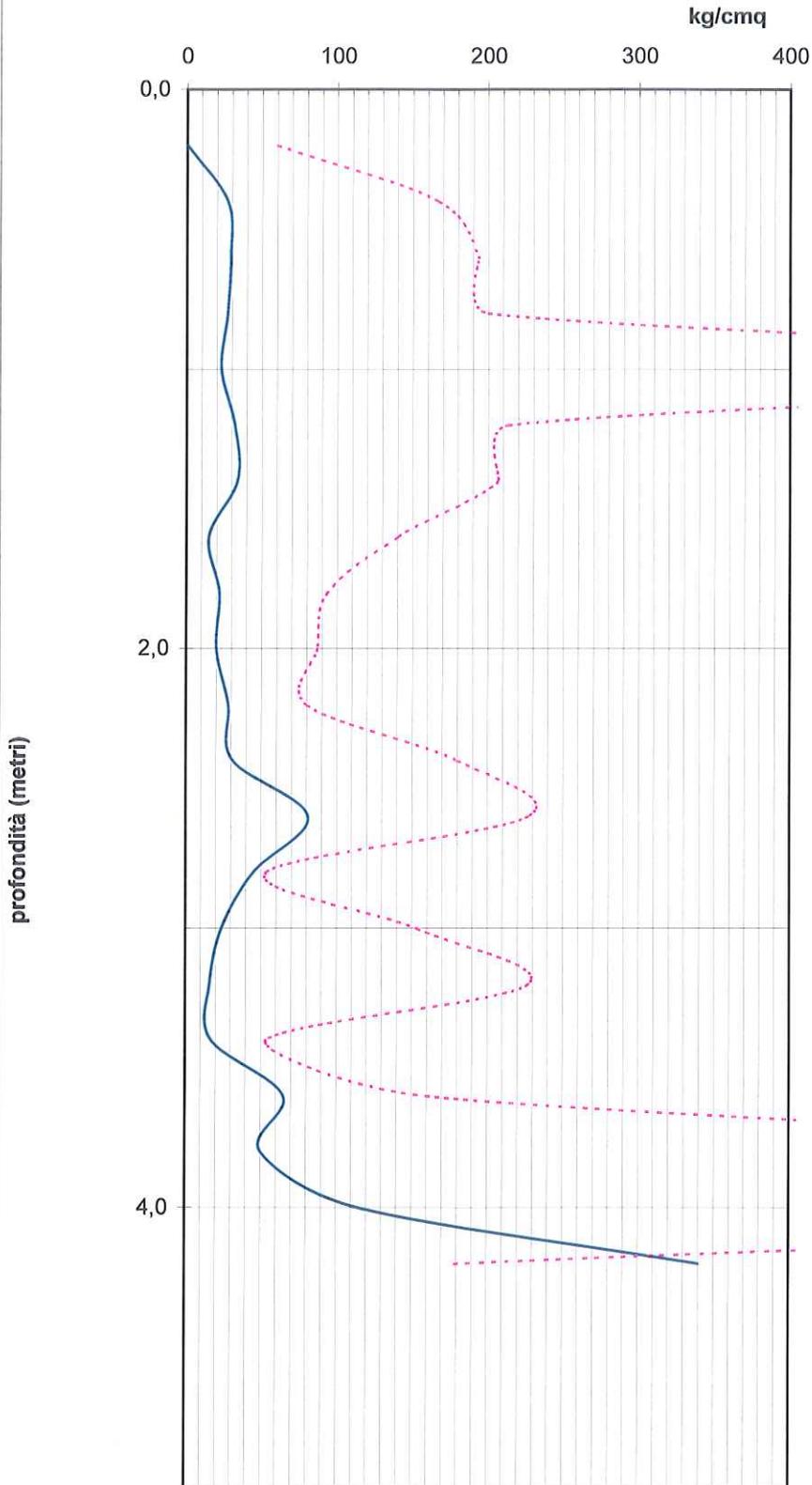


Fig. 1. SBT chart based on normalized CPT parameters (modified from Robertson 1990)

Prova CPT n.1

— qc kg/cmq
- - - fs x 100 kg/cmq



CPT **n.1**

profondità superficie piezometrica: metri **>3,6**

- parametri geotecnici locali -

profondità	qc	fs	Rf =	γ	u _o	σ _{vo} '	σ _{vo}	Qt1	Fr	lc	N60	Classif di Robertson	n	Qtn	Kc	QtnCS	Dr	φp	φcv	Nk	cu	φ clay	St	OCR	αM	Eed	Go	E'	K	Vs
m	kg/cmq	kg/cmq	100xfs/qc	t/mc	t/mq	kg/cmq	kg/cmq	-	%	-	colpi/30 cm	n.	descrizione	-	-	-	%	°	°	-	kg/cmq	°	cu/cu r	-	-	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	m/s	m/s
0,20	0	0,60			0,00	0,00	0,00																							
0,40	27	1,67	6,2	2,0	0,00	0,02	0,02	1373	6,2	2,0	7,6	8	sabbie cementate	0,63	318	1,4	430	95	45	≈30,3					19	512	321	256	≈5,7E-06	131
0,60	29	1,93	6,7	2,0	0,00	0,06	0,06	489	6,7	2,2	9,0	9	terre cementate o n.d.	0,69	202	1,6	331	76	43	≈29,9					23	664	416	332	≈2,0E-06	149
0,80	27	2,00	7,4	2,0	0,00	0,10	0,10	272	7,4	2,3	9,2	9	terre cementate o n.d.	0,74	150	2,1	310	66	42	≈29,0					14	377	465	371	≈7,2E-07	157
1,00	23	7,87	34,2	2,1	0,00	0,14	0,14	163	34,4	3,0	12,3	3	argille	1,00	163	7,1	1156				21,3	1,08	≈20	0,2	113	14	320	954	≈5,5E-09	225
1,20	32	2,13	6,7	2,0	0,00	0,18	0,18	175	6,7	2,4	11,2	9	terre cementate o n.d.	0,77	118	2,3	266	58	40	≈28,9					14	445	587	469	≈5,0E-07	177
1,40	34	2,07	6,1	2,0	0,00	0,22	0,22	152	6,1	2,4	11,9	9	terre cementate o n.d.	0,77	108	2,2	242	55	40	≈29,1					14	473	622	496	≈5,1E-07	182
1,60	15	1,40	9,3	1,9	0,00	0,26	0,26	57	9,5	2,8	6,8	4	argille limose	0,93	51	4,7	240				17,3	0,85	≈24	0,7	32	14	206	454	≈3,0E-08	155
1,80	22	0,93	4,2	1,9	0,00	0,30	0,30	73	4,3	2,5	8,1	5	limi sabbiosi	0,80	57	2,5	145	40	37	≈29,5					14	304	437	349	≈3,1E-07	152
2,00	20	0,87	4,3	1,9	0,00	0,34	0,34	58	4,4	2,5	7,7	5	limi sabbiosi	0,83	49	3,3	161	37	36	≈28,1					14	275	433	346	≈1,9E-07	152
2,20	28	0,80	2,9	1,9	0,00	0,37	0,37	74	2,9	2,3	9,4	5	limi sabbiosi	0,75	58	2,0	117	41	37	≈31,1					14	387	471	376	≈7,8E-07	158
2,40	31	1,80	5,8	2,0	0,00	0,41	0,41	74	5,9	2,6	12,1	5	limi sabbiosi	0,84	65	4,0	258	43	38	≈26,2					14	428	698	557	≈1,5E-07	193
2,60	81	2,27	2,8	2,0	0,00	0,45	0,45	178	2,8	2,1	23,1	9	terre cementate o n.d.	0,66	136	1,4	190	62	41	≈31,8					20	1586	994	793	≈4,6E-06	230
2,80	45	0,53	1,2	1,9	0,00	0,49	0,49	90	1,2	2,0	12,3	6	sabbie	0,63	70	1,3	90	45	38	≈33,8					18	799	500	399	≈7,8E-06	163
3,00	24	1,53	6,4	2,0	0,00	0,53	0,53	44	6,5	2,7	10,5	4	argille limose	0,92	42	4,2	178				16,2	1,45	≈26	1,1	24	14	329	672	≈4,4E-08	189
3,20	16	2,27	14,2	2,0	0,00	0,57	0,57	27	14,7	3,1	9,1	3	argille	1,00	27	8,4	228				18,7	0,83	≈22	0,5	13	14	216	739	≈2,6E-09	198
3,40	17	0,53	3,1	1,8	0,00	0,61	0,61	27	3,3	2,7	7,2	4	argille limose	0,90	26	8,7	224				14,1	1,16	≈29	2,2	13	14	230	437	≈6,6E-08	152
3,60	65	1,60	2,5	2,0	0,00	0,65	0,65	100	2,5	2,2	20,0	5	limi sabbiosi	0,71	88	1,6	144	50	39	≈31,7					23	1470	921	735	≈2,0E-06	221
3,80	50	7,73	15,5	2,2	0,02	0,67	0,69	74	15,7	2,9	24,5	9	terre cementate o n.d.	0,99	74	5,7	418				18,9	2,61	≈22	0,4	44	14	690	1742	≈1,4E-08	304
4,00	114	10,00	8,8	2,2	0,04	0,69	0,73	164	8,8	2,5	43,2	9	terre cementate o n.d.	0,84	154	2,9	443	66	42	≈26,6					14	1586	2427	1937	≈2,2E-07	359
4,20	340	1,73	0,5	2,1	0,06	0,71	0,77	475	0,5	1,2	56,1	7	sabbie dense o ghiaiose	0,35	382	1,0	382	104	46	≈32,0					7	2286	1433	1143	≈1,7E-03	276

PROVA CPT **n.1**

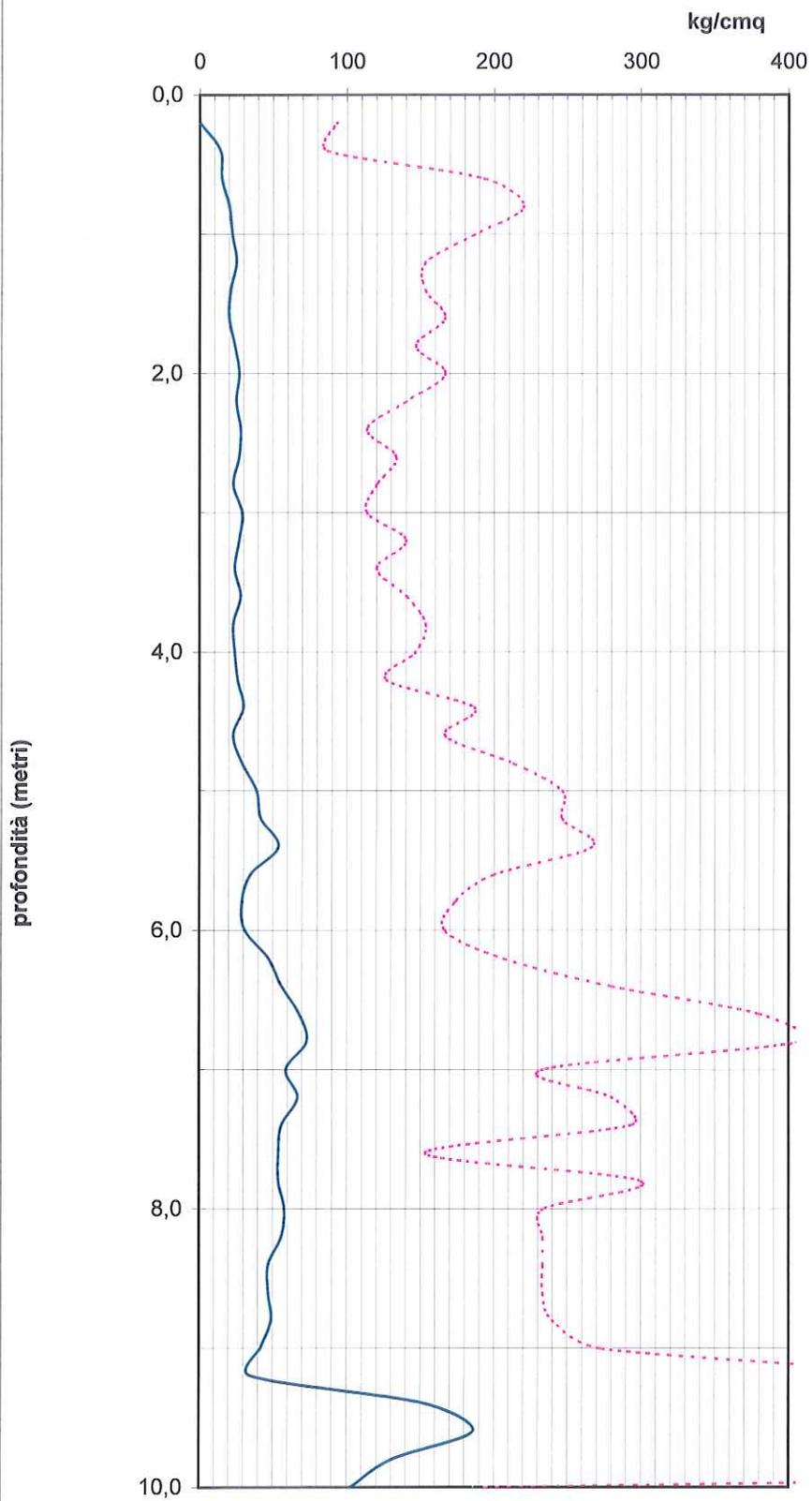
profondità superficie piezometrica: metri **>3,6**

- parametri geotecnici medi -

profondità da m	qc kg/cmq	fs kg/cmq	lc -	granulometria (cfr. ROBERTSON 1990)	comportamento prevalente	spessore		N60 colpi/30 cm	Dr %	φp °	φcv °	cu kg/cmq	φ clay °	St -	OCR cu/cu r	Eed kg/cmq	Go kg/cmq	E' kg/cmq	k m/s	Vs m/s	
						m	kg/cmq														
0,2		0,60																			
0,4	27	1,67	2,0	sabbie cementate																	
0,6	29	1,93	2,2	terre cementate o n.d.																	
0,8	27	2,00	2,3	terre cementate o n.d.																	
1,0	23	7,87	3,0	argille	coesivo	0,8	27	2,95	9			1,08	≈20	0,20	113	468	539		≈2,1E-06	165	
1,2	32	2,13	2,4	terre cementate o n.d.																	
1,4	34	2,07	2,4	terre cementate o n.d.																	
1,6	15	1,40	2,8	argille limose	coesivo	0,6	27	1,87	10			0,85	≈24	0,7	32	375	554		≈3,5E-07	171	
1,8	22	0,93	2,5	limi sabbiosi																	
2,0	20	0,87	2,5	limi sabbiosi																	
2,2	28	0,80	2,3	limi sabbiosi																	
2,4	31	1,80	2,6	limi sabbiosi																	
2,6	81	2,27	2,1	terre cementate o n.d.																	
2,8	45	0,53	2,0	sabbie	incoerente	1,2	38	1,20	12	45	38	30,1				630	589	470	≈2,3E-06	175	
3,0	24	1,53	2,7	argille limose																	
3,2	16	2,27	3,1	argille																	
3,4	17	0,53	2,7	argille limose	coesivo	0,6	19	1,44	9			1,15	≈26	1,2	17	258	616		≈3,8E-08	180	
3,6	65	1,60	2,2	limi sabbiosi																	
3,8	50	7,73	2,9	terre cementate o n.d.																	
4,0	114	10,00	2,5	terre cementate o n.d.																	
4,2	340	1,73	1,2	sabbie dense o ghiaiose	incoerente	0,8	142	5,27	35,93	74	42	30,1				1508	1631	1272	≈4,4E-04	290	

Prova CPT n.2

— qc kg/cmq
- - - fs x 100 kg/cmq



CPT **n.2**

profondità superficie piezometrica: metri >6,5

- parametri geotecnici locali -

profondità m	qc kg/cmq	fs kg/cmq	Rf = 100xfs/qc	γ t/mc	u _o t/mq	σ _{vo} ' kg/cmqa	σ _{vo} kg/cmqa	Qt1 -	Fr %	lc -	N60 colpi/30 cm	Classif di Robertson n.	n	Qtn	Kc	QtnCS	Dr %	φ _p °	φ _{cv} °	Nk	cu kg/cmqa	φ clay °	St cu/cu r	OCR	αM	E _{ed} kg/cmqa	Go kg/cmqa	E' kg/cmqa	K m/s	Vs m/s		
0,20	0	0,93		0,00	0,00	0,00																										
0,40	14	0,87	6,2	1,9	0,00	0,02	0,02	751	6,2	2,1	4,1	9	terre cementate o n.d.	0,65	186	1,5	271	73	43	≈30,9					20	286	179	143	≈3,7E-06	98		
0,60	15	1,93	12,9	2,0	0,00	0,06	0,06	263	12,9	2,6	5,9	9	terre cementate o n.d.	0,83	160	4,1	657	68	42	≈24,1				14	209	343	274	≈1,5E-07	135			
0,80	20	2,20	11,0	2,0	0,00	0,10	0,10	207	11,1	2,5	7,8	9	terre cementate o n.d.	0,82	137	3,7	503	62	41	≈25,2				14	279	447	357	≈1,7E-07	154			
1,00	22	1,87	8,5	2,0	0,00	0,14	0,14	161	8,5	2,5	8,3	9	terre cementate o n.d.	0,81	110	2,7	300	56	40	≈27,7				14	306	463	370	≈2,3E-07	157			
1,20	25	1,53	6,1	2,0	0,00	0,18	0,18	142	6,2	2,4	8,9	9	terre cementate o n.d.	0,77	96	2,3	223	52	39	≈29,1				14	348	469	374	≈4,4E-07	158			
1,40	21	1,53	7,3	1,9	0,00	0,21	0,21	97	7,4	2,6	8,3	9	terre cementate o n.d.	0,84	75	4,2	316	46	38	≈25,5				14	291	479	382	≈1,5E-07	160			
1,60	20	1,67	8,3	2,0	0,00	0,25	0,25	78	8,4	2,7	8,4	9	terre cementate o n.d.	0,88	66	8,1	536				17,0	1,16	≈25	0,8	47	14	276	518	≈7,1E-08	166		
1,80	24	1,47	6,1	1,9	0,00	0,29	0,29	81	6,2	2,5	9,3	9	terre cementate o n.d.	0,83	66	3,8	252	44	38	≈26,5				14	332	536	428	≈1,6E-07	169			
2,00	27	1,67	6,2	2,0	0,00	0,33	0,33	81	6,2	2,6	10,6	9	terre cementate o n.d.	0,84	67	3,9	266	44	38	≈26,2				14	373	607	485	≈1,6E-07	180			
2,20	25	1,40	5,6	1,9	0,00	0,37	0,37	67	5,7	2,6	9,9	5	limi sabbiosi	0,85	57	4,5	257	40	37	≈25,6				14	345	575	459	≈1,4E-07	175			
2,40	28	1,13	4,0	1,9	0,00	0,41	0,41	67	4,1	2,5	10,3	5	limi sabbiosi	0,81	57	2,6	146	40	37	≈29,5				14	386	560	447	≈3,0E-07	173			
2,60	27	1,33	4,9	1,9	0,00	0,45	0,45	59	5,0	2,6	10,6	5	limi sabbiosi	0,85	53	4,2	223	39	37	≈26,2				14	372	613	489	≈1,4E-07	181			
2,80	23	1,20	5,2	1,9	0,00	0,49	0,49	46	5,3	2,7	9,6	4	argille limose	0,89	43	7,6	326				15,6	1,44	≈27	1,3	25	14	315	584	≈7,6E-08	176		
3,00	29	1,13	3,9	1,9	0,00	0,52	0,52	54	4,0	2,5	11,1	5	limi sabbiosi	0,83	49	3,1	151	37	36	≈28,6				14	399	619	494	≈2,0E-07	181			
3,20	27	1,40	5,2	1,9	0,00	0,56	0,56	47	5,3	2,6	11,2	4	argille limose	0,89	44	7,4	324				15,6	1,70	≈27	1,3	25	14	370	681	≈8,0E-08	190		
3,40	24	1,20	5,0	1,9	0,00	0,60	0,60	39	5,1	2,7	10,3	4	argille limose	0,91	37	9,8	365				15,5	1,51	≈27	1,4	20	14	328	639	≈5,8E-08	184		
3,60	28	1,40	5,0	1,9	0,00	0,64	0,64	43	5,1	2,7	11,8	4	argille limose	0,90	41	8,2	335				15,5	1,77	≈27	1,4	23	14	383	720	≈7,1E-08	196		
3,80	23	1,53	6,7	1,9	0,00	0,68	0,68	33	6,9	2,8	10,8	4	argille limose	0,96	32	5,1	165				16,4	1,36	≈25	1,0	17	14	312	729	≈2,1E-08	197		
4,00	24	1,47	6,1	1,9	0,00	0,72	0,72	32	6,3	2,8	11,1	4	argille limose	0,96	32	4,9	157				16,1	1,45	≈26	1,1	16	14	326	739	≈2,5E-08	198		
4,20	26	1,27	4,9	1,9	0,00	0,76	0,76	33	5,0	2,7	11,4	4	argille limose	0,93	33	4,3	139				15,4	1,64	≈27	1,4	17	14	353	725	≈4,3E-08	196		
4,40	30	1,87	6,2	2,0	0,00	0,80	0,80	37	6,4	2,8	13,6	4	argille limose	0,95	36	4,6	168				16,1	1,81	≈26	1,1	19	14	409	890	≈3,1E-08	218		
4,60	23	1,67	7,2	2,0	0,00	0,84	0,84	27	7,5	2,9	11,5	4	argille limose	1,00	27	6,0	159				16,6	1,33	≈25	0,9	13	14	310	815	≈1,1E-08	208		
4,80	29	2,13	7,4	2,0	0,00	0,88	0,88	32	7,6	2,9	14,0	4	argille limose	0,99	32	5,5	175				16,7	1,69	≈25	0,9	16	14	394	964	≈1,6E-08	226		
5,00	39	2,47	6,3	2,0	0,00	0,92	0,92	42	6,5	2,7	17,3	4	argille limose	0,94	41	4,4	180				16,2	2,35	≈26	1,1	22	14	533	1113	≈4,0E-08	243		
5,20	42	2,47	5,9	2,0	0,00	0,96	0,96	43	6,0	2,7	18,2	4	argille limose	0,93	43	4,1	176				16,0	2,57	≈26	1,2	23	14	575	1150	≈5,0E-08	247		
5,40	54	2,67	4,9	2,0	0,00	1,00	1,00	53	5,0	2,6	21,7	5	limi sabbiosi	0,89	53	5,2	279	39	37	≈24,7				14	742	1276	1018	≈1,2E-07	261			
5,60	35	2,00	5,7	2,0	0,00	1,04	1,04	33	5,9	2,8	16,0	4	argille limose	0,96	33	4,7	154				15,9	2,14	≈26	1,2	16	14	475	1046	≈3,0E-08	236		
5,80	29	1,73	6,0	2,0	0,00	1,08	1,08	26	6,2	2,9	14,0	4	argille limose	1,00	26	5,5	142				16,1	1,74	≈25	1,1	12	14	391	961	≈1,6E-08	226		
6,00	31	1,67	5,4	2,0	0,00	1,12	1,12	27	5,6	2,8	14,6	4	argille limose	0,99	27	5,1	136				15,7	1,90	≈26	1,3	13	14	418	975	≈2,2E-08	228		
6,20	47	2,07	4,4	2,0	0,00	1,16	1,16	40	4,5	2,6	19,6	4	argille limose	0,92	40	7,4	296				15,1	3,04	≈28	1,6	21	14	642	1181	≈7,9E-08	251		
6,40	56	2,80	5,0	2,1	0,00	1,20	1,20	46	5,1	2,6	23,2	4	argille limose	0,92	46	7,2	333				15,5	3,55	≈27	1,4	25	14	767	1404	≈8,2E-08	273		
6,60	68	3,80	5,6	2,1	0,01	1,24	1,24	54	5,7	2,6	28,0	4	argille limose	0,91	55	6,6	363				15,8	4,23	≈27	1,2	30	14	935	1682	≈9,0E-08	299		
6,80	73	4,07	5,6	2,1	0,03	1,25	1,28	57	5,7	2,6	29,7	4	argille limose	0,91	59	5,9	343				15,8	4,55	≈27	1,2	32	14	1004	1764	≈1,0E-07	306		
7,00	59	2,33	4,0	2,0	0,05	1,27	1,32	45	4,0	2,6	23,4	5	limi sabbiosi	0,89	47	4,6	213	36	36	≈26,0				14	807	1352	1079	≈1,3E-07	268			
7,20	67	2,80	4,2	2,1	0,07	1,29	1,36	51	4,3	2,6	26,3	5	limi sabbiosi	0,89	52	4,1	213	39	36	≈26,5				14	919	1504	1200	≈1,5E-07	283			
7,40	56	2,93	5,2	2,1	0,09	1,31	1,40	42	5,4	2,7	23,9	4	argille limose	0,94	42	9,5	402				15,6	3,50	≈27	1,3	22	14	764	1480	≈6,0E-08	281		
7,60	54	1,53	2,8	2,0	0,11	1,33	1,44	39	2,9	2,5	20,7	5	limi sabbiosi	0,88	41	3,2	131	34	35	≈28,6				14	736	1151	918	≈1,9E-07	247			
7,80	54	3,00	5,6	2,1	0,13	1,35	1,48	39	5,7	2,7	23,7	4	argille limose	0,96	39	4,2	165				15,8	3,32	≈26	1,2	20	14	735	1498	≈4,5E-08	282		
8,00	58	2,33	4,0	2,0	0,15	1,38	1,53	41	4,1	2,6	23,6	4	argille limose	0,91	42	5,8	245				14,8	3,81	≈28	1,7	22	14	791	1387	≈1,0E-07	272		
8,20	56	2,33	4,2	2,0	0,17	1,40	1,57	39	4,3	2,6	23,2	4	argille limose	0,93	40	6,9	276				14,9	3,65	≈28	1,6	20	14	762	1384	≈8,5E-08	271		
8,40	47	2,33	5,0	2,0	0,19	1,42	1,61	32	5,1	2,8	21,0	4	argille limose	0,97	32	4,4	143				15,5	2,93	≈27	1,4	16	14	636	1337	≈3,8E-08	267		
8,60	47	2,33	5,0	2,0	0,21	1,44	1,65	32	5,1	2,8	21,0	4	argille limose	0,97	32	4,5	142				15,5	2,93	≈27	1,4	16	14	635	1344	≈3,7E-08	267		
8,80	49	2,40	4,9	2,0	0,23	1,46	1,69	32	5,1	2,7	21,7	4	argille limose	0,97	33	4,3	143				15,4	3,06	≈27	1,4	16	14	662	1379	≈4,0E-08	271		
9,00	42	2,73	6,5	2,0	0,25	1,48	1,73	27	6,8	2,9	20,4	4	argille limose	1,00	27	5,6	152				16,3	2,47	≈25	1,0	13	14	564	1408	≈1,5E-08	274		
9,20	35	5,13	14,7	2,1	0,27	1,50	1,77	22	15,4	3,2	21,0	3	argille	1,00	22	9,4	209				18,8	1,77	≈21	0,5	10	14	465	1747	≈1,5E-09	305		
9,40	153	6,73	4,4	2,2	0,29	1,52	1,81	99	4,5	2,4	53,5	5	limi sabbiosi	0,83	106	2,2	238	55	40	≈29,1				14	2117	2770	2210	≈5,2E-07	384			
9,60	186	10,60	5,7	2,3	0,31	1,55	1,86	119	5,8	2,4	66,8	9	terre cementate o n.d.	0,85	127	2,4	305	60	41	≈28,3				14	2578	3559	2840	≈3,9E-07	435			
9,80	131	13,80	10,5	2,3																												

PROVA CPT **n.2**

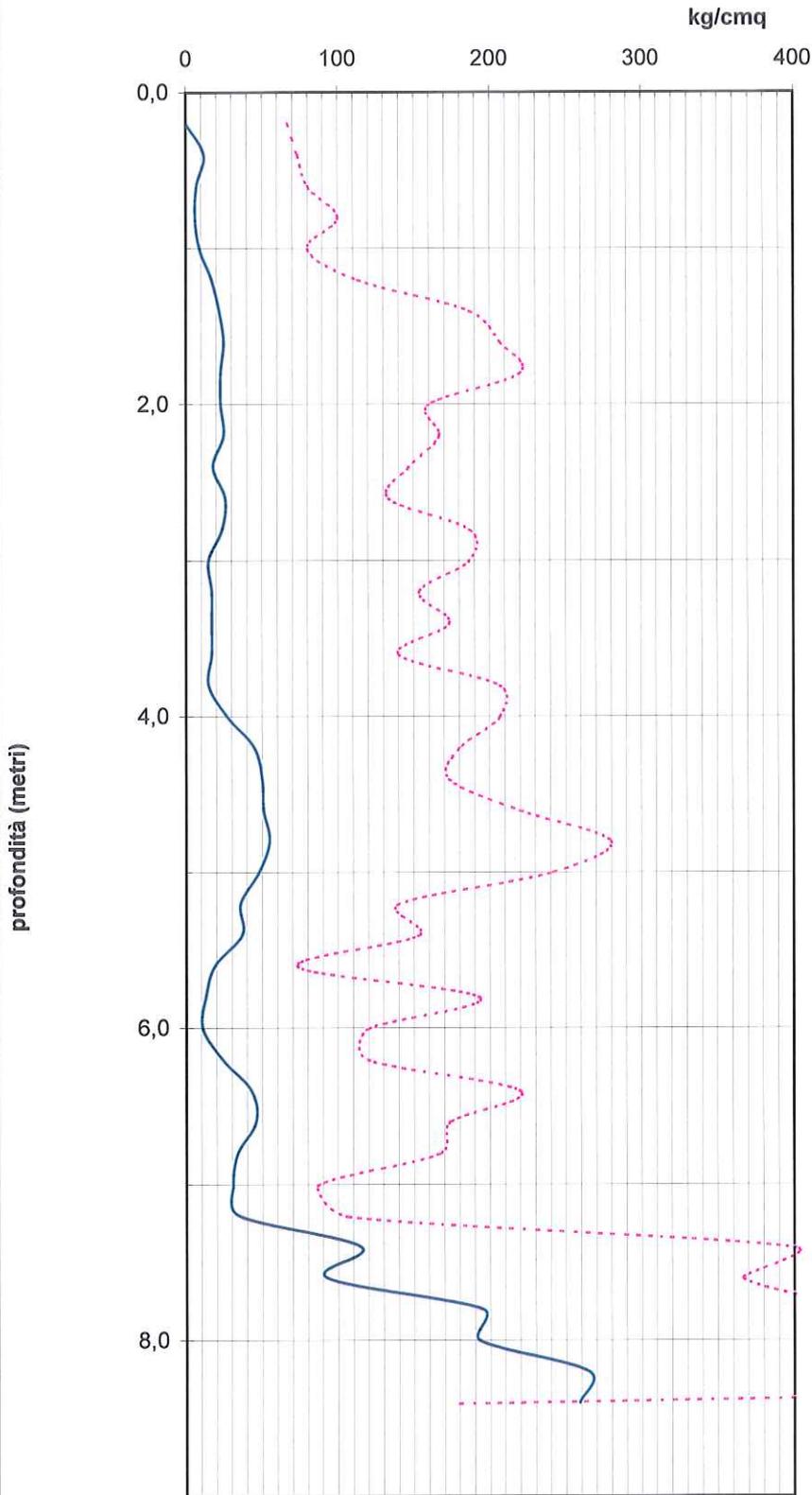
profondità superficie piezometrica: metri **>6,5**

- parametri geotecnici medi -

profondità da m	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	lc -	granulometria (cfr. ROBERTSON 1990)	comportamento prevalente	spessore m	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	N60 colpi/30 cm	Dr %	φ _p °	φ _{cv} °	cu kg/cm ²	φ clay °	St -	OCR cu/cu r	Eed kg/cm ²	Go kg/cm ²	E' kg/cm ²	k m/s	Vs m/s	
0,2		0,93																				
0,4	14	0,87	2,1	terre cementate o n.d.																		
0,6	15	1,93	2,6	terre cementate o n.d.	incoerente	0,4	15	0,97	5	70	42	27,5					248	261	208	≈1,9E-06	116	
0,8	20	2,20	2,5	terre cementate o n.d.																		
1,0	22	1,87	2,5	terre cementate o n.d.																		
1,2	25	1,53	2,4	terre cementate o n.d.																		
1,4	21	1,53	2,6	terre cementate o n.d.																		
1,6	20	1,67	2,7	terre cementate o n.d.																		
1,8	24	1,47	2,5	terre cementate o n.d.																		
2,0	27	1,67	2,6	terre cementate o n.d.	coesivo	1,4	23	1,70	9				1,16	≈25	0,8	47	315	503		≈2,0E-07	163	
2,2	25	1,40	2,6	limi sabbiosi																		
2,4	28	1,13	2,5	limi sabbiosi																		
2,6	27	1,33	2,6	limi sabbiosi																		
2,8	23	1,20	2,7	argille limose																		
3,0	29	1,13	2,5	limi sabbiosi																		
3,2	27	1,40	2,6	argille limose																		
3,4	24	1,20	2,7	argille limose																		
3,6	28	1,40	2,7	argille limose																		
3,8	23	1,53	2,8	argille limose																		
4,0	24	1,47	2,8	argille limose																		
4,2	26	1,27	2,7	argille limose																		
4,4	30	1,87	2,8	argille limose																		
4,6	23	1,67	2,9	argille limose																		
4,8	29	2,13	2,9	argille limose																		
5,0	39	2,47	2,7	argille limose	coesivo	3,0	27	1,51	11,64				1,64	≈26	1,2	19	369	731		≈8,4E-08	196	
5,2	42	2,47	2,7	argille limose																		
5,4	54	2,67	2,6	limi sabbiosi																		
5,6	35	2,00	2,8	argille limose																		
5,8	29	1,73	2,9	argille limose																		
6,0	31	1,67	2,8	argille limose																		
6,2	47	2,07	2,6	argille limose																		
6,4	56	2,80	2,6	argille limose																		
6,6	68	3,80	2,6	argille limose																		
6,8	73	4,07	2,6	argille limose	coesivo	1,8	48	2,59	20,55				2,96	≈27	1,3	22	661	1271		≈6,5E-08	259	
7,0	59	2,33	2,6	limi sabbiosi																		
7,2	67	2,80	2,6	limi sabbiosi																		
7,4	56	2,93	2,7	argille limose																		
7,6	54	1,53	2,5	limi sabbiosi	incoerente	0,8	59	2,40	23,57	36	36	27,0					807	1372	1066	≈1,4E-07	270	
7,8	54	3,00	2,7	argille limose																		
8,0	58	2,33	2,6	argille limose																		
8,2	56	2,33	2,6	argille limose																		
8,4	47	2,33	2,8	argille limose																		
8,6	47	2,33	2,8	argille limose																		
8,8	49	2,40	2,7	argille limose																		
9,0	42	2,73	2,9	argille limose																		
9,2	35	5,13	3,2	argille	coesivo	1,6	49	2,83	21,94				2,99	≈26	1,3	17	656	1436		≈4,6E-08	276	
9,4	153	6,73	2,4	limi sabbiosi																		
9,6	186	10,60	2,4	terre cementate o n.d.																		
9,8	131	13,80	2,7	terre cementate o n.d.																		
10,0	103	1,87	2,2	limi sabbiosi	incoerente	0,8	143	8,25	52,69	53	40	29,7					1979	2894	2093	≈6,0E-07	387	

Prova CPT n.3

— qc kg/cmq
- - - fs x 100 kg/cmq



CPT **n.3**

profondità superficie piezometrica: metri **>3.0**

- parametri geotecnici locali -

profondità m	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	Rf = 100xs/qc	γ t/m ³	u _o t/m ²	σ _{vo} ' kg/cm ²	σ _{vo} kg/cm ²	Qt1	Fr %	lc -	N60 colpi/30 cm	Classif di Robertson n.	descrizione	n	Q _{tn} -	Kc -	Q _{tn} CS -	Dr %	φ _p °	φ _{cv} °	Nk -	cu kg/cm ²	φ clay °	St cu/cu r	OCR -	αM -	E _{ed} kg/cm ²	Go kg/cm ²	E' kg/cm ²	K m/s	Vs m/s		
0.20	0	0.67			0.00	0.00																											
0.40	12	0.73	6.1	1.8	0.00	0.02	0.02	652	6.1	2.1	3.5	9	terre cementate o n.d.	0.66	164	1.5	243	69	42	≈31.1						21	249	156	125		≈3.4E-06	91	
0.60	7	0.80	11.4	1.8	0.00	0.05	0.05	126	11.5	2.7	2.9	9	terre cementate o n.d.	0.87	86	8.0	682				17.9	0.39	≈24	0.6	83	14	97	182			≈7.3E-08	98	
0.80	6	1.00	16.7	1.8	0.00	0.09	0.09	64	16.9	3.0	3.1	3	argille	0.98	62	6.3	388				19.1	0.31	≈22	0.4	37	14	83	225			≈9.1E-09	109	
1.00	9	0.80	8.9	1.8	0.00	0.13	0.13	69	9.0	2.7	3.9	9	terre cementate o n.d.	0.89	55	4.1	229				17.2	0.52	≈25	0.8	40	14	124	250			≈4.9E-08	115	
1.20	17	1.13	6.7	1.9	0.00	0.17	0.17	101	6.7	2.5	6.5	9	terre cementate o n.d.	0.82	73	3.1	230	46	38	≈27.6						14	236	367	293		≈2.0E-07	140	
1.40	22	1.87	8.5	2.0	0.00	0.20	0.20	107	8.6	2.6	8.8	9	terre cementate o n.d.	0.85	84	5.1	428	49	39	≈23.9						14	305	522	417		≈1.2E-07	167	
1.60	25	2.07	8.3	2.0	0.00	0.24	0.24	101	8.3	2.6	10.0	9	terre cementate o n.d.	0.85	82	5.2	428	48	39	≈23.9						14	347	595	475		≈1.2E-07	178	
1.80	23	2.20	9.6	2.0	0.00	0.28	0.28	80	9.7	2.7	9.9	9	terre cementate o n.d.	0.90	70	4.0	283				17.4	1.31	≈25	0.7	48	14	318	629			≈5.3E-08	183	
2.00	23	1.60	7.0	2.0	0.00	0.32	0.32	70	7.1	2.6	9.5	9	terre cementate o n.d.	0.87	60	6.6	396				16.4	1.38	≈26	1.0	41	14	317	570			≈9.1E-08	174	
2.20	25	1.67	6.7	2.0	0.00	0.36	0.36	68	6.8	2.6	10.2	9	terre cementate o n.d.	0.87	59	6.3	375				16.3	1.51	≈26	1.0	39	14	345	615			≈9.4E-08	181	
2.40	18	1.47	8.1	1.9	0.00	0.40	0.40	44	8.3	2.8	8.3	4	argille limose	0.94	42	4.9	204				16.9	1.04	≈25	0.8	23	14	246	560			≈2.5E-08	173	
2.60	26	1.33	5.1	1.9	0.00	0.44	0.44	58	5.2	2.6	10.4	5	limi sabbiosi	0.86	52	4.8	248	38	36	≈25.4						14	358	605	482		≈1.3E-07	179	
2.80	24	1.87	7.8	2.0	0.00	0.48	0.48	49	7.9	2.8	10.8	4	argille limose	0.93	47	4.5	210				16.8	1.40	≈25	0.9	27	14	329	704			≈3.5E-08	194	
3.00	15	1.87	12.4	2.0	0.00	0.52	0.52	28	12.9	3.1	8.3	3	argille	1.00	28	7.8	217				18.3	0.79	≈22	0.5	14	14	203	649			≈3.7E-09	186	
3.20	17	1.53	9.0	1.9	0.02	0.54	0.56	31	9.3	3.0	8.6	3	argille	1.00	31	6.3	191				17.3	0.95	≈24	0.8	15	14	230	624			≈9.3E-09	182	
3.40	17	1.73	10.2	2.0	0.04	0.56	0.60	29	10.6	3.0	8.9	3	argille	1.00	29	6.8	201				17.7	0.93	≈23	0.7	15	14	230	665			≈6.5E-09	188	
3.60	17	1.40	8.2	1.9	0.06	0.58	0.64	28	8.6	2.9	8.6	4	argille limose	1.00	28	6.2	176				17.0	0.96	≈24	0.8	14	14	229	617			≈9.7E-09	181	
3.80	15	2.07	13.8	2.0	0.08	0.59	0.67	24	14.4	3.2	8.7	3	argille	1.00	24	8.8	212				18.6	0.77	≈22	0.5	11	14	201	710			≈2.1E-09	194	
4.00	27	2.07	7.7	2.0	0.10	0.61	0.71	43	7.9	2.8	12.4	4	argille limose	0.95	42	4.8	201				16.8	1.57	≈25	0.9	23	14	368	823			≈2.7E-08	209	
4.20	45	1.80	4.0	2.0	0.12	0.63	0.75	70	4.1	2.4	16.4	5	limi sabbiosi	0.81	64	2.5	161	43	37	≈29.4						14	619	883	705		≈3.2E-07	217	
4.40	50	1.73	3.5	2.0	0.14	0.65	0.79	75	3.5	2.4	17.5	5	limi sabbiosi	0.79	69	2.2	153	44	38	≈30.1						14	689	901	719		≈5.2E-07	219	
4.60	51	2.20	4.3	2.0	0.16	0.67	0.83	74	4.4	2.5	18.7	5	limi sabbiosi	0.82	69	2.5	176	45	38	≈29.1						14	702	1009	805		≈3.1E-07	232	
4.80	55	2.80	5.1	2.1	0.18	0.69	0.87	78	5.2	2.5	20.7	5	limi sabbiosi	0.84	73	2.7	202	46	38	≈28.5						14	758	1149	917		≈2.3E-07	247	
5.00	48	2.40	5.0	2.0	0.20	0.72	0.92	66	5.1	2.5	18.6	5	limi sabbiosi	0.85	63	3.6	226	42	37	≈26.9						14	659	1054	841		≈1.7E-07	237	
5.20	36	1.40	3.9	2.0	0.22	0.74	0.96	48	4.0	2.6	14.1	5	limi sabbiosi	0.86	46	4.0	184	36	36	≈26.8						14	491	802	640		≈1.5E-07	207	
5.40	37	1.53	4.1	2.0	0.24	0.75	0.99	48	4.3	2.6	14.7	5	limi sabbiosi	0.87	46	4.6	211	36	36	≈26.0						14	504	844	674		≈1.3E-07	212	
5.60	19	0.73	3.9	1.9	0.26	0.77	1.03	23	4.1	2.8	8.7	4	argille limose	0.95	23	4.7	108				14.8	1.22	≈28	1.7	11	14	252	553			≈3.0E-08	171	
5.80	13	1.93	14.9	2.0	0.28	0.79	1.07	15	16.2	3.3	8.5	3	argille	1.00	15	11.3	171				19.0	0.63	≈21	0.4	6	14	167	737			≈8.0E-10	198	
6.00	11	1.20	10.9	1.9	0.30	0.81	1.11	12	12.1	3.3	7.1	3	argille	1.00	12	10.9	134				18.1	0.55	≈22	0.6	5	12	121	592			≈8.7E-10	177	
6.20	24	1.20	5.0	1.9	0.32	0.83	1.15	28	5.3	2.8	11.1	4	argille limose	0.96	27	4.8	133				15.5	1.47	≈26	1.3	13	14	320	719			≈2.6E-08	196	
6.40	43	2.20	5.1	2.0	0.34	0.85	1.19	49	5.3	2.6	17.7	4	argille limose	0.89	49	6.6	321				15.5	2.69	≈27	1.3	27	14	585	1053			≈9.0E-08	237	
6.60	46	1.73	3.8	2.0	0.36	0.87	1.23	52	3.9	2.5	17.6	5	limi sabbiosi	0.85	51	3.2	163	38	36	≈28.2						14	627	981	783		≈1.9E-07	228	
6.80	34	1.67	4.9	2.0	0.38	0.89	1.27	37	5.1	2.7	14.7	4	argille limose	0.93	37	4.1	148				15.4	2.12	≈27	1.4	19	14	458	909			≈5.3E-08	220	
7.00	31	0.87	2.8	1.9	0.40	0.90	1.30	33	2.9	2.6	12.3	5	limi sabbiosi	0.88	32	4.8	154	30	34	≈26.4						14	416	701	560		≈1.3E-07	193	
7.20	35	1.07	3.0	1.9	0.42	0.92	1.34	36	3.2	2.6	13.8	5	limi sabbiosi	0.88	36	4.4	160	32	35	≈26.7						14	471	784	626		≈1.4E-07	204	
7.40	115	4.00	3.5	2.1	0.44	0.94	1.38	120	3.5	2.2	36.9	5	limi sabbiosi	0.75	119	1.8	213	58	40	≈30.4						14	1591	1761	1405		≈1.3E-06	306	
7.60	93	3.67	3.9	2.1	0.46	0.97	1.43	95	4.0	2.4	32.0	5	limi sabbiosi	0.80	94	2.1	202	52	39	≈29.7						14	1282	1628	1299		≈6.2E-07	294	
7.80	195	4.67	2.4	2.2	0.48	0.99	1.47	196	2.4	2.0	52.9	6	sabbie	0.66	195	1.3	251	75	43	≈31.7						18	3449	2162	1725		≈8.1E-06	339	
8.00	193	7.67	4.0	2.2	0.50	1.01	1.51	189	4.0	2.2	59.2	9	terre cementate o n.d.	0.73	193	1.6	307	74	43	≈30.2						23	4338	2719	2169		≈2.1E-06	380	
8.20	265	14.07	5.3	2.3	0.52	1.04	1.56	254	5.3	2.2	83.5	9	terre cementate o n.d.	0.75	256	1.7	440	86	44	≈29.1						14	3688	3942	3145		≈1.6E-06	458	
8.40	259	1.80	0.7	2.1	0.54	1.06	1.60	243	0.7	1.5	51.9	6	sabbie	0.48	250	1.0	250	85	44	≈32.9						10	2534	1588	1267		≈2.1E-04	291	

PROVA CPT **n.3**

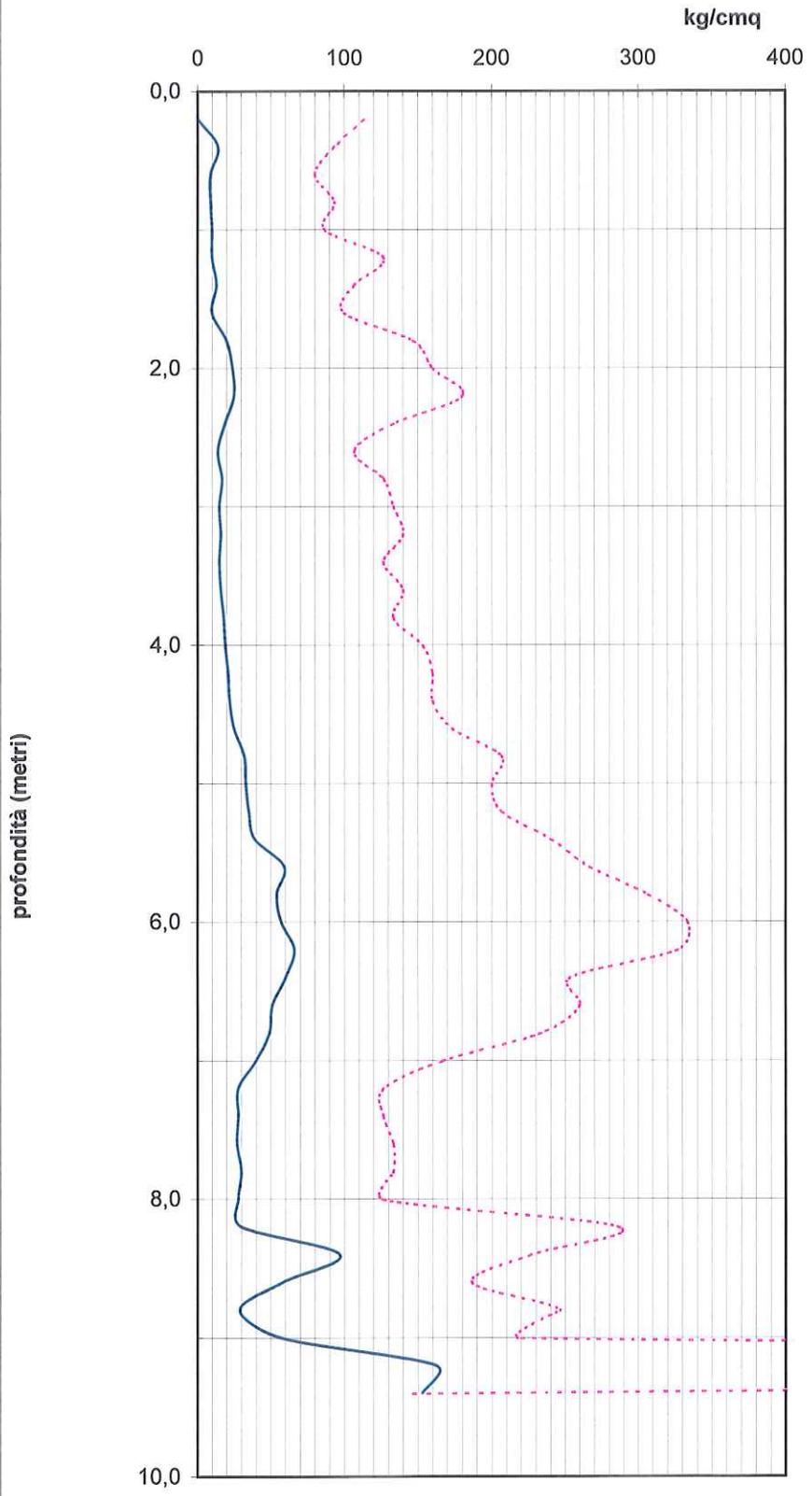
profondità superficie piezometrica: metri **>3,0**

- parametri geotecnici medi -

profondità da m	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	lc -	granulometria (cfr. ROBERTSON 1990)	comportamento prevalente	spessore m	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	N60 colpi/30 cm	Dr %	φp °	φcv °	cu kg/cm ²	φ clay °	St -	OCR cu/cu r	Eed kg/cm ²	Go kg/cm ²	E' kg/cm ²	k m/s	Vs m/s	
0,2		0,67																				
0,4	12	0,73	2,1	terre cementate o n.d.																		
0,6	7	0,80	2,7	terre cementate o n.d.																		
0,8	6	1,00	3,0	argille																		
1,0	9	0,80	2,7	terre cementate o n.d.	coesivo	0,8	9	0,65	3				0,40	≈24	0,60	53	138	203		≈8,9E-07	104	
1,2	17	1,13	2,5	terre cementate o n.d.																		
1,4	22	1,87	2,6	terre cementate o n.d.																		
1,6	25	2,07	2,6	terre cementate o n.d.																		
1,8	23	2,20	2,7	terre cementate o n.d.																		
2,0	23	1,60	2,6	terre cementate o n.d.																		
2,2	25	1,67	2,6	terre cementate o n.d.																		
2,4	18	1,47	2,8	argille limose																		
2,6	26	1,33	2,6	limi sabbiosi																		
2,8	24	1,87	2,8	argille limose																		
3,0	15	1,87	3,1	argille																		
3,2	17	1,53	3,0	argille																		
3,4	17	1,73	3,0	argille																		
3,6	17	1,40	2,9	argille limose																		
3,8	15	2,07	3,2	argille																		
4,0	27	2,07	2,8	argille limose	coesivo	3,0	21	1,72	9				1,15	≈24	0,8	25	284	617		≈6,1E-08	181	
4,2	45	1,80	2,4	limi sabbiosi																		
4,4	50	1,73	2,4	limi sabbiosi																		
4,6	51	2,20	2,5	limi sabbiosi																		
4,8	55	2,80	2,5	limi sabbiosi																		
5,0	48	2,40	2,5	limi sabbiosi																		
5,2	36	1,40	2,6	limi sabbiosi																		
5,4	37	1,53	2,6	limi sabbiosi	incoerente	1,4	46	1,98	17,25	42	37	28,1					632	949	757	≈2,6E-07	224	
5,6	19	0,73	2,8	argille limose																		
5,8	13	1,93	3,3	argille																		
6,0	11	1,20	3,3	argille																		
6,2	24	1,20	2,8	argille limose																		
6,4	43	2,20	2,6	argille limose																		
6,6	46	1,73	2,5	limi sabbiosi																		
6,8	34	1,67	2,7	argille limose	coesivo	1,4	27	1,52	12,18				1,45	≈25	1,1	14	361	792		≈5,6E-08	204	
7,0	31	0,87	2,6	limi sabbiosi																		
7,2	35	1,07	2,6	limi sabbiosi																		
7,4	115	4,00	2,2	limi sabbiosi																		
7,6	93	3,67	2,4	limi sabbiosi																		
7,8	195	4,67	2,0	sabbie																		
8,0	193	7,67	2,2	terre cementate o n.d.																		
8,2	265	14,07	2,2	terre cementate o n.d.																		
8,4	259	1,80	1,5	sabbie	incoerente	1,6	148	4,73	42,82	61	40	29,6					2221	1911	1524	≈2,9E-05	308	

Prova CPT n.4

— qc kg/cmq
- - fs x 100 kg/cmq



CPT n.4

profondità superficie piezometrica: metri >3,0

- parametri geotecnici locali -

profondità	qc	fs	Rf =	γ	uo	ovo'	ovo	Qt1	Fr	lc	N60	Classif di Robertson	n	Qtn	Kc	QtnCS	Dr	φp	φcv	Nk	cu	φ clay	St	OCR	αM	Eed	Go	E'	K	Vs		
m	kg/cmq	kg/cmq	100xts/qc	t/mc	t/mq	kg/cmq	kg/cmq	-	%	-	colpi/30 cm	n.	descrizione	-	-	-	-	%	°	°	-	kg/cmq	°	cu/cu r	-	-	kg/cmq	kg/cmq	kg/cmq	m/s	m/s	
0.20	0	1.13			0.00	0.00	0.00																									
0.40	14	0.93	6,7	1,9	0,00	0,02	0,02	747	6,7	2,1	4,2	9	terre cementate o n.d.	0,66	195	1,5	295	75	43	≈30,6					21	298	187	149	≈3,0E-06	100		
0.60	9	0.80	8,9	1,8	0,00	0,06	0,06	160	8,9	2,5	3,4	9	terre cementate o n.d.	0,81	93	3,1	284	51	39	≈27,3					14	125	194	155	≈2,1E-07	102		
0.80	9	0.93	10,4	1,9	0,00	0,09	0,09	96	10,5	2,7	3,8	9	terre cementate o n.d.	0,88	72	9,5	686									14	125	241		≈6,0E-08	113	
1.00	10	0.87	8,7	1,8	0,00	0,13	0,13	76	8,8	2,7	4,3	9	terre cementate o n.d.	0,88	59	9,2	548									14	138	266		≈6,2E-08	119	
1.20	10	1.27	12,7	1,9	0,00	0,17	0,17	59	12,9	2,9	4,9	4	argille limose	0,96	55	5,5	302									14	138	341		≈1,5E-08	135	
1.40	13	1.07	8,2	1,9	0,00	0,20	0,20	62	8,3	2,7	5,7	9	terre cementate o n.d.	0,90	53	4,1	219									14	179	360		≈4,9E-08	138	
1.60	10	1.00	10,0	1,9	0,00	0,24	0,24	40	10,2	2,9	4,9	4	argille limose	0,97	39	5,8	223									14	137	349		≈1,3E-08	136	
1.80	20	1.47	7,3	1,9	0,00	0,28	0,28	70	7,4	2,6	8,3	9	terre cementate o n.d.	0,87	60	7,3	438									14	276	507		≈8,0E-08	164	
2.00	24	1.60	6,7	2,0	0,00	0,32	0,32	74	6,8	2,6	9,7	9	terre cementate o n.d.	0,86	63	5,4	341									14	332	574		≈1,1E-07	175	
2.20	25	1.80	7,2	2,0	0,00	0,36	0,36	69	7,3	2,6	10,4	9	terre cementate o n.d.	0,88	61	7,3	443									14	345	634		≈8,0E-08	184	
2.40	19	1.33	7,0	1,9	0,00	0,40	0,40	47	7,2	2,7	8,4	4	argille limose	0,92	43	4,4	189									14	260	543		≈4,0E-08	170	
2.60	14	1.07	7,6	1,9	0,00	0,44	0,44	31	7,9	2,9	6,8	4	argille limose	0,97	30	5,7	172									14	190	478		≈1,4E-08	159	
2.80	17	1.27	7,5	1,9	0,00	0,47	0,47	35	7,7	2,9	8,1	4	argille limose	0,96	34	5,3	178									14	231	552		≈1,9E-08	171	
3.00	15	1.33	8,9	1,9	0,00	0,51	0,51	28	9,2	3,0	7,7	3	argille	1,00	28	6,5	183									14	203	563		≈8,0E-09	173	
3.20	16	1.40	8,8	1,9	0,02	0,53	0,53	29	9,1	3,0	8,2	3	argille	1,00	29	6,3	184									14	216	590		≈9,0E-09	177	
3.40	15	1.27	8,4	1,9	0,04	0,55	0,55	26	8,8	3,0	7,7	3	argille	1,00	26	6,5	172									14	202	566		≈7,7E-09	173	
3.60	16	1.40	8,8	1,9	0,06	0,57	0,57	27	9,1	3,0	8,3	3	argille	1,00	27	6,6	178									14	215	605		≈7,6E-09	179	
3.80	18	1.33	7,4	1,9	0,08	0,59	0,59	30	7,7	2,9	8,8	4	argille limose	0,99	29	5,7	168									14	243	617		≈8,0E-08	181	
4.00	19	1.53	8,1	1,9	0,10	0,60	0,60	30	8,4	2,9	9,5	4	argille limose	0,99	30	5,9	179									14	256	668		≈1,2E-08	188	
4.20	21	1.60	7,6	2,0	0,12	0,62	0,62	33	7,9	2,9	10,2	4	argille limose	0,98	32	5,5	179									14	284	703		≈1,5E-08	193	
4.40	22	1.60	7,3	2,0	0,14	0,64	0,64	33	7,5	2,9	10,5	4	argille limose	0,97	33	5,4	175									14	297	718		≈1,8E-08	195	
4.60	25	1.73	6,9	2,0	0,16	0,66	0,66	37	7,2	2,8	11,6	4	argille limose	0,96	36	4,9	178									14	339	772		≈2,4E-08	203	
4.80	32	2.07	6,5	2,0	0,18	0,68	0,68	46	6,6	2,7	14,0	4	argille limose	0,92	44	4,2	187									14	436	887		≈4,5E-08	217	
5.00	33	2.00	6,1	2,0	0,20	0,70	0,90	46	6,2	2,7	14,3	4	argille limose	0,92	44	4,1	180									14	449	891		≈5,3E-08	218	
5.20	35	2.07	5,9	2,0	0,22	0,72	0,94	47	6,1	2,7	15,0	4	argille limose	0,91	46	9,6	439									14	477	924		≈5,9E-08	222	
5.40	39	2.40	6,2	2,0	0,24	0,74	0,98	51	6,3	2,7	16,6	4	argille limose	0,91	50	8,9	446									14	532	1018		≈6,4E-08	233	
5.60	59	2.67	4,5	2,1	0,26	0,76	1,02	76	4,6	2,5	21,8	5	limi sabbiosi	0,83	73	2,6	188	46	38	≈28,9						14	812	1181	942	≈2,9E-07	251	
5.80	54	3.07	5,7	2,1	0,28	0,78	1,06	68	5,8	2,6	21,4	5	limi sabbiosi	0,87	65	4,5	298	43	38	≈25,3						14	741	1239	989	≈1,3E-07	257	
6.00	57	3.33	5,8	2,1	0,30	0,80	1,10	70	6,0	2,6	22,6	5	limi sabbiosi	0,87	68	4,6	312	44	38	≈25,1						14	783	1312	1047	≈1,3E-07	264	
6.20	66	3.27	4,9	2,1	0,32	0,83	1,15	79	5,0	2,5	24,7	5	limi sabbiosi	0,84	76	2,7	205	47	38	≈28,6						14	908	1358	1083	≈2,5E-07	269	
6.40	60	2.53	4,2	2,0	0,34	0,85	1,19	69	4,3	2,5	22,2	5	limi sabbiosi	0,83	68	2,6	176	44	38	≈29,0						14	823	1205	961	≈2,8E-07	253	
6.60	51	2.60	5,1	2,0	0,36	0,87	1,23	57	5,2	2,6	20,4	5	limi sabbiosi	0,88	56	4,9	278	40	37	≈25,0						14	697	1184	944	≈1,2E-07	251	
6.80	49	2.33	4,8	2,0	0,38	0,89	1,27	54	4,9	2,6	19,5	5	limi sabbiosi	0,88	53	4,8	257	39	37	≈25,3						14	668	1131	903	≈1,3E-07	245	
7.00	40	1.67	4,2	2,0	0,40	0,91	1,31	43	4,3	2,6	16,3	4	argille limose	0,89	42	5,9	247									14	542	952		≈1,0E-07	225	
7.20	28	1.27	4,5	1,9	0,42	0,93	1,35	29	4,8	2,8	12,6	4	argille limose	0,95	29	4,5	129									14	373	796		≈3,5E-08	206	
7.40	28	1.27	4,5	1,9	0,44	0,95	1,39	28	4,8	2,8	12,6	4	argille limose	0,95	28	4,6	128									14	373	802		≈3,3E-08	206	
7.60	27	1.33	4,9	1,9	0,46	0,97	1,43	26	5,2	2,8	12,5	4	argille limose	0,97	26	4,9	131									14	358	816		≈2,4E-08	208	
7.80	30	1.33	4,4	1,9	0,48	0,98	1,46	29	4,7	2,8	13,4	4	argille limose	0,95	29	4,4	128									14	400	843		≈3,7E-08	212	
8.00	28	1.27	4,5	1,9	0,50	1,00	1,50	26	4,8	2,8	12,8	4	argille limose	0,96	26	4,7	125									14	371	820		≈2,9E-08	209	
8.20	30	2.87	9,6	2,0	0,52	1,02	1,54	28	10,1	3,0	15,8	3	argille	1,00	28	6,8	190									14	398	1155		≈6,4E-09	248	
8.40	97	2.27	2,3	2,1	0,54	1,04	1,58	91	2,4	2,2	30,1	5	limi sabbiosi	0,74	92	1,7	153	51	39	≈31,5						23	2211	1386	1106	≈1,9E-06	271	
8.60	58	1.87	3,2	2,0	0,56	1,06	1,62	53	3,3	2,5	21,4	5	limi sabbiosi	0,84	54	2,6	139	39	37	≈29,5						14	789	1151	918	≈2,9E-07	247	
8.80	29	2.47	8,5	2,0	0,58	1,08	1,66	25	9,0	3,0	15,2	3	argille	1,00	25	6,8	171									14	383	1101		≈6,7E-09	242	
9.00	57	2.20	3,9	2,0	0,60	1,10	1,70	50	4,0	2,5	22,1	5	limi sabbiosi	0,87	51	3,6	184	38	36	≈27,4						14	774	1239	989	≈1,7E-07	257	
9.20	162	25,40	15,7	2,4	0,62	1,13	1,75	142	15,9	2,8	72,3	9	terre cementate o n.d.	0,96	143	4,4	631									14	2244	4726		≈3,8E-08	501	
9.40	153	1,40	0,9	2,0	0,64	1,15	1,79	131	0,9	1,8	36,7	6	sabbie	0,59	139	1,1	154	63	41	≈33,4						14	2118	1327	1059	≈3,0E-05	266	

PROVA CPT **n.4**

profondità superficie piezometrica: metri >3,0

- parametri geotecnici medi -

profondità da m	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	lc -	granulometria (cfr. ROBERTSON 1990)	comportamento prevalente	spessore m	qc kg/cm ²	fs kg/cm ²	N60 colpi/30 cm	Dr %	φp °	φcv °	cu kg/cm ²	φ clay °	St -	OCR cu/cu r	Eed kg/cm ²	Go kg/cm ²	E' kg/cm ²	k m/s	Vs m/s	
0,2		1,13																				
0,4	14	0,93	2,1	terre cementate o n.d.																		
0,6	9	0,80	2,5	terre cementate o n.d.																		
0,8	9	0,93	2,7	terre cementate o n.d.																		
1,0	10	0,87	2,7	terre cementate o n.d.																		
1,2	10	1,27	2,9	argille limose																		
1,4	13	1,07	2,7	terre cementate o n.d.																		
1,6	10	1,00	2,9	argille limose	coesivo	1,4	11	0,85	4				0,59	≈24	0,7	39	163	277		≈4,9E-07	120	
1,8	20	1,47	2,6	terre cementate o n.d.																		
2,0	24	1,60	2,6	terre cementate o n.d.																		
2,2	25	1,80	2,6	terre cementate o n.d.																		
2,4	19	1,33	2,7	argille limose																		
2,6	14	1,07	2,9	argille limose																		
2,8	17	1,27	2,9	argille limose																		
3,0	15	1,33	3,0	argille																		
3,2	16	1,40	3,0	argille																		
3,4	15	1,27	3,0	argille																		
3,6	16	1,40	3,0	argille																		
3,8	18	1,33	2,9	argille limose																		
4,0	19	1,53	2,9	argille limose																		
4,2	21	1,60	2,9	argille limose																		
4,4	22	1,60	2,9	argille limose																		
4,6	25	1,73	2,8	argille limose																		
4,8	32	2,07	2,7	argille limose																		
5,0	33	2,00	2,7	argille limose																		
5,2	35	2,07	2,7	argille limose																		
5,4	39	2,40	2,7	argille limose	coesivo	3,8	22	1,59	10,21				1,32	≈25	0,9	22	304	674		≈3,6E-08	188	
5,6	59	2,67	2,5	limi sabbiosi																		
5,8	54	3,07	2,6	limi sabbiosi																		
6,0	57	3,33	2,6	limi sabbiosi																		
6,2	66	3,27	2,5	limi sabbiosi																		
6,4	60	2,53	2,5	limi sabbiosi																		
6,6	51	2,60	2,6	limi sabbiosi																		
6,8	49	2,33	2,6	limi sabbiosi	incoerente	1,4	57	2,83	21,80	43	38	26,7				776	1230	981	≈1,9E-07	256		
7,0	40	1,67	2,6	argille limose																		
7,2	28	1,27	2,8	argille limose																		
7,4	28	1,27	2,8	argille limose																		
7,6	27	1,33	2,8	argille limose																		
7,8	30	1,33	2,8	argille limose																		
8,0	28	1,27	2,8	argille limose																		
8,2	30	2,87	3,0	argille	coesivo	1,4	30	1,57	13,71				1,85	≈27	1,4	15	402	883		≈3,8E-08	216	
8,4	97	2,27	2,2	limi sabbiosi																		
8,6	58	1,87	2,5	limi sabbiosi																		
8,8	29	2,47	3,0	argille																		
9,0	57	2,20	2,5	limi sabbiosi																		
9,2	162	25,40	2,8	terre cementate o n.d.																		
9,4	153	1,40	1,8	sabbie	incoerente	1,2	93	5,93	32,96	48	38	30,5					1420	1822	1018	≈5,5E-06	297	

**PARCO SOLARE FOTOVOLTAICO
DA 7,41 MW**

CASCINA AGAZZARA – STRADA SP 37

PROVA HVSR
validazione curva H/V secondo
criteri **SESAME**

Tabella parametri picchi stratigrafici da spettro H/V delle onde di Rayleigh e Love V1

Criteria SESAME (2005) per una curva H/V attendibile S1: $f_p > 10/L_w$ - S2: $L_w \times N_w \times f_p > 200$ - S3: $s_a < 2$ per $0.5f_p < f < 2f_p$

LEGENDA: L_w =lunghezza della finestra (s) - N_w =n. finestre - f_p (Hz)=frequenza del picco stratigrafico - s_a =deviazione standard

N.	fz(Hz)	H/V	Kg	H1(m)	H2(m)	H3(m)	S1	S2	S3
1	2,45	2,81	3,21	16,4	9,55	8,08	Sì	Sì	Sì
2	5,06	2,32	1,07	6,25	3,64	3,08	Sì	Sì	Sì
3	6,48	2,12	0,69	4,49	2,62	2,22	Sì	Sì	Sì
4	12,8	1,54	0,19	1,81	1,06	0,89	Sì	Sì	Sì
5	37,87	1,95	0,1	0,43	0,25	0,21	Sì	Sì	Sì
6	44,96	1,96	0,09	0,34	0,2	0,17	Sì	Sì	Sì
7	51,09	1,97	0,08	0,29	0,17	0,14	Sì	Sì	Sì
8	70,03	2,03	0,06	0,19	0,11	0,09	Sì	Sì	Sì
9	78,5	1,98	0,05	0,16	0,09	0,08	Sì	Sì	Sì

**PARCO SOLARE FOTOVOLTAICO
DA 7,41 MW**

CASCINA AGAZZARA – STRADA SP 37

**RAPPORTO DI
PROVA
MASW**

winMASW 4.1.1 Pro - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curveswin - Inversion of Surface-Wave Dispersion Curves

Main results MASW Sarmato_loc. Agazzara

Date: 25 3 2021

Time: 15 35

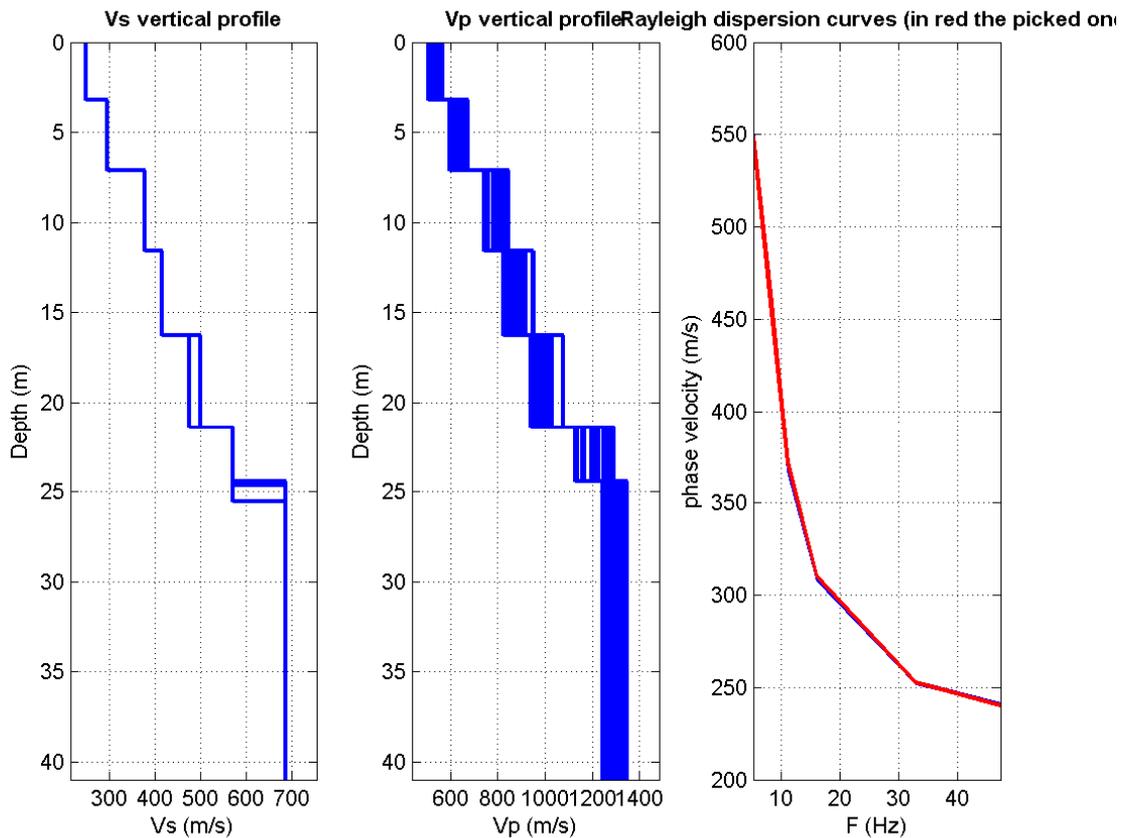
Dataset: -10a.SG2

Spazio geofoni: 2m

Considered dispersion curve: model.cdp

Mean model

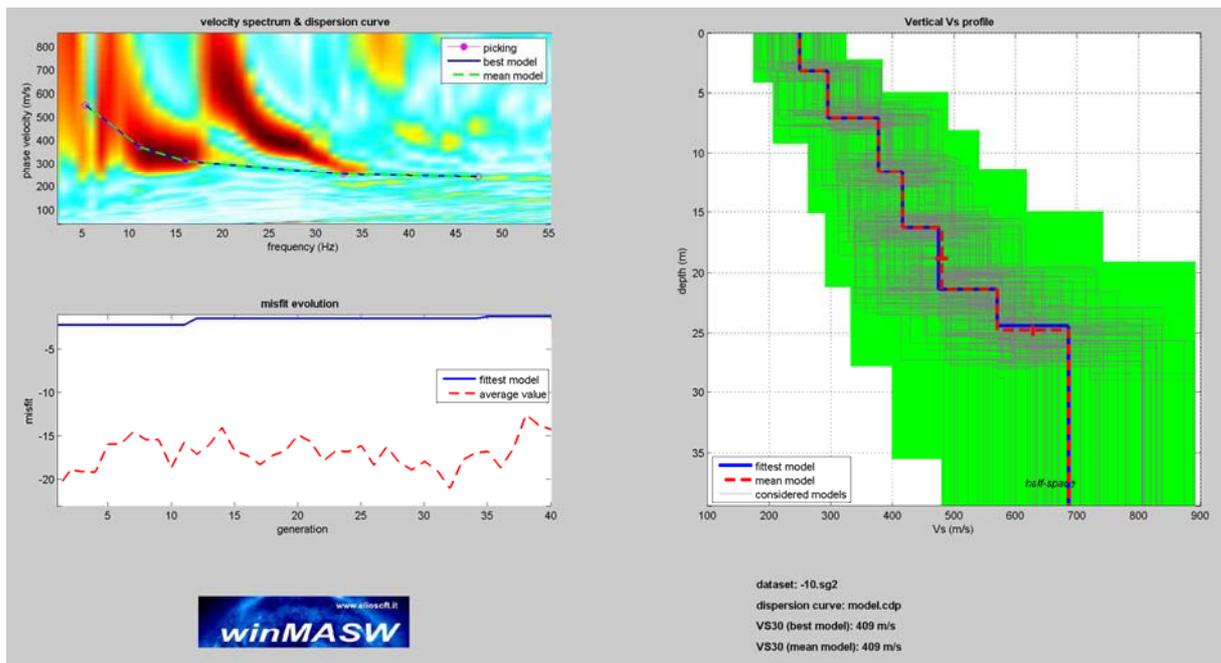
Vs (m/s):	250, 295, 377, 416, 480, 570, 685
Thickness (m):	3.2, 3.9, 4.5, 4.7, 5.1, 3.4,
Standard deviations (m/s):	0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.4
Density (gr/cm3):	1.90, 1.95, 1.99, 2.02, 2.05, 2.10 2.12
Shear modulus (MPa):	119, 169, 283, 349, 472, 683, 993



Analysis: Rayleigh Waves

Approximate values for Vp and elastic moduli

Vp (m/s):	539, 639, 781, 858, 974, 1225, 1290
Poisson:	0.36, 0.36, 0.35, 0.35, 0.34, 0.36, 0.30
Bulk modulus (MPa):	395, 569, 838, 1019, 1313, 2245, 2197
Young's modulus (MPa):	324, 462, 764, 940, 1264, 1861, 2588
Lamé (MPa):	315, 456, 649, 787, 999, 1789, 1535



VS30 (m/s): 409

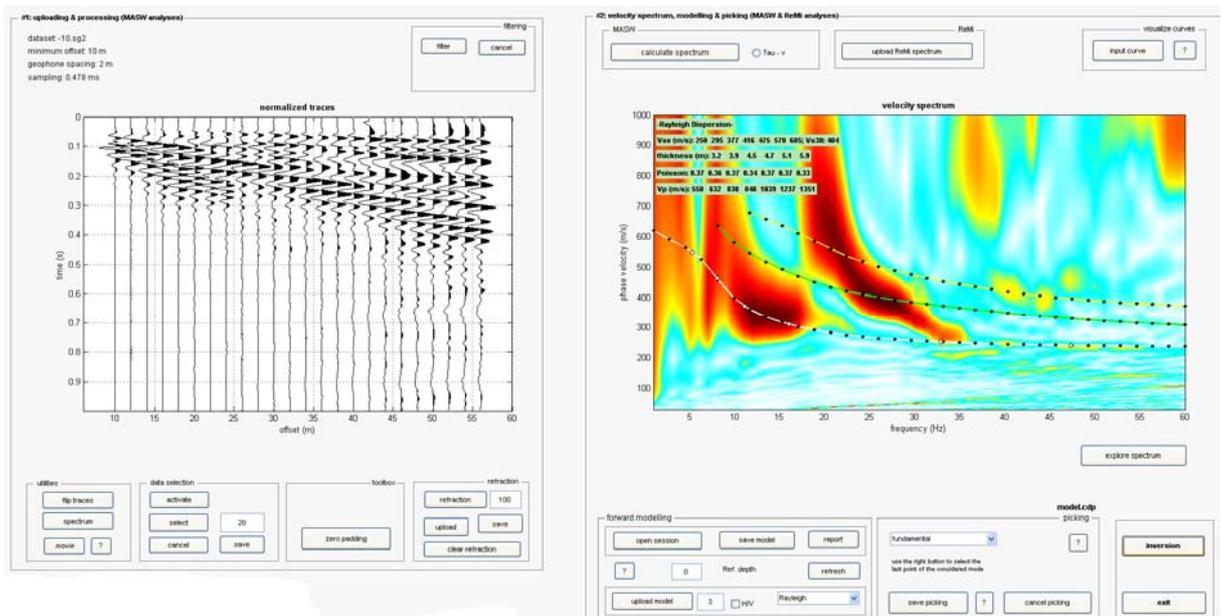
Possible Soil Type: B

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n° 29 del 04/02/2008):

- A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.
- B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
- D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale

miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e cu30 < 70 kPa nei terreni a grana fina).

- E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).
- S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero $10 < cu_{S30} < 20$ kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.
- S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.



**PARCO SOLARE FOTOVOLTAICO
DA 7,41 MW**

CASCINA AGAZZARA – STRADA SP 37

**AUTORIZZAZIONE
CAVA BUGLIONE**

- DA NOTIFICARE
- DA PUBBLICARE

COMUNE DI SARMATO
Provincia di Piacenza

UFFICIO TECNICO

Data 30 aprile 2003

Prot.n.2354/2002 c.p.



AUTORIZZAZIONE ALLA COLTIVAZIONE DI CAVA

Legge Regionale 18.07.1991 nr.17

IL RESPONSABILE U.T.C.
Geom. Rabeschi Alfio

VISTO che la Ditta PEVERI ANGELO con sede in Sarmato (PC), Via Emilia Pavese nr.10 P.I.V.A.:00935380337 in data 17.04.2002 con Prot.nr.2354 di ricezione ha presentato al Comune domanda tendente ad ottenere l'autorizzazione alla coltivazione della cava, per l'estrazione di argilla;

VISTO che l'area oggetto dell'attività estrattiva è ricompresa nella zonizzazione denominata «L'Agazzara» identificata dall'All.nr.6 del P.A.E del Comune di Sarmato approvato con Delibera C.C. nr.52 del 17.07.2000;

VISTO che la stessa area è identificata al Catasto Terreni del Comune al Foglio 19 mappali 45 (parte) e 46 (parte) Foglio 20 mappali 11 (parte), 21 (parte), 24 e al Foglio 21 mappali 4, 5, 6, 7, 8, e confina a Sud-Nord con stesse proprietà Prati e con il canale di proprietà del Consorzio di Bonifica Bacini Tidone-Trebbia; a Ovest con stesse proprietà Prati e ragioni Bertè e ragioni Cassinelli; a Est con il canale di proprietà del Consorzio di Bonifica Bacini Tidone - Trebbia e con la strada Provinciale Borgonovo - Sarmato;

VISTA la disponibilità dei suoli interessati dall'esercizio di cava deriva da contratto di affitto stipulato con il Sig. Prati Paolo in data 30.11.2002 registrato al repertorio nr.2354 in data 19.12.2002;

VISTO che contestualmente alla domanda è stato presentato il piano di coltivazione della cava ed il relativo progetto di sistemazione della zona, durante ed al termine dell'attività;

VISTO che tali atti progettuali prevedono, sia l'esecuzione delle opere necessarie ad allacciare la cava alle strade pubbliche, sia di quelle atte ad evitare e prevenire danni ad altri beni pubblici e/o privati e/o attività;

VISTO che la documentazione tecnica ed amministrativa presentata a corredo della domanda risulta conforme a quanto previsto all'art.13 della L.R.17/91 ed alle specifiche disposizioni di cui all'art. V.05 delle norme di attuazione del PAE in argomento;

VISTO che la competente Commissione Tecnica ha esaminato, ai sensi della L.R.17/91, la domanda di cui sopra, con i relativi allegati tecnici amministrativi nella seduta del 08.07.2002 esprimendo il proprio avviso con parere nr.159/02

VISTO che la proposta della convenzione è stata approvata dalla Giunta Comunale con atto nr.29 del 15.03.2003;

VISTO che in data 01.04.2003 è stata sottoscritta la Convenzione per attività estrattiva ai sensi della Legge Regionale 18.07.1991 nr.17 registrata presso l'Agenzia delle Entrate - Ufficio di Piacenza in data 16.04.2003 al nr.3099 Mod.3, che si allega in copia fotostatica quale parte integrante e sostanziale;

ACCERTATO che il richiedente ha titolo per richiedere la suddetta autorizzazione come risulta dalla documentazione esibita.



VISTI gli elaborati tecnici ed amministrativi ivi allegati;

VISTE le vigenti leggi urbanistiche;

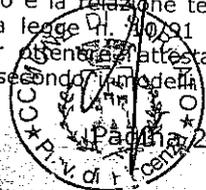
AUTORIZZA

Alla Ditta PEVERI ANGELO con sede in Sarmato (PC), Via Emilia Pavese nr.10 P.I.V.A.:00935380337 in qualità di esercente all'esecuzione dei primi due lotti della cava di cui trattasi, sotto l'osservanza delle vigenti disposizioni in materia di edilizia e di urbanistica, di igiene, di polizia locale, di circolazione, di sicurezza dei lavoro ed in conformità al progetto presentato e secondo la perfetta regola d'arte, nonché alle prescrizioni della Convenzione sottoscritta e prima citata.

Le opere dovranno essere ultimate entro la data del 30.04.2008.

PRESCRIZIONI GENERALI

- 1) Nel corso dei lavori dovranno applicarsi tutte le norme sulla prevenzione degli infortuni sul lavoro.
- 2) I diritti dei terzi devono essere salvati, riservati e rispettati in ogni fase dell'esecuzione dei lavori.
- 3) In corso d'opera potranno solo apportarsi quelle varianti conformi agli strumenti urbanistici, ai sensi dell'art. 15 della legge 28 febbraio 1985, n. 47, che, comunque, dovranno essere autorizzate prima dell'ultimazione dei lavori. Le varianti che comportino modifiche della sagoma, delle superfici utili e delle destinazioni d'uso delle unità immobiliari, nonché il numero di queste ultime e sempreché non si tratti di immobili vincolati ai sensi delle leggi 1 giugno 1939, n.1089 e 29 giugno 1939, n.1497 ed inoltre che non riguardino interventi di restauro così come definiti dall'art. 31 lett. c) della legge 5 agosto 1978, n. 457, dovranno essere preventivamente concesse dal Comune.
- 4) Dovranno essere osservate le norme e disposizioni sulle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a strutture metalliche di cui alla legge 5 novembre 1971, n. 1086; al D.M. 14 febbraio 1992 (G.U. 18 marzo 1992, n. 65 S.O.); al D.M. 9 gennaio 1996 (S.O. n. 19 - G.U. n. 29 del 5-2-1996) ed alla circolare del Ministero dei Lavori Pubblici 15 ottobre 1996, n. 252 AA.GG./ S.T.C. (S.O. G.U. n. 277 del 26-11-1996, n. 207) nonché al D.P.R. 22 aprile 1994, n. 425 (G.U. 1-7-1994, n. 152) e in particolare:
 - a) il costruttore dovrà presentare denuncia al Comune prima di iniziare le opere in cemento armato con allegato la dichiarazione del collaudatore designato, che attesta l'accettazione dell'incarico di collaudo;
 - b) il concessionario dovrà presentare al Sindaco, al termine dei lavori, il certificato di collaudo delle opere, onde ottenere l'abitabilità o l'agibilità, ai sensi dell'art. 4, comma 1, del D.P.R. 22 aprile 1994 n. 425.
- 5) Deve essere esposta all'esterno del cantiere, ben visibile al pubblico prima dell'inizio dei lavori, una tabella recante numero, data e titolare dell'autorizzazione, l'oggetto dei lavori, l'intestazione della ditta esecutrice, le generalità del progettista, del direttore e dell'assistente dei lavori e ad ogni richiesta del personale di vigilanza o controllo deve essere esibita la autorizzazione edilizia e le varianti se ve ne sono. Tale personale ha libero accesso al cantiere e ad esso dovrà essere prestata tutta l'assistenza richiesta.
- 6) La Ditta intestataria della presente concessione, a picchettazione avvenuta e prima di dare inizio allo scavo delle fondazioni, allineamenti stradali e delle distanze dai confini di proprietà.
- 7) Qualora non siano stati indicati nella domanda di concessione il nominativo e l'indirizzo dell'impresa esecutrice dei lavori e quelli del direttore delle opere, come di regola deve avvenire, la Ditta è tenuta egualmente a segnalarli per iscritto all'ufficio tecnico comunale, prima dell'inizio dei lavori.
- 8) Nel caso di sostituzione dell'impresa esecutrice o del direttore dei lavori, il titolare della concessione dovrà darne immediata notizia segnalando i nuovi nominativi.
- 9) In tutte le opere per le quali è richiesto un tecnico progettista, è tassativamente obbligatoria la continuità della direzione lavori da parte di un tecnico iscritto al rispettivo albo professionale nei limiti di competenza.
- 10) Il Direttore dei lavori è tenuto a comunicare, per iscritto, entro 5 giorni, l'avvenuto inizio dei lavori.
- 11) La verifica per l'inizio dei lavori, nei casi previsti al n. 5, non potrà avere luogo se prima il costruttore non avrà effettuato la denuncia delle opere in cemento armato, conformemente all'art. 4 della legge 5 novembre 1971, n. 1086 e all'art. 2 del D.P.R. 22 aprile 1994, n. 425.
- 12) Nelle manomissioni del suolo pubblico, che devono essere sempre esplicitamente e regolarmente autorizzate, si dovranno usare speciali cautele onde rimuovere ogni eventualità di danno agli impianti dei servizi pubblici e, in presenza di tali impianti, si dovrà immediatamente darne avviso all'ufficio comunale competente.
- 13) Non è consentito ingombrare le vie e gli spazi pubblici. Occorrendo l'occupazione di tali vie e spazi, deve essere richiesta l'apposita autorizzazione all'ufficio comunale competente, con riserva di revoca qualora il Comune lo ritenesse necessario per esigenze di pubblico interesse. Le aree così occupate dovranno essere restituite nel pristino stato a lavoro ultimato o anche prima, quando i lavori venissero abbandonati o sospesi per più di un mese.
- 14) Il luogo dei lavori deve essere chiuso, lungo i lati prospicienti vie e spazi pubblici, con assito o muretto. Gli assiti e muretti dovranno essere di aspetto decoroso, alti almeno m. 2,50, dipinti a strisce bianche e rosse per tutta l'altezza e muniti di rifrangenti. Ogni angolo sporgente dovrà essere munito di lanterna a vetri rossi che dovrà restare accesa dall'ora corrispondente al tramonto a quella corrispondente al sorgere del sole.
- 15) Ai sensi della legge 9 gennaio 1991, n. 10 recante "Norme in materia di uso razionale dell'energia e per il contenimento del consumo di energia negli edifici" e delle relative norme attuative (D.P.R. 26 agosto 1993, n. 412) ed in particolare ai sensi degli artt. 26 e 28 della stessa legge, il proprietario o chi ne ha titolo deve depositare il progetto e la relazione tecnica, insieme alla denuncia dell'inizio dei lavori, relativi alle opere di cui agli articoli 25 e 26 della legge n. 40/91 (quali l'installazione dell'impianto termico o i lavori per la realizzazione dell'isolamento termico), per ottenere l'attestazione dell'avvenuto deposito da parte degli uffici comunali. La relazione tecnica deve essere redatta secondo il modello - tipo



approvati con Decreto del Ministero dell'Ind. Comm. e Artt. 13 dicembre 1993 (G.U. n. 297 del 2012-1993) e deve essere depositata in Comune secondo le modalità previste con Circolare 13 dicembre 1993, n. 231/F dello stesso Ministero (G.U. n. 297 del 20-12-1993).

- 16) Dovranno essere osservate le Leggi Nazionali e Regionali vigenti in materia di disciplina delle acque di rifiuto;
- 17) Per gli allacci alle pubbliche reti delle fognature e degli acquedotti comunali, dovrà essere presentata dagli interessati regolare, preventiva richiesta; i relativi lavori potranno essere iniziati solo dopo intervenuta l'autorizzazione comunale, previo versamento dei prescritti contributi regolamentari e delle eventuali cauzioni, a garanzia del ripristino delle proprietà comunali.
Le cauzioni, versate al Comune per occupazione di suolo pubblico e per gli allacci idrici e fognario, saranno restituite, a norma del regolamento, previo benessere dell'U.T.C., che accerterà l'avvenuta restituzione in pristino dello stato delle proprietà comunali interessate.
- 18) Nel corso della costruzione dovranno adottarsi tutte le cautele (nell'osservanza delle vigenti disposizioni di legge e regolamentari) e tutte le precauzioni allo scopo di evitare incidenti e danni alle cose ed alle persone e di ovviare, per quanto possibile, i disagi che i lavori possono arrecare ai terzi comunque interessati.
L'impiego di mezzi d'opera rumorosi, o comunque molesti per la quiete e l'igiene pubblica, dovrà essere ridotto al tempo strettamente indispensabile e comunque limitato nell'orario stabilito dalle vigenti norme regolamentari.
- 19) La domanda di abitabilità o agibilità di quanto edificato, deve essere proposta all'Ufficio Tecnico Comunale, allegando a questa il certificato di collaudo delle opere edili, la dichiarazione presentata per l'iscrizione al catasto dell'immobile, restituita dagli uffici catastali con l'attestazione dell'avvenuta presentazione e la dichiarazione del direttore lavori che certifichi, sotto la propria responsabilità, la conformità di quanto realizzato rispetto al progetto approvato, l'avvenuta prosciugatura dei muri e la salubrità degli ambienti, ai sensi del D.P.R. 22 aprile 1994, n. 425. Inoltre alla richiesta andrà allegata anche la dichiarazione di conformità o il certificato di collaudo degli impianti installati, ove previsto, salvo quanto disposto dalle leggi vigenti, ai sensi dell'art. 11 della legge 5 marzo 1990, n. 46. Nel caso gli uffici comunali lo ritenessero necessario, verrà richiesta l'ulteriore documentazione prevista dalle leggi e dai regolamenti vigenti.
- 20) Il Concessionario, il Direttore dei lavori e l'Esecutore dei medesimi, sono responsabili di ogni inosservanza così delle norme di Legge e dei Regolamenti comunali, come delle modalità esecutive fissate nella presente concessione, ai sensi dell'art. 6 della Legge 28-2-1985, n. 47. L'inosservanza del progetto approvato e delle relative varianti, comporta l'applicazione delle sanzioni penali e amministrative di cui alla vigente legislazione in materia urbanistica.
- 21) Eventuali servizi di pubblica utilità esistenti sul lotto da edificare dovranno essere spostati a cura e spese del Concessionario.
- 22) L'eventuale previsione nel progetto allegato di locali ad uso commerciale non implica automaticamente il rilascio dell'autorizzazione commerciale, che dovrà essere subordinata al rispetto del relativo piano del commercio comunale vigente.
- 23) È fatto obbligo, infine, di rispettare le prescrizioni di cui:
 - a) al D.M. 16 maggio 1987, n. 246, recante "Norme di sicurezza antincendi per gli edifici di civile abitazione" pubblicato sulla G.U. n. 148 del 27 giugno 1987, nonché tutte le norme vigenti relative al servizio antincendi;
 - b) al D.M. 20 novembre 1987 (G.U. n. 285 del 5 dicembre 1987, S.O.) recante "Norme tecniche per la progettazione, esecuzione e collaudo degli edifici in muratura e per il loro consolidamento";
 - c) alla legge 9 gennaio 1989, n. 13 come modificata dalla legge 27 febbraio 1989, n. 62 ed al D.M. 14 giugno 1989, n. 236 (G.U. n. 145 del 23 giugno 1989, S.O.) recante "Disposizioni per favorire il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici privati" nonché alla legge-quadro 5 febbraio 1992, n. 104;
 - d) alla legge 5 marzo 1990, n. 46 (G.U. n. 59 del 12 marzo 1990) recante "Norme per la sicurezza degli impianti", in particolare in conformità agli artt. 1, 2, 6, 7, 9, 10, 11 se e in quanto applicabili e al relativo regolamento di attuazione approvato con D.P.R. 6 dicembre 1991, n. 447 (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1992);
 - e) al D.P.C.M. 1° marzo 1991 (G.U. n. 57 dell'8 marzo 1991) recante "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno" e alla legge 26 ottobre 1995, n. 447 (G.U. n. 254 del 30 ottobre 1995) "legge-quadro sull'inquinamento acustico";
 - f) al D. Lgs. 15 agosto 1991, n. 277, il quale prescrive per l'interessato richiedente la concessione (datore di lavoro) che nel caso si debba demolire o rimuovere l'amianto presente nelle strutture dell'edificio esistente sul quale si interviene con la presente concessione, si dovrà predisporre e trasmettere all'Ente Sanitario competente, il piano di lavoro per la bonifica dell'amianto stesso, ai sensi dell'art. 34 del D. Lgs. n. 277/91 e delle ulteriori norme specifiche aventi attinenza in materia;
- 24) Il rilascio dell'autorizzazione non vincola il Comune in ordine a lavori che il Comune stesso intendesse eseguire per migliorare i propri servizi (viabilità, illuminazione, fognature, impianto idrico ecc.) in conseguenza dei quali non potranno essere pretesi compensi o indennità salvo quanto previsto dalle leggi e regolamenti.
- 25) Altre prescrizioni particolari:

TUTTE QUELLE CONTENUTE NELLA CONVENZIONE SOTTOSCRITTA IN DATA 01.04.2003 PRIMA CITATA.

IL RESPONSABILE U.T.C.
Geom. Alfio Rabeschi



EVENTUALE VOLTURA DELLA AUTORIZZAZIONE

Vista la domanda presentata in data _____ con nr. _____ di Protocollo generale del Comune, la presente Autorizzazione Edilizia viene volturata a _____ residente in _____ (_____) Via _____, nr. _____ C.F. _____ a seguito di _____ con n. _____ di repertorio del Notaio _____ con studio in _____ (_____) Via _____, nr. _____ Data, _____

IL RESPONSABILE U.T.C.
Geom. Alfio Rabeschi

Il sottoscritto dichiara di aver ritirato oggi _____ l'originale della presente AUTORIZZAZIONE ALLA COLTIVAZIONE DI CAVA con n. _____ allegati e di obbligarsi all'osservanza di tutte le condizioni e prescrizioni cui il rilascio stesso è stato subordinato.

IL DICHIARANTE

(firma leggibile)

