



COMUNE DI FIORANO MODENESE

PROGRAMMA DI RIQUALIFICAZIONE AMBITO DENOMINATO "AR (S-F) EX CISA-CERDISA

PUA SUB AMBITO B



IL COMMITTENTE:

TECNICI INCARICATI:



DALLARI FREGNI ASSOCIATI
INGEGNERIA ARCHITETTURA



Relazione geologica e sismica

30-12-2021

Allegato 11

INDICE

1. PREMESSA	4
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	8
3.1. Lineamenti geologici generali	8
3.2. Geomorfologia	14
3.3. Idrografia superficiale ed idrogeologia	15
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO	19
5. SISMICA	28
5.1. Suscettibilità a liquefazione e cedimenti post-sismici	30
5.2. Microzonazione sismica	30
6. SINTESI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI	32

1. PREMESSA

La presente Relazione Geologica e Sismica è redatta al fine di identificare le caratteristiche litostratigrafiche, geotecniche e sismiche del sub-ambito B oggetto di PUA, facente parte dell'Ambito AR (S-F) ex Cisa-Cerdisa (Figura 1) ubicato nei comuni di Sassuolo e Fiorano Modenese.

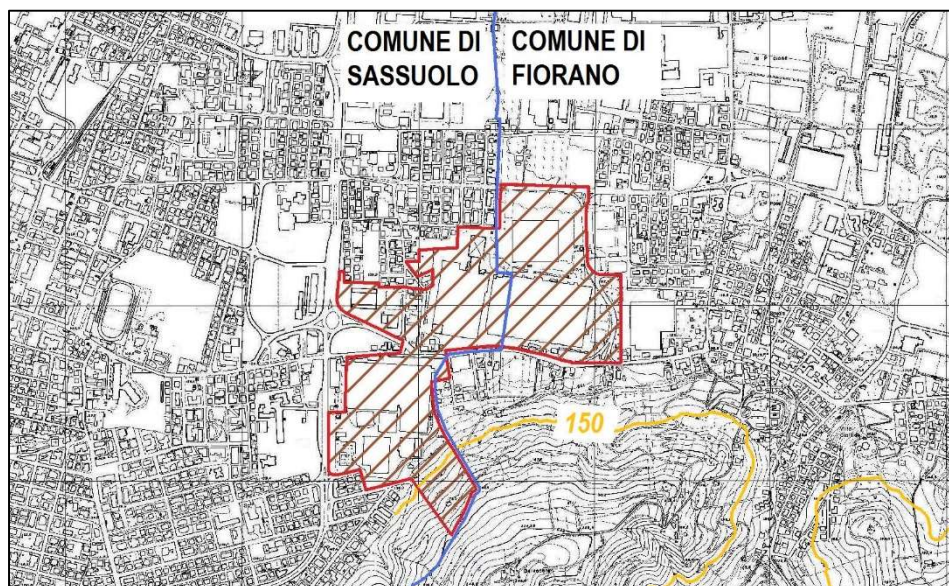


Figura 1 - Individuazione ambito AR (S-F) ex Cisa-Cerdisa.

Il sub-ambito B oggetto di PUA, ricade nella fascia di alta pianura modenese alle pendici dei primi rilievi collinari, nella zona di confine tra il Comune di Sassuolo ed il Comune di Fiorano Modenese. In particolare, la porzione l'ambito B oggetto di PUA, è collocata nel territorio del comune di Fiorano Modenese (Figura 2) e si presenta ad oggi priva di edifici e con le pavimentazioni stradali e degli edifici ancora presenti. Il sub ambito B è stato oggetto di notifica di sito contaminato ai sensi del D.Lgs 152/06, in quanto facente parte dell'intero dell'Ambito AR (S-F) ex Cisa-Cerdisa, ma non è ancora stato sottoposto ad interventi di bonifica.

Il PUA in oggetto prevede, in accordo con il POC, l'insediamento di funzioni residenziali e direzionali.

Nella relazione vengono trattati gli aspetti geologici e sismici derivati da indagini geognostiche e sismiche appositamente realizzate all'interno del perimetro di PUA, con ampio riferimento anche a quelli caratteristici della più estesa area di riqualificazione urbanistica, in precedenza occupata principalmente dagli stabilimenti ceramici dismessi ed ora demoliti della ex CISA-CERDISA. Detta area, unitamente ad altre aree di proprietà privata e pubblica, compongono un comparto edificato classificato dal PSC dei due comuni di Sassuolo e Fiorano Modenese come ambito da riqualificare di rilievo sovra comunale EX CISA-CERDISA, dislocato sui territori confinanti dei due comuni.



Figura 2 - Ubicazione area soggetta a PUA.

Lo studio è stato condotto nel rispetto delle normative vigenti in materia, DM 11.03.1988, con riferimento specifico agli aspetti sismici come da DM 17.01.2018 e da DGR 630/2019.

Per l'adempimento delle specifiche normative, sono stati effettuati vari sopralluoghi sull'area al fine di verificarne l'idoneità geologica e geomorfologica. Per la caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica dei terreni che verranno interessati dal PUA, sono state eseguite 2 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DPSH) e 4 penetrometriche dinamiche statiche con punta meccanica (CPTm); sono stati esaminati anche i risultati di diverse prove geognostiche pregresse ubicate in prossimità dell'area in esame: quelle eseguite per il PUA dell'Ambito di riqualificazione, nonché quelle eseguite a supporto dei PSC dei due comuni.

Per la classificazione sismica dei terreni di sottofondazione e per il calcolo del parametro di normativa V_{s30} , sono state eseguite 1 indagine a sismica attiva MASW ed una indagine a sismica passiva HVSR, confrontate con pregresse indagini della medesima tipologia effettuate all'interno e all'esterno dell'Ambito, sempre a supporto dei PSC e delle microzonazioni sismiche comunali.

La relazione si articola nel seguente modo:

- Inquadramento geografico - fisico
- Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico
- Indagini geognostiche e modello geologico-geotecnico
- Sismica
- Sintesi dell'analisi dei dati raccolti e conclusioni

ALLEGATI

2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area interessata dalla riqualificazione urbanistica (in generale) e, nello specifico, quella oggetto di PUA, ricade nella fascia di alta pianura modenese, alle pendici dei primi rilievi collinari, nella zona di confine tra il Comune di Sassuolo ed il Comune di Fiorano Modenese. In particolare, la porzione dell'ambito AR (S-F) che sarà oggetto di PUA è compresa tra Via Statale Ovest, a sud, Circondariale S. Francesco, a nord, e Via Alfonso Lamarmora, ad est (Figura 3). Nella porzione settentrionale l'ambito è "spezzato" da un segmento del recente sistema stradale interno al comparto che, attraversando il confine tra i territori comunali di Sassuolo e Fiorano, si collega, tramite nuova rotatoria, all'incrocio tra la Circondariale S. Francesco e Via Lamarmora.

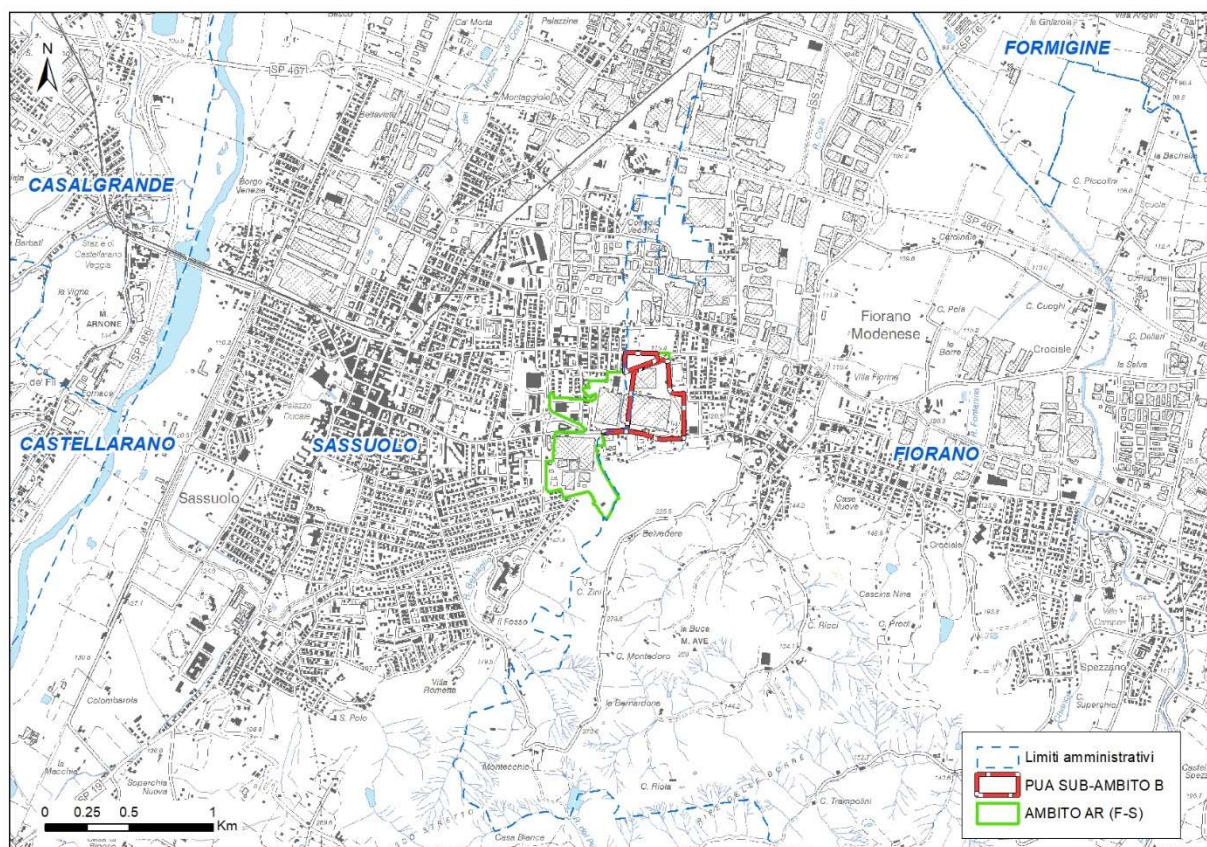


Figura 3 - Corografia area di PUA in rapporto all'area complessiva di POC (Carta topografica R.E.R. Tavola 219 NO "Sassuolo").

Dal punto di vista topografico l'area si trova in corrispondenza di un'ampia superficie sub-pianeggiante di alta pianura, con una leggera pendenza verso nord, con quote che variano da 120 m s.l.m., in corrispondenza del limite meridionale, a 116 m s.l.m., nel limite settentrionale, adiacente alla Circondariale S. Francesco.

L'area è compresa nella seguente cartografia regionale:

- Tavola alla scala 1:25.000 nr. 219 NO denominata "Sassuolo" (Figura 3);
- Sezione alla scala 1:10.000 nr. 219060 denominata "Sassuolo";
- Elemento alla scala 1:5.000 nr. 219061 denominato "Fiorano Modenese" (Figura 4).

Il sistema idrografico al contorno è rappresentato dai rii e fossi minori che costituiscono il sistema di scolo delle acque piovane dei primi rilievi appenninici, tra i quali si ricorda il Rio Corlo, Rio Bersaglio, Rio Fossetta, ecc. Il corso d'acqua principale che scorre nelle vicinanze all'area studiata, circa 2,5 km in direzione ovest, è rappresentato dal Fiume Secchia.

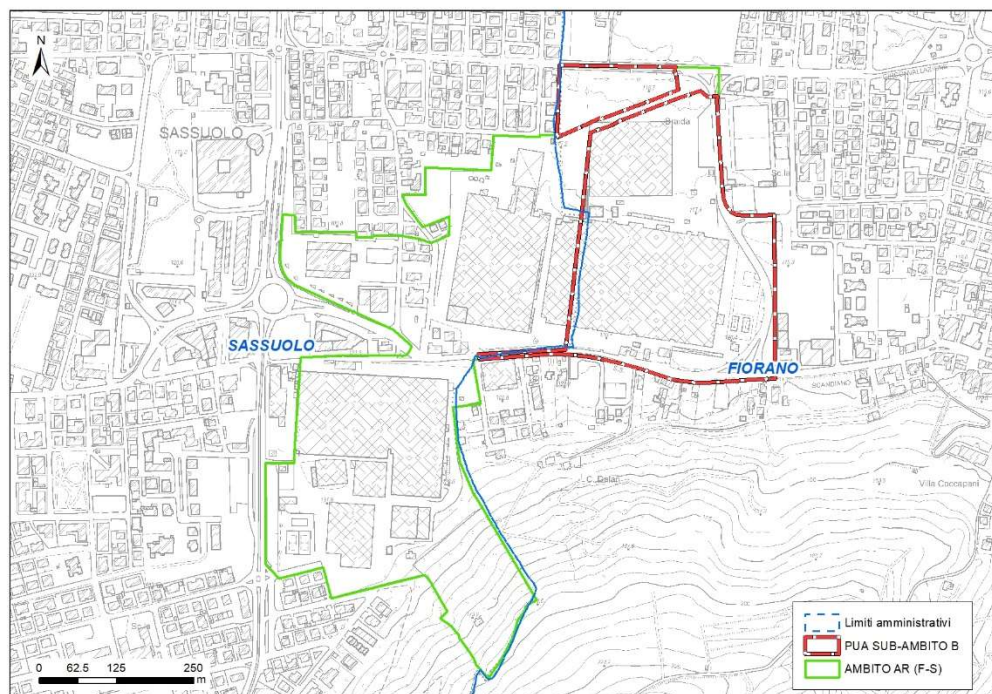


Figura 4 - Ubicazione area di PUA in rapporto all'area complessiva di POC (C.T.R. della R.E.R. Elemento n. 219061 "Fiorano Modenese").



Figura 5 - Ubicazione area di PUA in rapporto all'area complessiva di POC (Ortofoto Google Satellite, visualizzazione del 9 luglio 2020).

Il clima del Comune di Sassuolo e di Fiorano Modenese è caratterizzato, nel periodo 1991-2015, da precipitazioni totali annue, in media, di 729 mm e temperature medie annue di 14.2°C, pari, rispettivamente, ad una variazione di -28 mm e +1.5°C rispetto al periodo 1961-1990 (<https://goo.gl/qseb7X>).

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

3.1. LINEAMENTI GEOLOGICI GENERALI

Per inquadrare i caratteri geologici e litologici dell'area in esame e di un suo intorno significativo, si è fatto riferimento al materiale presente in bibliografia ed in particolare sono stati utilizzati la "Carta Geologica della Pianura dell'Emilia-Romagna" in scala 1:250.000 e la "Carta geologica del margine appenninico e dell'alta pianura tra i fiumi Secchia e Panaro" a scala 1:25.000 (Gasperi, 1987).

L'area in studio appartiene all'alta pianura modenese e ricade, da un punto di vista geologico, nella parte centro-meridionale del grande bacino subsidente Plio-quaternario Padano, nella fascia pedecollinare, ai piedi dei primi rilievi appenninici. In particolare si colloca in un settore deposizionalmente influenzato dalle alluvioni quaternarie e oloceniche del Fiume Secchia e di vari torrenti appenninici minori. Tali alluvioni hanno generato depositi a granulometria assai variabile, sia in senso areale che verticale, con prevalenza di clasti grossolani in prossimità del corso del Fiume Secchia e dei tracciati, sia attuali che passati, dello stesso fiume e di alcuni corsi d'acqua minori.

In Figura 6 è riportato un estratto della "Carta geologica della pianura dell'Emilia-Romagna", desunta dallo studio eseguito sui territori della pianura da parte della Regione Emilia-Romagna; da tale cartografia risulta evidente come la litologia superficiale dell'area in esame sia dominata da litotipi prevalentemente ghiaioso-sabbiosi e, in particolare, per l'area in esame, la litologia superficiale sia caratterizzata da ghiaie e sabbie di conoide e terrazzo legate al corso del Fiume Secchia, intercalate a sabbie e sabbie limose in strati di spessore decimetrico. Depositati più fini, limosi e limo-argillosi si rinvenivano nella parte orientale, nei settori intermedi tra gli sbocchi vallivi dei corsi d'acqua principali.

La parte più meridionale dell'area confina con il margine appenninico ove affiorano terreni prevalentemente argillosi e marnosi, lungo tutta la fascia dei primi rilievi collinari.

L'insieme dei depositi continentali quaternari, affioranti nel margine appenninico-padano o ad essi correlati nel sottosuolo della pianura, appartengono al Supersistema Emiliano-Romagnolo del Pleistocene medio-Olocene. La base di questo Supersistema poggia, in discordanza angolare, sui depositi litoranei delle Sabbie di Imola o su sedimenti marini più antichi; il suo limite superiore coincide con la superficie topografica.

Dal punto di vista geologico, i primi rilievi collinari dell'Appennino Modenese sono formati da rocce a composizione prevalentemente argillosa, riferibili all'Unità delle Argille del T. Tiepido, ovvero alla Formazione delle Argille Azzurre della più recente nomenclatura geologica. Si tratta di un'unità litostratigrafica del Pliocene, di ambiente marino, composta da argille e argille siltose grigio-azzurre a stratificazione spesso indistinta, talora evidenziata dalla presenza di intercalazioni sabbiose.

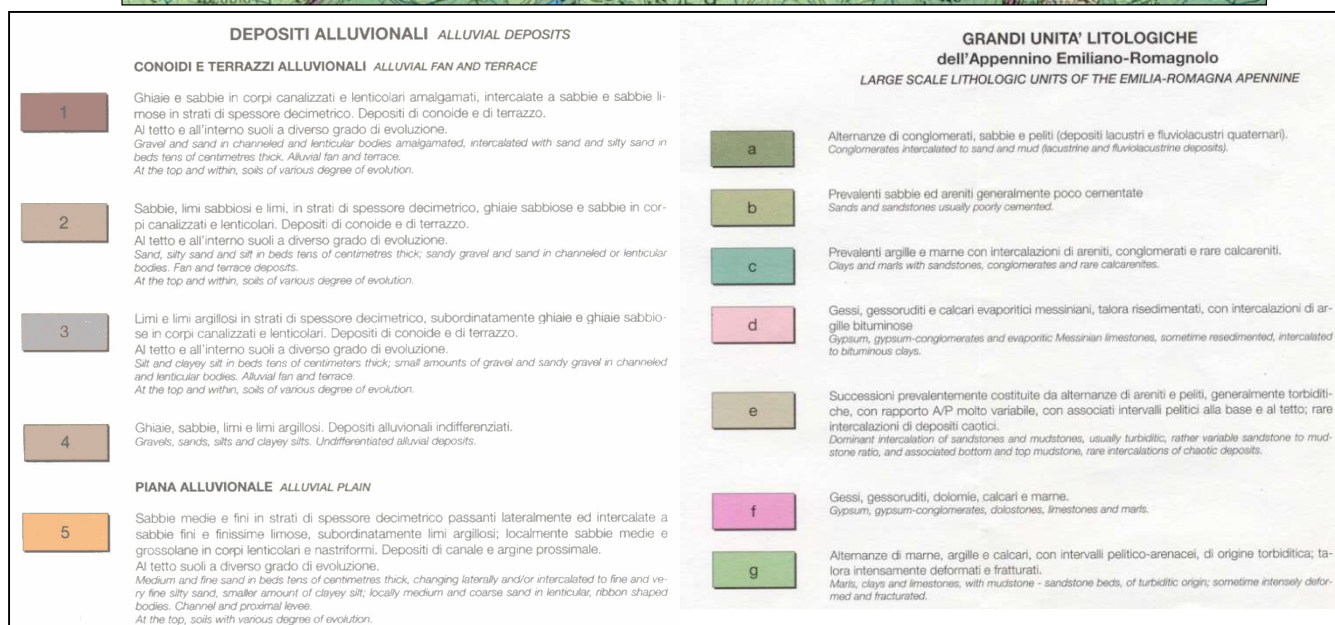
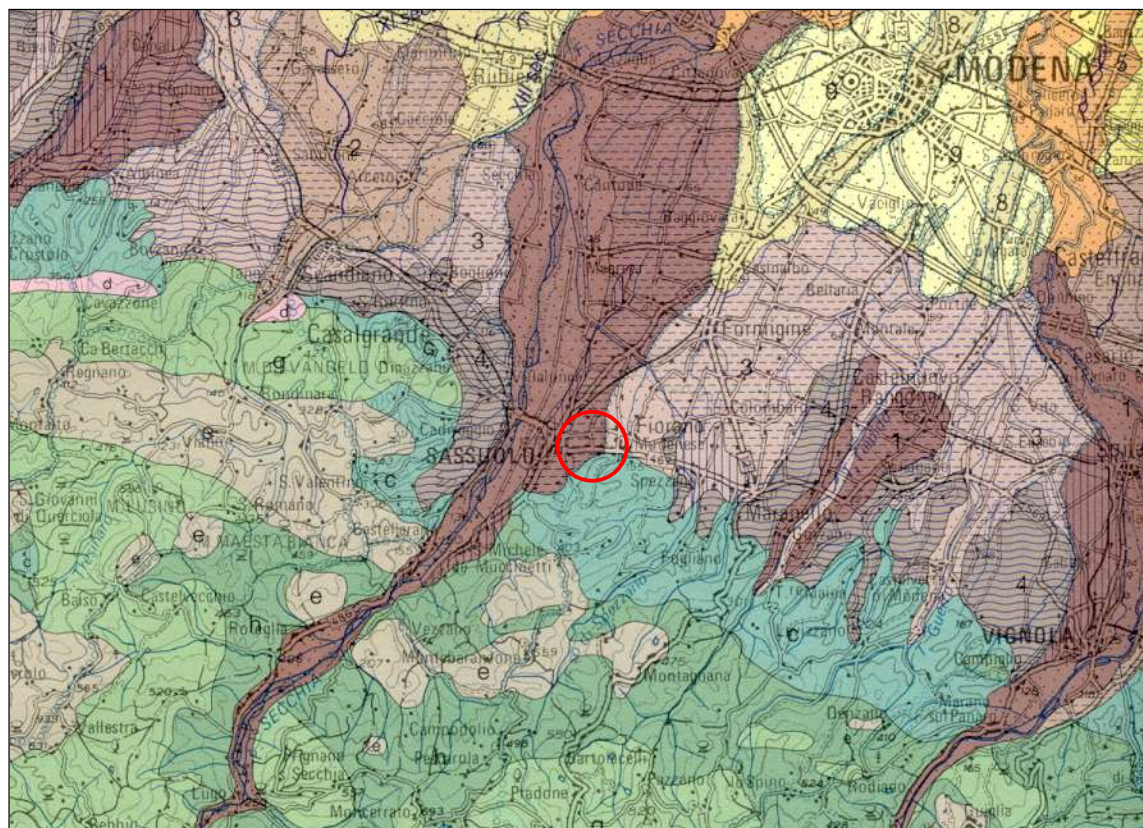


Figura 6 - Carta Geologica della Pianura dell'Emilia Romagna (fonte RER). Il cerchio rosso individua l'area di studio.

Abbondante è la presenza di resti di macrofossili, in prevalenza molluschi, lamellibranchi e brachiopodi. La formazione giace in discordanza sulle unità pre-pleioceniche e passa stratigraficamente verso l'alto alle Sabbie di Castelvetro del Pleistocene inferiore. Queste ultime rappresentano un'unità costituita da sabbie e ghiaie di ambiente litorale, affiorante lungo il margine pedecollinare ad alcune centinaia di metri verso est rispetto all'area di studio, e, verso ovest, nell'alveo del Fiume Secchia presso il ponte di La Veggia.

Sulle Sabbie di Castelvetro si appoggia, con contatto erosivo conforme, l'Unità di Ca' di Sola. Questa è data da depositi ghiaioso-sabbiosi e argillosi del Pleistocene inferiore-medio, di ambiente fluviale, ed affiora verso est rispetto all'area di studio, presso Fiorano. Analoghi sedimenti costituiscono l'Unità di Ubersetto che affiora invece verso nord-ovest nel territorio comunale di Fiorano.

Nella zona di studio, l'assetto strutturale delle unità descritte risulta alquanto complesso. Mentre nella zona collinare propriamente detta, le Argille del Torrente Tiepido presentano una giacitura sostanzialmente a monoclinale inclinata verso nord, all'approssimarsi del margine pedecollinare si nota un deciso incremento delle inclinazioni, tanto che il contatto tra le argille e le sovrastanti Sabbie di Castelvetro risulta quasi verticalizzato presso l'abitato di Fiorano Modenese. Nella parte inferiore dei versanti della valle del Rio Corlo è possibile addirittura osservare strati rovesciati entro le argille plioceniche (Figura 7).

Tale assetto strutturale è probabilmente collegato alla presenza di una faglia ad andamento ONO-ESE, posta all'incirca in corrispondenza del margine appenninico, che sarebbe stata sede di dislocazioni per un rigetto complessivo di una settantina di metri. Questa struttura avrebbe causato l'innalzamento relativo del settore meridionale rispetto a quello settentrionale con sedimentazione più accentuata sul lato settentrionale, ribassato (durante il Pleistocene e l'Olocene).

L'attività di questa struttura tettonica avrebbe causato la formazione di una sorta di anticlinale di rampa con verticalizzazione del limite tra le argille plioceniche e le sabbie pleistoceniche inferiori, a sud, nonché la dislocazione delle stesse unità di ambiente marino. Ciò sarebbe confermato dall'andamento degli spessori dei sedimenti di ambiente continentale depositati, dopo il Pleistocene inferiore, sulle più antiche unità marine e di transizione.

Lo spessore dei depositi continentali pleistocenici subisce infatti un brusco aumento passando grossomodo dal settore posto a sud verso quello posto a nord della faglia. L'effetto di queste complicazioni tettoniche è messo in evidenza anche dalle stratigrafie delle perforazioni eseguite per la ricerca di acque sotterranee, tanto che colonne litostratigrafiche di pozzi pressoché adiacenti risultano spesso molto difficili da correlare tra loro.

In effetti, al di sopra delle unità marine e di transizione, a partire dal Pleistocene medio, si sono depositati in discordanza sedimenti di varia granulometria, ad opera dei corsi d'acqua principali e secondari. Si tratta in primo luogo di corpi ghiaiosi e sabbiosi ascrivibili all'azione di trasporto e di sedimentazione del Fiume Secchia (Unità di Ca' di Sola, Unità di Ubersetto, Unità di Vignola), nonché di depositi prevalentemente argillosi dei corsi d'acqua minori: Rio Corlo, Rio Bersaglio, Rio Fossetta ecc.

Lo spessore dei depositi, che si assottiglia in coincidenza del margine collinare, subisce un brusco incremento passando dal settore posto a sud a quello posto a nord, grossomodo rispetto alla vecchia statale Vignola-Sassuolo; questo probabilmente a causa della faglia cieca summenzionata, che ha permesso un maggior accumulo di sedimenti quaternari nel settore settentrionale, relativamente abbassato.

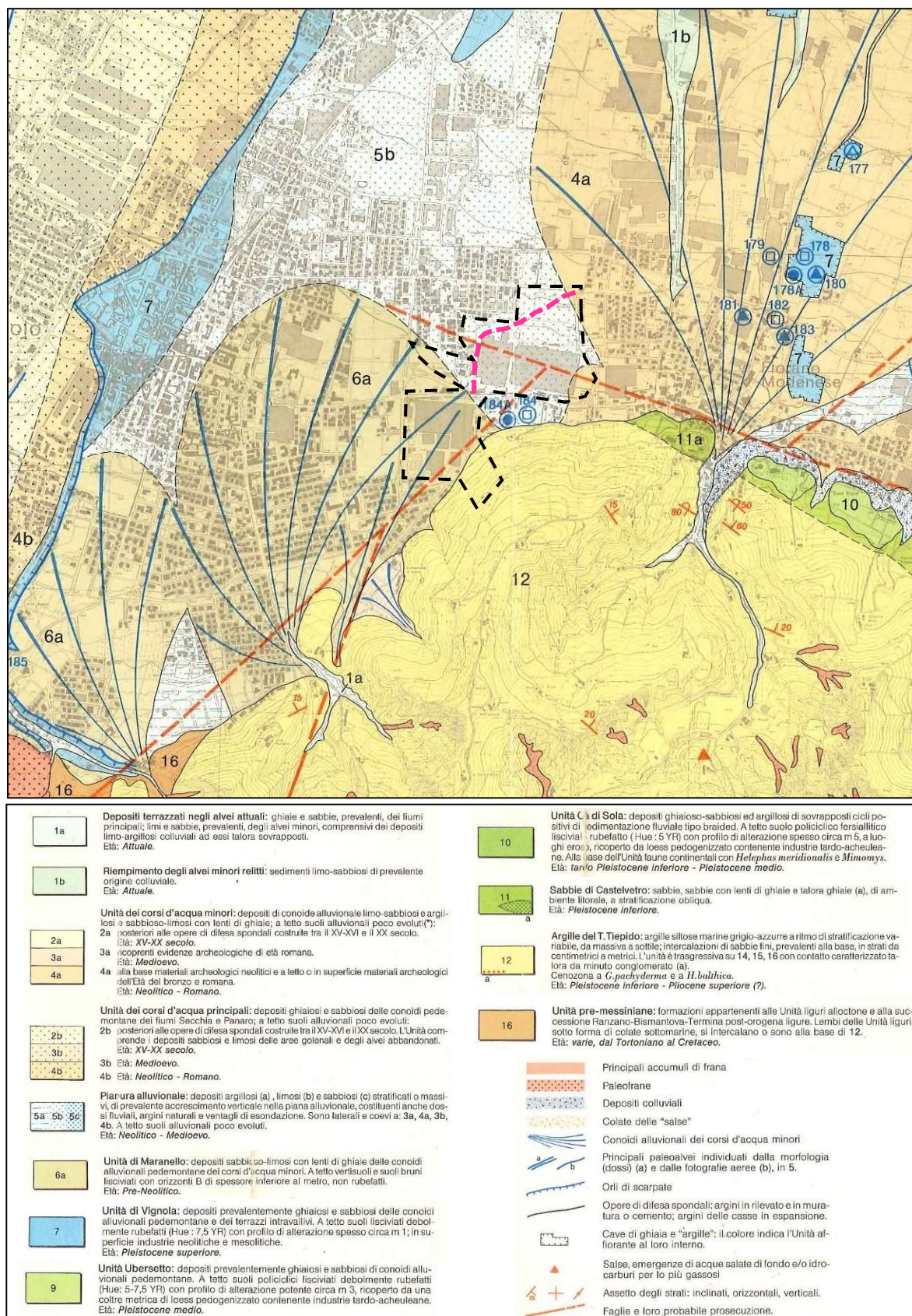


Figura 7 - Estratto della Carta geologica del margine appenninico e dell'alta pianura tra i fiumi Secchia e Panaro, 1:25.000 (Gasperi, 1987). Il tratteggio nero identifica il perimetro di POC.

Tale quadro stratigrafico, alquanto complesso, è stato confermato anche dalle stratigrafie interpretate a partire da sondaggi bibliografici dal Dott. Geol. Paolo Bessi. Nella Relazione geologica relativa all'area della ex Cisa2 redatta nel 2007, l'autore, utilizzando tali sondaggi, ha ricostruito la litologia del sottosuolo arrivando alla realizzazione di una sezione geologica riportata in Figura 8. Come si può notare, l'area di studio ricade in una zona caratterizzata da una sottile coltre di terreni fini sovrastanti depositi fluviali costituiti da ghiaie; nella medesima area si individua anche una ipotetica faglia che dalla zona appenninica risale verso la pianura fino a risultare sub-verticale in corrispondenza del margine pedecollinare, la cosiddetta "Faglia flessura di Sassuolo".

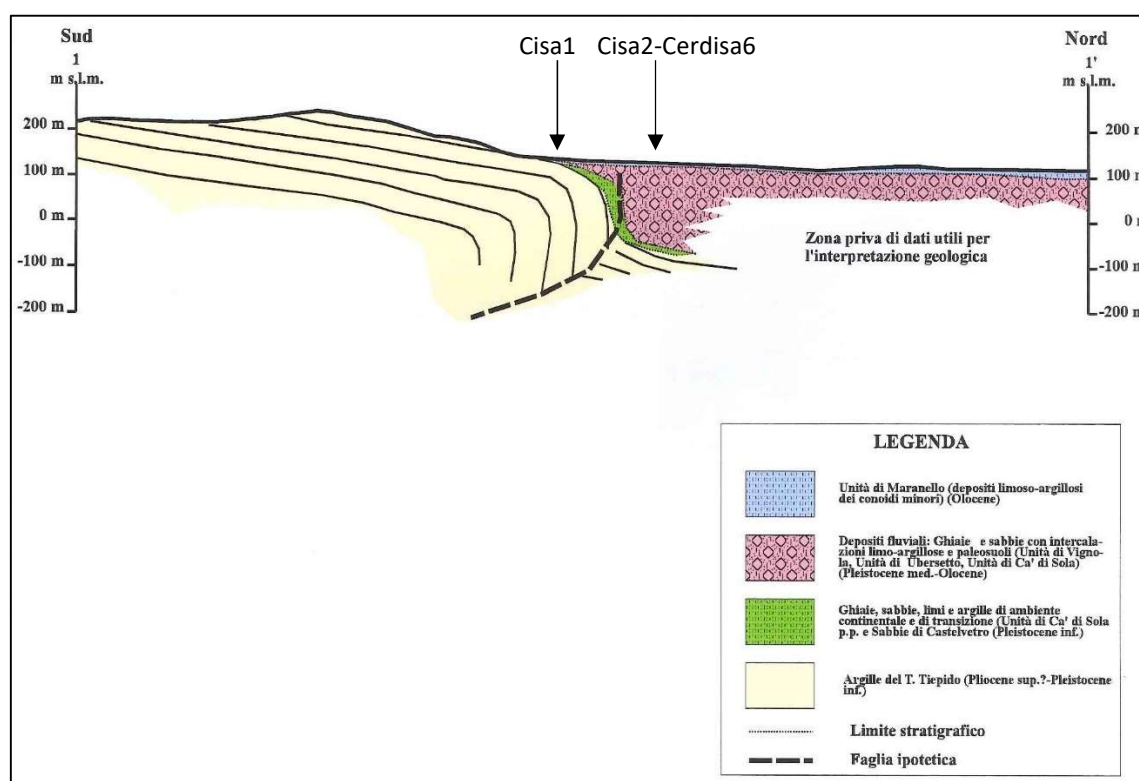


Figura 8 - Sezione geologica che attraversa l'area di studio in senso sud-nord (da Relazione geologica relativa all'area ex Cisa2 di Sassuolo, 2007).

L'interpretazione delle informazioni bibliografiche analizzate evidenzia l'esistenza di un'estesa copertura di materiali a composizione prevalentemente limosa e limoso-argillosa, di spessore variabile, compreso grossomodo tra 2 m ed 8 m, da poco a mediamente permeabili, quando il limo è prevalente. Sono terreni di colore nocciola riferibili all'Unità delle conoidi dei corsi d'acqua minori dell'Olocene antico, che ricoprono con spessori variabili, ma sempre plurimetrici, i depositi e sedimenti più antichi.

Le variazioni di spessore, anche di diversi metri, evidenziate da tali sedimenti, non possono comunque essere assunte come prova di dislocazioni tettoniche recenti; infatti, questi terreni si sono depositati in un ambiente di conoide pedemontano, che già di per sé comporta variazioni di spessori sia in senso laterale che longitudinale.

Al di sotto di questi sedimenti di copertura si ritrovano infatti orizzonti di spessore plurimetrico di materiali grossolani, prevalentemente ghiaie e sabbie, alternati ad orizzonti di materiali limoso-argillosi e/o paleo-suoli a tessitura da franca a franco-argillosa.

Un quadro pressoché ribadito dall'esame dei dati geognostici (penetrometrie e sondaggi) reperiti in bibliografia ed eseguiti all'interno delle aree o nelle zone limitrofe, nonché dalla cartografia del PSC di Sassuolo. I sondaggi confermano la presenza di livelli argillosi e limo-argillosi superficiali, intercalati a depositi grossolani di ghiaie, il cui tetto si incontra a circa 4-6 m dal piano di campagna in quasi tutto l'areale, per approfondirsi a 10 m di profondità nella parte più meridionale dell'area, a ridosso dei primi rilievi collinari, così come evidenziato in Figura 9, tratta dalla tavola della "Profondità del tetto delle ghiaie" del QC del PSC di Sassuolo.

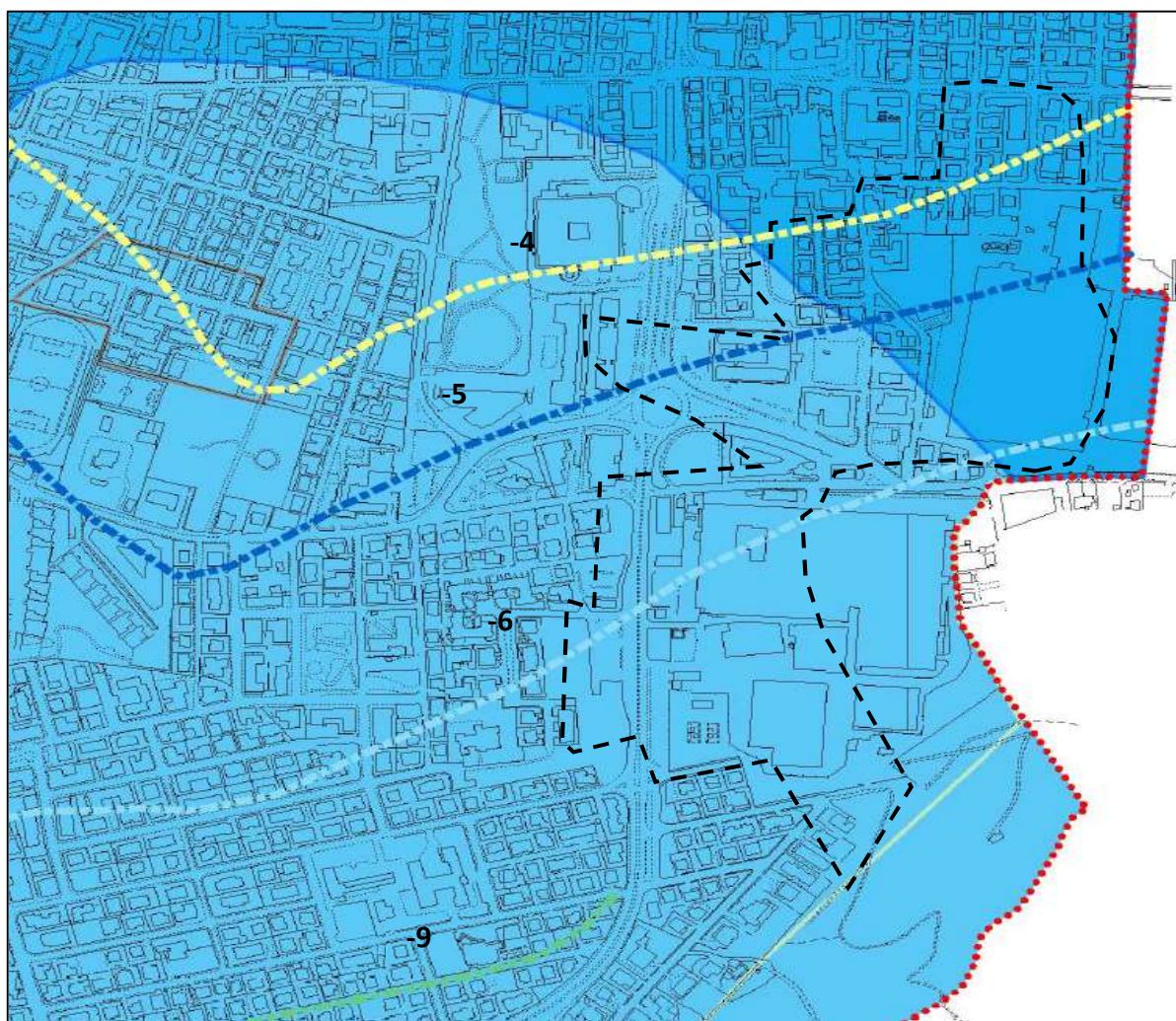


Figura 9 - Estratto della Tavola QC.B1 – Tav. 2.2 "Profondità del tetto delle ghiaie" del PSC di Sassuolo; in tratteggio nero parte del perimetro di POC, all'interno del confine comunale di Sassuolo.

3.2. GEOMORFOLOGIA

L'area di POC attraversa il confine tra i territori comunali di Sassuolo e di Fiorano Modenese, in Provincia di Modena, lungo il margine pedecollinare, in corrispondenza del raccordo morfologico tra l'alta pianura e la collina.

La zona in esame è situata a quote che variano, procedendo da sud verso nord-est, da circa 120 m s.l.m. a circa 116 m s.l.m.

È possibile localizzare un limite netto tra area di pianura e area collinare, individuabile sull'allineamento che congiunge Sassuolo con Maranello.

Come messo in evidenza dalla cartografia IGM del 1935 (Figura 10), che permette di apprezzare la morfologia originariamente presente prima degli estesi interventi urbanistici avvenuti nel secondo dopoguerra, è possibile localizzare un limite netto tra area collinare, caratterizzata da pendenze dei versanti generalmente superiori a 10°, e area di pianura, con pendenze generalmente inferiori ad 1°, individuabile sull'allineamento che congiunge Fiorano Modenese con Braida.

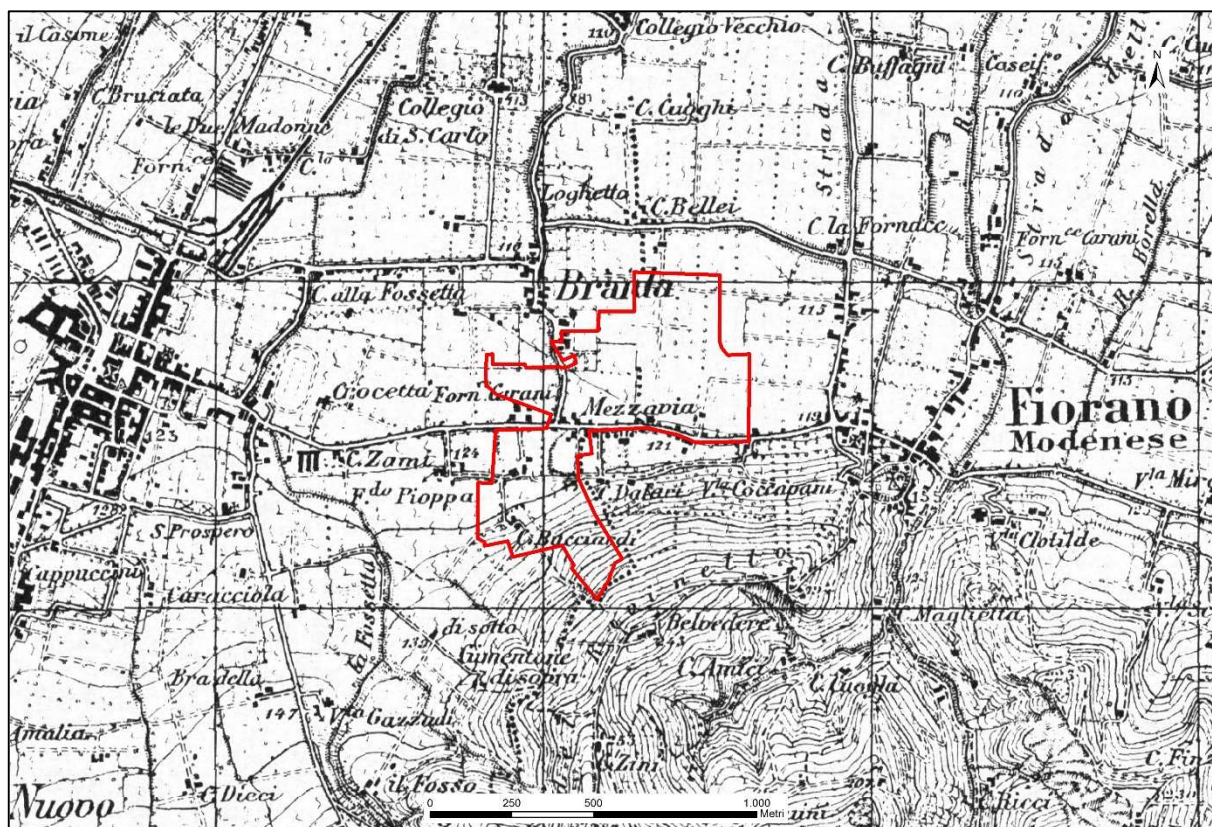


Figura 10 - Estratto della tavola IGM del 1935. In rosso: perimetro Ambito AR (S-F).

A sud-ovest di quest'ultima località, si riconosce inoltre una zona di transizione tra collina e pianura caratterizzata da inclinazioni comprese tra 1° e 3° che in pianta presenta una forma di semicerchio con convessità rivolta verso nord-ovest. Quest'area di transizione corrisponde alla zona apicale e mediana di un sistema di conoidi lateralmente coalescenti riferibili a corsi d'acqua minori (Figura 7). Questi fossi e rii attualmente, per effetto dei citati ed estesi interventi di urbanizzazione, risultano captati, incanalati e tombati.

La zona in esame si colloca quindi in un'area la cui morfologia è stata controllata dall'azione dei corsi d'acqua appenninici minori che, allo sbocco in pianura, hanno costruito degli apparati di conoide, localmente coalescenti, separati da aree di interconoide.

Più precisamente, l'area in esame si colloca nel settore di interconoide di alta pianura compresa tra gli apparati di conide del Rio Corlo ad est, e del Rio La Fossetta ad ovest.

I gradienti topografici naturali si mantengono molto bassi, con inclinazioni attorno ad 1° diretti verso i quadranti settentrionali.

Da sottolineare che le brusche rotture di pendenza e le scarpate attualmente esistenti nell'area e al suo contorno sono artificiali, essendo i luoghi stati soggetti ad interventi di scavo e riporto di materiale.

Come si può notare da Figura 10, nella quale sono riportate le forme del terreno originali, se l'area a sud di Via Statale Ovest, sui primi rilievi collinari, è stata principalmente interessata da sbancamenti con asportazione di terreno per la realizzazione di superfici piane (su cui sono stati realizzati i fabbricati ceramici più meridionali), l'area in esame, a valle della stessa Statale Ovest, è stata interessata, principalmente, da riporti di materiale, allo scopo di livellare il terreno.

3.3. IDROGRAFIA SUPERFICIALE ED IDROGEOLOGIA

Il reticolo idrografico superficiale è stato fortemente modificato in seguito ai massicci interventi di urbanizzazione che hanno interessato l'intera fascia pedecollinare di Sassuolo e Fiorano Modenese, tanto che i tracciati dei corsi d'acqua minori non sono più riconoscibili.

Il Rio La Fossetta e numerosi fossi e corsi d'acqua minori sono stati nel tempo captati, deviati e tombati. Le acque di scorrimento superficiale fanno quindi riferimento quasi completamente non più alle dinamiche dei microbacini idrografici naturali, ma a quelle dei microbacini artificiali della rete, per lo più sotterranea, di allontanamento delle acque derivanti dalle precipitazioni meteoriche.

Nella zona di monte scorre il Fosso di Fiorano in tubazioni interrato, che tra il 1966 ed il 1969 ha subito due interventi di deviazione che lo hanno spostato progressivamente verso sud, sino all'attuale percorso. Attualmente il fosso scorre da sud a nord nel tratto dell'ex-centro sportivo del complesso Cisa1 e del magazzino, sino a poco prima del fronte nord dello stesso. In questo punto devia bruscamente verso est, e con una diagonale leggermente vergente verso nord si porta all'altezza della rampa posta nei pressi dell'ex-deposito argille, seguendola sino alla prima abitazione posta sul lato est degli stabilimenti, alla base della rampa, per poi deviare una seconda volta verso est di circa 90°.

Nel comparto ex-Cisa2 è presente un fosso che scorre sul confine occidentale da sud verso nord; tale fosso, prima del 1976, data in cui è stato deviato, scorreva per un breve tratto in proprietà interessando la porzione nord-ovest dell'attuale stabilimento.

Con riferimento alla Tav. 2.3.2 – "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica" del PTCP di Modena del 2009 (Figura 11), non si evidenziano criticità idrauliche o problemi di esondabilità per la zona in esame, evidenziata con un tratteggio di colore blu.

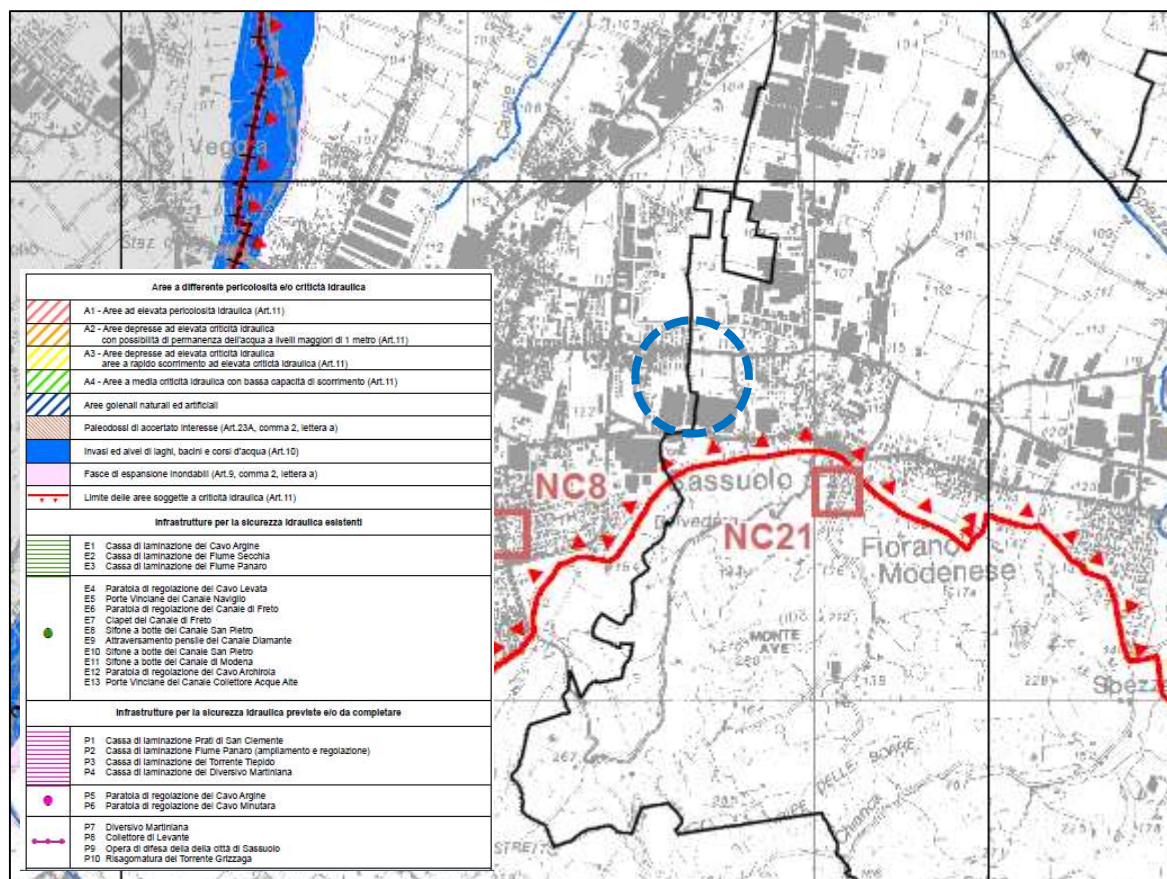


Figura 11 - Estratto della Tavola 2.3.2 "Rischio idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica" del PTCP di Modena, 2009; l'area di indagine è contornata da un tratteggio blu.

Da un punto di vista idrogeologico l'area in esame ricade entro il cosiddetto sistema della conoide alluvionale del Fiume Secchia, che costituisce un corpo allungato verso la pianura ed isolato lateralmente da depositi argilloso-limosi a bassa conducibilità idraulica. I depositi della successione quaternaria continentale (rappresentata dai depositi superficiali del bacino padano, depositi in discordanza sulla successione marina del Pleistocene inferiore) sono costituiti da sedimenti grossolani, quali ghiaie e sabbie, alternati a sedimenti più fini, limi e argille, organizzati in sequenze di diverso ordine, che raggiungono complessivamente uno spessore di oltre 300 m. La struttura idrogeologica dell'area d'interesse, è ricostruibile a scala generale sulla base degli studi C.N.R.-IRSA e della Regione Emilia-Romagna; in particolare, le più recenti ricerche nel campo dell'idrogeologia (RER, ENI-AGIP, 1998) hanno consentito di distinguere all'interno della sequenza deposizionale della pianura tre unità idrostratigrafiche denominate Gruppi Acquiferi di estensione regionale, separati da altrettanti acquicludi.

In particolare, con riferimento alle unità geologiche di superficie e di sottosuolo, si individuano le seguenti corrispondenze:

- il "Supersistema del Quaternario marino" corrisponde al "Gruppo acquifero C";
- il "Sistema emiliano-romagnolo inferiore" corrisponde al "Gruppo acquifero B";
- il "Sistema emiliano-romagnolo superiore" corrisponde al "Gruppo acquifero A".

Come messo in evidenza anche dalla sezione geologica riportata in Figura 8, nonché dalla sezione idrostratigrafica della Regione Emilia-Romagna riportata in Figura 12, nel primo sottosuolo

The figure is a geological cross-section of the coastal area of Sestri Levante. The vertical axis represents elevation in meters, ranging from -40 to 160. The horizontal axis represents the distance along the coastline. The stratigraphic units are color-coded: yellow for clay/sandy clay (LIMO/LIMO SABBIOSO/ARGILLA), white for gravel (GHIAIA), green for sand (SABBIA), and black for organic matter (SOSTANZA ORGANICA). The units are labeled as follows: 219060/P227, 19060/P208, 219060/P226, 19060/P228, 19060/P225, 219060/P221, 219060/P223, 19060/P224, 19060/P234, 19060/P235, 19060/P236, 19060/P237, 19060/P238, 19060/P239, 19060/P240, 19060/P241, 19060/P242, 19060/P243, 19060/P244, 19060/P245, 19060/P246, 19060/P247, 19060/P248, 19060/P249, 19060/P250, 19060/P251, 19060/P252, 19060/P253, 19060/P254, 19060/P255, 19060/P256, 19060/P257, 19060/P258, 19060/P259, 19060/P260, 19060/P261, 19060/P262, 19060/P263, 19060/P264, 19060/P265, 19060/P266, 19060/P267, 19060/P268, 19060/P269, 19060/P270, 19060/P271, 19060/P272, 19060/P273, 19060/P274, 19060/P275, 19060/P276, 19060/P277, 19060/P278, 19060/P279, 19060/P280, 19060/P281, 19060/P282, 19060/P283, 19060/P284, 19060/P285, 19060/P286, 19060/P287, 19060/P288, 19060/P289, 19060/P290, 19060/P291, 19060/P292, 19060/P293, 19060/P294, 19060/P295, 19060/P296, 19060/P297, 19060/P298, 19060/P299, 19060/P300, 19060/P301, 19060/P302, 19060/P303, 19060/P304, 19060/P305, 19060/P306, 19060/P307, 19060/P308, 19060/P309, 19060/P310, 19060/P311, 19060/P312, 19060/P313, 19060/P314, 19060/P315, 19060/P316, 19060/P317, 19060/P318, 19060/P319, 19060/P320, 19060/P321, 19060/P322, 19060/P323, 19060/P324, 19060/P325, 19060/P326, 19060/P327, 19060/P328, 19060/P329, 19060/P330, 19060/P331, 19060/P332, 19060/P333, 19060/P334, 19060/P335, 19060/P336, 19060/P337, 19060/P338, 19060/P339, 19060/P340, 19060/P341, 19060/P342, 19060/P343, 19060/P344, 19060/P345, 19060/P346, 19060/P347, 19060/P348, 19060/P349, 19060/P350, 19060/P351, 19060/P352, 19060/P353, 19060/P354, 19060/P355, 19060/P356, 19060/P357, 19060/P358, 19060/P359, 19060/P360, 19060/P361, 19060/P362, 19060/P363, 19060/P364, 19060/P365, 19060/P366, 19060/P367, 19060/P368, 19060/P369, 19060/P370, 19060/P371, 19060/P372, 19060/P373, 19060/P374, 19060/P375, 19060/P376, 19060/P377, 19060/P378, 19060/P379, 19060/P380, 19060/P381, 19060/P382, 19060/P383, 19060/P384, 19060/P385, 19060/P386, 19060/P387, 19060/P388, 19060/P389, 19060/P390, 19060/P391, 19060/P392, 19060/P393, 19060/P394, 19060/P395, 19060/P396, 19060/P397, 19060/P398, 19060/P399, 19060/P400, 19060/P401, 19060/P402, 19060/P403, 19060/P404, 19060/P405, 19060/P406, 19060/P407, 19060/P408, 19060/P409, 19060/P410, 19060/P411, 19060/P412, 19060/P413, 19060/P414, 19060/P415, 19060/P416, 19060/P417, 19060/P418, 19060/P419, 19060/P420, 19060/P421, 19060/P422, 19060/P423, 19060/P424, 19060/P425, 19060/P426, 19060/P427, 19060/P428, 19060/P429, 19060/P430, 19060/P431, 19060/P432, 19060/P433, 19060/P434, 19060/P435, 19060/P436, 19060/P437, 19060/P438, 19060/P439, 19060/P440, 19060/P441, 19060/P442, 19060/P443, 19060/P444, 19060/P445, 19060/P446, 19060/P447, 19060/P448, 19060/P449, 19060/P450, 19060/P451, 19060/P452, 19060/P453, 19060/P454, 19060/P455, 19060/P456, 19060/P457, 19060/P458, 19060/P459, 19060/P460, 19060/P461, 19060/P462, 19060/P463, 19060/P464, 19060/P465, 19060/P466, 19060/P467, 19060/P468, 19060/P469, 19060/P470, 19060/P471, 19060/P472, 19060/P473, 19060/P474, 19060/P475, 19060/P476, 19060/P477, 19060/P478, 19060/P479, 19060/P480, 19060/P481, 19060/P482, 19060/P483, 19060/P484, 19060/P485, 19060/P486, 19060/P487, 19060/P488, 19060/P489, 19060/P490, 19060/P491, 19060/P492, 19060/P493, 19060/P494, 19060/P495, 19060/P496, 19060/P497, 19060/P498, 19060/P499, 19060/P500, 19060/P501, 19060/P502, 19060/P503, 19060/P504, 19060/P505, 19060/P506, 19060/P507, 19060/P508, 19060/P509, 19060/P510, 19060/P511, 19060/P512, 19060/P513, 19060/P514, 19060/P515, 19060/P516, 19060/P517, 19060/P518, 19060/P519, 19060/P520, 19060/P521, 19060/P522, 19060/P523, 19060/P524, 19060/P525, 19060/P526, 19060/P527, 19060/P528, 19060/P529, 19060/P530, 19060/P531, 19060/P532, 19060/P533, 19060/P534, 19060/P535, 19060/P536, 19060/P537, 19060/P538, 19060/P539, 19060/P540, 19060/P541, 19060/P542, 19060/P543, 19060/P544, 19060/P545, 19060/P546, 19060/P547, 19060/P548, 19060/P549, 19060/P550, 19060/P551, 19060/P552, 19060/P553, 19060/P554, 19060/P555, 19060/P556, 19060/P557, 19060/P558, 19060/P559, 19060/P560, 19060/P561, 19060/P562, 19060/P563, 19060/P564, 19060/P565, 19060/P566, 19060/P567, 19060/P568, 19060/P569, 19060/P570, 19060/P571, 19060/P572, 19060/P573, 19060/P574, 19060/P575, 19060/P576, 19060/P577, 19060/P578, 19060/P579, 19060/P580, 19060/P581, 19060/P582, 19060/P583, 19060/P58

È da considerare che il Fiume Secchia non è in grado di alimentare gli orizzonti acquiferi, in quanto il suo livello normalmente si trova ad una quota più bassa di 20 m o maggiore rispetto al piano campagna dell'area considerata, ed attualmente scorre, per buona parte, entro sedimenti argillosi pliocenici, divenendo alimentante solo più a nord; inoltre, la forte urbanizzazione dell'area in oggetto ha determinato un elevato grado di impermeabilizzazione del suolo, che ha comportato di conseguenza un forte decremento degli apporti alla falda per infiltrazione superficiale.

Per quanto riguarda il livello della falda nell'area in esame, dai 7 piezometri realizzati sull'intero comparto di POC è stata misurata una profondità variabile tra un minimo di circa 9 m ed un massimo di circa 20 m dal p.d.c. In particolare, i valori piezometrici più alti (livello della falda più vicino alla superficie) si sono misurati nella parte meridionale del comparto; viceversa, nella parte settentrionale del comparto, ove ricade gran parte dell'urbanizzazione in oggetto, la falda si trova invece alle profondità maggiori.

Con riferimento alla Tav. 3.1.2 "Rischio inquinamento acque: vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale" del PTCP di Modena del 2009 riportata in Figura 13, si evidenzia, per l'area in esame, un grado di vulnerabilità dell'acquifero principale alto, in relazione al tipo di terreni superficiali argilloso-limosi e alla profondità del tetto delle ghiaie che risulta inferiore ai 10 m dal piano di campagna.

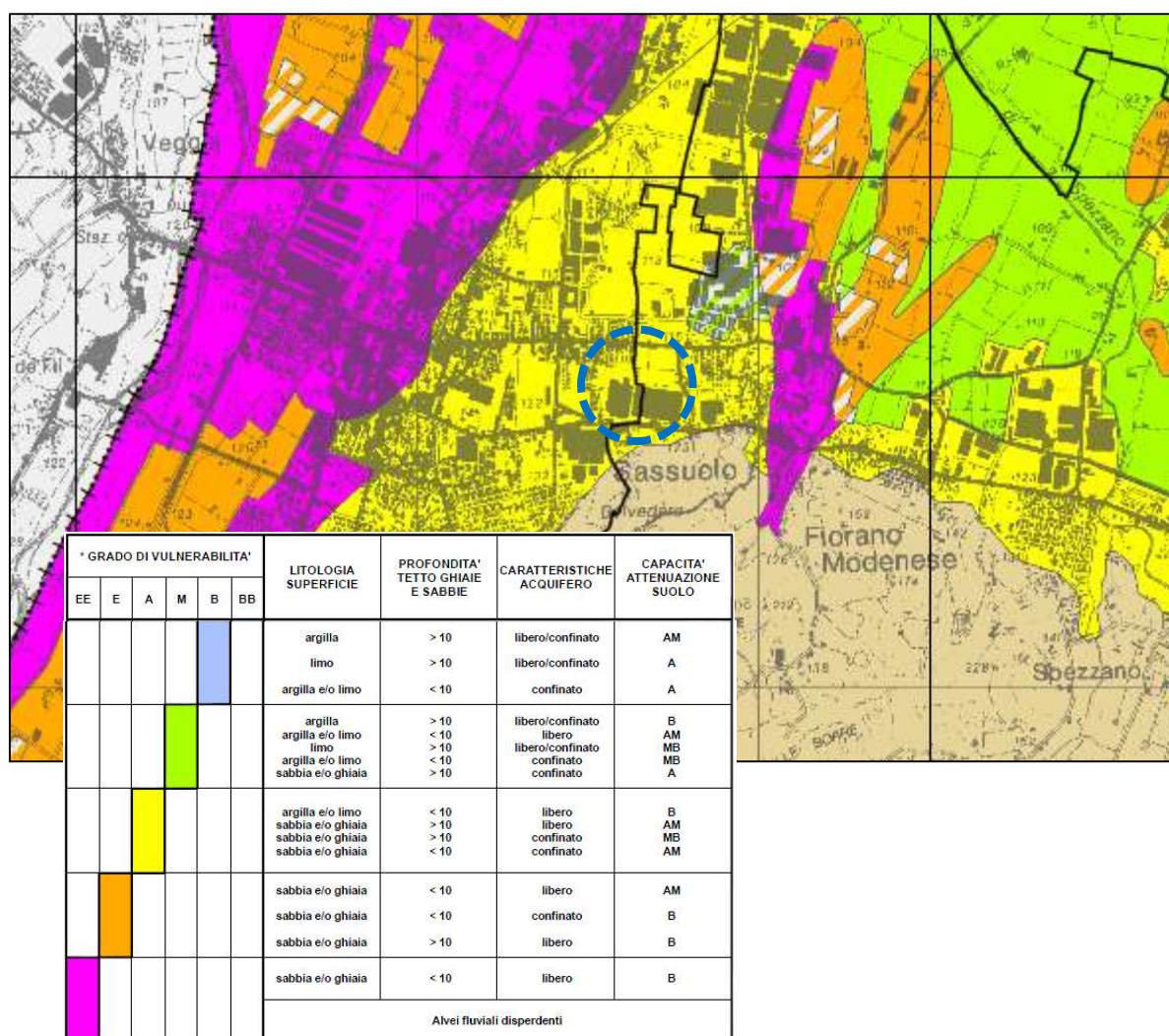


Figura 13 - Estratto della Tavola 3.1.2 "Rischio inquinamento acque: vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale" del PTCP di Modena del 2009; l'area di indagine è evidenziata da un tratteggio blu.

4. INDAGINI GEOGNOSTICHE E MODELLO GEOLOGICO-GEOTECNICO

Al fine di caratterizzare dal punto di vista geologico e geotecnico l'area oggetto di PUA sono state eseguite nr. 2 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DPSH) e nr. 4 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPTm). L'analisi di queste indagini, eseguite appositamente per questo studio, è stata integrata da quella di indagini geognostiche e geofisiche eseguite sui terreni dell'Ambito AR (S-F) ed in sua prossimità: sia quelle reperite in bibliografia, sia quelle realizzate dallo scrivente nell'area del comparto ceramico dismesso di ex Cisa-Cerdisa (Figura 14).

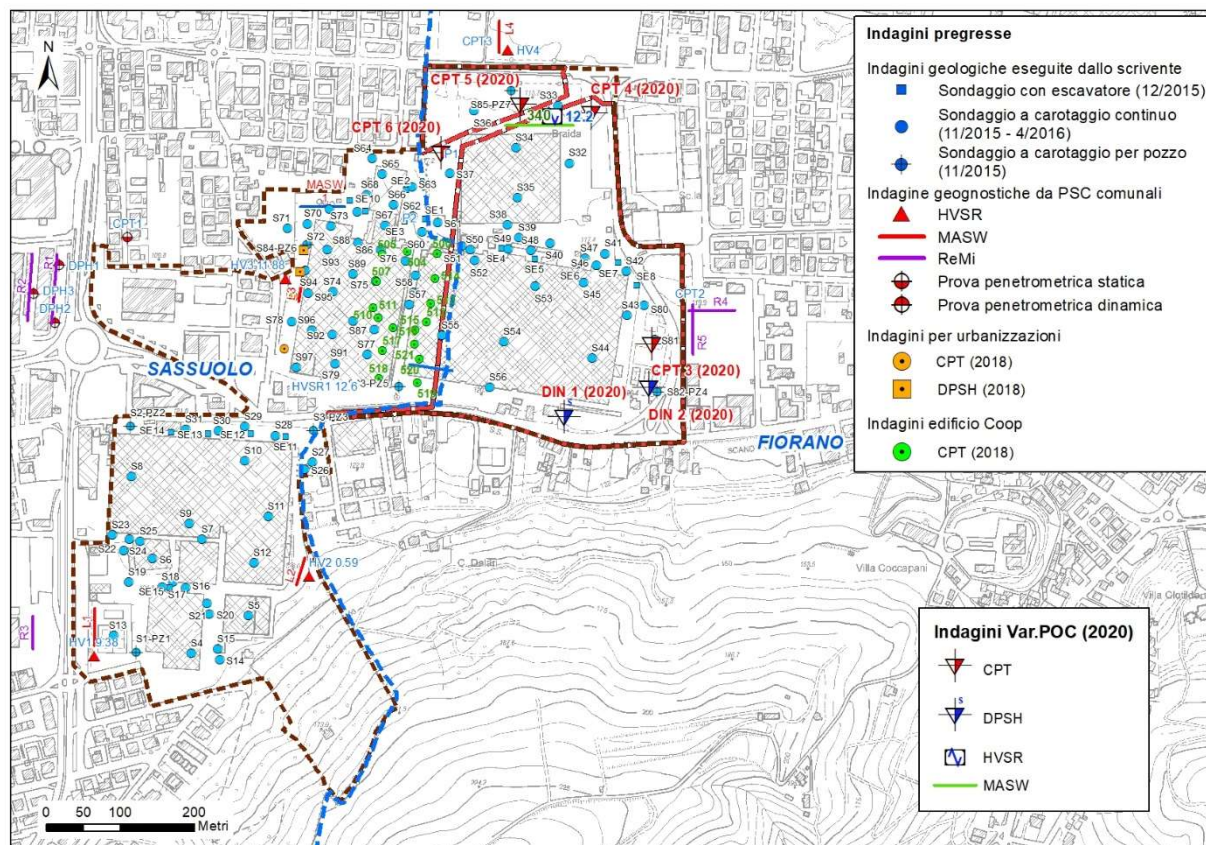


Figura 14 - Ubicazione dei sondaggi penetrometrici eseguiti per questo studio, integrati con tutti i sondaggi pregressi eseguiti Dott. Geol. Valeriano Franchi e con le indagini geognostiche acquisite da bibliografia.

Partendo dalle indagini pregresse, per descrivere il contesto stratigrafico e geotecnico più ampio entro cui si inseriranno le urbanizzazioni, la loro analisi ha permesso di ricostruire la stratigrafia del sottosuolo dell'intero Ambito AR (S-F).

I numerosi sondaggi ambientali realizzati, spinti generalmente sino a 5 m di profondità, hanno consentito di ricostruire con un certo grado di dettaglio il primo sottosuolo dell'area; dall'analisi dei dati si è definito lo **spessore della coltre di riporto antropico presente**, che da pochi decimetri può raggiungere un massimo di 4 m.

Al di sotto della coltre di riporto superficiale, i terreni naturali del sottosuolo dell'area sono riferibili ai depositi della Pianura alluvionale; si tratta di terreni limosi, limo-argillosi ed argillosi con livelli intercalati di limo-sabbioso, di colore grigio nocciola e di spessore variabile da un minimo di circa 4 m nella parte settentrionale ad un massimo di circa 10 m nella parte meridionale.

Al di sotto di questa sequenza di terreni fini superficiali, le indagini geognostiche che sono state spinte più in profondità hanno evidenziato la presenza di un primo strato di ghiaie medie e grossolane di spessore variabile attribuibile alle ghiaie dell'Unità di Vignola: lo spessore varia da circa 20 m nella parte più settentrionale a 7-11 m nella parte centrale fino a circa 3 m di spessore nella zona più meridionale dell'Ambito AR (S-F).

Nel settore centro-meridionale dell'Ambito, in territorio sassolese, la base di questa unità ghiaiosa si trova a profondità di circa 12-15 m dal piano di campagna, in discordanza angolare sulle sottostanti argille grigie plioceniche, di ambiente marino, (Argille del Torrente Tiepido – ora Argille Azzurre nella nomenclatura CARG) o, più raramente, sulle sabbie gialle marine (Sabbie di Castelvetro).

Nel settore settentrionale, invece, la base delle ghiaie dell'Unità di Vignola appoggia su di un orizzonte pedogenizzato bruno rossastro, limoso o argilloso-limoso di spessore variabile da meno di un metro ad alcuni metri, oltre il quale si rinvergono altri orizzonti ghiaiosi plurimetrici probabilmente riferibili all'Unità di Ubersetto o all'Unità di Cà di Sola.

Dai dati esaminati risulta quindi una certa discrepanza nella stratigrafia del sottosuolo tra il settore settentrionale ed il settore centrale/meridionale dell'Ambito, maggiormente accentuata se si fa riferimento alle quote relative s.l.m. invece che alla profondità rispetto al p.d.c.: ciò sembra confermare la presenza nel sottosuolo della suddetta "Faglia flessura di Sassuolo", che, con l'attività neotettonica avrebbe determinato un abbassamento relativo del blocco settentrionale di circa 70 m (Gasperi et al. 1989), causando un accumulo maggiore di sedimenti continentali durante il Pleistocene nel settore nord rispetto al settore sud, il quale, probabilmente, si è trovato in condizioni subaeree per tempi maggiori, e maggiormente esposto all'erosione.

Analizzando i dati disponibili in bibliografia (PSC, Regione Emilia-Romagna, indagini pregresse) e le indagini realizzate recentemente nell'area di riqualificazione, è stato possibile costruire delle colonne stratigrafiche tipo, riportate in Figura 15, che sintetizzano il quadro generale della stratigrafia del sottosuolo dell'Ambito AR (S-F).

I terreni più superficiali, limosi e argillosi, dal punto di vista geotecnico presentano caratteristiche di resistenza alla punta (R_p) mediamente dell'ordine di 10-20 kg/cmq, valori che aumentano con la profondità fino a superare i 40 kg/cmq. Lo strato ghiaioso sottostante, che si incontra a profondità variabili, generalmente sui 5 metri dal piano campagna, presenta ottime caratteristiche di resistenza con valori di R_p maggiori di 100 kg/cmq, che lo rendono un eccellente terreno di sottofondazione.

Da questo confronto è possibile interpretare, per l'intera area dell'Ambito AR (S-F), una partizione in due zone:

- Il settore centro-settentrionale, nel quale si rinvergono diversi orizzonti ghiaiosi, il primo dei quali inizia tra i 4 m e i 7 m di profondità dal piano campagna e presenta uno spessore generalmente sui 7-10 m, seguito da alternanze di terreni argillosi e ghiaiosi;
- Il settore meridionale, nel quale si incontra solo uno strato ghiaioso, il cui tetto è posto a profondità tra i 4 m e i 10 m dal p.d.c. e presenta uno spessore più modesto, generalmente di pochi metri, seguito in profondità da terreni fini argillosi.

Nella Figura 15 sono riportate le colonne stratigrafiche tipo, disposte anche in relazione alla quota s.l.m. (riquadro b), le quali evidenziano tra loro una certa correlazione dell'andamento del primo strato ghiaioso.

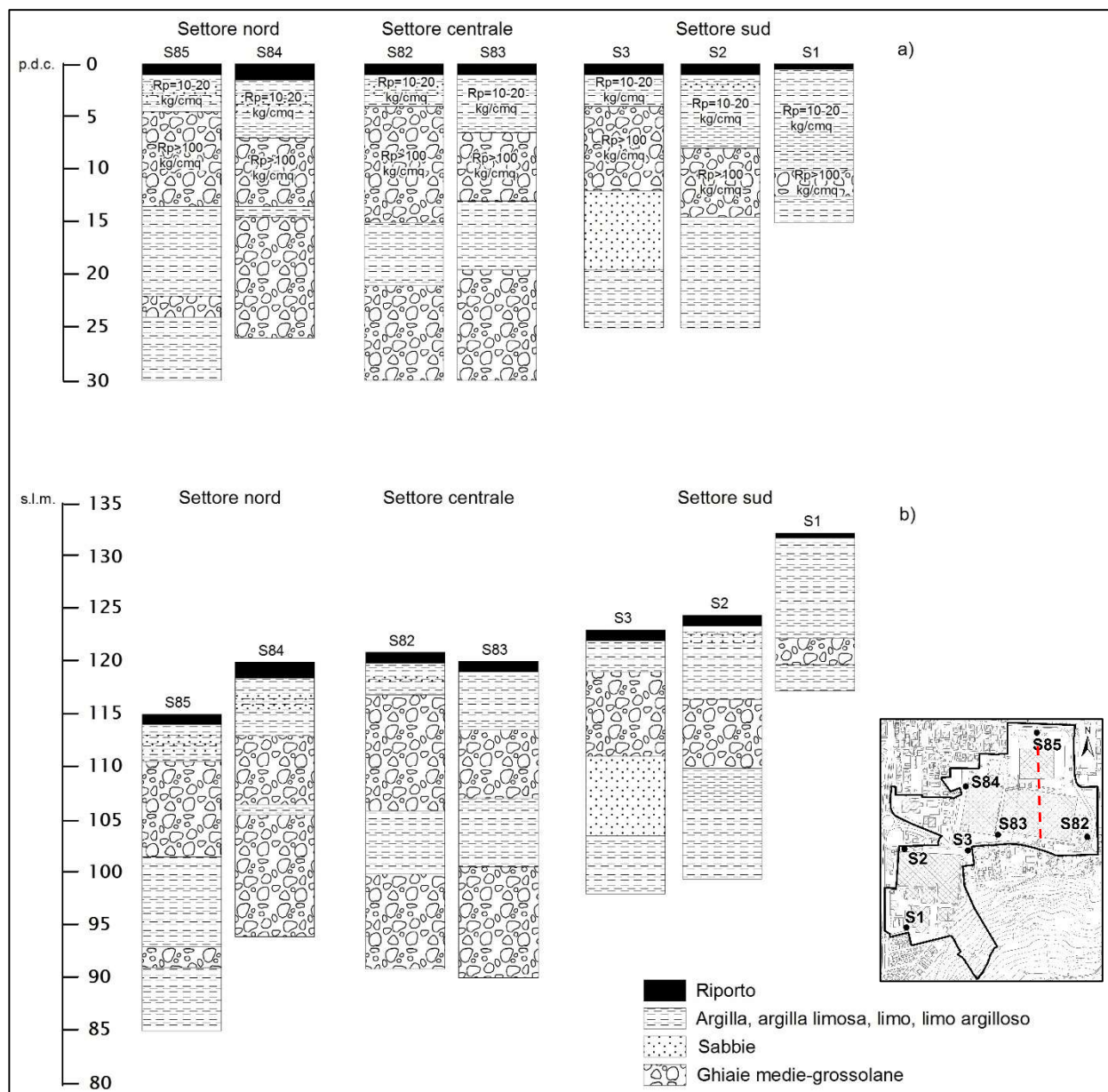
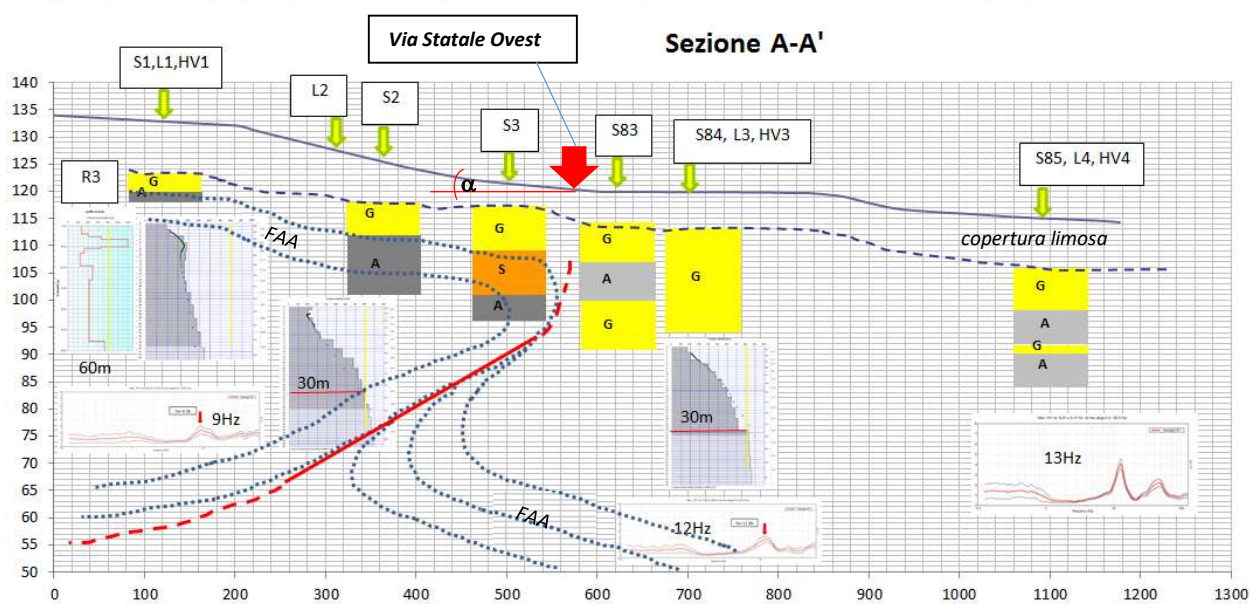
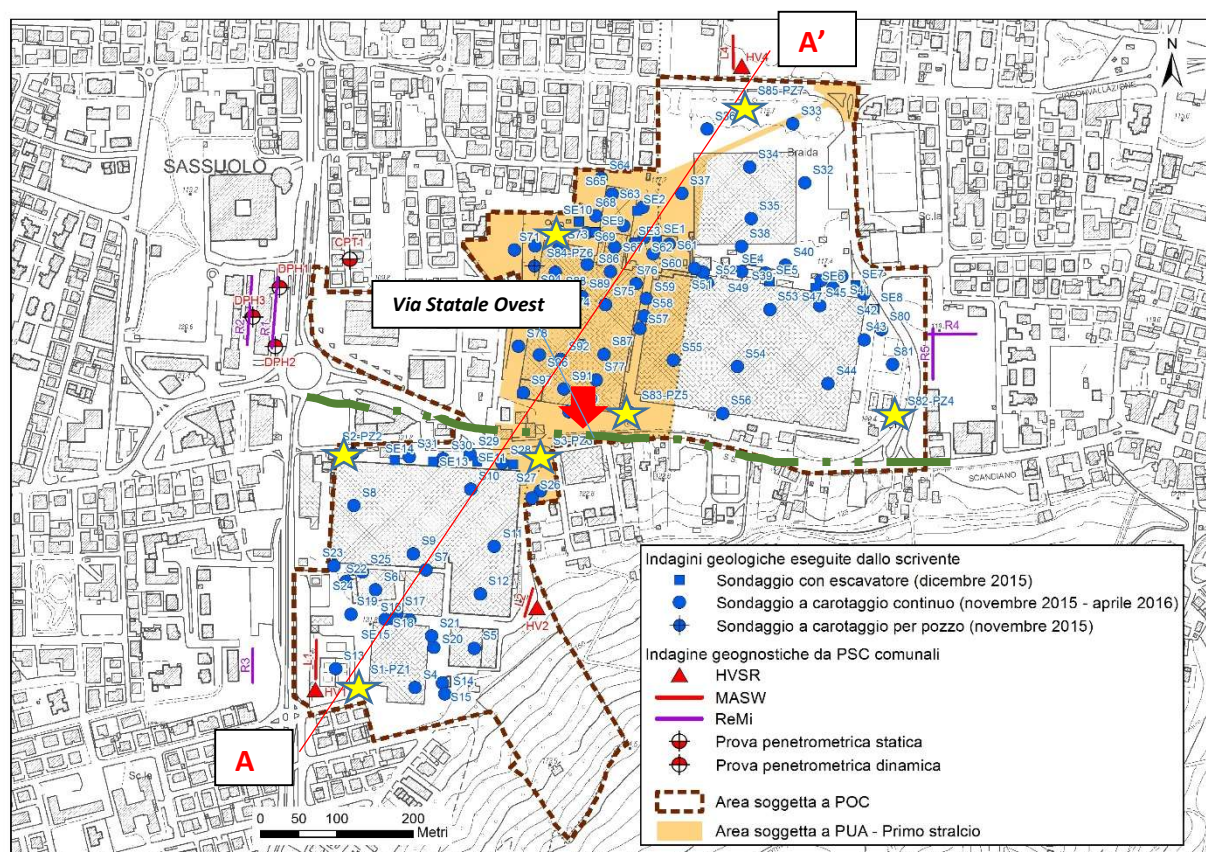


Figura 15 - Colonne litostratigrafiche tipo del sottosuolo dell'area dell'Ambito AR (S-F). a) Quote dal piano di campagna; b) Quote sul livello del mare.

In linea di massima, la situazione stratigrafica nell'area di PUA (linea tratteggiata rossa nel riquadro di Figura 15) è rappresentata dai sondaggi S83/S82 e S85, tutti caratteristici della stratigrafia a valle della faglia/flessura.

In Figura 16 si è cercato di ricostruire, attraverso una sezione interpretativa, i rapporti stratigrafico-tettonici dell'area d'indagine, confrontando i dati stratigrafici dei sondaggi pregressi con indagini geofisiche pregresse.



Legenda – G: ghiaie, S: sabbie marine, A(scu): Argille Azzurre (FAA), A(chiaro): argille alluvionali.

Figura 16 - Linea di sezione e sezione interpretativa dei rapporti stratigrafico-tettonici locali. Le stelle gialle meglio identificano i sondaggi più recenti, riportati anche nel riquadro di Figura 15. Linea verde tratteggiata nella mappa: lineamento tettonico ipotizzato.

La caratteristica più evidente è il netto cambio di stratigrafia in corrispondenza della freccia rossa, che cade precisamente su via Statale Ovest. Infatti, a sud della strada, il sondaggio S3 identifica, dopo una copertura di circa 4 m di limi e argille, uno spessore di 8m di ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa, seguito da 7 m di sabbia e da 6 m di argilla. La continuità dello spessore delle sabbie

(non evidenziabile né verso nord, nel sondaggio S83, né a NO, nel sondaggio S2) fa ritenere più verosimile l'attribuzione alle Sabbie di Castelvetro (sensu Gasperi et al., 1989 – Figura 6), del Pleistocene inferiore, piuttosto che a depositi sabbiosi di origine fluviale, i quali non potrebbero giustificare né un così grande spessore, né una distribuzione spaziale così limitata. Anche nel sondaggio S1 le sabbie compaiono (sebbene con uno spessore ridotto a circa 1 m) tra le ghiaie sovrastanti e le argille sottostanti. Oltre, verso NO, in corrispondenza del sondaggio S2 su via Statale Ovest, le sabbie scompaiono e lo strato ghiaioso poggia direttamente sulle argille. L'assetto stratigrafico sembra mostrare come a sud di via Statale Ovest si possa ipotizzare una continuità del contatto stratigrafico discordante tra le sottostanti Argille Azzurre (FAA o Argille del Tiepido, sensu Gasperi et al., 1989, Figura 7) e le Sabbie di Castelvetro (AEI nel Foglio 219 "Sassuolo" della Carta Geologica d'Italia a scala 1:50.000), ancorché ricoperto da una coltre alluvionale di 12-14 m. Il contatto appare limitato alla fascia di raccordo tra la collina e l'alta pianura, con una flessione, quindi, verso SO, e non si spingerebbe troppo verso NO, come mostrato dalla stratigrafia del sondaggio S2.

Pochi metri a nord di via Statale Ovest, all'interno dell'area di PUA, il sondaggio S83 (con stratigrafia del tutto simile a quella del sondaggio S82, più a est, ed alla stessa quota) mostra un'alternanza tra ghiaie e argille fino a 30 m, evidenziando come già dopo pochi metri dal sondaggio S3, scompaiano i termini marini pliocenici e del Quaternario inferiore (FAA e Sabbie di Castelvetro) lasciando spazio esclusivamente ai depositi pleistocenici continentali.

Questo netto cambio di stratigrafia induce ad ipotizzare una causa di origine tettonica a sua giustificazione. Una faglia ad alto angolo, con immersione verso nord, sarebbe plausibile e rappresenterebbe la spiegazione più semplice: il ribassamento del tetto di faglia avrebbe favorito un maggiore accumulo di sedimenti a nord rispetto al letto, a sud.

La cartografia geologica (Gasperi et al., 1989; Foglio 219), però, rileva, lungo il bordo settentrionale della collina, assetti nella formazione delle Argille Azzurre che, da monte verso il bordo stesso, cambiano da inclinati verso nord a sub-verticali fino a rovesciati con inclinazione verso sud, a rappresentare una struttura di tipo plicativo, coricata. Questa struttura è stata recentemente rappresentata nella Carta strutturale dell'area di Reggio E. e Modena in Rossi et al. (2002)¹ (Figura 17). Come si vede in Figura 17, gli autori identificano, in prossimità dell'area, l'asse di una rampa anticlinale ed un sovrascorrimento cieco, ovvero non affiorante (anche detto "sepolto") (chiamato "*Castelvetro Front*"). Entrambe mostrano un andamento fra loro parallelo ed un sensibile cambio di direzione (quasi di 90°) da NO-SE, in linea col fronte collinare, a SO-NE, in corrispondenza dell'ingresso nella valle del Secchia e parallelo al suo stesso asse. Tale cambio di direzione sembra giustificare proprio la sopracitata deviazione, verso SO, del contatto tra le Sabbie di Castelvetro e le FAA identificato dai sondaggi S1 e S3 e la sua mancata continuazione, in senso rettilineo, verso NO (vedasi stratigrafia sondaggio S2).

Questa serie di evidenze ha portato ad ipotizzare (Figura 16) la presenza di una struttura *fold-and-thrust* costituita dal piegamento degli strati delle FAA e da una superficie di scollamento a basso angolo immersa verso sud, ma non affiorante (linea rossa, in parte tratteggiata, in Figura 16) – similmente a quanto ipotizzato anche dal Dott. Geol. Paolo Bessi nella Relazione geologica relativa all'area ex "Cisa 2" del 2007. Tale struttura avrebbe sollevato il settore meridionale producendo, al contempo, un abbassamento relativo del settore settentrionale, riproducendo i medesimi effetti (in termini di repentino cambio di stratigrafia) di una faglia ad alto angolo.

¹ Rossi M., Rogledi S., Barbacini G., Casadei D., Iaccarino S. e Papani G. (2002) - Tectono-stratigraphic architecture of Messinian piggyback basins of Northern Apennines: the Emilia folds in the Reggio-Modena area and comparison with the Lombardia and Romagna sectors. Boll. Soc. Geol. It., Volume speciale n. 1, 437-447.

In Figura 16, in alto, la traccia del sovrascorrimento sepolto è indicata con la linea verde tratteggiata.

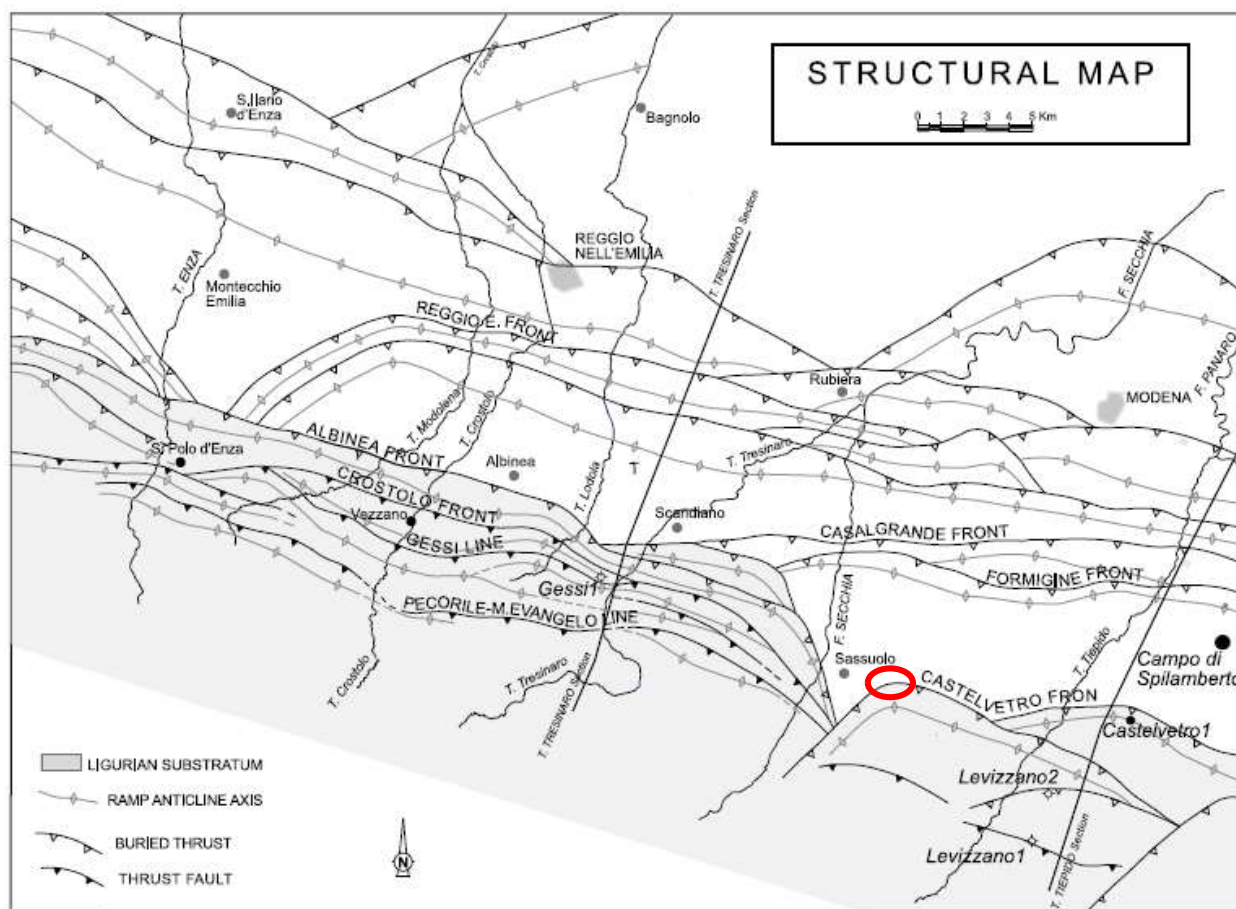


Figura 17 - Carta strutturale dell'area di Reggio E. e Modena. (Fonte: Rossi et al., 2002). L'ellisse rossa identifica l'area oggetto del presente studio.

Come detto, non vi sono ad oggi evidenze che tale lineamento tettonico intersechi la superficie topografica. Ciò che, invece, si può osservare è la corrispondenza del limite tra i due settori a differente stratigrafia (tra S3 e S83, ovvero via Statale Ovest) con il passaggio da una superficie topografica leggermente inclinata, a sud (evidenziata in Figura 16 dall'angolo α), ad una superficie topografica orizzontale, a nord. Il catalogo ISPRA delle faglie capaci identifica il lineamento come "capace" (ovvero, per definizione, con "*potenziale significativo nel produrre spostamenti in superficie o vicino alla superficie*" - IAEA SSG-9²), così come anche il lineamento che a questo si congiunge da SO e che, nella presente ricostruzione, coincide con la "flessura" verso SO del sovrascorrimento sepolto di Figura 17. Per entrambe le faglie, la qualità degli studi in base ai quali sono state identificate come "capaci" è definita "bassa", così come "bassa" è definita l'affidabilità del rispettivo stato di attività.

La geofisica, con le misure di rumore ambientale e dei rapporti H/V, identifica un'unica superficie a sensibile contrasto d'impedenza (f_0 da 9 a 13 Hz) coincidente con il contatto tra la coltre limosa superficiale (via via più sottile da sud verso nord) e il tetto del primo strato ghiaioso. Non

² IAEA, Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations, IAEA Safety Standards Series No. SSG-9, IAEA, Vienna (2010).

emergono superfici di risonanza più profonde, se non in corrispondenza di L2-HV2 in cui la profondità stimata della superficie di risonanza sembra approfondirsi a circa 170 m. Anche i profili di Vs determinati da indagini MASW e ReMi non evidenziano sensibili variazioni di velocità con la profondità, confermando il risultato delle misure H/V. In due punti (L2 e L3) la velocità di 800 m/s (assunta come velocità minima del bedrock sismico) è raggiunta già a 30 m dal piano campagna, senza differenza, quindi, tra settore a sud del lineamento tettonico e settore a nord dello stesso.

Non è stato possibile esaminare i profili di Vs delle prove identificate (in Figura 14) con le sigle R4, R5, L4, poiché nella relazione tecnica di microzonazione sismica, a cura del Dott. Geol. Antonio Maria Baldi, per il PSC del Comune di Fiorano³, non sono presenti i rispettivi certificati di prova.

Venendo alle indagini penetrometriche eseguite in funzione del progetto di PUA in esame, le 4 CPT sono state realizzate utilizzando un penetrometro statico Pagani 100kN, con le seguenti caratteristiche tecniche:

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

Le CPT mostrano un'alternanza tra terreni argillosi, argilloso-sabbiosi e limo-sabbiosi (Tabelle 1-4 e Allegato 1), con gli ultimi che divengono più frequenti lungo il bordo settentrionale dell'area (CPTm nr. 4 e 5).

Prof.	Qc m	Lito.	Pv m	Cu m	c' m	Dr m	fi' m
0.4-1.2	7.11	Terreni limo sabbiosi: sabbie argillose e limi	19.62	394.03	46.81	70.92	37.62
1.4-2.2	5.34	Argille inorganiche molto compatte	20.58	294.82	35.03		
2.2-4.0	3.36	Argille inorganiche molto compatte	20.22	182.88	21.73		
4.0-5.6	2.62	Argille inorganiche molto compatte + Argille sabbiose e limose	19.45	140.29	16.67		
5.6-6.8	4.05	Argille inorganiche molto compatte + Argille sabbiose e limose	20.05	218.22	25.92		

Tabella 1 – Discretizzazione litologica e geotecnica del terreno in corrispondenza della CPTm 3.

Prof.	Qc m	Lito.	Pv m	Cu m	c' m	Dr m	fi' m
0.4-0.6	1.18	Argille organiche e terreni misti	18.4	64.76	7.69		
0.6-0.8	2.94	Terreni limo sabbiosi: sabbie argillose e limi	18.5	162.63	19.32	42.7	36.5
0.8-2.4	3.43	Argille inorganiche molto compatte + Argille sabbiose e limose	19.71	188.88	22.44		
2.4-2.6	3.43	Terreni limo sabbiosi: sabbie argillose e limi	19	187.9	22.32	35.3	34.5
2.6-4.2	3.08	Argille sabbiose e limose + Argille inorganiche molto compatte	19.35	167.18	19.86		
4.2-4.4	3.82	Terreni limo sabbiosi: sabbie argillose e limi	19.2	207.76	24.68	33	33.9
4.4-5.2	5.03	Argille sabbiose e limose	19.88	273.95	32.54		

Tabella 2 – Discretizzazione litologica e geotecnica del terreno in corrispondenza della CPTm 4.

³ <https://goo.gl/wl8tu0>

Prof.	Qc m	Lito.	Pv m	Cu m	c' m	Dr m	fi' m
0.4-0.6	6.77	Sabbie	18.6			80.4	38.2
0.6-0.8	3.53	Argille sabbiose e limose	19.5	195.3	23.2		
0.8-1.4	7.81	Terreni limo sabbiosi: sabbie argillose e limi	20.07	432.75	51.41	71.6	38.1
1.4-2.0	5.75	Argille sabbiose e limose + Argille inorganiche molto compatte	20.53	317.66	37.74		
2.0-4.0	3.32	Argille inorganiche molto compatte	20.34	181.26	21.53		
4.0-4.2	13.14	Sabbie addensate o cementate	19.3			72.5	37.6

Tabella 3 - Discretizzazione litologica e geotecnica del terreno in corrispondenza della CPTm 5.

Prof.	Qc m	Lito.	Pv m	Cu m	c' m	Dr m	fi' m
0.4-1.0	4.61	Terreni limo sabbiosi: sabbie argillose e limi	19.17	255.23	30.32	57.4	37.87
1.0-4.8	3.42	Argille inorganiche molto compatte + Argille sabbiose e limose	20.19	186.81	22.19		

Tabella 4 - Discretizzazione litologica e geotecnica del terreno in corrispondenza della CPTm 6.

Prof.	Profondità in metri da piano campagna
Qc	Resistenza alla punta (MPa)
Pv	Peso di volume naturale (kN/m ³)
Cu	Coesione non drenata (kPa)
c'	Coesione efficace (kPa)
Dr	Densità relativa (%)
fi'	Angolo d'attrito interno di picco (°)
m	Valore medio

L'avanzamento della punta si è arrestato alla profondità media di circa 5,5 m dalla superficie del terreno naturale, al di sopra della quale è stato asportato uno spessore di terreno di riporto a seguito della demolizione dello stabilimento ceramico.

Le 2 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DPSH) eseguite lungo il limite meridionale dell'area (Figura 13) sono state realizzate utilizzando il penetrometro dinamico DPSH TG 63-200 PAGANI, con le seguenti caratteristiche tecniche:

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm
Area di base punta	20,43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90°

A differenza delle quattro statiche precedenti, sono state eseguite direttamente su terreno di riporto e mostrano (Tabelle 5-6, Allegato 2), per quest'ultimo, uno spessore variabile da 0,4 a 0,6 m, seguito da terreni che mostrano caratteristiche di resistenza geomeccanica comparabili con

quelle identificate dalle 4 CPT, al netto delle intrinseche differenze di interpretazione legate alla differente tipologia di prova.

Nr. Strato	Prof. da p.d.c.	colpi med.	Rd med.	N _{spt} med.	γ med.	c _u med.	φ' med.
...	m	...	Kg/cm ²	...	KN/m ³	kPa	°
1	0.4-1.0	18.7	186.1	27.3	20.3		30.8
2	1.0-2.0	8.8	82.7	12.8	17.9	193.2	27.0
3	2.0-3.4	11.0	93.7	16.1	18.7	228.7	27.9
4	4.4-4.8	8.2	64.4	12.0	17.7	189.8	26.5

Tabella 5 - Discretizzazione litologica e geotecnica del terreno in corrispondenza della DPSH 1.

Nr. Strato	Prof. da p.d.c.	colpi med.	Rd med.	N _{spt} med.	γ med.	c _u med.	φ' med.
...	m	...	Kg/cm ²	...	KN/m ³	kPa	°
1	0.6-2.2	11.9	111.1	17.3	18.9	236.5	28.4
2	2.2-4.0	9.2	76.3	13.5	18.0	203.7	27.0
3	4.0-4.8	8.5	64.3	12.4	17.8	195.1	26.5
4	4.8-5.2	17.5	127.0	25.6	20.3		29.9

Tabella 6 - Discretizzazione litologica e geotecnica del terreno in corrispondenza della DPSH 2.

Nel complesso, la geotecnica del tratto di urbanizzazione indagato è conforme a quanto precedentemente descritto per l'intera area dell'Ambito AR (S-F), con valori di resistenza alla punta del penetrometro statico molto alti già nei primi metri e che aumentano progressivamente con la profondità fino a superare i 40-50 kg/cm². Lo strato ghiaioso sottostante, il cui tetto è confermato a profondità prossime ai 5/6 m (escludendo lo spessore di riporto per le due DPSH), presenta ottime caratteristiche di resistenza con valori di R_p maggiori di 100 kg/cm².

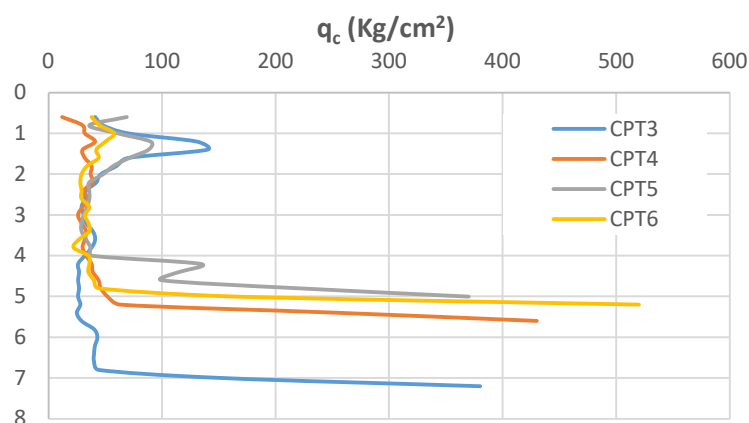


Figura 18 - Profili della resistenza all'infissione della punta del penetrometro statico in corrispondenza delle quattro verticali CPT eseguite per questo studio.

5. SISMICA

Per quanto riguarda le caratteristiche sismiche del terreno oggetto di indagine, sono state ancora una volta prese in esame sia le indagini pregresse, effettuate all'interno del perimetro dell'Ambito AR (S-F) e nelle aree limitrofe, sia le indagini di nuova esecuzione realizzate per questo studio (Figura 18).

Gli stendimenti a sismica attiva MASW e sismica passiva ReMi hanno consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità delle onde di taglio, permettendo di calcolare valori di V_{s30} (velocità media delle onde sismiche nei primi 30 m dal piano di campagna).

Dall'analisi dei valori di V_{s30} e della loro distribuzione areale (Figura 20) risulta come i settori occidentale e meridionale, corrispondenti alla parte di Ambito che ricade in Comune di Sassuolo, presentino i valori di V_{s30} generalmente più elevati, dell'ordine dei 400-500 m/sec., caratteristici di suoli di classe sismica "B".

Il settore orientale, coincidente all'incirca con la parte che ricade in Comune di Fiorano Modenese ed oggetto di PUA, presenta valori di V_{sH} dell'ordine di 270 m/sec: come detto in precedenza, la mancanza dei certificati di prova, nella relazione tecnica della microzonazione sismica di Fiorano per queste indagini geofisiche, non consente di analizzare il profilo completo di Vs. Profilo che, per l'area di PUA è stato invece possibile ricavare dalla indagine MASW di nuova esecuzione (Figura 19 e Allegato 3), che ha restituito una $V_{sH=10}$ di 340 m/s ed un'interfaccia col bedrock sismico a circa 10 m dal p.d.c. Quest'ultimo dato sembra indicare come l'interfaccia col bedrock sismico si avvicini progressivamente alla superficie procedendo da ovest verso est e da sud verso nord.

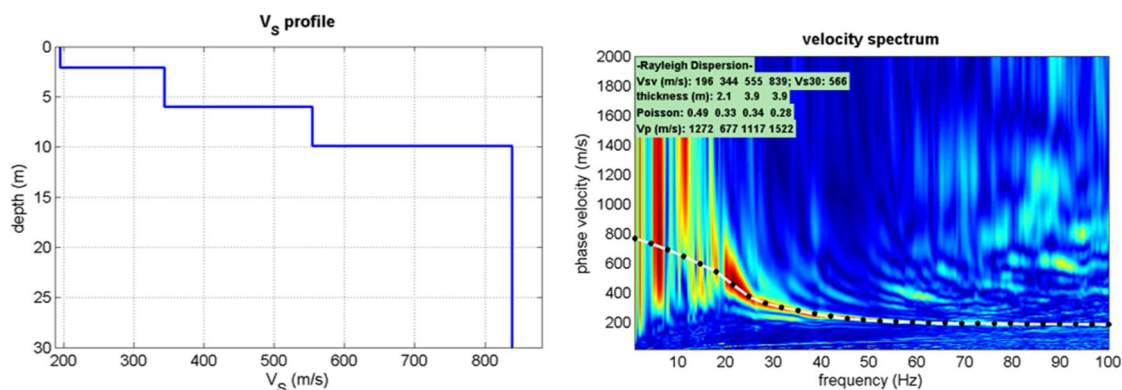


Figura 19 – Profilo di Vs con la profondità e curva di dispersione della MASW di nuova esecuzione.

Le indagini HVSR reperite in bibliografia hanno consentito di determinare la frequenza fondamentale (f_0) del terreno, utile, insieme alla velocità delle onde S da MASW/Re.Mi., per determinare la profondità dell'interfaccia risonante e, allo stesso tempo, lo spessore dello strato più soffice e superficiale del terreno. L'indagine, basata sulla misura dei microtremori ambientali, tramite il rapporto tra le componenti orizzontali (H) e verticali (V) del moto sismico, restituisce la frequenza di risonanza del terreno, la quale è tanto maggiore quanto più è superficiale l'interfaccia risonante.

In particolare, si sono prese in considerazione 3 coppie di indagini HVSR/MASW (l'indagine HV2 non risulta attendibile) i cui risultati confermano la stratigrafia del sottosuolo fin qui descritta: nella zona meridionale, la coppia HV1/L1 identifica il tetto delle ghiaie (considerato come interfaccia risonante) a circa 10 m di profondità dal piano di campagna ($f_0=9,38$ Hz e $V_{s30}=347$

m/s); nella zona centrale, la coppia HV3/L3 identifica il tetto delle ghiaie ancora a circa 10 m di profondità dal piano di campagna ($f_0=11,88$ Hz e $V_{s30}=414$ m/s); in corrispondenza del confine settentrionale dell'area di PUA, la coppia HVSr/MASW di nuova esecuzione identifica il tetto delle ghiaie a circa 7 m di profondità dal piano di campagna ($f_0=12,2$ Hz e $V_{SH=10}=340$ m/s). Sostanzialmente, procedendo da ovest verso est e da sud verso nord, si conferma il leggero innalzamento verso la superficie dell'interfaccia tra depositi fini superficiali e bedrock sismico, che sembra coincidere con il tetto del primo strato ghiaioso solo nel settore più settentrionale dell'area di POC.

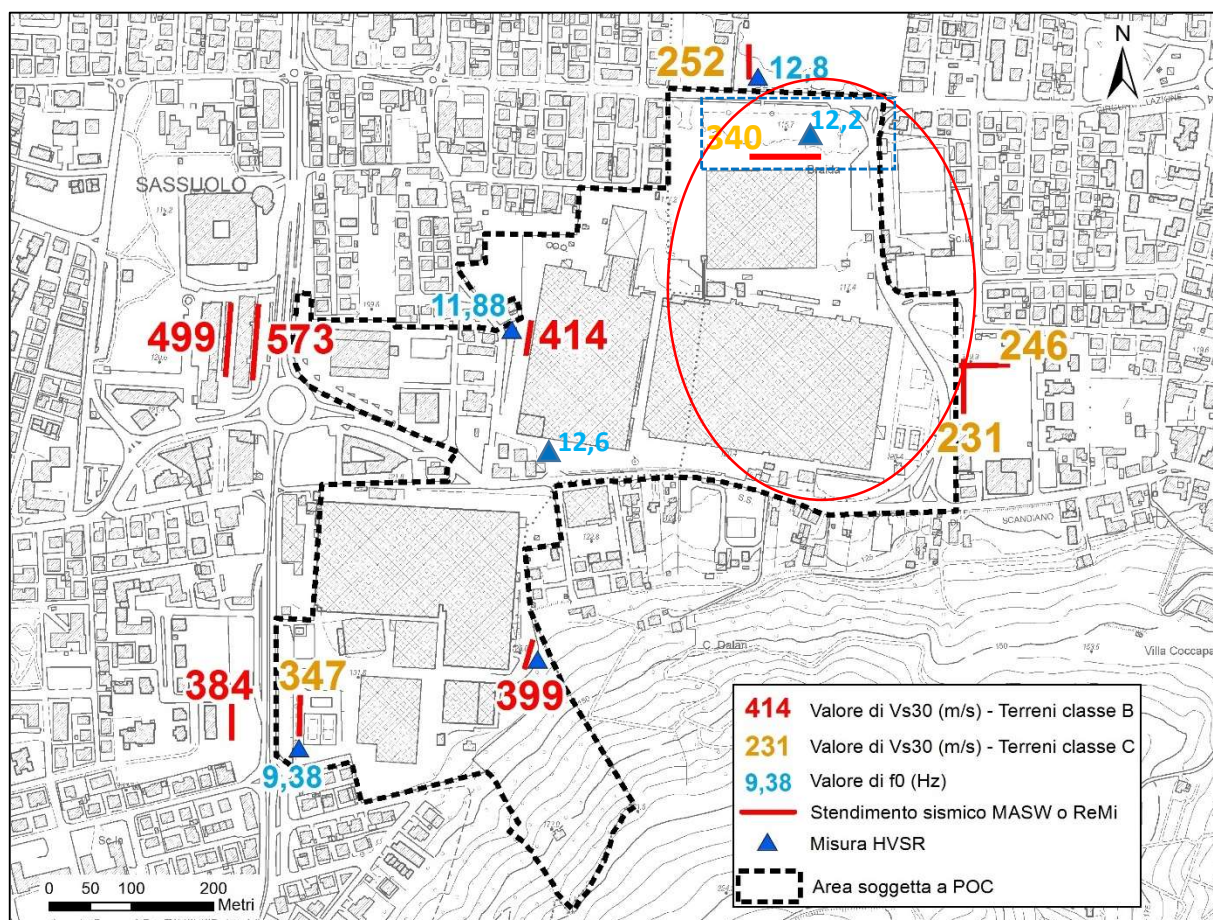


Figura 20 - Ubicazione delle indagini sismiche pregresse e di nuova esecuzione effettuate all'interno dell'Ambito AR (S-F) e nelle aree esterne, con riportato il valore di f_0 e il valore di V_{s30} calcolato con indicazione della categoria di suolo. L'elisse rossa identifica l'area di PUA in esame; rettangolo blu tratteggiato: indagini MASW e HVSr di nuova esecuzione.

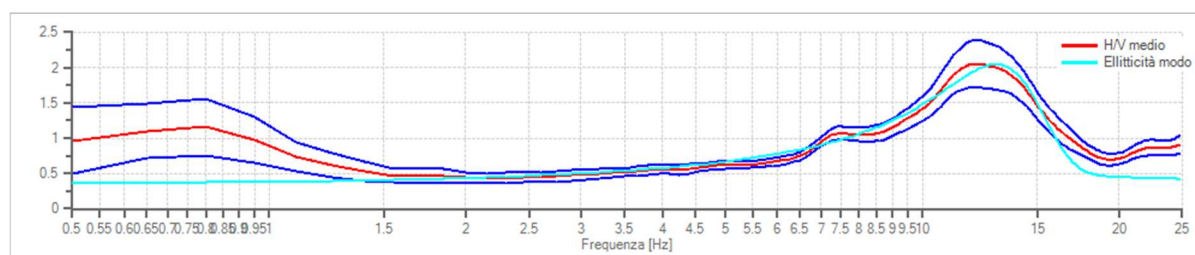


Figura 21 - Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia da HVSr di nuova esecuzione.

5.1. SUSCETTIBILITÀ A LIQUEFAZIONE E CEDIMENTI POST-SISMICI

Per quanto riguarda i settori a nord di via Statale Ovest, i dati piezometrici disponibili individuano la superficie freatica ad una profondità minima di circa -24 m dal piano campagna, pertanto oltre la soglia dei 20 m oltre la quale la suscettibilità a liquefazione viene considerata molto improbabile. Inoltre, le stratigrafie dei sondaggi, nei medesimi settori, non hanno individuato spessori sabbiosi di rilievo.

Sottili livelli limo-sabbiosi (di spessore mediamente pari a 20 cm, con un massimo di 60 cm nelle CPTm-5 e CPTm-6) sono state individuate dalle 4 CPT eseguite per questo studio, nei primi 5-7 m al di sopra del primo spessore ghiaioso. Al di là del fatto che possano risultare generalmente al di sopra del livello di falda, sono allo stesso tempo caratterizzati da un buon grado di addensamento che ne rende verosimilmente alto il valore della resistenza alle sollecitazioni cicliche dovute a sisma.

Per queste considerazioni, si ritiene molto basso il rischio di liquefazione (e conseguenti cedimenti post-sismici) per l'area in esame.

5.2. MICROZONAZIONE SISMICA

La microzonazione sismica di II livello del Comune di Fiorano Modenese assegna l'intera area di PUA alla microzona omogenea "Zona 6": alternanza di depositi limosi con strati ghiaioso-sabbiosi (Figura 22, a), stabile, ma suscettibile di amplificazione locale. Quest'ultima, relativamente alla PGA, è stata valutata variabile da 1,7 nella fascia settentrionale dell'area di PUA, a 2,0 nel settore meridionale (Figura 22, b).

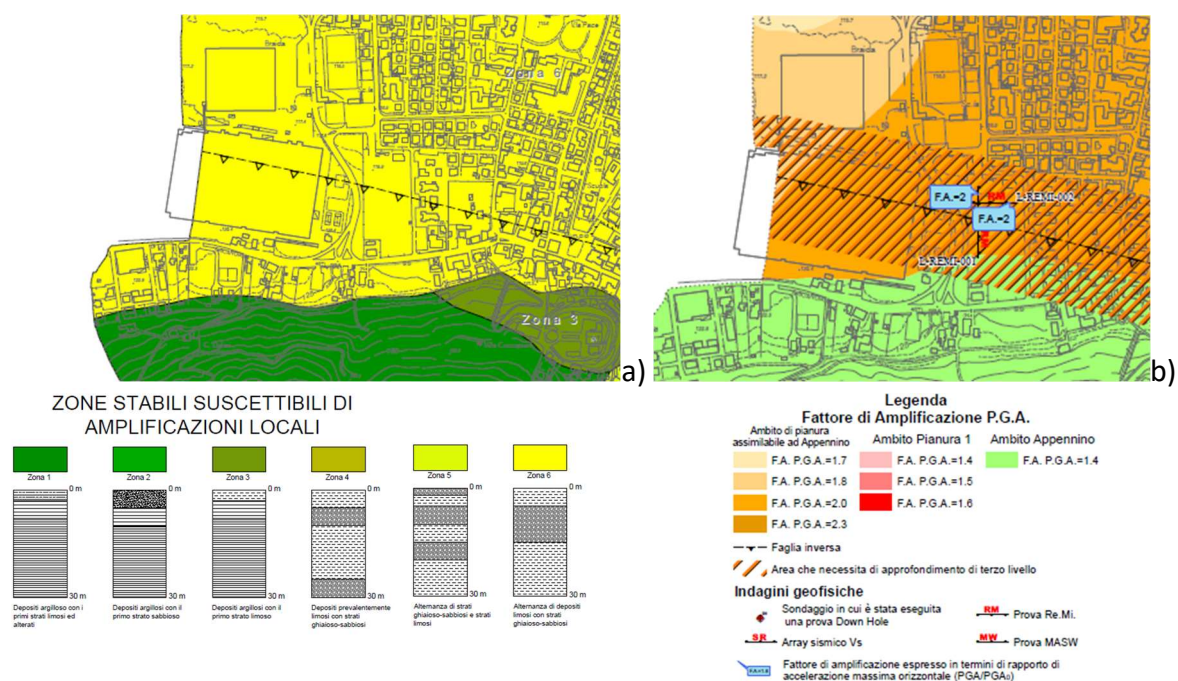


Figura 22 – Carta delle MOPS (a) e dei fattori di amplificazione della PGA (b) dello studio di MS2 di Fiorano Modenese.

Se si considera la stratigrafia locale evidenziata dalle indagini geognostiche eseguite nell'area POC e la profondità dell'interfaccia col bedrock sismico a circa 10 m, come evidenziato dalla coppia HVSR/MASW di nuova esecuzione, sulla base della DGR 630/2019 è possibile assegnare l'area d'indagine all'Ambito "Margine di tipo A" della DGR stessa, da cui si ricavano i seguenti fattori di amplificazione:

FA PGA: 1,8

FA SA1: 1,8

FA SA2: 1,8

FA SA3: 1,7

FA SI1: 1,8

FA SI2: 1,7

In fase di PUA dovrà essere eseguita un'analisi di risposta sismica locale per le aree interessate dalla faglia-flessura di Sassuolo (Figura 22, b) seguendo le indicazioni fornite dallo studio di Microzonazione sismica di II livello del Comune di Fiorano Modenese.

6. SINTESI DEI RISULTATI E CONCLUSIONI

Dalle prove geognostiche eseguite per questo studio (4 CPT e 2 DPSH), unitamente a quelle d'archivio eseguite per il più ampio Ambito AR (S-F), il primo sottosuolo dell'area di PUA è caratterizzato dalla presenza - almeno nei settori settentrionale, orientale ed occidentale dove è stato possibile eseguire indagini CPTm - di terreno naturale composto da alternanze di terreni argillosi, argilloso-sabbiosi e limo-sabbiosi, con gli ultimi che divengono più frequenti lungo il margine settentrionale dell'area. In generale i terreni sono caratterizzati da valori di resistenza geomeccanica molto buoni già dai primi metri superficiali, che aumentano progressivamente con la profondità, fino a raggiungere il tetto del primo strato ghiaioso, presente a circa 5/6 m dal p.d.c., anch'esso caratterizzato da resistenze meccaniche molto elevate.

La natura e la resistenza geomeccanica del terreno lo rendono assolutamente idoneo alla realizzazione degli interventi di trasformazione previsti dal PUA.

La soggiacenza della falda più superficiale (non intercettata in occasione dei 6 sondaggi penetrometrici eseguiti per questo studio), in base a quanto è stato possibile misurare dai piezometri presenti nell'area, è abbastanza profonda, con valori massimi di circa -20 m nella parte settentrionale dell'Ambito.

Per la caratterizzazione sismica del terreno, la coppia di indagini HVSR/MASW di nuova esecuzione, in corrispondenza della fascia settentrionale dell'area, hanno permesso di ricavare un valore di $V_{SH=10}$ caratteristici di un suolo di categoria **C**, (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*).

Per quanto riguarda la suscettività alla liquefazione e a cedimenti in occasione di eventi sismici, l'analisi dei dati geognostici ha permesso di valutarla come molto bassa, per assenza di strati sabbiosi sotto falda.

Per quanto preso in esame in questo studio, **è possibile dichiarare la fattibilità del PUA in oggetto sotto i punti di vista geologico, geotecnico e sismico.**

In fase di PUA dovrà essere eseguita un'analisi di risposta sismica locale per le aree interessate dalla faglia-flessura di Sassuolo seguendo le indicazioni fornite dallo studio di Microzonazione sismica di II livello del Comune di Fiorano Modenese.

Modena, 30/12/2021

Dott. Geol. Valeriano Franchi

A circular professional stamp of the Regional Geological Office of Emilia-Romagna, Province of Modena, with the text "REGIONE EMILIA-ROMAGNA", "UFFICIO REGIONALE GEOLOGICO", "PROV. DI MODENA", and "N. 559 ALBO. P. 1". A handwritten signature in blue ink is written over the stamp.

ALLEGATO 1

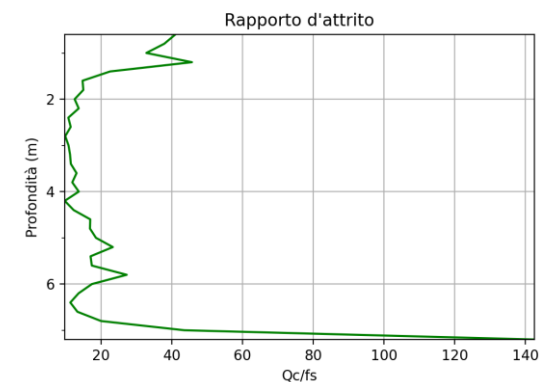
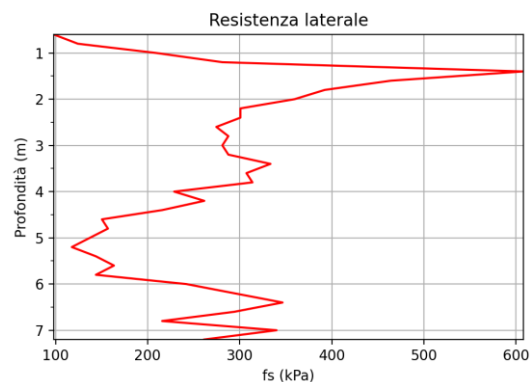
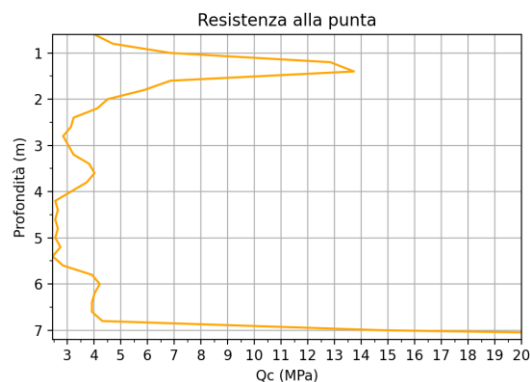
INDAGINI PENETROMETRICHE STATICHE (CPT) ESEGUITE PER QUESTO STUDIO
--

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-3

Prof.	Qc	fs	Qc1	Lito.	Pv	OCR	Cu	c'	M	Dr	fi'	tan-fi'	Ey	G0	Pois.
m	kPa	kPa	MPa	Code	kN/mc	...	kPa	kPa	MPa	%	°	...	MPa	MPa	...
0.6	41.0	56.0	4.02	5.0	18.9	63.4	222.74	26.46	137.11	57.1	37.9	0.78	11.34	282.0	0.235
0.8	48.0	67.0	4.71	5.0	19.2	55.0	260.67	30.97	160.38	58.2	37.9	0.78	13.7	333.34	0.235
1.0	70.0	102.0	6.86	5.0	20.0	63.0	380.3	45.18	233.59	69.6	38.2	0.79	19.19	478.99	0.225
1.2	131.0	174.0	12.85	5.0	20.4	96.4	712.41	84.63	436.11	98.8	36.5	0.74	32.92	867.36	0.18
1.4	140.0	233.0	13.73	6.0	21.3	164.3	761.21	90.43	56.52					847.8	0.45
1.6	70.0	141.0	6.86	11.0	20.9	71.1	379.61	45.1	28.19					422.79	0.45
1.8	60.0	120.0	5.88	11.0	20.6	53.9	324.9	38.6	24.12					361.86	0.45
2.0	46.0	101.0	4.51	11.0	20.5	37.0	248.4	29.51	18.44					276.65	0.45
2.2	42.0	88.0	4.12	11.0	20.3	30.6	226.38	26.89	16.81					252.13	0.45
2.4	33.0	79.0	3.24	11.0	20.2	21.9	177.12	21.04	13.15					197.27	0.45
2.6	32.0	74.0	3.14	11.0	20.2	19.6	171.45	20.37	12.73					190.95	0.45
2.8	29.0	73.0	2.84	11.0	20.2	16.4	154.88	18.4	11.5					172.5	0.45
3.0	31.0	74.0	3.04	11.0	20.2	16.4	165.55	19.67	12.29					184.38	0.45
3.2	33.0	77.0	3.24	11.0	20.2	16.3	176.22	20.94	13.08					196.27	0.45
3.4	39.0	90.0	3.82	11.0	20.4	18.2	208.69	24.79	15.49					232.42	0.45
3.6	41.0	88.0	4.02	11.0	20.3	18.0	219.36	26.06	16.29					244.31	0.45
3.8	38.0	86.0	3.73	11.0	20.3	15.8	202.79	24.09	15.06					225.85	0.45
4.0	32.0	67.0	3.14	11.0	20.0	12.6	169.87	20.18	12.61					189.2	0.45
4.2	26.0	66.0	2.55	11.0	20.0	9.6	136.96	16.27	10.17					152.54	0.45
4.4	27.0	60.0	2.65	11.0	19.8	9.6	142.19	16.89	10.56					158.37	0.45
4.6	26.0	49.0	2.55	11.0	19.4	8.8	136.53	16.22	10.14					152.06	0.45
4.8	27.0	51.0	2.65	11.0	19.4	8.8	141.76	16.84	10.53					157.89	0.45
5.0	26.0	47.0	2.55	11.0	19.2	8.1	136.1	16.17	10.11					151.58	0.45
5.2	28.0	46.0	2.75	6.0	19.1	8.4	146.78	17.44	10.9					163.48	0.45
5.4	25.0	47.0	2.45	11.0	19.2	7.2	130.23	15.47	9.67					145.04	0.45
5.6	29.0	54.0	2.84	11.0	19.5	8.1	151.8	18.03	11.27					169.07	0.45
5.8	40.0	62.0	3.92	6.0	19.4	10.9	211.52	25.13	15.71					235.58	0.45
6.0	43.0	80.0	4.22	11.0	20.0	11.3	227.64	27.04	16.9					253.53	0.45
6.2	41.0	86.0	4.02	11.0	20.3	10.4	216.52	25.72	16.08					241.14	0.45
6.4	40.0	93.0	3.92	11.0	20.4	9.8	210.84	25.05	15.65					234.82	0.45
6.6	40.0	85.0	3.92	11.0	20.3	9.5	210.62	25.02	15.64					234.57	0.45
6.8	44.0	77.0	4.31	6.0	19.9	10.2	232.19	27.58	17.24					258.6	0.45
7.0	151.0	203.0	14.81	5.0	20.6	18.9	814.91	96.81	498.26	70.3	37.2	0.76	58.13	1166.75	0.245

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-3

7.2	380.0	420.0	37.27	4.0	20.6	6.3			1091.46	100.0	37.2	0.76	109.19	332.91	0.01
-----	-------	-------	-------	-----	------	-----	--	--	---------	-------	------	------	--------	--------	------



Prof.	Lito.	Pv m	Pv k	Cu m	Cu COV	Cu k	c' m	c' COV	c' k	Dr m	fi' m	fi' k	tan-fi' m	tan-fi' k	M m	M COV	M k	Pois. m
m	...	kN/mc	kN/mc	kPa	...	kPa	kPa	...	kPa	%	°	°	...	...	MPa	...	MPa	...
0.4-1.2	Sa+I	19.62	18.9							70.92	37.62	36.7	0.77	0.74	241.8	0.49	80.6	0.22
1.4-2.2	Ai_mc	20.58	20.3	294.82	0.21	126.4	35.03	0.21	15.02						21.89	0.21	9.39	0.45
2.2-4.0	Ai_mc	20.22	20.2	182.88	0.11	143.81	21.73	0.11	17.09						13.58	0.11	10.68	0.45
4.0-5.6	Ai_mc & As+Al	19.45	19.3	140.29	0.05	135.65	16.67	0.05	16.12						10.42	0.05	10.08	0.45
5.6-6.8	Ai_mc & As+Al	20.05	19.7	218.22	0.04	211.23	25.92	0.04	25.09						16.2	0.04	15.68	0.45

Legenda

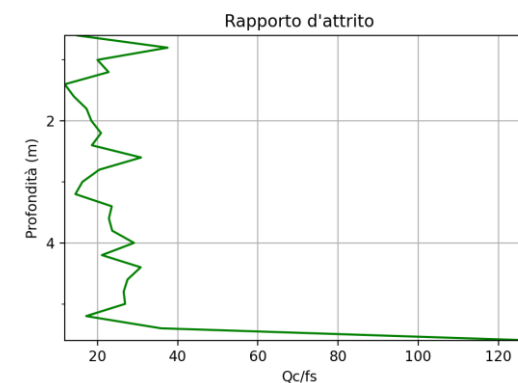
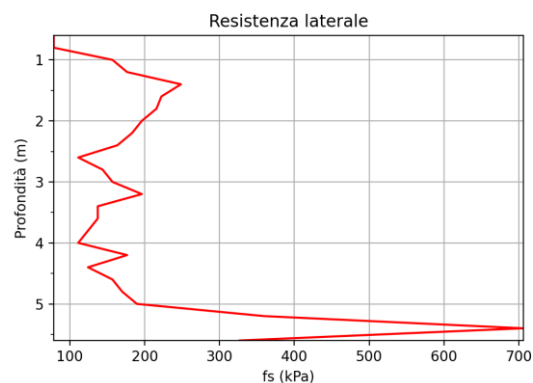
Prof.: Profondità da piano campagna; Qc: Resistenza alla punta (kPa); fs: Resistenza laterale; Qc1: Resistenza alla punta (MPa); Lito(Code): Codice litologia*; Pv: Peso di volume; OCR: Grado di sovraconsolidazione; Cu: Coesione non drenata; C': Coesione efficace; M: Modulo edometrico; Dr: Densità relativa; fi': Angolo d'attrito interno di picco; tan-fi': Tangente angolo d'attrito interno di picco; Ey: Modulo elastico di Young; G0: Modulo di taglio a piccole deformazioni; Pois.: Coefficiente di Poisson; .m: Valore medio; .COV: Coefficiente di variazione; .k: Valore caratteristico

*Codici litologia e relativo numero identificativo- S_f/c(1): Sabbie con molti fossili / calcareniti; S_sc(2): Sabbie sciolte; S(3): Sabbie; S_a/c(4): Sabbie addensate o cementate; Sa+I(5): Terreni limo sabbiosi: sabbie argillose e limi; As+Al(6): Argille sabbiose e limose; Ai_cmb(7): Argille inorganiche a consistenza molto bassa; Ai_cb(8): Argille inorganiche a bassa consistenza; Ai_cm(9): Argille inorganiche a media consistenza; Ai_c(10): Argille inorganiche compatte; Ai_mc(11): Argille inorganiche molto compatte; Ao+tm(12): Argille organiche e terreni misti

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-4

Prof.	Qc	fs	Qc1	Lito.	Pv	OCR	Cu	c'	M	Dr	fi'	tan-fi'	Ey	G0	Pois.
m	kPa	kPa	MPa	Code	kN/mc	...	kPa	kPa	MPa	%	°	...	MPa	MPa	...
0.6	12.0	24.0	1.18	12.0	18.4	34.8	64.76	7.69	4.81					72.13	0.45
0.8	30.0	42.0	2.94	5.0	18.5	35.4	162.63	19.32	100.31	42.7	36.5	0.74	10.4	218.62	0.26
1.0	32.0	56.0	3.14	11.0	19.4	55.3	173.31	20.59	12.87					193.02	0.45
1.2	41.0	68.0	4.02	6.0	19.6	58.5	222.12	26.39	16.49					247.39	0.45
1.4	30.0	68.0	2.94	11.0	20.0	36.3	161.97	19.24	12.03					180.39	0.45
1.6	32.0	66.0	3.14	11.0	19.8	33.6	172.65	20.51	12.82					192.28	0.45
1.8	38.0	71.0	3.73	11.0	19.9	35.3	205.11	24.37	15.23					228.45	0.45
2.0	37.0	67.0	3.63	11.0	19.8	30.8	199.45	23.69	14.81					222.13	0.45
2.2	39.0	67.0	3.82	6.0	19.7	29.5	210.12	24.96	15.6					234.02	0.45
2.4	31.0	56.0	3.04	11.0	19.5	21.3	166.32	19.76	12.35					185.24	0.45
2.6	35.0	52.0	3.43	5.0	19.0	12.0	187.9	22.32	34.96	35.3	34.5	0.69	16.44	298.79	0.275
2.8	30.0	52.0	2.94	11.0	19.3	17.7	160.45	19.06	11.91					178.7	0.45
3.0	26.0	50.0	2.55	11.0	19.4	14.2	138.44	16.45	10.28					154.19	0.45
3.2	29.0	59.0	2.84	11.0	19.8	14.9	154.56	18.36	11.48					172.15	0.45
3.4	33.0	54.0	3.24	6.0	19.3	15.9	176.14	20.93	13.08					196.18	0.45
3.6	32.0	53.0	3.14	6.0	19.3	14.6	170.48	20.25	12.66					189.87	0.45
3.8	30.0	49.0	2.94	6.0	19.1	12.9	159.37	18.93	11.83					177.5	0.45
4.0	33.0	50.0	3.24	6.0	19.0	13.5	175.5	20.85	13.03					195.47	0.45
4.2	38.0	65.0	3.73	6.0	19.6	14.8	202.53	24.06	15.04					225.56	0.45
4.4	39.0	58.0	3.82	5.0	19.2	7.8	207.76	24.68	38.82	33.0	33.9	0.67	21.87	363.06	0.28
4.6	44.0	68.0	4.31	6.0	19.5	15.7	234.79	27.89	17.43					261.49	0.45
4.8	46.0	72.0	4.51	6.0	19.6	15.7	245.46	29.16	18.23					273.39	0.45
5.0	52.0	81.0	5.1	6.0	19.8	17.1	277.93	33.02	20.64					309.55	0.45
5.2	63.0	118.0	6.18	6.0	20.6	19.9	337.63	40.11	25.07					376.04	0.45
5.4	258.0	366.0	25.3		21.6	79.1	1399.78	166.29	103.93					1559.01	0.45
5.6	430.0	480.0	42.17	4.0	20.8	8.0			1236.13	100.0	38.5	0.8	111.79	284.85	0.01

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-4



Prof.	Lito.	Pv m	Pv k	Cu m	Cu COV	Cu k	c' m	c' COV	c' k	Dr m	fi' m	fi' k	tan-fi' m	tan-fi' k	M m	M COV	M k	Pois. m
m	...	kN/mc	kN/mc	kPa	...	kPa	kPa	...	kPa	%	°	°	...	...	MPa	...	MPa	...
0.4-0.6	Ao+tm	18.4	18.4	64.76	0.0	64.76	7.69	0.0	7.69						4.81	0.0	4.81	0.45
0.6-0.8	Sa+l	18.5	18.5	162.63	0.0	162.63	19.32	0.0	19.32	42.7	36.5	36.5	0.74	0.74	100.31	0.0	100.31	0.26
0.8-2.4	Ai_mc & As+Al	19.71	19.6	188.88	0.11	147.68	22.44	0.11	17.55						14.02	0.11	10.96	0.45
2.4-2.6	Sa+l	19.0	19.0	187.9	0.0	187.9	22.32	0.0	22.32	35.3	34.5	34.5	0.69	0.69	34.96	0.0	34.96	0.275
2.6-4.2	As+Al & Ai_mc	19.35	19.2	167.18	0.11	130.72	19.86	0.11	15.53						12.41	0.11	9.7	0.45
4.2-4.4	Sa+l	19.2	19.2	207.76	0.0	207.76	24.68	0.0	24.68	33.0	33.9	33.9	0.67	0.67	38.82	0.0	38.82	0.28
4.4-5.2	As+Al	19.88	19.4	273.95	0.15	162.17	32.54	0.15	19.26						20.34	0.15	12.04	0.45

Legenda

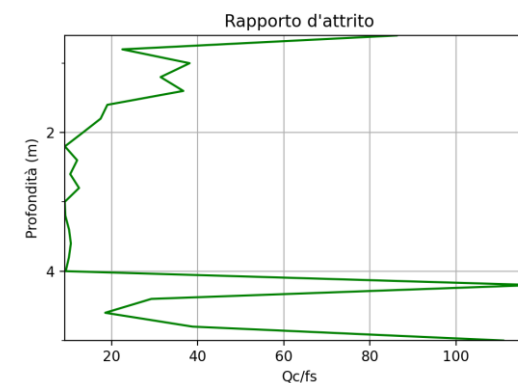
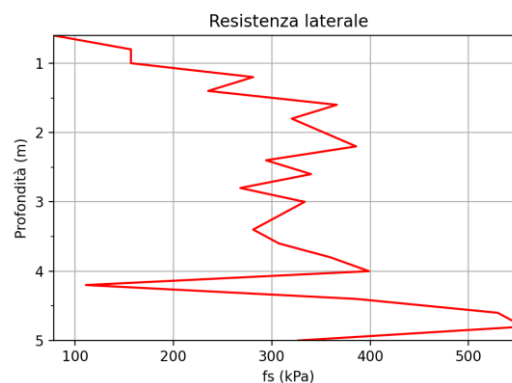
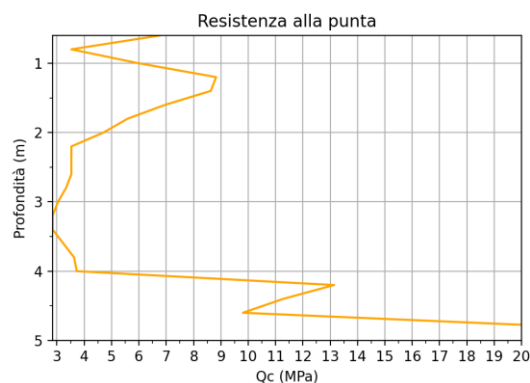
Prof.: Profondità da piano campagna; Qc: Resistenza alla punta (kPa); fs: Resistenza laterale; Qc1: Resistenza alla punta (MPa); Lito(Code): Codice litologia*; Pv: Peso di volume; OCR: Grado di sovraconsolidazione; Cu: Coesione non drenata; C': Coesione efficace; M: Modulo edometrico; Dr: Densità relativa; fi': Angolo d'attrito interno di picco; tan-fi': Tangente angolo d'attrito interno di picco; Ey: Modulo elastico di Young; G0: Modulo di taglio a piccole deformazioni; Pois.: Coefficiente di Poisson; .m: Valore medio; .COV: Coefficiente di variazione; .k: Valore caratteristico

*Codici litologia e relativo numero identificativo- S_f/c(1): Sabbie con molti fossili / calcareniti; S_sc(2): Sabbie sciolte; S(3): Sabbie; S_a/c(4): Sabbie addensate o cementate; Sa+l(5): Terreni limo sabbiosi: sabbie argillose e limi; As+Al(6): Argille sabbiose e limose; Ai_cmb(7): Argille inorganiche a consistenza molto bassa; Ai_cb(8): Argille inorganiche a bassa consistenza; Ai_cm(9): Argille inorganiche a media consistenza; Ai_c(10): Argille inorganiche compatte; Ai_mc(11): Argille inorganiche molto compatte; Ao+tm(12): Argille organiche e terreni misti

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-5

Prof.	Qc	fs	Qc1	Lito.	Pv	OCR	Cu	c'	M	Dr	fi'	tan-fi'	Ey	G0	Pois.
m	kPa	kPa	MPa	Code	kN/mc	...	kPa	kPa	MPa	%	°	...	MPa	MPa	...
0.6	69.0	81.0	6.77	3.0	18.6	15.3			202.68	80.4	38.2	0.79	17.04	38.21	0.01
0.8	36.0	60.0	3.53	6.0	19.5	77.0	195.3	23.2	14.5					217.51	0.45
1.0	61.0	85.0	5.98	5.0	19.6	55.6	331.28	39.36	203.62	63.8	38.1	0.78	17.29	422.14	0.23
1.2	90.0	133.0	8.83	5.0	20.4	67.2	489.05	58.1	299.98	77.7	38.1	0.78	24.37	611.58	0.21
1.4	88.0	124.0	8.63	5.0	20.2	55.9	477.93	56.78	293.19	73.3	38.1	0.78	24.81	606.54	0.22
1.6	71.0	127.0	6.96	6.0	20.6	73.3	385.08	45.75	28.59					428.89	0.45
1.8	57.0	106.0	5.59	6.0	20.5	51.9	308.58	36.66	22.91					343.68	0.45
2.0	48.0	102.0	4.71	11.0	20.5	39.1	259.32	30.81	19.25					288.82	0.45
2.2	36.0	95.0	3.53	11.0	20.6	26.4	193.71	23.01	14.38					215.75	0.45
2.4	36.0	81.0	3.53	11.0	20.2	24.2	193.49	22.99	14.37					215.5	0.45
2.6	36.0	88.0	3.53	11.0	20.4	22.2	193.26	22.96	14.35					215.25	0.45
2.8	34.0	75.0	3.33	11.0	20.1	19.4	182.14	21.64	13.52					202.86	0.45
3.0	31.0	82.0	3.04	11.0	20.4	16.5	165.57	19.67	12.29					184.41	0.45
3.2	29.0	76.0	2.84	11.0	20.2	14.4	154.45	18.35	11.47					172.02	0.45
3.4	29.0	72.0	2.84	11.0	20.2	13.5	154.23	18.32	11.45					171.77	0.45
3.6	33.0	80.0	3.24	11.0	20.2	14.5	175.8	20.88	13.05					195.79	0.45
3.8	37.0	92.0	3.63	11.0	20.5	15.4	197.36	23.45	14.65					219.81	0.45
4.0	38.0	99.0	3.73	11.0	20.6	15.0	202.58	24.07	15.04					225.62	0.45
4.2	134.0	151.0	13.14	4.0	19.3	4.0			389.88	72.5	37.6	0.77	45.58	177.93	0.02
4.4	115.0	174.0	11.28	5.0	20.8	22.6	621.64	73.85	381.0	65.1	37.5	0.77	41.74	869.33	0.245
4.6	100.0	181.0	9.81	6.0	21.1	34.7	539.68	64.11	40.07					601.07	0.45
4.8	220.0	305.0	21.57		21.2	73.4	1193.22	141.76	88.6					1328.95	0.45
5.0	370.0	420.0	36.28	4.0	20.8	7.6			1066.16	100.0	38.0	0.78	98.13	259.62	0.01

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-5



Prof.	Lito.	Pv m	Pv k	Cu m	Cu COV	Cu k	c' m	c' COV	c' k	Dr m	fi' m	fi' k	tan-fi' m	tan-fi' k	M m	M COV	M k	Pois. m
m	...	kN/mc	kN/mc	kPa	...	kPa	kPa	...	kPa	%	°	°	...	...	MPa	...	MPa	...
0.4-0.6	S	18.6	18.6							80.4	38.2	38.2	0.79	0.79	202.68	0.0	202.68	0.01
0.6-0.8	As+Al	19.5	19.5	195.3	0.0	195.3	23.2	0.0	23.2						14.5	0.0	14.5	0.45
0.8-1.4	Sa+l	20.07	19.4	432.75	0.17	184.81	51.41	0.17	21.96	71.6	38.1	38.1	0.78	0.78	265.6	0.17	113.43	0.22
1.4-2.0	As+Al & Ai_mc	20.53	20.5	317.66	0.16	146.37	37.74	0.16	17.39						23.58	0.16	10.87	0.45
2.0-4.0	Ai_mc	20.34	20.2	181.26	0.09	171.57	21.53	0.09	20.38						13.46	0.09	12.74	0.45
4.0-4.2	S_a/c	19.3	19.3							72.5	37.6	37.6	0.77	0.77	389.88	0.0	389.88	0.02

Legenda

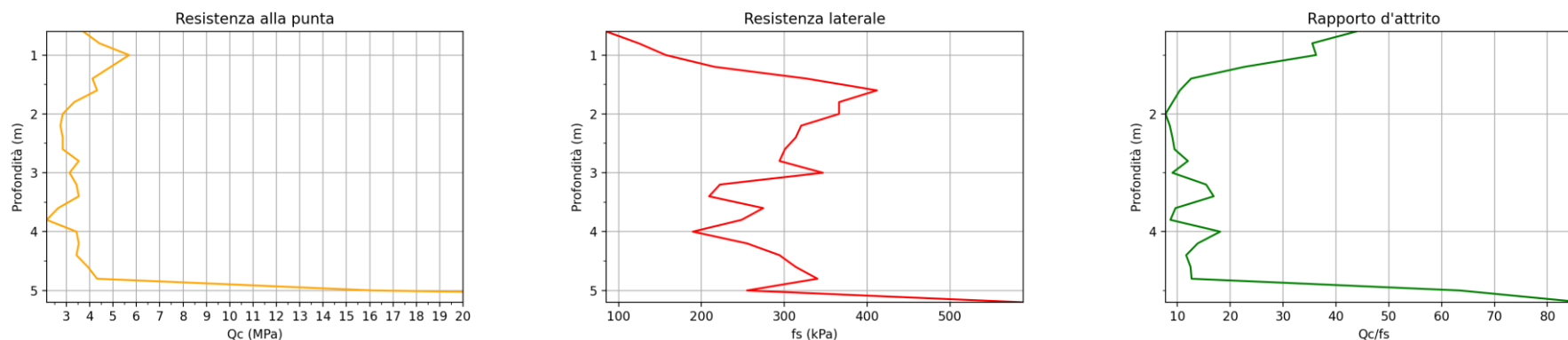
Prof.: Profondità da piano campagna; Qc: Resistenza alla punta (kPa); fs: Resistenza laterale; Qc1: Resistenza alla punta (MPa); Lito(Code): Codice litologia*; Pv: Peso di volume; OCR: Grado di sovraconsolidazione; Cu: Coesione non drenata; C': Coesione efficace; M: Modulo edometrico; Dr: Densità relativa; fi': Angolo d'attrito interno di picco; tan-fi': Tangente angolo d'attrito interno di picco; Ey: Modulo elastico di Young; G0: Modulo di taglio a piccole deformazioni; Pois.: Coefficiente di Poisson; .m: Valore medio; .COV: Coefficiente di variazione; .k: Valore caratteristico

*Codici litologia e relativo numero identificativo- S_f/c(1): Sabbie con molti fossili / calcareniti; S_sc(2): Sabbie sciolte; S(3): Sabbie; S_a/c(4): Sabbie addensate o cementate; Sa+l(5): Terreni limo sabbiosi: sabbie argillose e limi; As+Al(6): Argille sabbiose e limose; Ai_cmb(7): Argille inorganiche a consistenza molto bassa; Ai_cb(8): Argille inorganiche a bassa consistenza; Ai_cm(9): Argille inorganiche a media consistenza; Ai_c(10): Argille inorganiche compatte; Ai_mc(11): Argille inorganiche molto compatte; Ao+tm(12): Argille organiche e terreni misti

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-6

Prof.	Qc	fs	Qc1	Lito.	Pv	OCR	Cu	c'	M	Dr	fi'	tan-fi'	Ey	G0	Pois.
m	kPa	kPa	MPa	Code	kN/mc	...	kPa	kPa	MPa	%	°	...	MPa	MPa	...
0.6	38.0	51.0	3.73	5.0	18.7	59.4	206.41	24.52	127.09	54.5	37.7	0.77	10.67	262.92	0.24
0.8	45.0	64.0	4.41	5.0	19.2	52.0	244.33	29.03	150.38	55.9	37.8	0.78	13.01	314.23	0.24
1.0	58.0	82.0	5.69	5.0	19.6	52.9	314.94	37.41	193.63	61.8	38.1	0.78	16.62	403.27	0.235
1.2	50.0	83.0	4.9	6.0	20.0	70.1	271.13	32.21	20.13					301.97	0.45
1.4	42.0	92.0	4.12	11.0	20.4	49.9	227.32	27.01	16.88					253.18	0.45
1.6	44.0	107.0	4.31	11.0	20.6	45.3	237.99	28.27	17.67					265.06	0.45
1.8	34.0	90.0	3.33	11.0	20.4	30.9	183.28	21.77	13.61					204.13	0.45
2.0	29.0	85.0	2.84	11.0	20.4	23.5	155.81	18.51	11.57					173.53	0.45
2.2	28.0	77.0	2.75	11.0	20.3	20.5	150.14	17.84	11.15					167.21	0.45
2.4	29.0	77.0	2.84	11.0	20.2	19.5	155.36	18.46	11.54					173.03	0.45
2.6	29.0	75.0	2.84	11.0	20.2	17.9	155.14	18.43	11.52					172.78	0.45
2.8	36.0	81.0	3.53	11.0	20.2	20.7	193.05	22.93	14.33					215.01	0.45
3.0	32.0	85.0	3.14	11.0	20.4	17.0	171.03	20.32	12.7					190.48	0.45
3.2	35.0	69.0	3.43	11.0	19.9	17.5	187.15	22.23	13.9					208.44	0.45
3.4	36.0	68.0	3.53	11.0	19.8	16.9	192.38	22.85	14.28					214.26	0.45
3.6	27.0	69.0	2.65	11.0	20.1	11.9	143.12	17.0	10.63					159.4	0.45
3.8	22.0	60.0	2.16	11.0	20.0	9.1	115.66	13.74	8.59					128.82	0.45
4.0	35.0	64.0	3.43	11.0	19.7	13.9	186.27	22.13	13.83					207.46	0.45
4.2	36.0	75.0	3.53	11.0	20.0	13.6	191.49	22.75	14.22					213.28	0.45
4.4	35.0	80.0	3.43	11.0	20.2	12.6	185.82	22.08	13.8					206.96	0.45
4.6	40.0	88.0	3.92	11.0	20.3	13.8	212.84	25.28	15.8					237.05	0.45
4.8	44.0	96.0	4.31	11.0	20.5	14.5	234.4	27.85	17.4					261.06	0.45
5.0	165.0	204.0	16.18	4.0	20.4	4.2			478.95	79.5	37.4	0.76	55.34	210.78	0.01
5.2	520.0	610.0	50.99	4.0	21.5	9.4			1492.03	100.0	39.6	0.83	127.42	289.01	0.01

Grafici penetrometrici e parametri geotecnici per passo strumentale e strati discreti - CPTm-6



Prof.	Lito.	Pv m	Pv k	Cu m	Cu COV	Cu k	c' m	c' COV	c' k	Dr m	fi' m	fi' k	tan-fi' m	tan-fi' k	M m	M COV	M k	Pois. m
m	...	kN/mc	kN/mc	kPa	...	kPa	kPa	...	kPa	%	°	°	...	...	MPa	...	MPa	...
0.4-1.0	Sa+I	19.17	18.5	255.23	0.18	100.4	30.32	0.18	11.93	57.4	37.87	37.9	0.78	0.78	157.03	0.18	61.77	0.24
1.0-4.8	Ai_mc & As+Al	20.19	20.1	186.81	0.2	119.21	22.19	0.2	14.16						13.87	0.2	8.85	0.45

Legenda

Prof.: Profondità da piano campagna; Qc: Resistenza alla punta (kPa); fs: Resistenza laterale; Qc1: Resistenza alla punta (MPa); Lito(Code): Codice litologia*; Pv: Peso di volume; OCR: Grado di sovraconsolidazione; Cu: Coesione non drenata; C': Coesione efficace; M: Modulo edometrico; Dr: Densità relativa; fi': Angolo d'attrito interno di picco; tan-fi': Tangente angolo d'attrito interno di picco; Ey: Modulo elastico di Young; G0: Modulo di taglio a piccole deformazioni; Pois.: Coefficiente di Poisson; .m: Valore medio; .COV: Coefficiente di variazione; .k: Valore caratteristico

*Codici litologia e relativo numero identificativo- S_f/c(1): Sabbie con molti fossili / calcareniti; S_sc(2): Sabbie sciolte; S(3): Sabbie; S_a/c(4): Sabbie addensate o cementate; Sa+I(5): Terreni limo sabbiosi: sabbie argillose e limi; As+Al(6): Argille sabbiose e limose; Ai_cmb(7): Argille inorganiche a consistenza molto bassa; Ai_cb(8): Argille inorganiche a bassa consistenza; Ai_cm(9): Argille inorganiche a media consistenza; Ai_c(10): Argille inorganiche compatte; Ai_mc(11): Argille inorganiche molto compatte; Ao+tm(12): Argille organiche e terreni misti

ALLEGATO 2

**INDAGINI PENETROMETRICHE DINAMICHE
SUPER-PESANTI (DPSH)
ESEGUITE PER QUESTO STUDIO**

DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio 63.5 [Kg]

Altezza di caduta 0.75 [m]

Area della punta 20.43 [cm₂]

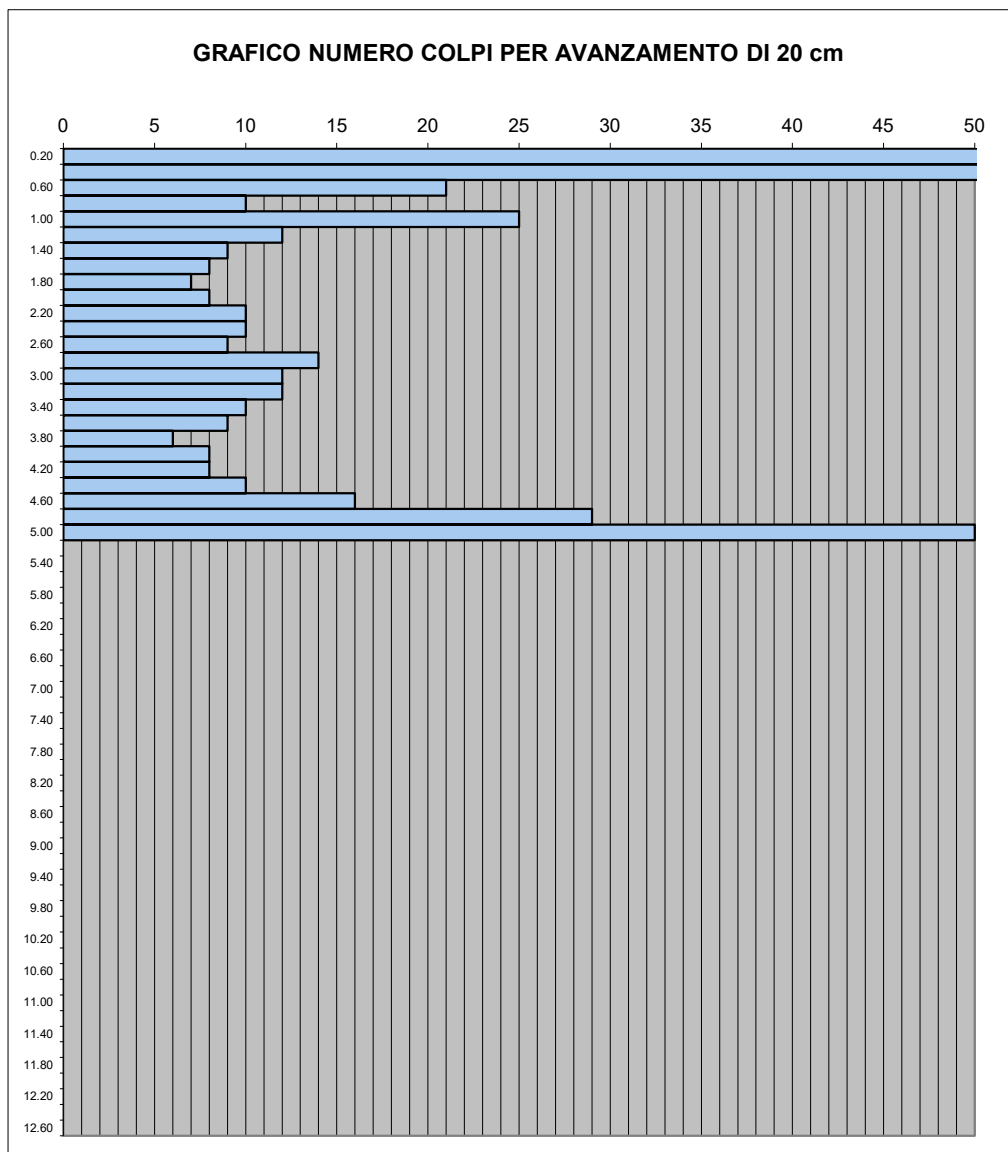
Angolo della punta 90 [gradi]

Peso delle aste 6.31 [Kg/ml]

Massa passiva 0.6 [Kg]

Raffronto statico 0.7

Prova n. DPSH 1
Data 01/07/2020
Progetto Var.POC ex-Cisa-Cerdisa
Ubicazione dell'intervento Fiorano Modenese
Falda: assente



DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio 63.5 [Kg]

Altezza di caduta 0.75 [m]

Area della punta 20.43 [cm²]

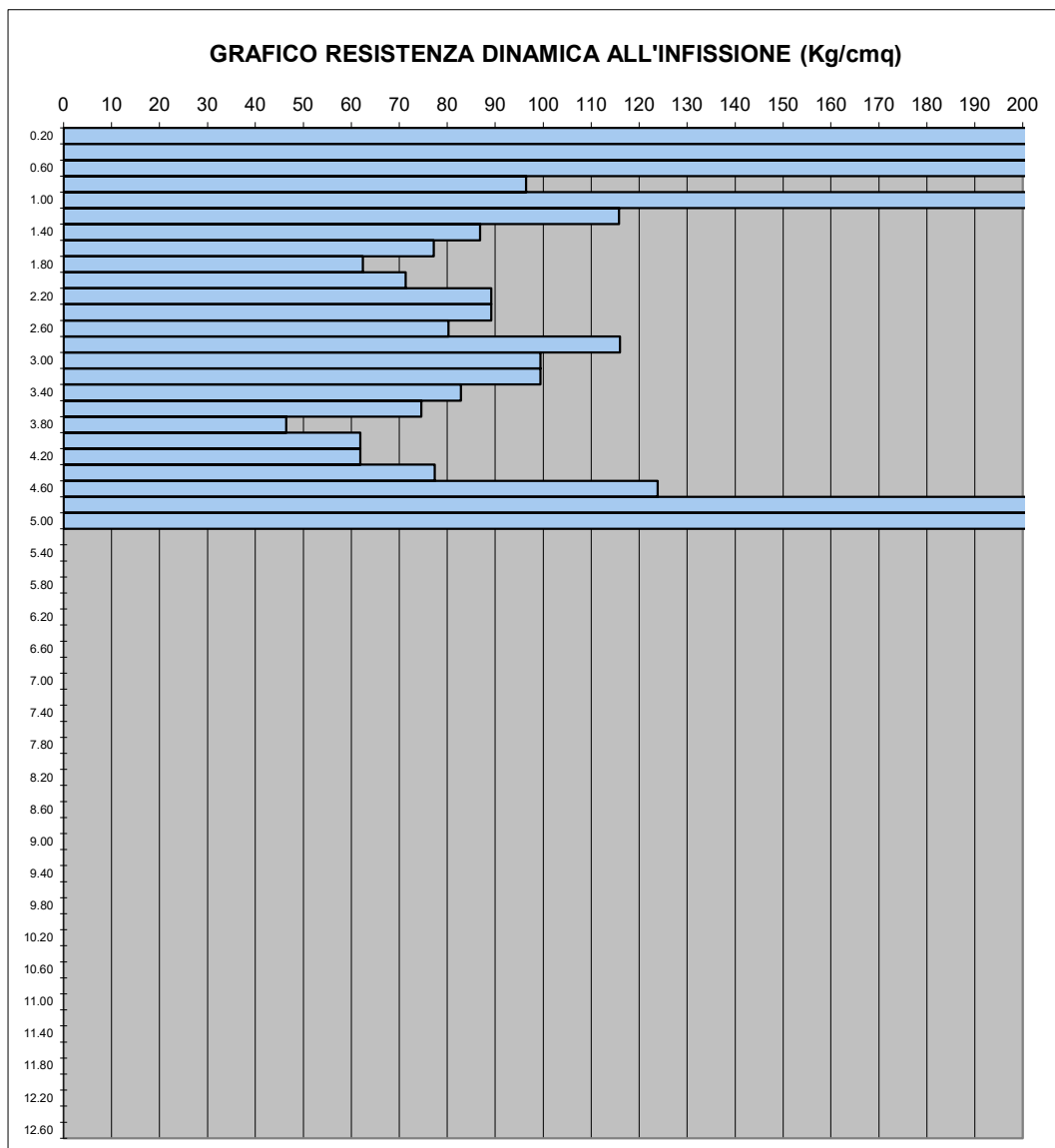
Angolo della punta 90 [gradi]

Peso delle aste 6.31 [Kg/ml]

Massa passiva 0.6 [Kg]

Raffronto statico 0.7

Prova n. DPSH 1
Data 01/07/2020
Progetto Var.POC ex-Cisa-Cerdisa
Ubicazione dell'intervento Fiorano Modenese
Falda: assente



Parametri geotecnici DPSH-1

Profondità da p.c.	Nr. colpi	Rd	N _{spt}	γ	c _u	c'	OCR	Eu	φ'	Dr	M	E	G ₀	Winkler
m	...	Kg/cm ²	...	KN/m ³	kPa	kPa	...	MPa	°	%	MPa	MPa	Mpa	Kg/cm ³
0.20	250	2627.94	365	1101.6					66.6	156.8	210.42	-68.17	738.70	62.93
0.40	250	2627.94	365	1101.6					59.7	132.6	210.42	173.87	738.70	46.81
0.60	21	220.75	30.66	21.0					31.7	39.0	27.60	93.38	137.08	11.16
0.80	10	96.47	14.6	18.4					27.8	27.0	15.02	49.29	82.77	1.09
1.00	25	241.18	36.5	21.5					32.8	42.3	31.85	107.83	154.34	11.74
1.20	12	115.77	17.52	19.0	238.45	15.16	1.7	65.66	28.6	29.4	49.97	7.88	93.69	1.30
1.40	9	86.82	13.14	18.0	196.58	11.37	1.2	50.44	27.2	25.4	37.97	6.32	77.05	0.97
1.60	8	77.18	11.68	17.6	181.89	10.11	1.1	45.29	26.7	24.0	33.95	5.78	71.12	0.85
1.80	7	62.40	10.22	17.2	166.49	8.84	0.9	40.09	26.1	22.4	29.92	5.22	64.94	0.74
2.00	8	71.31	11.68	17.6	182.76	10.11	1.1	45.30	26.6	23.9	33.95	5.78	71.12	0.85
2.20	10	89.14	14.6	18.4	213.23	12.63	1.3	55.59	27.6	26.6	41.98	6.85	82.77	1.06
2.40	10	89.14	14.6	18.4	213.76	12.63	1.3	55.60	27.5	26.6	41.98	6.85	82.77	1.05
2.60	9	80.23	13.14	18.0	199.46	11.37	1.2	50.49	27.1	25.2	37.97	6.32	77.05	0.94
2.80	14	115.98	20.44	19.6	270.06	17.68	1.8	75.74	29.1	31.2	57.92	8.87	104.05	1.47
3.00	12	99.41	17.52	19.0	243.79	15.16	1.5	65.76	28.3	28.9	49.97	7.88	93.69	1.25
3.20	12	99.41	17.52	19.0	244.40	15.16	1.5	65.77	28.3	28.8	49.97	7.88	93.69	1.25
3.40	10	82.84	14.6	18.4	216.41	12.63	1.3	55.64	27.4	26.3	41.98	6.85	82.77	1.03
3.60	9	74.56	13.14	18.0	201.92	11.37	1.1	50.53	26.9	24.9	37.97	6.32	77.05	0.93
3.80	6	46.43	8.76	16.8	153.59	7.58	0.8	34.99	25.3	20.4	25.86	4.65	58.48	0.61
4.00	8	61.90	11.68	17.6	187.19	10.11	1.0	45.37	26.4	23.4	33.95	5.78	71.12	0.82
4.20	8	61.90	11.68	17.6	187.61	10.11	1.0	45.38	26.4	23.4	33.95	5.78	71.12	0.81
4.40	10	77.38	14.6	18.4	218.85	12.63	1.2	55.68	27.3	26.1	41.98	6.85	82.77	1.01
4.60	16	123.81	23.36	20.1					29.6	32.8	65.84	9.83	113.94	1.63
4.80	29	210.51	42.34	21.8					33.1	44.0	35.97	29.74	170.73	12.05
5.00	50	362.95	73	22.0					37.3	57.4	56.22	48.59	247.27	15.02

Nr. Strato	Prof.	γ med.	γ min.	γ dev.st	COV	γ caratt.	c _u med.	c _u min.	c _u dev.s.	COV	c' caratt.	c' med.	c' min.	c' dev.st	COV	c' caratt.	OCR med.	OCR min.	OCR dev.st.	COV
	m	KN/m ³	KN/m ³	KN/m ³	...	KN/m ³	kPa	kPa	kPa	...	kPa	kPa	kPa	kPa	...	kPa	...	...	...	...
1	0.4-1.0	20.28	18.36	1.68	0.08	17.45														
2	1.0-2.0	17.89	17.21	0.69	0.04	17.24	193.23	166.49	27.43	0.14	167.34	11.12	8.84	2.43	0.22	8.82	1.20	0.95	0.28	0.23
3	2.0-3.4	18.67	18.00	0.55	0.03	18.27	228.73	199.46	24.68	0.11	211.08	13.90	11.37	2.19	0.16	12.33	1.43	1.18	0.22	0.15
4	4.4-4.8	17.67	16.78	0.59	0.03	17.12	189.83	153.59	24.05	0.13	167.12	10.36	7.58	1.87	0.18	8.59	1.02	0.75	0.18	0.18

Nr. Strato	Prof.	Eu med.	Eu min.	Eu dev.st.	COV	φ' med.	φ' min.	φ' dev.s.	COV	φ' caratt.	tan φ' med.	tan φ' min.	tan φ' dev.st.	COV	tan φ' caratt.	Dr med.	Dr min.	Dr dev.s.	COV
	m	MPa	MPa	MPa	...	°	°	°	...	°	...	...	...	...	...	%	%	%	...
1	0.4-1.0					30.76	27.75	2.66	0.09	26.29	0.60	0.53	0.06	0.10	0.49	36.10	26.97	8.08	0.22
2	1.0-2.0	49.36	40.09	9.82	0.20	27.03	26.11	0.93	0.03	26.15	0.51	0.49	0.02	0.04	0.49	25.00	22.38	2.68	0.11
3	2.0-3.4	60.65	50.49	8.75	0.14	27.90	27.06	0.70	0.03	27.40	0.53	0.51	0.02	0.03	0.52	27.66	25.16	2.09	0.08
4	4.4-4.8	46.39	34.99	7.67	0.17	26.47	25.32	0.75	0.03	25.76	0.50	0.47	0.02	0.03	0.48	23.63	20.35	2.15	0.09

Nr. Strato	Prof.	M med.	M min.	M dev.st.	COV	E med.	E min.	E dev.st.	COV	G ₀ med.	G ₀ min.	G ₀ dev.s.	COV	W. med.	W. Min.	W. Dev.s.	COV
	m	MPa	MPa	MPa	...	MPa	MPa	MPa	...	Mpa	Mpa	Mpa	...	Kg/cm ³	Kg/cm ³	Kg/cm ³	...
1	0.4-1.0	24.83	15.02	8.75	0.35	83.50	49.29	30.50	0.37	124.73	82.77	37.35	0.30	8.00	1.09	5.99	0.75
2	1.0-2.0	37.15	29.92	7.71	0.21	6.20	5.22	1.02	0.16	75.58	64.94	10.99	0.15	0.94	0.74	0.21	0.23
3	2.0-3.4	45.97	37.97	6.91	0.15	7.36	6.32	0.88	0.12	88.11	77.05	9.35	0.11	1.15	0.94	0.18	0.16
4	4.4-4.8	34.75	25.86	5.98	0.17	5.88	4.65	0.82	0.14	72.11	58.48	9.02	0.13	0.84	0.61	0.15	0.18

Rd: resistenza dinamica alla punta; **N_{spt}:** nr. colpi prova SPT; **γ:** peso di volume; **c_u:** coesione non drenata; **c':** coesione efficace; **OCR:** rapporto di sovraconsolidazione; **Eu:** modulo di deformazione non drenato; **φ':** angolo d'attrito di picco; **Dr:** densità relativa; **M:** modulo edometrico; **E:** modulo di Young; **G₀:** modulo di taglio a piccole deformazioni; **Winkler:** costante di sottofondo di Winkler; **caratt.:** valori caratteristici (NTC18).

DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio 63.5 [Kg]

Altezza di caduta 0.75 [m]

Area della punta 20.43 [cm₂]

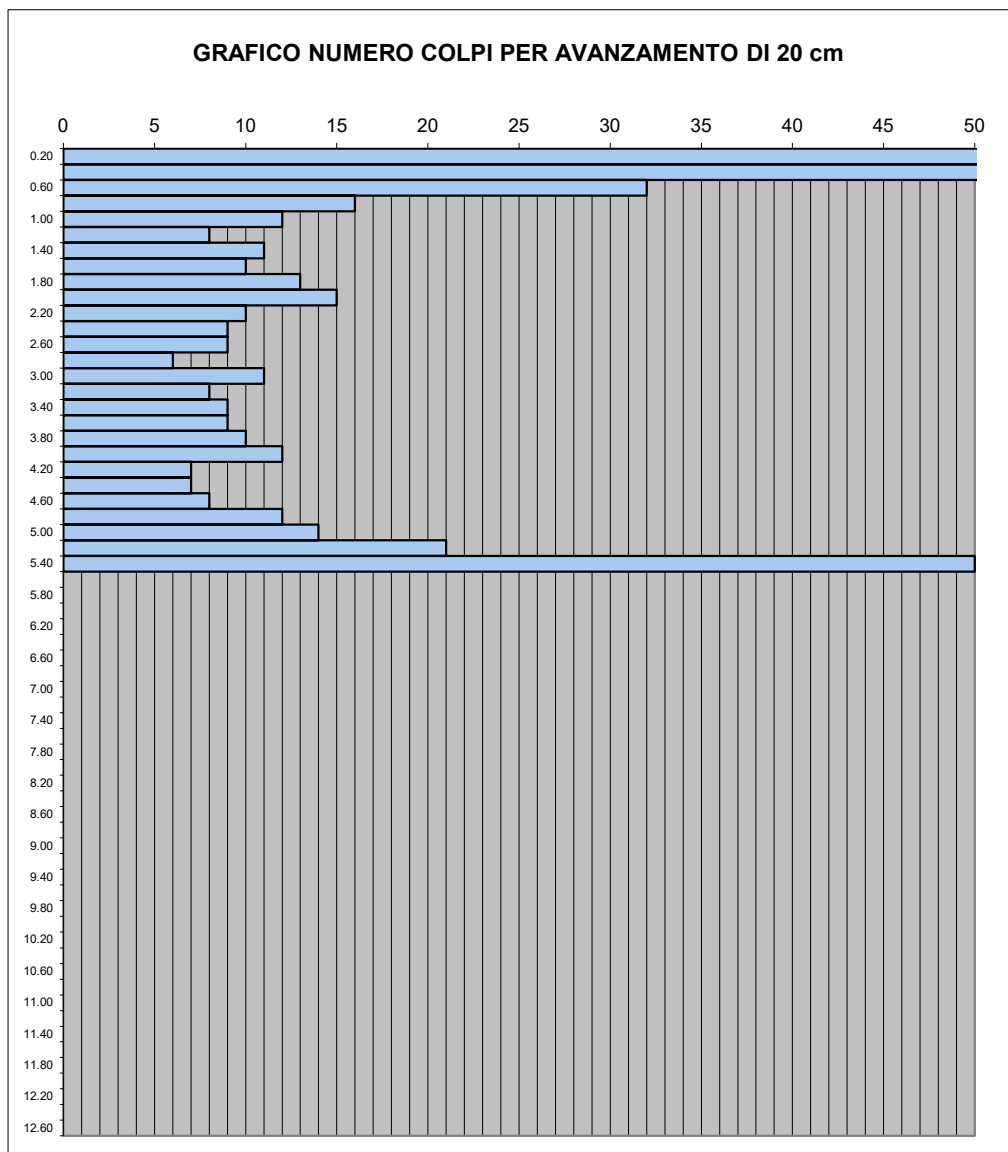
Angolo della punta 90 [gradi]

Peso delle aste 6.31 [Kg/ml]

Massa passiva 0.6 [Kg]

Raffronto statico 0.7

Prova n. DPSH 2
Data 01/07/2020
Progetto Var.POC ex-Cisa-Cerdisa
Ubicazione dell'intervento Fiorano Modenese
Falda: assente



DOTT. GEOL. VALERIANO FRANCHI

Maglio 63.5 [Kg]

Altezza di caduta 0.75 [m]

Area della punta 20.43 [cm²]

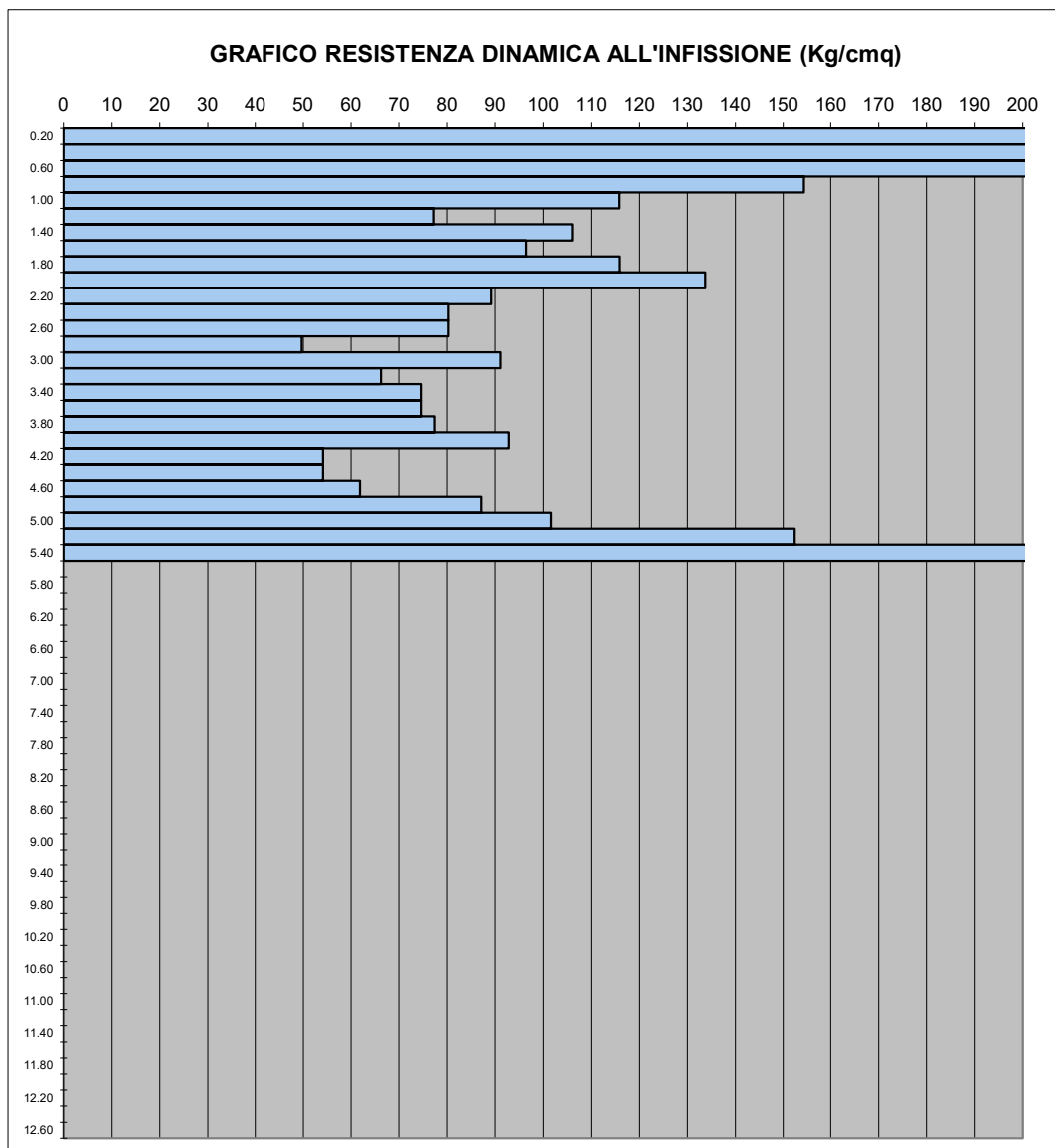
Angolo della punta 90 [gradi]

Peso delle aste 6.31 [Kg/ml]

Massa passiva 0.6 [Kg]

Raffronto statico 0.7

Prova n. DPSH 2
Data 01/07/2020
Progetto Var.POC ex-Cisa-Cerdisa
Ubicazione dell'intervento Fiorano Modenese
Falda: assente



Parametri geotecnici DPSH-2

Profondità da p.c.	Nr. colpi	Rd	N _{spt}	γ	c _u	c'	OCR	Eu	ϕ'	Dr	M	E	G ₀	Winkler
m	...	Kg/cm ²	...	KN/m ³	kPa	kPa	...	MPa	°	%	MPa	MPa	Mpa	Kg/cm ³
0.20	250	2627.94	365	1101.6					66.6	156.8	210.42	-68.17	738.70	62.93
0.40	250	2627.94	365	1101.6					59.7	132.6	210.42	173.87	738.70	46.81
0.60	32	336.38	46.72	21.9					34.6	48.0	38.99	130.73	182.55	12.86
0.80	16	154.36	23.36	20.1	288.42	20.21	2.3	28.67	30.1	34.0	22.09	74.34	113.94	1.75
1.00	12	115.77	17.52	19.0	237.82	15.16	1.7	22.92	28.6	29.4	17.45	57.96	93.69	1.30
1.20	8	77.18	11.68	17.6	180.96	10.11	1.1	45.27	26.7	24.0	33.95	5.78	71.12	0.86
1.40	11	106.12	16.06	18.7	225.30	13.90	1.5	60.63	28.1	28.1	45.98	7.37	88.31	1.18
1.60	10	96.47	14.6	18.4	211.70	12.63	1.4	55.56	27.6	26.7	41.98	6.85	82.77	1.07
1.80	13	115.88	18.98	19.3	253.72	16.42	1.8	70.70	28.9	30.4	53.95	8.38	98.94	1.39
2.00	15	133.71	21.9	19.8	280.40	18.95	2.0	80.64	29.6	32.6	61.88	9.35	109.05	1.60
2.20	10	89.14	14.6	18.4	213.36	12.63	1.3	55.59	27.6	26.6	41.98	6.85	82.77	1.06
2.40	9	80.23	13.14	18.0	199.09	11.37	1.2	50.48	27.1	25.2	37.97	6.32	77.05	0.95
2.60	9	80.23	13.14	18.0	199.57	11.37	1.2	50.49	27.1	25.1	37.97	6.32	77.05	0.94
2.80	6	49.71	8.76	16.8	151.81	7.58	0.8	34.95	25.4	20.5	25.86	4.65	58.48	0.62
3.00	11	91.13	16.06	18.7	229.82	13.90	1.4	60.71	27.9	27.7	45.98	7.37	88.31	1.15
3.20	8	66.28	11.68	17.6	185.50	10.11	1.0	45.35	26.5	23.6	33.95	5.78	71.12	0.83
3.40	9	74.56	13.14	18.0	201.43	11.37	1.1	50.52	27.0	25.0	37.97	6.32	77.05	0.93
3.60	9	74.56	13.14	18.0	201.90	11.37	1.1	50.53	26.9	24.9	37.97	6.32	77.05	0.93
3.80	10	77.38	14.6	18.4	217.40	12.63	1.3	55.66	27.4	26.2	41.98	6.85	82.77	1.03
4.00	12	92.86	17.52	19.0	246.69	15.16	1.5	65.81	28.2	28.6	49.97	7.88	93.69	1.23
4.20	7	54.17	10.22	17.2	171.36	8.84	0.9	40.19	25.9	21.9	29.92	5.22	64.94	0.71
4.40	7	54.17	10.22	17.2	171.73	8.84	0.9	40.20	25.8	21.9	29.92	5.22	64.94	0.71
4.60	8	61.90	11.68	17.6	188.46	10.11	1.0	45.39	26.3	23.3	33.95	5.78	71.12	0.81
4.80	12	87.11	17.52	19.0	248.88	15.16	1.5	22.99	28.1	28.4	17.45	13.06	93.69	1.21
5.00	14	101.63	20.44	19.6					28.8	30.6	19.80	15.11	104.05	1.41
5.20	21	152.44	30.66	21.0					31.0	37.4	27.60	22.10	137.08	10.88
5.40	50	362.95	73	22.0					37.2	57.3	56.22	48.62	247.27	14.97

Nr. Strato	Prof.	γ med.	γ min.	γ dev.st	COV	γ caratt.	c _u med.	c _u min.	c _u dev.s.	COV	c _u caratt.	c' med.	c' min.	c' dev.st	COV	c' caratt.	OCR med.	OCR min.	OCR dev.st.	COV
m	KN/m ³	KN/m ³	KN/m ³	...	KN/m ³	kPa	kPa	kPa	...	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	...	kPa	...	...	...	...
1	0.6-2.2	18.90	17.61	0.82	0.04	18.36	236.46	180.96	36.42	0.15	212.37	15.00	10.11	3.41	0.23	12.75	1.62	1.11	0.38	0.23
2	2.2-4.0	18.05	16.78	0.64	0.04	17.65	203.69	151.81	26.90	0.13	186.92	11.65	7.58	2.17	0.19	10.30	1.18	0.78	0.21	0.18
3	4.0-4.8	17.76	17.21	0.86	0.05	16.73	195.11	171.36	36.72	0.19	150.95	10.74	8.84	3.01	0.28	7.12	1.04	0.86	0.28	0.27
4	4.8-5.2	20.29	19.58	1.00	0.05	17.69														

Nr. Strato	Prof.	Eu med.	Eu min.	Eu dev.st.	COV	ϕ' med.	ϕ' min.	ϕ' dev.s.	COV	ϕ' caratt.	tan ϕ' med.	tan ϕ' min.	tan ϕ' dev.st.	COV	tan ϕ' caratt.	Dr med.	Dr min.	Dr dev.s.	COV
m	MPa	MPa	MPa	...	°	°	°	...	°	...	...	...	...	...	...	%	%	%	...
1	0.6-2.2	52.50	22.92	19.65	0.37	28.40	26.72	1.12	0.04	27.66	0.54	0.50	0.03	0.05	0.52	28.99	24.05	3.30	0.11
2	2.2-4.0	51.61	34.95	8.82	0.17	27.04	25.42	0.80	0.03	26.55	0.51	0.48	0.02	0.03	0.50	25.21	20.54	2.33	0.09
3	4.0-4.8	37.19	22.99	9.78	0.26	26.53	25.84	1.07	0.04	25.25	0.50	0.48	0.02	0.05	0.47	23.87	21.85	3.12	0.13
4	4.8-5.2					29.92	28.83	1.55	0.05	25.90	0.58	0.55	0.04	0.06	0.48	34.01	30.64	4.76	0.14

Nr. Strato	Prof.	M med.	M min.	M dev.st.	COV	E med.	E min.	E dev.st.	COV	G ₀ med.	G ₀ min.	G ₀ dev.s.	COV	W. med.	W. Min.	W. Dev.s.	COV
m	MPa	MPa	MPa	...	MPa	MPa	MPa	MPa	...	Mpa	Mpa	Mpa	...	Kg/cm ³	Kg/cm ³	Kg/cm ³	...
1	0.6-2.2	39.91	17.45	15.04	0.38	22.11	5.78	27.55	1.25	92.57	71.12	14.34	0.15	1.28	0.86	0.30	0.23
2	2.2-4.0	38.85	25.86	6.89	0.18	6.42	4.65	0.92	0.14	78.06	58.48	10.05	0.13	0.95	0.62	0.17	0.18
3	4.0-4.8	27.81	17.45	7.17	0.26	7.32	5.22	3.83	0.52	73.67	64.94	13.66	0.19	0.86	0.71	0.24	0.28
4	4.8-5.2	23.70	19.80	5.52	0.23	18.60	15.11	4.94	0.27	120.57	104.05	23.36	0.19	6.15	1.41	6.70	1.09

Rd: resistenza dinamica alla punta; **N_{spt}:** nr. colpi prova SPT; **γ:** peso di volume; **c_u:** coesione non drenata; **c':** coesione efficace; **OCR:** rapporto di sovraconsolidazione; **Eu:** modulo di deformazione non drenato; **ϕ':** angolo d'attrito di picco; **Dr:** densità relativa; **M:** modulo edometrico; **E:** modulo di Young; **G₀:** modulo di taglio a piccole deformazioni; **Winkler:** costante di sottofondo di Winkler; **caratt.:** valori caratteristici (NTC18).

ALLEGATO 3

INDAGINI GEOFISICHE
ESEGUITE PER QUESTO STUDIO
(1 MASW + 1 HVSR)

REGIONE EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA DI MODENA
COMUNE DI FIORANO MODENESE

**INDAGINE GEOFISICA
CON METODO SISMICO MASW
EX CISA CERDISA**
RELAZIONE TECNICA

A cura di:
Dott. Geol. G. Vaccari

LUGLIO 2020

INDAGINE SISMICA

Su incarico del Dott. Geol. Valeriano Franchi, è stata eseguita nei pressi di un'area situata nel comparto ex-Cisa Cerdisa, una campagna sismica a rifrazione con metodo MASW di tipo attivo. L'indagine è stata svolta con l'obiettivo di determinare la velocità ponderata delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri a partire da piano campagna (V_{s30}), in riferimento alle NTC 2018 del 17/01/2018.

Di seguito si riportano la metodologia della ricerca e i risultati dell'indagine eseguita.

Metodo d'Indagine

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo multicanale "PASI 16S24-U", dotato di 24 geofoni verticali PASI con frequenza propria di 4,5 Hz, collegati allo strumento tramite cavi elettrici schermati.

Nella campagna di indagine del lavoro in oggetto è stato eseguito uno stendimento di 24 geofoni con spaziatura tra i geofoni di 2.0 metri per una lunghezza della linea sismica di 46 metri. L'energizzazione è stata eseguita a 2, 5 e 10 metri dal primo geofono.

L'elaborazione è stata effettuata con un software dedicato (*Winmasw 6.0 – Eliosoft*) in grado di gestire le fasi di preparazione, analisi, modellizzazione e restituzione finale.

Risultati–Determinazione della categoria del suolo di fondazione

L'analisi delle onde di taglio (V_s) tramite metodo MASW, ha consentito di determinare gli spessori dei sismostrati e le relative velocità di taglio, come riportato in tabella e relativo diagramma, permettendo di calcolare il valore V_{s30} per la sezione indagata.

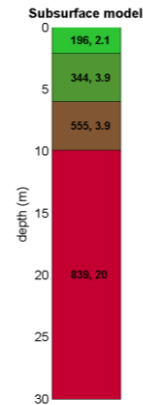
Per l'elaborazione è stata eseguita una correlazione tra i dati sismici ed indagini geognostiche eseguite nell'area.

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti per la MASW eseguita.

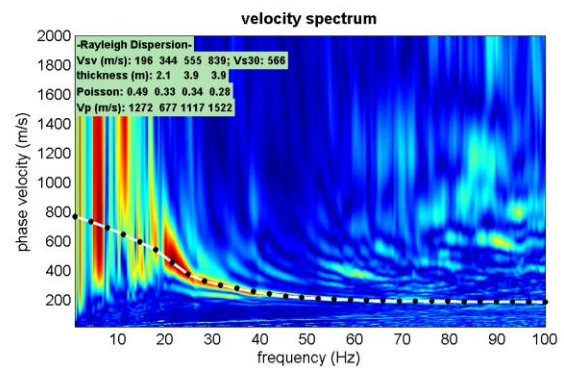
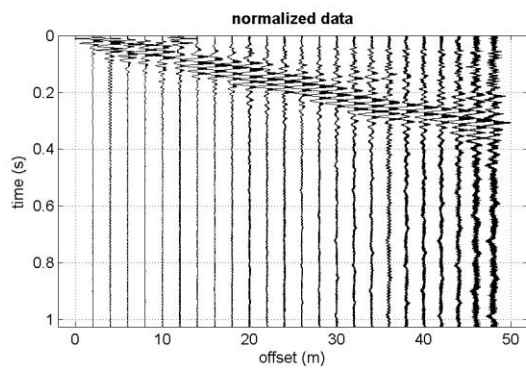
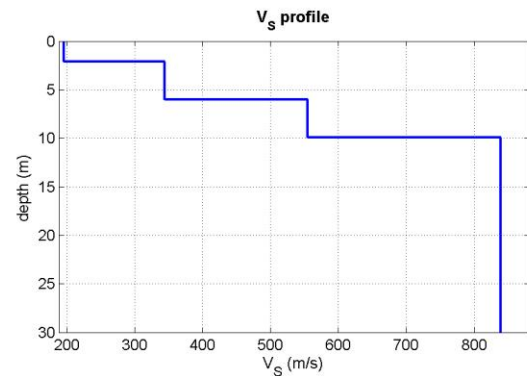
Sismostratigrafia

Profondità da p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/sec)
2.1	2.1	196
6.0	3.9	344
9.9	3.9	555
30.0	20.1	839

Il valore delle Vsh calcolato rispetto al piano campagna è uguale a 340 m/s



www.winmasw.com



- Sismogramma acquisito, la curva di dispersione e il profilo V_s /profondità-

Indagine geofisica tramite tecnica HVSR

HVSR CISA CERDISA

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo V_{seq} attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o liscio secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle

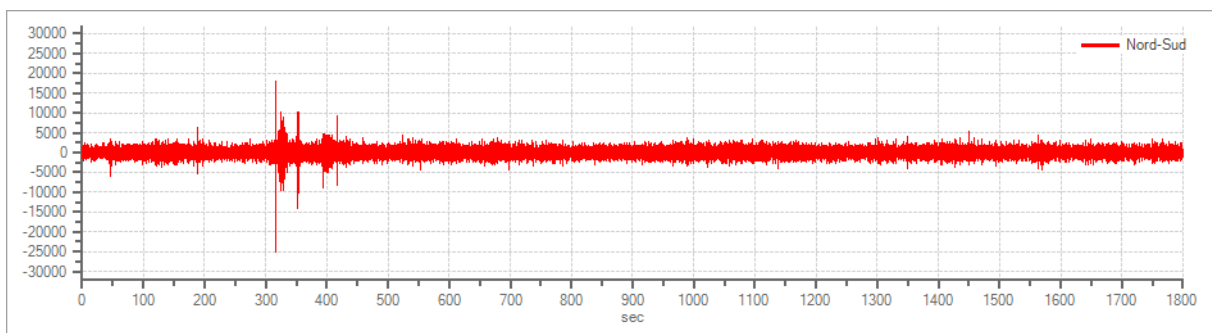
onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo V_{seq} .

Tracce in input

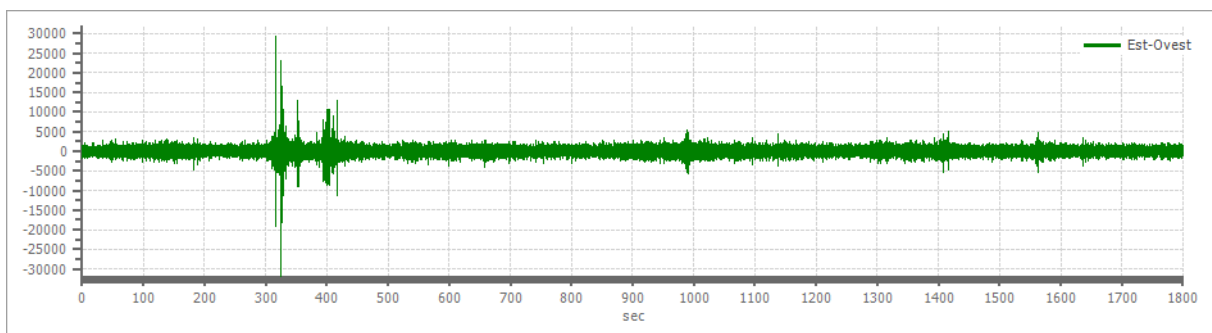
Dati riepilogativi:

Numero tracce:	3
Durata registrazione:	1800 s
Frequenza di campionamento:	300.00 Hz
Numero campioni:	540000
Direzioni tracce:	Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale.

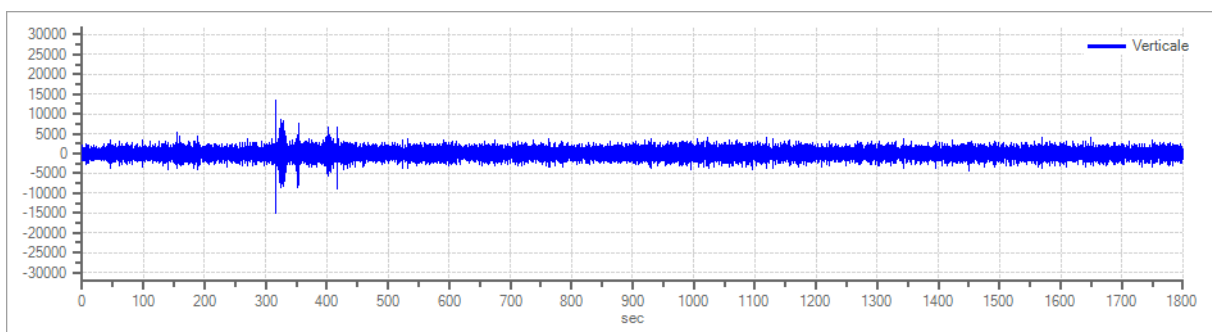
Grafici tracce:



Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionate

Dati riepilogativi:

Numero totale finestre selezionate: 52

Numero finestre incluse nel calcolo: 52

Dimensione temporale finestre: 30.000 s

Tipo di lisciamiento: Konno & Ohmachi

Percentuale di lisciamiento: 10.00 %

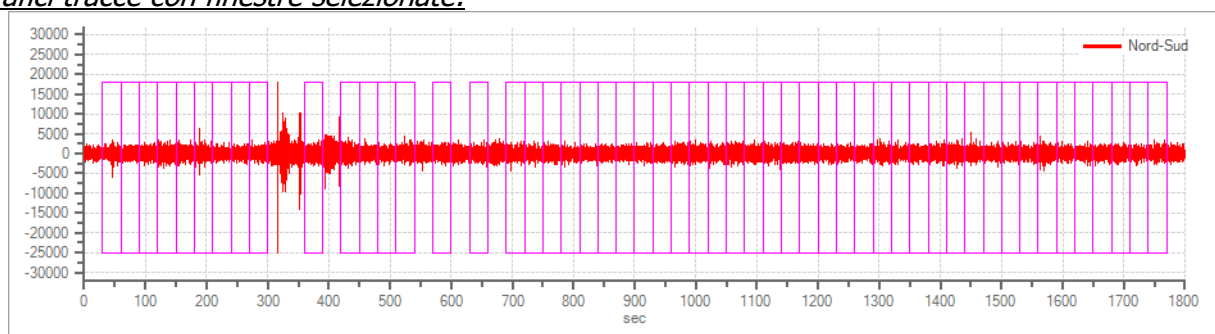
Coefficiente di banda: 40.00

Tabella finestre:

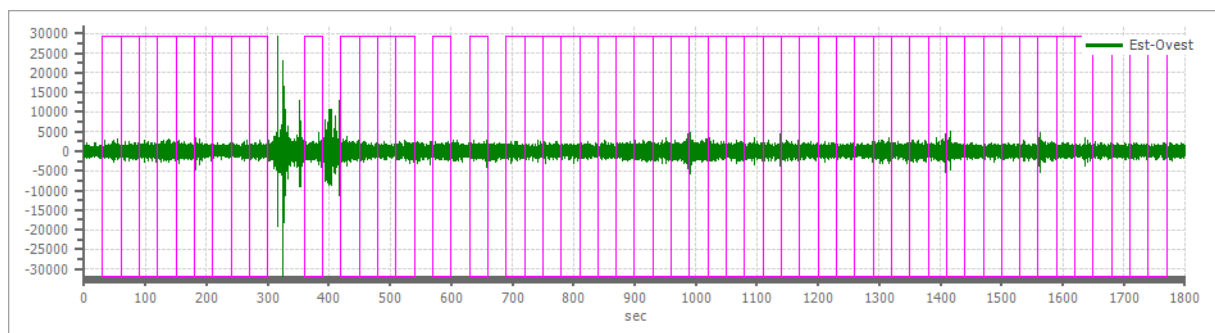
Numero finestra	Istante iniziale	Istante finale	Selezione
1	30	60	Inclusa
2	60	90	Inclusa
3	90	120	Inclusa
4	120	150	Inclusa
5	150	180	Inclusa
6	180	210	Inclusa
7	210	240	Inclusa
8	240	270	Inclusa
9	270	300	Inclusa
10	360	390	Inclusa
11	420	450	Inclusa
12	450	480	Inclusa
13	480	510	Inclusa
14	510	540	Inclusa
15	570	600	Inclusa
16	630	660	Inclusa
17	690	720	Inclusa
18	720	750	Inclusa
19	750	780	Inclusa
20	780	810	Inclusa
21	810	840	Inclusa
22	840	870	Inclusa
23	870	900	Inclusa
24	900	930	Inclusa
25	930	960	Inclusa
26	960	990	Inclusa
27	990	1020	Inclusa
28	1020	1050	Inclusa
29	1050	1080	Inclusa
30	1080	1110	Inclusa
31	1110	1140	Inclusa
32	1140	1170	Inclusa
33	1170	1200	Inclusa
34	1200	1230	Inclusa
35	1230	1260	Inclusa
36	1260	1290	Inclusa
37	1290	1320	Inclusa
38	1320	1350	Inclusa
39	1350	1380	Inclusa

40	1380	1410	Inclusa
41	1410	1440	Inclusa
42	1440	1470	Inclusa
43	1470	1500	Inclusa
44	1500	1530	Inclusa
45	1530	1560	Inclusa
46	1560	1590	Inclusa
47	1590	1620	Inclusa
48	1620	1650	Inclusa
49	1650	1680	Inclusa
50	1680	1710	Inclusa
51	1710	1740	Inclusa
52	1740	1770	Inclusa

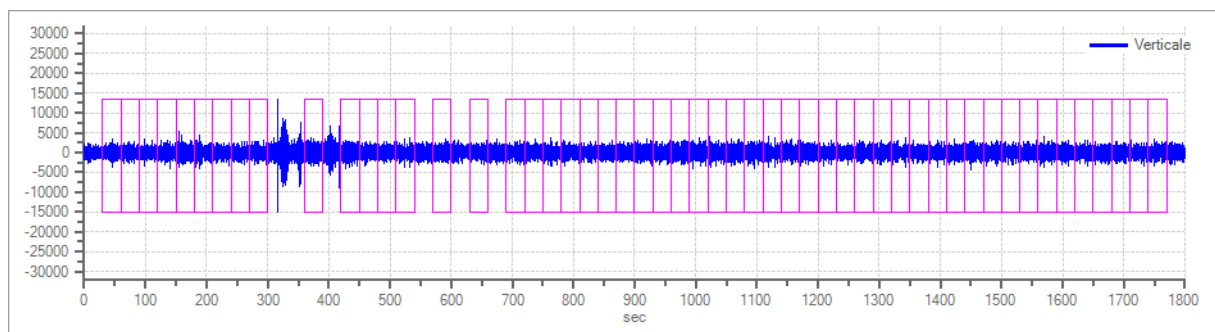
Grafici tracce con finestre selezionate:



Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud

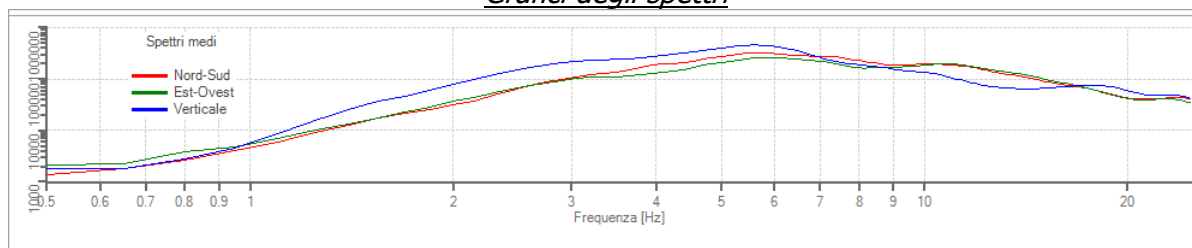


Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

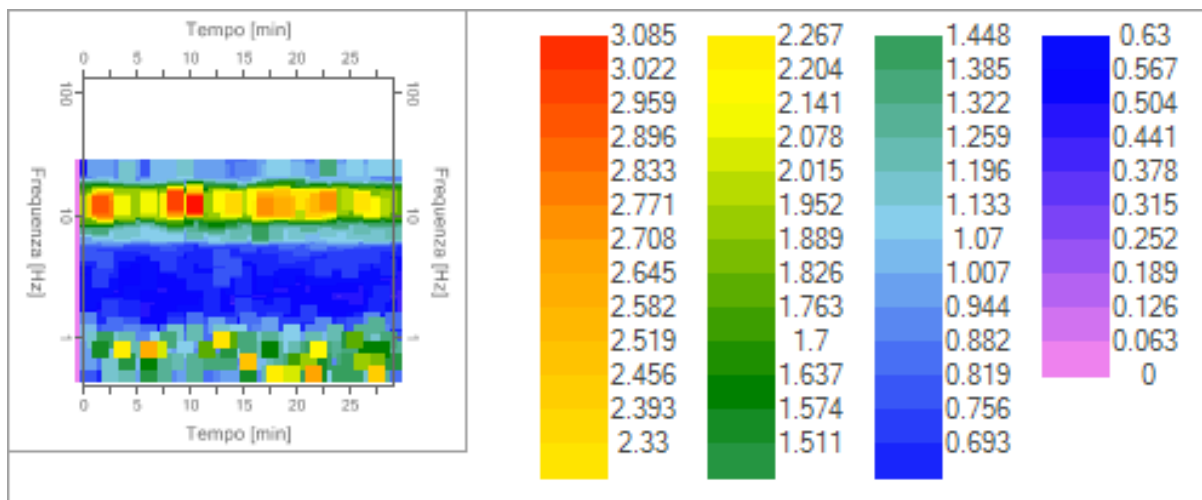


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

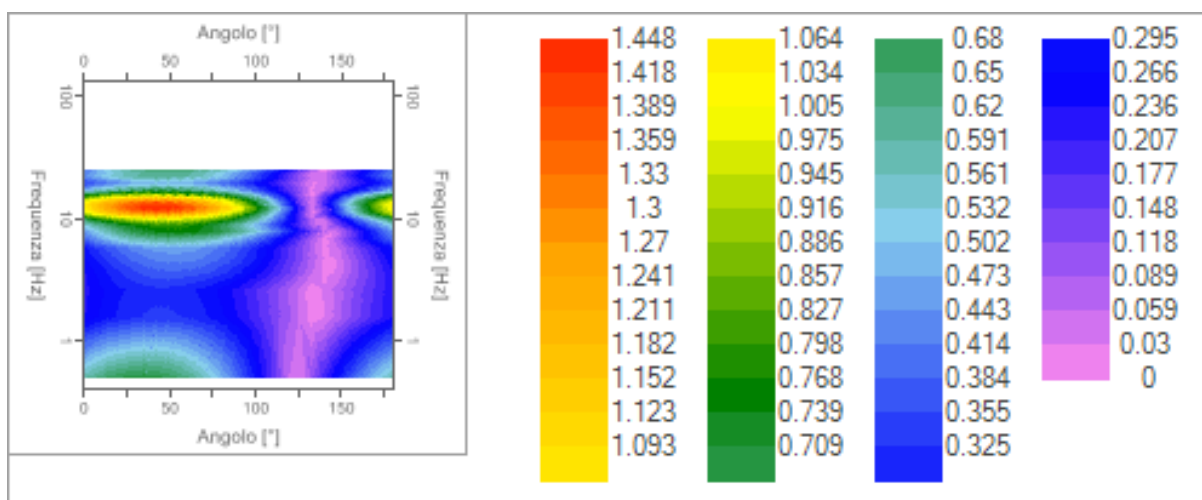
Grafici degli spettri



Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

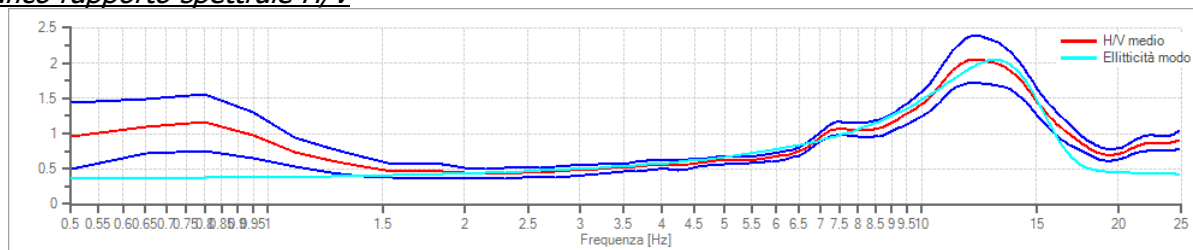
Dati riepilogativi:

Frequenza massima:	25.00 Hz
Frequenza minima:	0.50 Hz
Passo frequenza:	0.15 Hz
Tipo lisciamento::	Konno & Ohmachi
Percentuale di lisciamento:	10.00 %
Tipo di somma direzionale:	Media aritmetica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 12.20 Hz $\pm$ 0.17 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Ok
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Ok
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Ok
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok

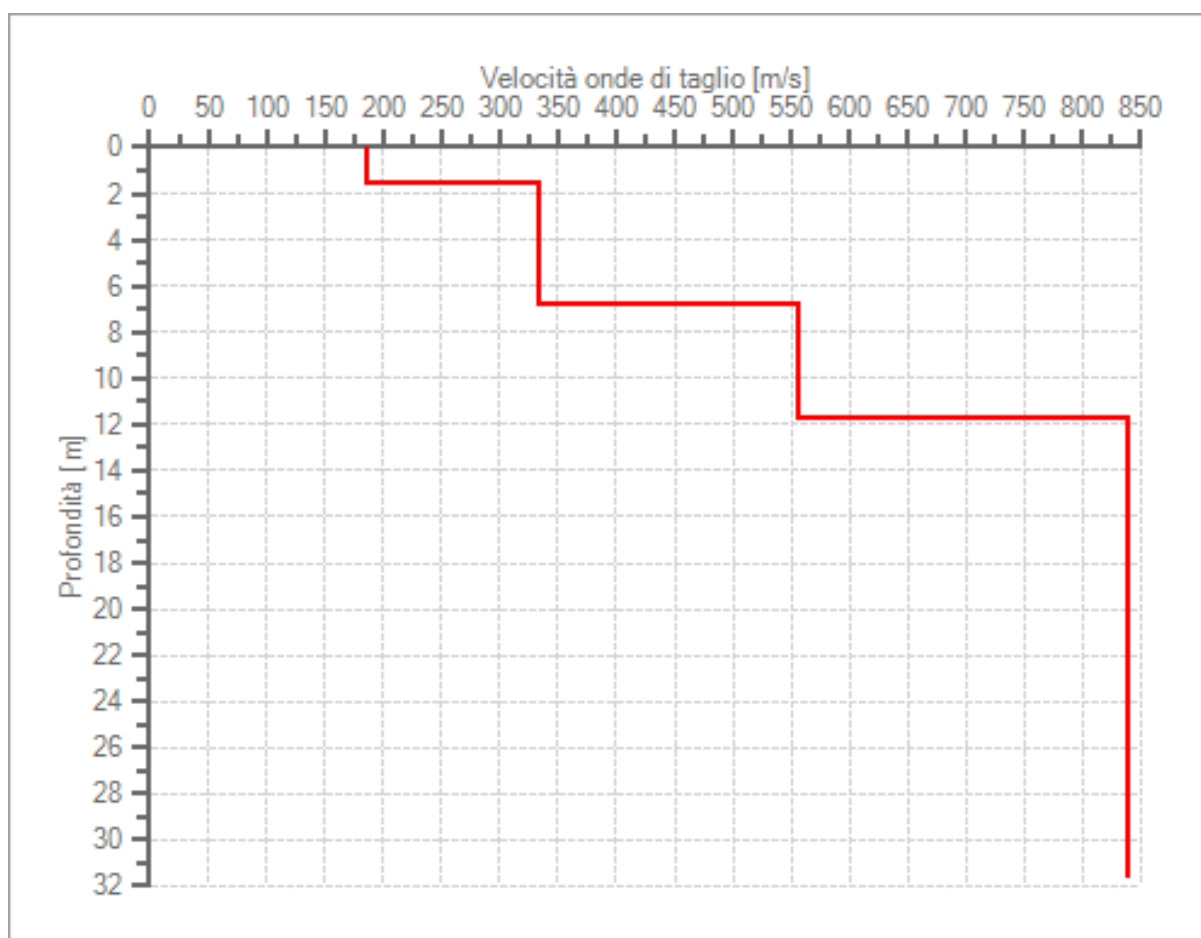
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

Numero strati: 4
Frequenza del picco dell'ellitticità: 12.95 Hz
Valore di disadattamento: 0.23
Valore Vseq: 354.55 m/s

Dati della stratigrafia:

Strato	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso per Unità di Vol. [kN/m ³]	Coeff. di Poisson	Velocità onde di taglio [m/s]
1	0	1.6	19	0.45	186
2	1.6	5.2	19	0.33	334
3	6.8	4.9	22	0.34	555
4	11.7	20	22	0.28	839



Profilo delle velocità delle onde di taglio.