



**Comune:**

**COMUNE DI SANTARCANGELO DI ROMAGNA (RN)**

**Oggetto:**

***PROGETTO DI PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DELL'AMBITO AN.C.2 DENOMINATO "IL GRANDE GIARDINO"***

Relazione geologica e sismica (DGR 476/2021) con orientamenti geotecnici

**Stesura:**

**dicembre 2021**

**Elaborazione:**

**Dott. Geol. Samuel Sangiorgi**



## Indice generale

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE.....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO LOCALE.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>ASSETTO IDROGEOLOGICO E CRITICITA' IDRAULICHE.....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE/GEOFISICHE INTEGRATIVE.....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA.....</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE SISMICA.....</b>	<b>15</b>
7.1	Pericolosità sismica di base.....	15
7.2	Microzonazione sismica comunale e di area vasta.....	18
7.3	Approfondimenti sismici locali ai sensi della DGR 476/2021.....	19
7.3.1	<i>Vs equivalente dei terreni e ulteriori elementi di risposta sismica locale.....</i>	<i>19</i>
7.3.2	<i>Propensione alla liquefacibilità dei sedimenti in caso di sisma.....</i>	<i>21</i>
<b>8</b>	<b>ORIENTAMENTI GEOTECNICI.....</b>	<b>22</b>
8.1	Modellazione geotecnica di massima.....	22
8.2	Ulteriori indicazioni geotecniche.....	23
<b>9</b>	<b>Sintesi dello studio e conclusioni ai fini edificatori.....</b>	<b>26</b>

**ALLEGATI: report delle indagini**

## 1 PREMESSA

La presente Relazione è redatta a supporto del piano attuativo dell'ambito AN.C.2. denominato "Il grande giardino" del Comune di Santarcangelo di Romagna (figura 1.1).

L'ambito AN.C.2 è destinato a funzioni residenziali, commerciali ed alberghiere e la scheda d'ambito (cfr. Variante al PSC approvata dal CC con delib. n.41 del 09/05/2012 non indica particolari criticità e/o vulnerabilità di carattere geologico e sismico.

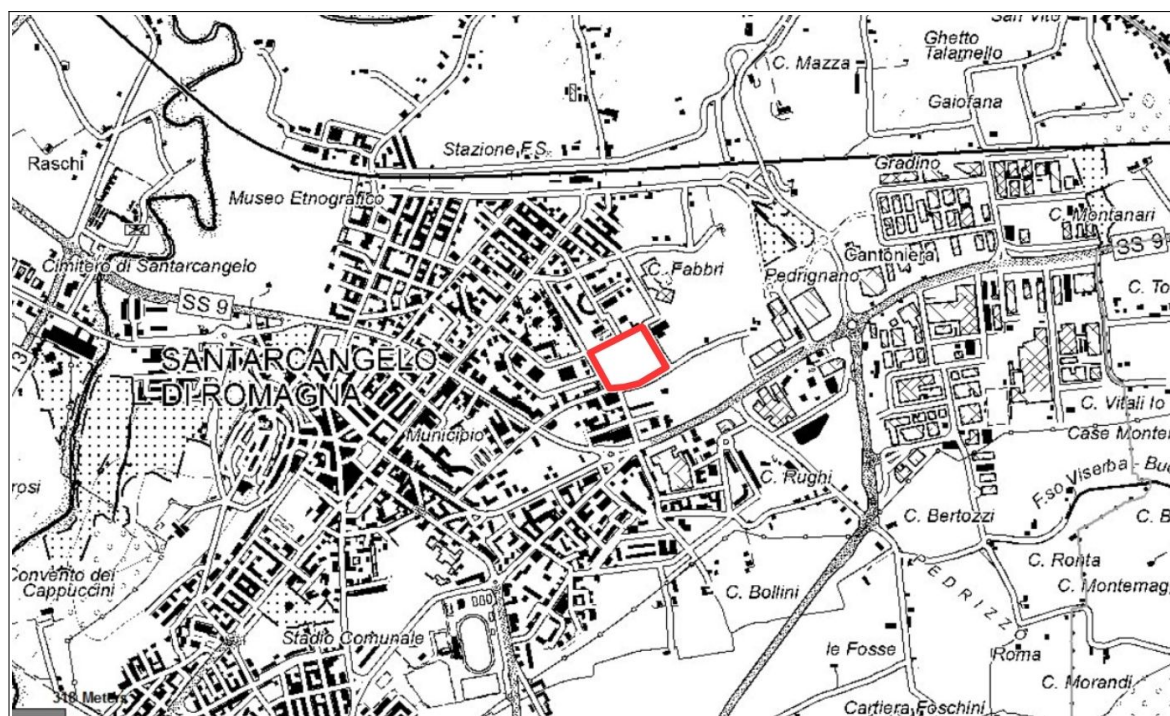


Figura 1.1 – Localizzazione del sub ambito AN.C.2.D (base topografica RER 1:25.000)

L'ambito è destinato a funzioni residenziali, commerciali ed alberghiere e la scheda d'ambito (cfr. Variante al PSC approvata con DCC n.41 del 09/05/2012) non indica particolari criticità e/o vulnerabilità di carattere geologico e sismico.

Tuttavia è stata svolta un'importante indagine geognostica e geofisica, finalizzata alla caratterizzazione geologica e sismica necessaria all'approvazione del PUA e in applicazione delle norme vigenti ed in particolare della LR n. 24/2017, della LR n. 19/2008 "Norme per la riduzione del rischio sismico" e della DGR 476/2021 (integrata con la DGR 564/2021) aggiornamento dell'"Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, LR 24/2017)".

In particolare sono state realizzate le seguenti indagini geognostiche e geofisiche:

- n. 5 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT spinte fino a "rifiuto strumentale", eseguite dalla ditta SOIL INVESTIGATION snc di Novafeltria (RN);
- n. 1 sondaggio a carotaggio continuo, spinto fino alla profondità di 20 metri, anch'esso eseguito dalla ditta SOIL INVESTIGATION snc di Novafeltria (RN);
- n.1 stendimento sismico MASW 24 canali, eseguito dallo Studio scrivente

- n. 3 registrazioni dei microtremori sismici HVSR, anch'esse eseguite dallo Studio scrivente

L'ubicazione delle indagini geognostiche/geofisiche utili per questo studio è riportata in Relazione. In allegato sono forniti gli elaborati, presentati sia in diagramma sia in tabulato.

Nella presente Relazione viene fornita la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito, in relazione agli esiti delle indagini effettuate. Più in particolare, vengono fornite le caratterizzazioni litologiche, stratigrafiche, geomorfologiche, idrogeologiche, e sismiche locali cioè, in sintesi, viene analizzata la pericolosità geologica del territorio di interesse ai fini della verifica dell'idoneità e fattibilità degli usi proposti dal Piano attuativo.

La ricostruzione del modello geologico è sviluppata in modo da costituire un utile elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici. Le scelte progettuali dovranno quindi tener conto, oltre che delle prestazioni attese delle opere, dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali.

Per quanto riguarda la pericolosità sismica, il presente studio ha comportato approfondimenti locali conformi con quanto richiesto dai più recenti Indirizzi tecnici regionali in materia (DGR 476/2021 poi integrata con la DGR 564/2021).

Il piano attuativo prevede per il sub ambito la realizzazione di edifici residenziali di altezza massima fino a 11 metri e la possibilità di realizzare locali interrati. La figura 1.2 rappresenta la sovrapposizione della planimetria progettuale indicativa con la foto aerea.

Per quanto riguarda altre tutele e vincoli di carattere geologico-ambientali posti dagli strumenti di pianificazione sovraordinati, si rimanda al Documento di Valsat del PUA, in cui è attuata la verifica di conformità rispetto a tali strumenti di pianificazione.

Si specifica che la presente Relazione non può essere in alcun modo esaustiva, né considerata sostitutiva delle Relazioni geologiche e geotecniche prescritte, ai sensi della normativa vigente, per le fasi di progettazione esecutiva dei singoli interventi previsti dal Piano.

*Figura 1.2 –  
Planimetria  
del progetto  
attuativo  
sovrapposta  
alla foto  
aerea (fonte:  
"Google  
Earth")*





## 2 Inquadramento geologico-strutturale

Riprendendo quanto descritto nel quadro conoscitivo del PSC<sup>1</sup>, per quanto riguarda i lineamenti geologici il territorio di Santarcangelo di Romagna non è particolarmente complesso: esso comprende infatti le ultime pendici collinari di età sostanzialmente Pliocenica-Pleistocenica e le alluvioni continentali terrazzate della pianura (Pleistocene-Olocene).

Sono rappresentati quindi gli ultimi episodi di storia geologica che hanno portato alla formazione della dorsale appenninica. Tali episodi si concretizzarono verso la fine del Miocene (5 M.A. circa) con dei sollevamenti che fecero emergere l'ossatura della catena; su entrambi i versanti, la linea di costa era allora abbastanza vicina al limite spartiacque. Essa corrispondeva alla "linea di cerniera" tra le aree in sollevamento e aree subsidenti e costituiva il principale elemento di riferimento tettonico e morfologico. Basti pensare che nella Regione Emilia-Romagna l'area che presenta, sia per frequenza che per intensità, il maggior grado di sismicità è quella interessata dal "Sovrascorrimento pedeappenninico" che coincide appunto con tale zona di cerniera.

La linea e conseguentemente la morfologia della costa, era rotta e frastagliata da faglie trasversali (cosiddette antiappenniniche) ancora oggi sismicamente attive (faglie trascorrenti) su cui si sono impostate le aste di erosione fluviale (torrenti appenninici primitivi).

La linea di cerniera è poi migrata verso NE negli ultimi 7-8 M.A.; sono così emersi, aggiungendosi all'ossatura precedente, i sedimenti che formano le fasce collinari pedeappenniniche di età sostanzialmente Pliocenica e Quaternaria. Ciò è dipeso dalla sedimentazione abbondante apportata dai torrenti appenninici sul margine della fossa padana, ma soprattutto dai "basculamenti" indotti da moti verticali diventati, in questo periodo, predominanti, mentre quelli orizzontali si riducevano d'importanza.

Questa attività tettonica non si è ancora esaurita, almeno nella fase avanzata dell'orogene (Pianura Padana, Adriatico) come è dimostrato dalla frequente attività sismica della regione.

I terreni affioranti nel territorio del Comune di Santarcangelo di Romagna si sono venuti costituendo in posto (a differenza ad esempio di quelli affioranti nella vicina Valmarecchia che sono migrati in senso orizzontale) e pertanto si presentano in successione stratigrafica normale, con termini più antichi in basso e i più recenti in alto.

Ben rappresentato nel territorio comunale e in particolare nell'area contestuale a quella di studio è il cosiddetto "Gruppo del Santerno" comprendente le "argille e marne di Riolo Terme" (indicate come Argille Azzurre e con sigla FAA nella cartografia geologica della RER), le arenarie e argille di Savignano (sigla SVG) e le Sabbie di Imola (sigla IMO). Queste formazioni comprendono termini che vanno dal Pliocene inf. (5,2-3,5 M.A.) al Pleistocene inf. (1,8-0,7 M.A.).

Nei colli di Santarcangelo affiorano le caratteristiche Sabbie Gialle (IMO), debolmente cementate del Pleistocene medio. Nel sub ambito studiato, tale substrato roccioso risulta sepolto dai sedimenti alluvionali prevalentemente attribuibili al fiume Marecchia. La figura 2.1 riporta in questo senso, uno stralcio della sezione RER n. 150 che ben rappresenta l'assetto deposizionale superficiale e profondo. In particolare, nell'area studiata i sedimenti alluvionali risultano di complessa definizione in termini sia di età deposizionale sia tessiturali, con alternanze amalgamate di depositi granulari (ghiaie e sabbie prevalenti) e più fini (argille e limi) che costituiscono la struttura di conoide prossimale del fiume Marecchia, il cui spessore locale è già di diverse decine

<sup>1</sup> "Relazione Geologica" (geol. M. Zaghini, 2010)

di metri. La Carta Sismotettonica RER (scala 1:250.000) indica per l'area di studio uno spessore dei depositi alluvionali attribuibili Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (SERS) pari a circa 60÷80 metri (figura 2.2). Si rammenta come la base del SERS, datata 400.000-450.000 anni, spesso risulti un'importante discontinuità sismica ai fini della risposta sismica locale, così come la più profonda interfaccia interposta tra i depositi alluvionali inferiori (SERI) e il bedrock marino.

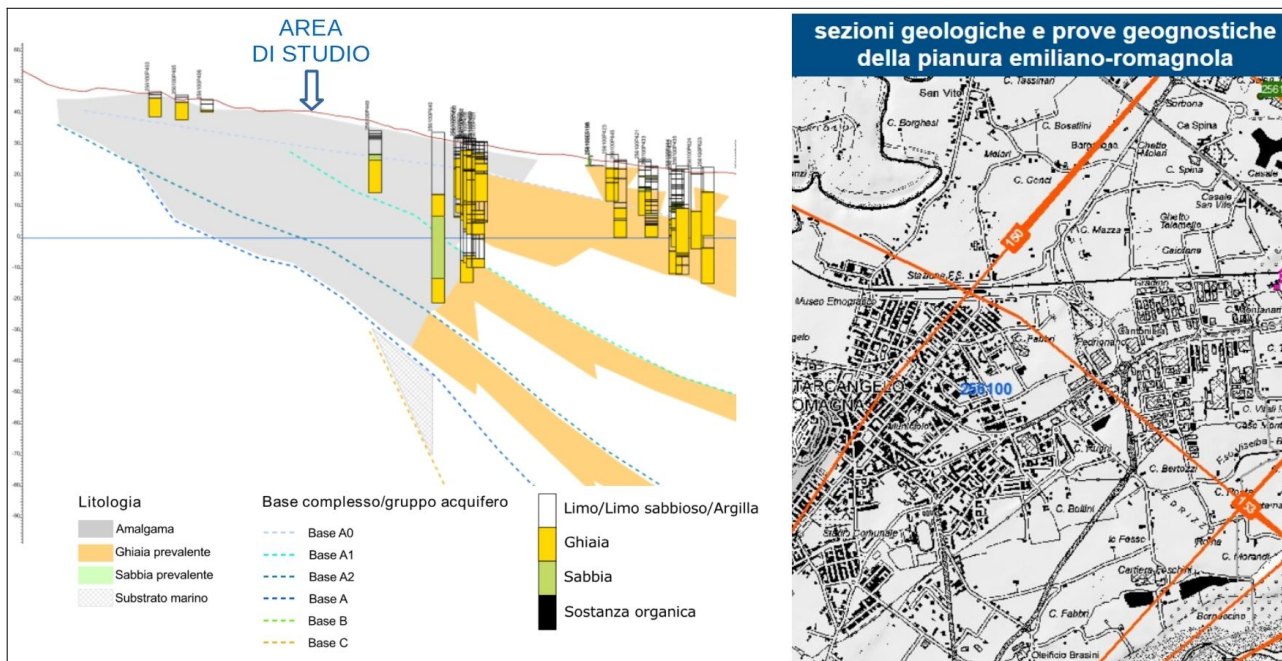


Figura 2.1 – Sezione geologica di riferimento RER n.150 (Banca Dati SGSS regionale)

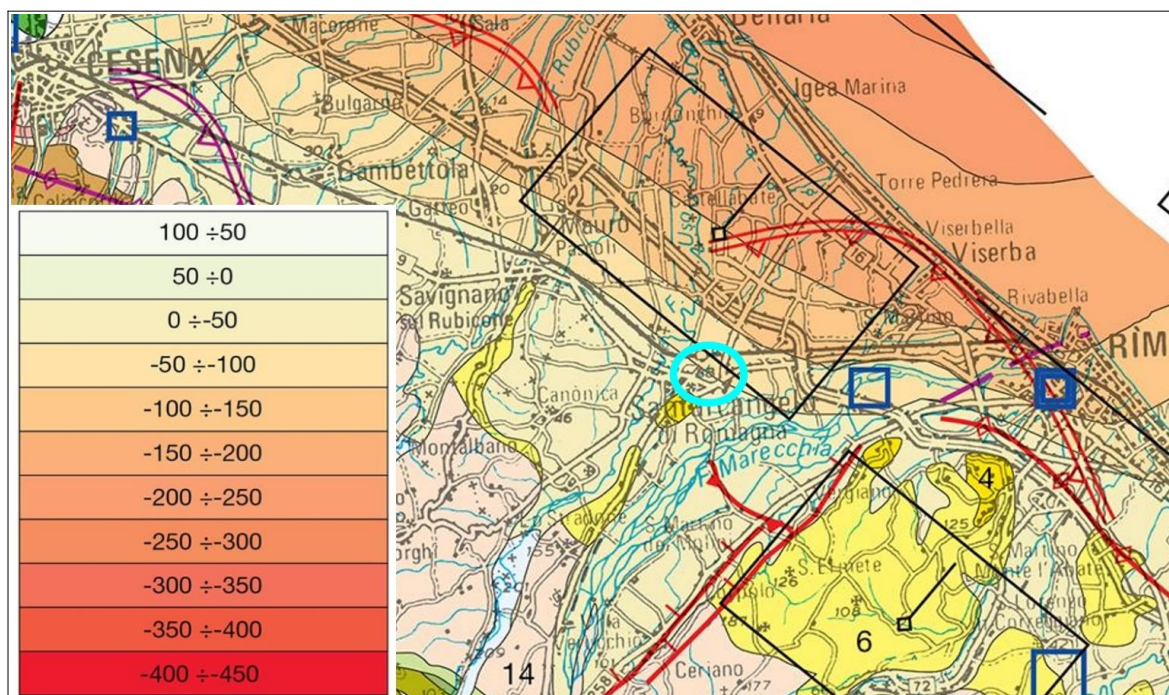


Figura 2.2 – Stralcio della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna alla scala 1:250.000 (SGSS RER – CNR - DST Firenze - INGV, agg. 2017). La cartografia riporta le isobate della base dello spessore di depositi alluvionali corrispondenti al Sintema AES. Gli areali in giallo (n.4 e 6) rappresentano substrato marino plio-pleistocenico affiorante. L'area di studio è localizzata nel cerchiato azzurro



### 3 Inquadramento geologico e geomorfologico locale

In merito all'assetto geologico e geomorfologico locale locale, l'area di studio ricade in un contesto sub pianeggiante, con quote medie del sub ambito che si attestano a circa 35 m slmm (fonte: Carta Tecnica Regionale) e con un blando declivio verso SE.

Come già descritto, il sottosuolo meno profondo è rappresentato dai depositi alluvionali che formano la conoide prossimale del fiume Marecchia. In particolare, come risulta dalle cartografie geologiche redatte dal Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna (figura 3.1), l'area è localizzata su depositi alluvionali di canale, argine e rotta fluviale appartenenti al Subsistema di Ravenna e con tessiture più superficiali da limoso argillose a sabbiose.

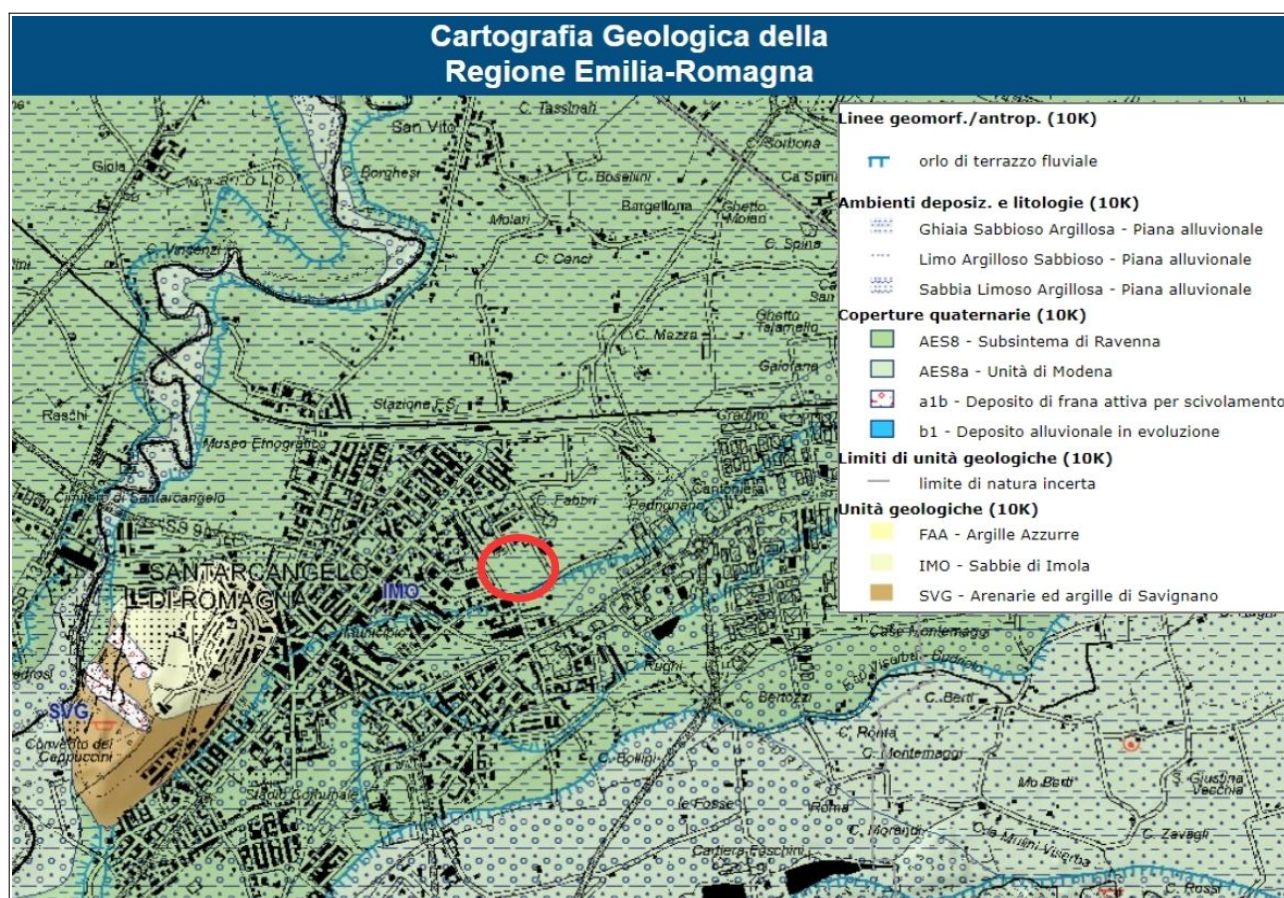


Figura 3.1 – Stralcio della cartografia geologica RER (a cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna)

Le indagini geognostiche disponibili nella Banca Dati regionale e di maggior riferimento per questo studio vengono riportate nella figura 3.2. Sono infatti documentate prove penetrometriche statiche CPT e dinamiche DPSH eseguite in aree edificate limitrofe. Queste prove, terminate a pochi metri di profondità, indicano la presenza di strati ghiaiosi discretamente addensati e generalmente impenetrabili dagli strumenti d'indagine utilizzati.

Un ulteriore sondaggio di repertorio (indicato con sigla "P467"), realizzato a S-SE del sub ambito AN.C.2.D, ha attraversato fino a circa 35 metri di profondità sedimenti prevalentemente grossolani, con alternanze di ghiaie più o meno ciottolose e ghiaie medio-fini caratterizzate da più abbondante matrice limoso sabbiosa. Sono inoltre attraversati alcuni intervalli argilloso limosi.

In conclusione, le indagini di repertorio confermano il contesto deposizionale generale già descritto, con sedimenti ghiaioso ciottolosi che localmente risultano anche sub affioranti e che costituiscono l'apparato distributore di conoide prossimale del fiume Marecchia, con cicli deposizionali spesso non distinguibili fusi tra loro.

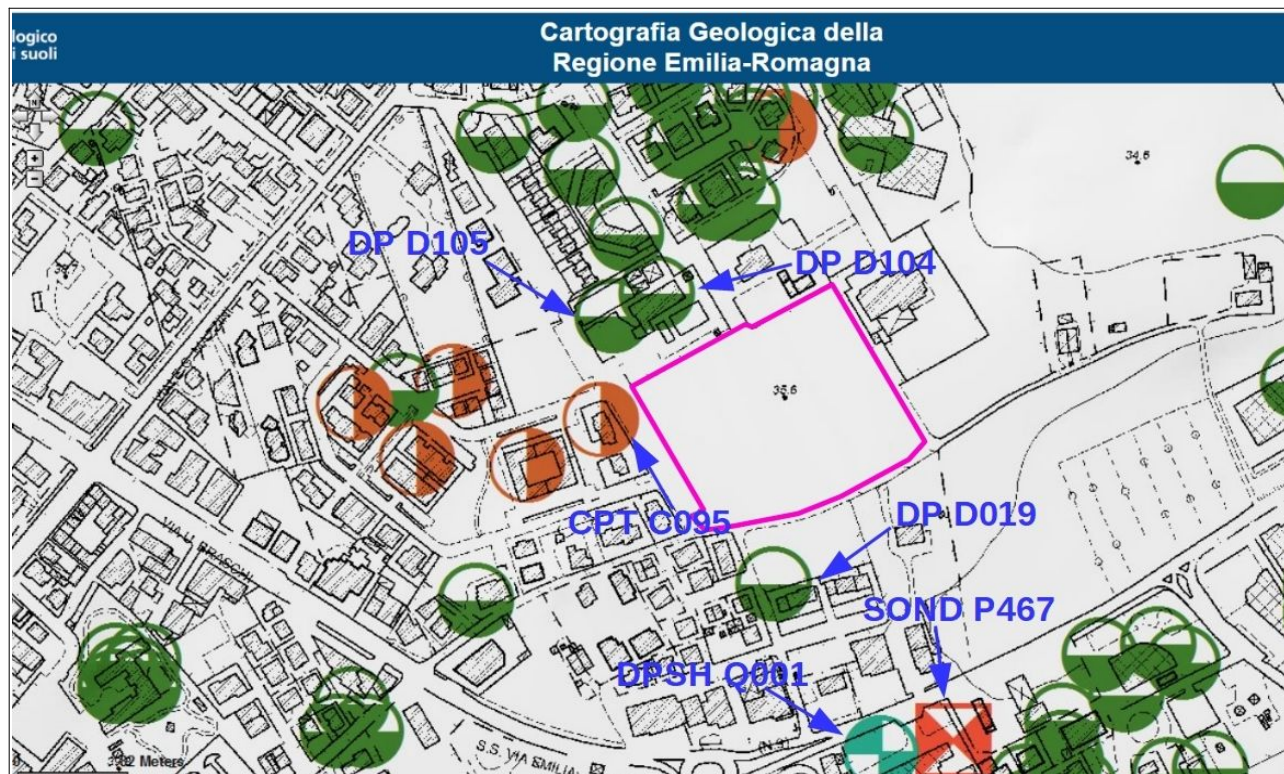


Figura 3.1 – Localizzazione delle prove di repertorio pubblicate nella Banca Dati regionale (a cura del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna)



## 4 Assetto idrogeologico e criticita' idrauliche

Per quanto riguarda l'**idrogeologia**, le caratteristiche degli acquiferi del territorio in esame vanno inquadrare nel modello evolutivo tridimensionale, sia idrogeologico che stratigrafico, dell'intera Pianura Padana Emiliano-Romagnola.

A riguardo, secondo gli studi della Regione Emilia-Romagna e di Eni-Agip ("Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna", 1998) si distinguono, sia in superficie che nel sottosuolo tre Unità Idrostratigrafiche di rango superiore (UIS), denominate Gruppi Acquiferi A, B e C, a loro volta suddivise in unità, gerarchicamente inferiori, denominate Complessi di Acquiferi (figura 4.1). Esse affiorano sul margine meridionale del Bacino Idrogeologico della Pianura per poi immergersi verso nord al di sotto dei sedimenti depositati dal fiume Po e dai suoi affluenti negli ultimi 20.000 anni, contenenti acquiferi di scarsa estensione e potenzialità (Acquifero Superficiale).

Ciascun Gruppo Acquifero risulta idraulicamente separato, almeno per gran parte della sua estensione, da quelli sovrastanti e sottostanti, grazie a livelli argillosi di spessore plurimetrico sviluppati a scala regionale, denominati Barriere di Permeabilità Regionali. Il loro limite inferiore è dato dall'Acquitardo Basale, formato da unità complessivamente impermeabili.

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE				ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE		
AFFIORANTI		SEPOLTE				GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO	
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIONI, TERRAZZI E FALDINI	UNITA' DI CA' DI SOLA	SUPER SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	~0.12	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE 0.125	A	A1	
	DILUVIUM p.p.			SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE			~0.35-0.45	B1
							UNITA' ALLUVIONALE INFERIORE	B2
	FORMAZIONE FLUVIO-LACUSTRE			UNITA' DI BORGOPANIGALE			B3	
FORMAZIONE DI QUARATELLO	CRIZZANTE E FERRICELLO	B4						
QUATERNARIO MARINO	MILAZIANO SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	SUPER SISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	~0.65	PLEISTOCENE MEDIO	C	C1	
	MILAZIANO o CALABRIANO p.p. SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.			SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2			~0.8	C2
	CALABRIANO p.p. SABBIE di MONTERICCIO FORMAZIONE di TERRA CHI SOLE p.p.			SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2			~1.0	C3
	CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELLARQUATO p.p.			SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1			~1.72	C4
P2	FORMAZIONE di CASTELLARQUATO p.p.	SUPER SISTEMA DEL PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE	PLOCENE MEDIO SUPERIORE	~2.2	PLOCENE MEDIO - SUPERIORE 1.72	C5	C5	
				~3.3-3.6			3.55	
				~3.9	PLOCENE INFERIORE MIOCENE	ACQUITARDO BASALE		

Figura 4.1 - Schema idrostratigrafico della Pianura Emiliano-Romagnola (Eni-Agip, RE-R – 1998)

La sezione geologica RER n. 150 (riproposta nella figura 4.2) ben rappresenta l'assetto idrogeologico profondo locale e in particolare è possibile osservare che il Complesso Acquifero A1, più superficiale, è limitatamente individuale nelle ghiaie profonde oltre 9÷10 metri e in diretta connessione di ricarica con l'acquifero più superficiale denominato A0.

Occorre precisare che le penetrometrie effettuate nel sub ambito non hanno rilevato acqua nei fori di prova, a dimostrazione dell'assenza di falde sospese nei sedimenti alluvionali prevalentemente fini più superficiali. Anche la parte sommitale dello "sheet" ghiaioso è risultato asciutto a dimostrazione della parziale saturazione (almeno stagionale) di questo acquifero granulare.

L'assenza di una falda superficiale era già stata confermata dagli studi idrogeologici a supporto del quadro conoscitivo del PSC di Santarcangelo, nonché ribadita nelle scheda di sintesi per ambito AN.C.2 (cfr. Variante al PSC approvata dal CC con delib. n.41 del 09/05/2012).

In conclusione, nel caso in cui si realizzino vani interrati (non vietati dalla normativa vigente), il contesto idrogeologico locale non evidenzia possibili interferenze con la prima falda.

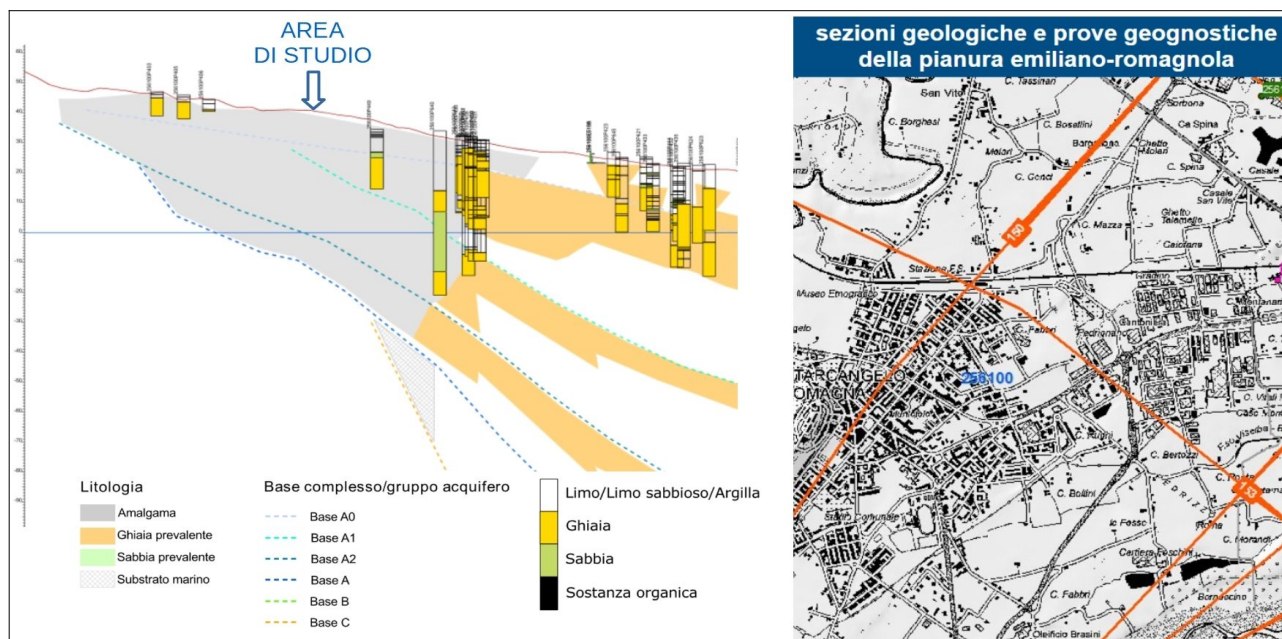


Figura 4.2 - Sezione geologica di riferimento RER n.150 (Banca Dati SGSS regionale) con schema idrostratigrafico locale

Per quanto riguarda la pericolosità idraulica, gli scenari definiti dal Piano di Gestione del rischio di Alluvioni (PGRA) sono stati recepiti nella Variante 2016 al PAI Marecchia-Conca (adottata con delib. n.2/2019 dall'AdBPo).

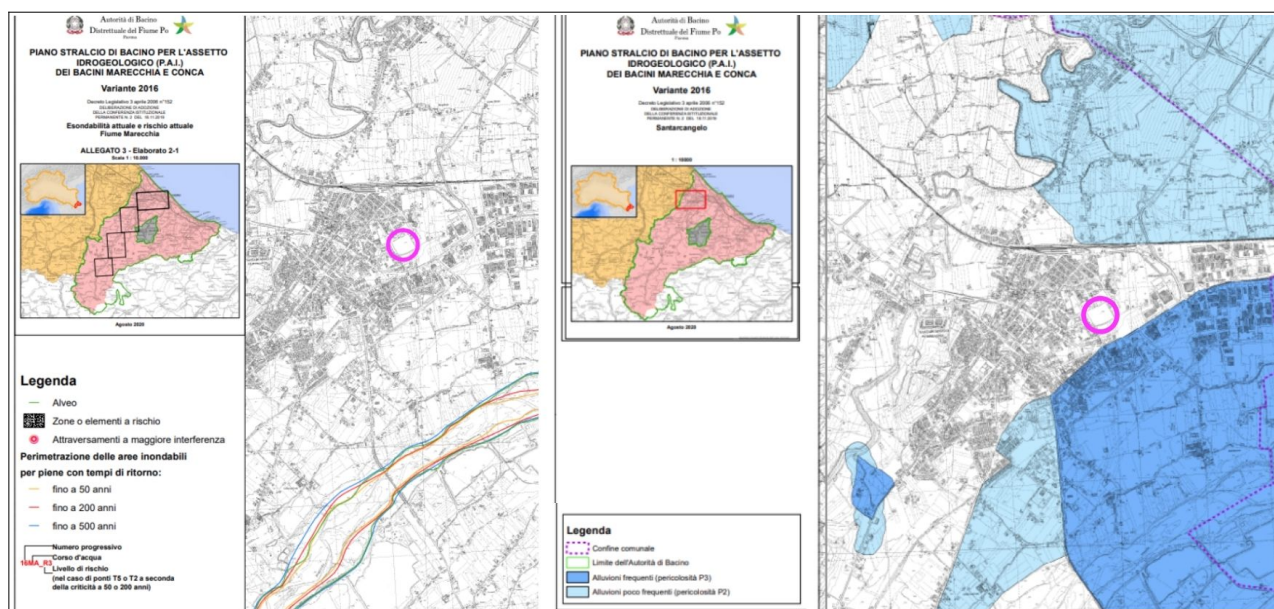


Figura 4.2 – Stralci delle cartografie di pericolosità idraulica (Variante PAI 2016 Marecchia-Conca) relative al reticolo naturale (a sx) e al reticolo di bonifica (a dx)

Occorre rammentare che dal 17 febbraio 2017, con la pubblicazione nella GURI n. 27 del 2 febbraio 2017 è entrato in vigore il D.M. 25 ottobre 2016 e pertanto sono state soppresse, su tutto

il territorio nazionale, le Autorità di bacino nazionali, interregionali e regionali. Le competenze dell'Autorità di Bacino Interregionale Marecchia-Conca sono dunque confluite nell'Autorità di Bacino distrettuale del Fiume Po. Il PAI Marecchia-Conca rimane tuttavia ancora vigente.

Rispetto alle cartografie riportate nella Variante PAI 2016, contenute nell'Allegato 3 ("Tavole limiti esondabilità e zone a rischio dei corsi d'acqua") e rispetto alla tavola 5 ("PGRA Pericolosità del reticolo secondario di pianura), per il sub ambito AN.C.2.D non sussistono particolari criticità di carattere idraulico (figure 4.3 e 4.4).



## 5 Indagini geognostiche/geofisiche integrative

Nel sub ambito AN.C.2.D sono state eseguite indagini geognostiche e geofisiche, localizzate nella figura 5.1, a supporto della caratterizzazione geologica e sismica delle parti di sub ambito edificabili.

Più nello specifico sono state realizzate dalla ditta SOIL INVESTIGATION snc di Novafeltria (RN) **n. 5 prove penetrometriche statiche con punta meccanica CPT** spinte fino a “rifiuto strumentale”, avvenuto nelle ghiaie più addensate e alle seguenti profondità:

CPT1 → -10,0 metri

CPT2 → -11,8 metri

CPT3 → -12,2 metri

CPT4 → -11,6 metri

CPT5 → -10,8 metri

Le prove sono state realizzate con penetrometro montato su autocarro zavorrato e dotato di ancoraggi supplementari. Le CPT standardizzate consistono nell'infiggere a pressione nel terreno, a velocità di avanzamento lenta e costante, la punta conica, collegata alla superficie mediante una batteria d'aste, misurando la resistenza che incontra la punta stessa nell'avanzamento nel terreno (qc) e la resistenza per attrito laterale esercitata sul manicotto, posto sopra la punta, dai terreni attraversati in funzione della coesione (fs). Le coppie di misure sono eseguite ad intervalli di 20 cm ed i loro valori sono espressi come pressioni in Kg/cm<sup>2</sup>, riferiti rispettivamente alla sezione della punta ed alla superficie del manicotto. I dati elaborati sono stati forniti sia in tabulati sia in appositi diagrammi, nei quali si possono esaminare gli andamenti della resistenza alla punta e laterale. Inoltre sono fornite valutazioni sulla litologia dei terreni (sia in base alla teoria di Begemann 1965 - A.G.I. 1977, sia secondo Schmertmann 1978) e sui parametri meccanici dei sedimenti attraversati. In calce alla relazione vengono riportati tutti i report delle prove e la documentazione fotografica.

La ditta SOIL INVESTIGATION ha inoltre realizzato **un sondaggio a carotaggio continuo** (con carotiere semplice) e spinto **fino a -20 metri dal p.c.** Il sondaggio, realizzato con sonda cingolata semovente, ha permesso di attraversare le ghiaie risultate impenetrabili alle penetrometrie CPT, consentendo allo stesso tempo una verifica locale diretta della natura tessiturale e dell'effettivo spessore dei sedimenti investigati. In calce alla relazione viene riportata la stratigrafia e documentazione fotografica anche del sedimento recuperato.

Lo Scrivente ha infine realizzato le indagini geofisiche consistite in:

- **uno stendimento sismico MASW**, prova basata sull'acquisizione e sull'analisi delle onde sismiche superficiali e finalizzata alla ricostruzione sismostratigrafica locale, in particolare per la stima della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (Vs) nel sottosuolo fino a circa -35÷40 metri di profondità. La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW ha previsto acquisizioni dei segnali sismici attivi (generati da sorgenti energizzanti) con sismografo multicanale ABEM RAS24 a 24 canali. In calce alla relazione è riportato il report della prova e la documentazione fotografica.
- **n. 3 registrazioni dei microtremiti sismici HVSR**, con strumento tromografico (“Tromino”) che dispone di tre canali di acquisizione connessi a tre velocimetri elettrodinamici ad alta risoluzione, in grado di misurare le componenti della velocità

(moto) di ogni strato lungo le direzioni N-S; E-W; H-V. L'elaborazione del microtremore misurato, fornisce i rapporti spettrali HVSR o H/V (Nogoshi & Igarashi, 1970), risultando efficace per la stima delle frequenze fondamentali di risonanza  $f_r$  del sottosuolo e consente anche una preliminare valutazione delle eventuali "doppie risonanze" con le tipologie di manufatti di progetto. In calce alla relazione vengono riportati i report delle prove e la documentazione fotografica.

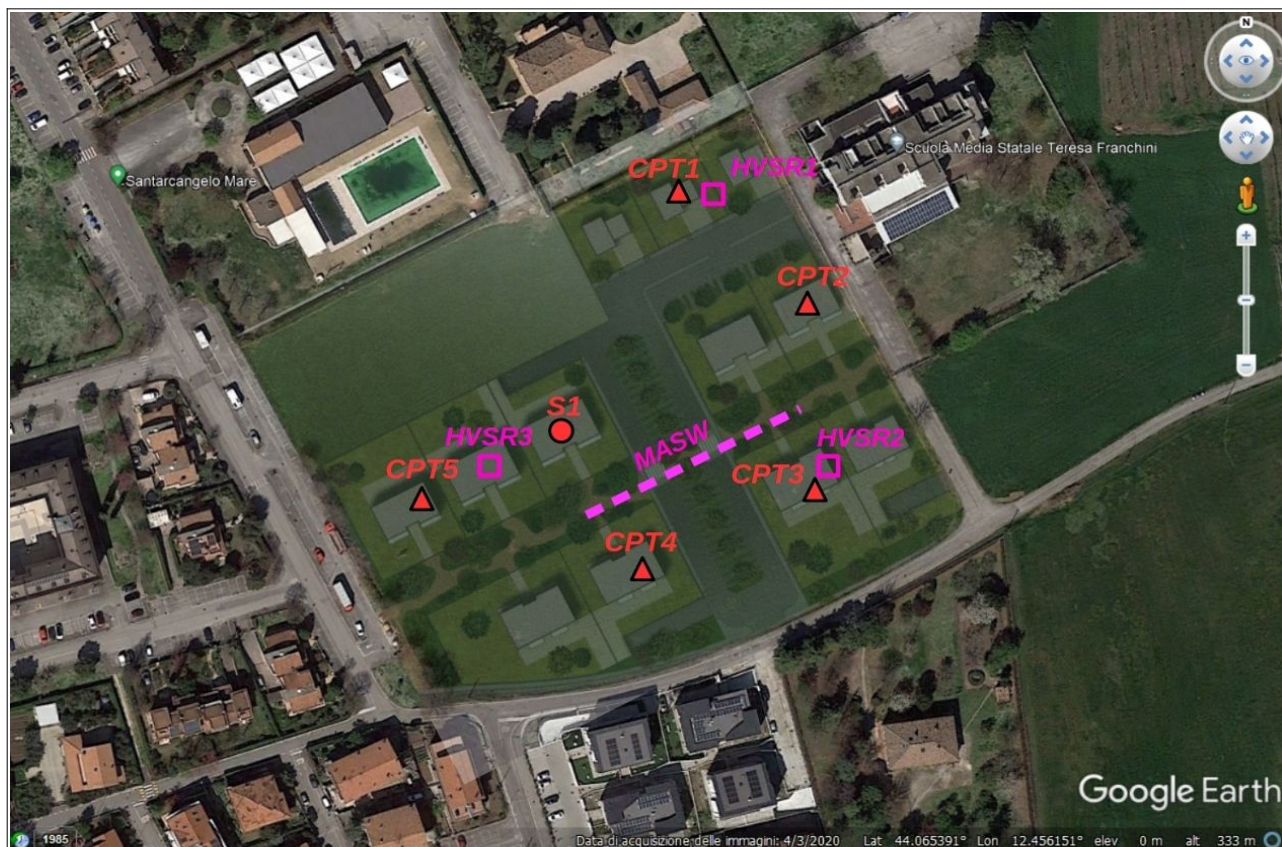


Figura 5.1 – Localizzazione delle indagini eseguite per il PUA (planimetria del progetto attuativo sovrapposta alla foto aerea – fonte: "Google Earth")

## 6 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA

Le analisi geognostiche effettuate confermano l'assetto deposizionale a livello generale descritto nel capitolo 4, tuttavia sono evidenziati depositi alluvionali prevalentemente fini (limi argillosi debolmente sabbiosi con rara ghiaia e ciottoli) più superficiali, per uno spessore complessivo di circa 9 metri, e sovrastanti uno "sheet" ghiaioso con elevata matrice sabbioso limosa. La porzione sommitale delle ghiaie è stata parzialmente attraversata dalle penetrometrie fino a circa 10÷12 metri profondità. Il sondaggio a carotaggio continuo ha inoltre consentito di verificare localmente la continuità verticale dei depositi prevalentemente ghiaiosi fino alla conclusione del sondaggio (-20 metri dal p.c.).

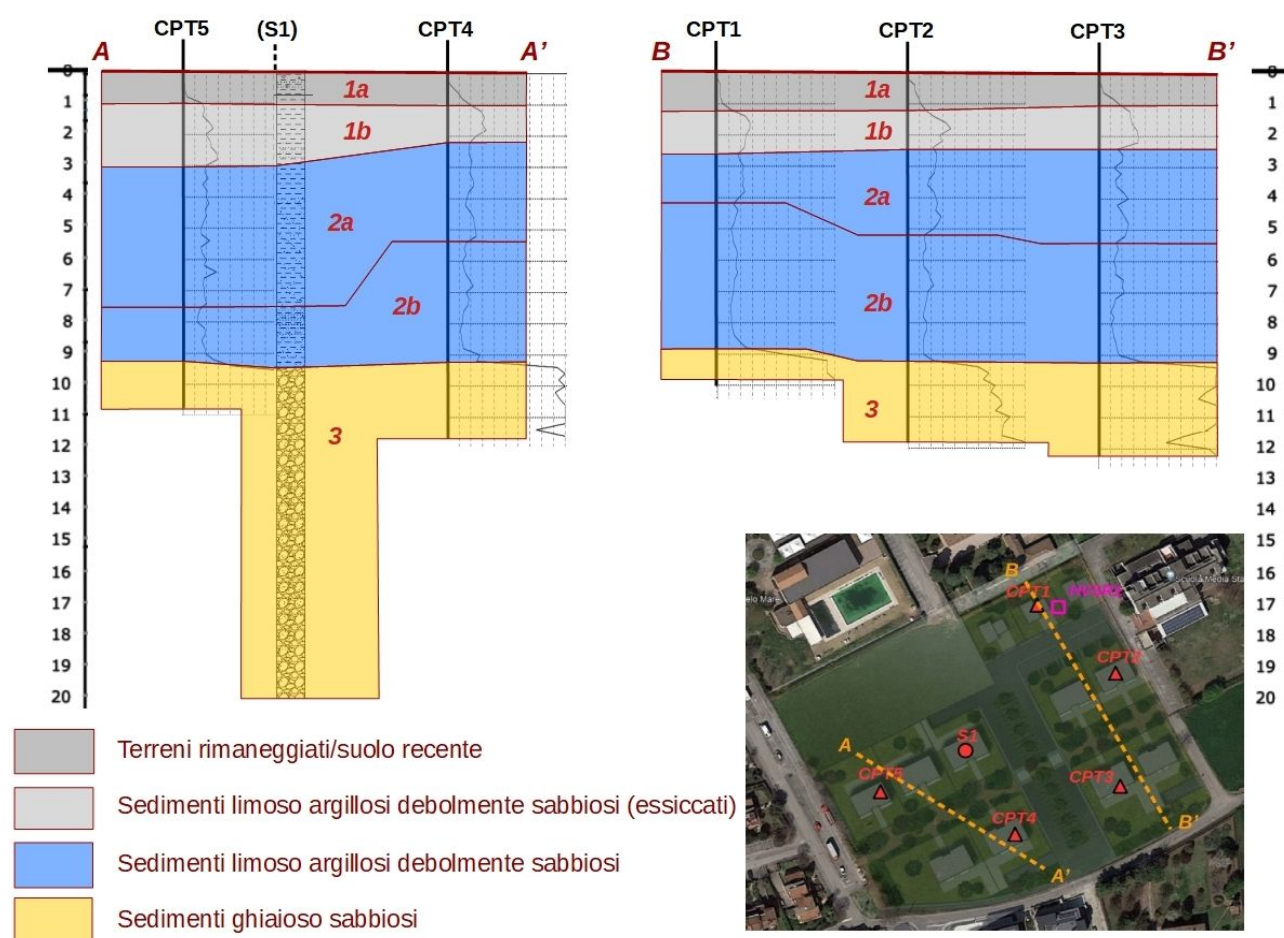


Figura 6.1 – Sezioni geologiche A-A' e B-B'

La figura 6.1 ripropone uno schema geolitologico delle aree edificabili, attraverso l'elaborazione di due sezioni geologiche (denominate A-A' e B-B') fino alla massima profondità investigata dalle terebrazioni, utile anche ai fini della caratterizzazione geomeccanica.

In particolare, le prove geognostiche permettono di distinguere dalla superficie:

1. depositi più superficiali (fino a circa -1,0÷-1,4 metri) limoso argillosi, debolmente sabbiosi e con rari ciottoli, caratterizzati da resistenze alla punta qc variabili ma complessivamente mediocri per la presenza di suolo agricolo recente (strato "1a" della sezione geologica).



Da  $-1,0 \div 1,4$  m a  $-2,4 \div 3,0$  metri sono ancora attraversati sedimenti limoso argillosi, debolmente sabbiosi, caratterizzati da un grado di essiccamento elevato (strato "1b");

2. da  $-2,4 \div 3,0$  m a  $-8,8 \div 9,2$  metri circa ancora sedimenti limoso argillosi, debolmente sabbiosi, tuttavia caratterizzati resistenza alla punta relativamente più basse e comunque più che discrete (strati "2a" e "2b"). In particolare la porzione più profonda (strato "2b") è caratterizzata da valori medi di qc ancora discreti ( $>4$  MPa) ma più bassi rispetto all'intervallo superiore: ciò è in parte riconducibile alla presenza di un presumibile incremento del grado di umidità naturale (sedimenti che risultano ancora insaturi);
3. da  $-8,8 \div 9,2$  metri le prove hanno infine attraversato parzialmente uno "sheet" ghiaioso (strato "3"), anche ciottoloso, caratterizzato da un'elevata matrice limoso sabbiosa. Il sondaggio S1 ha verificato uno spessore locale delle ghiaie di almeno 11 metri. Si tratta, presumibilmente di cicli deposizionali del fiume Marecchia non chiaramente distinguibili e fusi tra loro, con spessori ghiaiosi anche di elevato addensamento.

## 7 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

### 7.1 Pericolosità sismica di base

L'ultima zonazione sismogenica del territorio nazionale è nota con la semplice sigla "ZS9" (2004), prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questa zonazione rappresenta il più recente riferimento per gli studi di pericolosità sismica del territorio italiano, elaborata riferendosi anche i più recenti background informativi sui terremoti ed in particolare le ultime banche dati relative alle sorgenti sismogeniche italiane DISS<sup>2</sup> e il catalogo CPTI<sup>3</sup>.

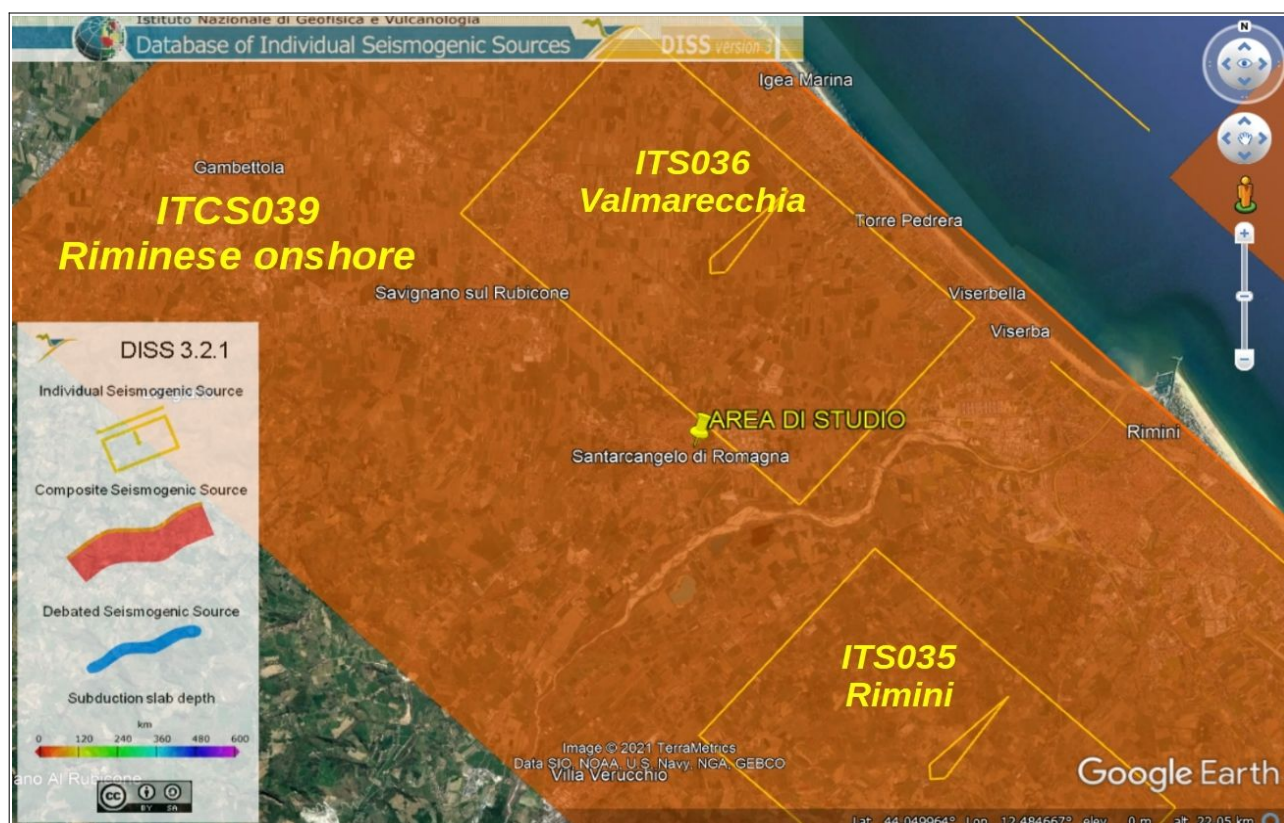


Figura 7.1 - Distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute in DISS 3.2.1 (foto aerea: Google Earth)

Questa macrozonazione rappresenta, al momento, il più recente riferimento per gli studi di pericolosità sismica del territorio italiano. Il sub ambito studiato ricade nell'ampia zona 917 cioè in una delle zone in cui è stato scomposto longitudinalmente l'arco appenninico settentrionale e centrale da Parma fino all'Abruzzo. Questa zona rappresenta (insieme alla zona 912) la porzione più esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale e include pertanto le sorgenti sismogeniche principali della fascia appenninica esterna, cui è possibile associare la sismicità della costa romagnola e marchigiana (Valensise e Pantosti, 2001), legata al regime tettonico debolmente compressivo in atto, con strutture compressive, prevalentemente "thrust", allineate lungo la costa o a sua breve distanza (Mw massima attribuita: 6,14).

<sup>2</sup> <<Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M5.5 in Italy">> (Valensise e Pantosti, 2001)

<sup>3</sup> Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2019). Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)





per l'intero territorio nazionale: ad ogni punto della griglia vengono attribuiti, a seconda del periodo di ritorno atteso per il terremoto, valori di  $a_g$  e dei principali parametri "spettrali" da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica.

La griglia riferimento e i dati di pericolosità sismica sono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Nello specifico, la pericolosità di base sito specifica è stata determinata in corrispondenza del baricentro del sub ambito e i parametri sismici sono ricavati con il supporto della georeferenziazione proposto dal programma on-line <<GeoStru Parametri Sismici>>.

Si rammenta che i tempi di ritorno del terremoto di riferimento e dunque i parametri sismici di base sono calcolati in funzione dei tempi di ritorno degli eventi sismici TR e in relazione alla classificazione prestazionale dei manufatti di progetto. In tal senso, la figura 7.3 riporta i parametri di base ( $a_g$ ;  $F_0$ ;  $T^*c$ ) su suolo "rigido" e ricavati considerando una strategia di progettazione "ordinaria". Il livello di pericolosità sismica riferito allo stato limite SLV (con  $Tr = 475$  anni) risulta inoltre equiparabile al grado di pericolosità di riferimento per gli studi di pianificazione (DGR 476/2021).

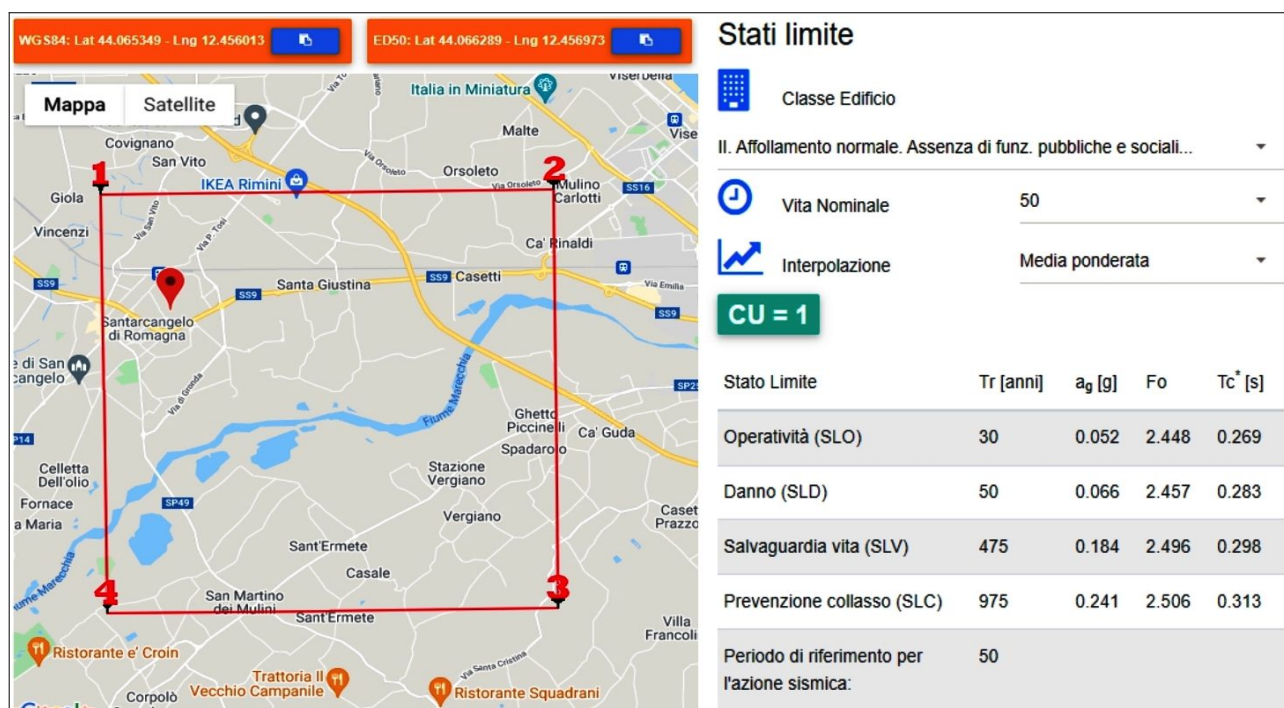


Figura 7.3 – Punti del reticolo INGV di riferimento per la definizione della pericolosità di base (NTC 2018) e parametri sismici di base associati. La pericolosità corrispondente allo stato SLV per progettazione "ordinari" ( $Tr = 475$  anni) è equivalente alla pericolosità sismica di riferimento per le analisi ai sensi della DGR 476/2021

Per il calcolo dei parametri sismici di base si è inoltre considerato:

- Tipo di costruzione: opere ordinarie
- Vita Nominale della costruzione ( $V_n$ ) = 50 anni
- Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in classe d'uso III o IV [...]

- Coefficiente d'uso  $cu = 1$
- Periodo di riferimento per la costruzione ( $V_r$ ) = 50 anni

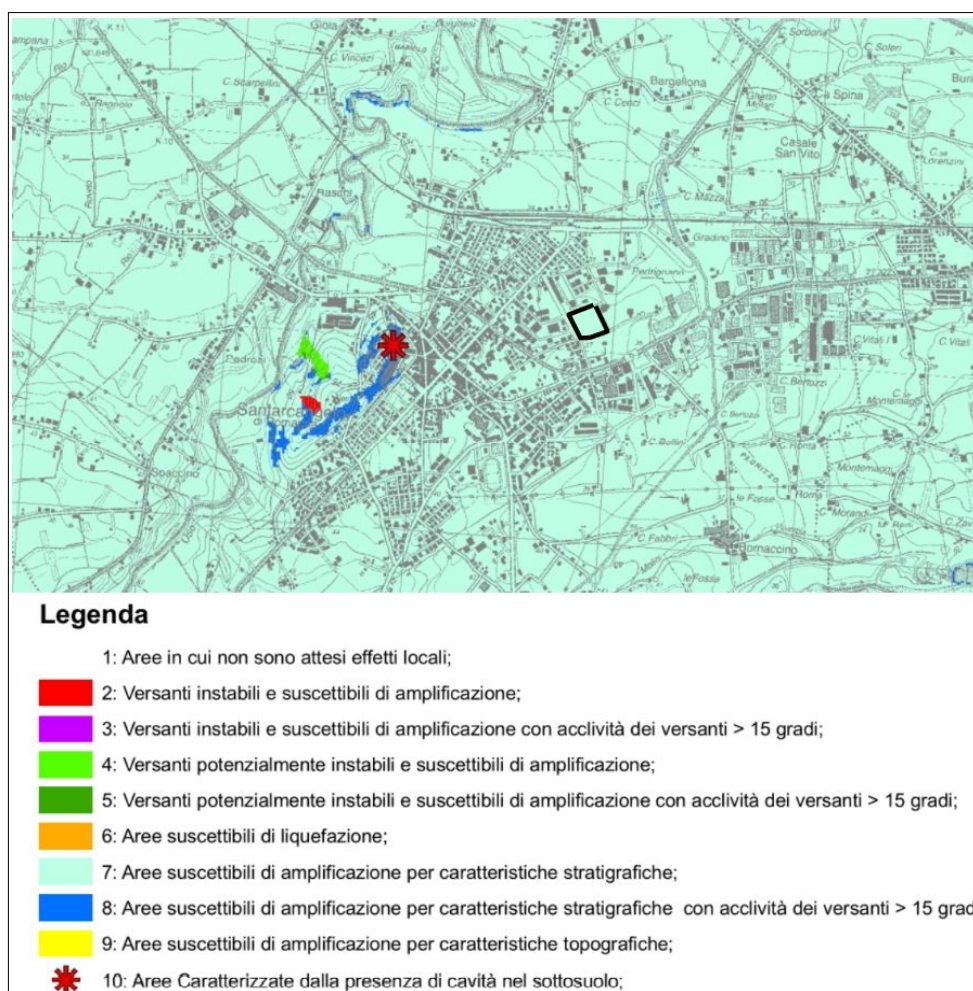
Il valore della  $a_{g,ref}$  (accelerazione di input necessaria per le simulazioni numeriche di RSL) risulta pari a 0,184g.

## 7.2 Microzonazione sismica comunale e di area vasta

Il Comune di Santarcangelo di Romagna non dispone di uno studio di microzonazione sismica comunale recepito in conformità con gli Indirizzi regionali in materia (es. DGR 630/2019 e DGR 476/2021). La scheda di sintesi riferita all'ambito AN.C.2 redatta per la Variante al PSC 2012 (approvata dal CC con delib. n.41 del 09/05/2012) non riporta particolari criticità e include l'area in oggetto nelle <<aree suscettibili di amplificazione per caratteristiche stratigrafiche>>.

Questo contesto viene confermato anche dallo studio di pericolosità sismica di area vasta riportato nel PTCP di Rimini: in particolare, la tavola S.A.11 1/2 "Sistema ambientale – Rischio sismico – Carta provinciale delle zone suscettibili degli effetti locali" alla scala 1:25.000 conferma l'inclusione dell'area in oggetto nell'areale classificato come << aree suscettibili di amplificazione per caratteristiche stratigrafiche>> (figura 7.4).

Figura 7.4 – Stralcio della tavola S.A.11 1/2 "Sistema ambientale – Rischio sismico – Carta provinciale delle zone suscettibili degli effetti locali" alla scala 1:25.000 (PTCP di Rimini). L'area di studio è localizzata nel perimetro nero



Per questo progetto attuativo è stato dunque necessario eseguire un ulteriore aggiornamento della pericolosità sismica locale per allinearsi ai contenuti richiesti dagli Indirizzi regionali più recenti (DGR 476/2021).

### 7.3 Approfondimenti sismici locali ai sensi della DGR 476/2021

#### 7.3.1 Vs equivalente dei terreni e ulteriori elementi di risposta sismica locale

Lo stendimento MASW eseguito nell'area di studio ha consentito di elaborare un modello sismostratigrafico del sottosuolo fino a circa 35 metri di profondità. Tale prova quantifica una Vs30 pari a 353 m/s, tuttavia l'indagine evidenzia velocità sismiche di taglio più basse e caratterizzate da un più rapido incremento nei primi 10 metri circa di sottosuolo, in corrispondenza dello spessore di depositi alluvionali prevalentemente fini sovrastanti lo sheet ghiaioso più addensato. La figura 7.5 offre una rappresentazione del migliore modello sismostratigrafico.

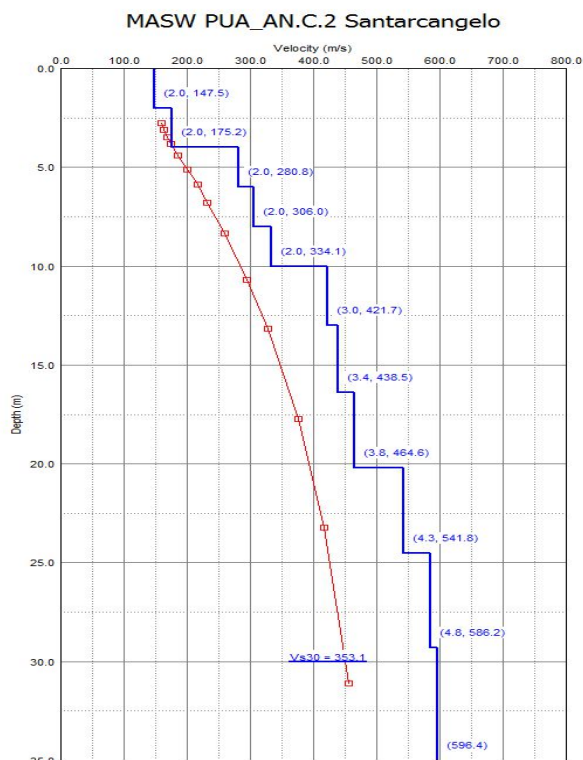


Figura 7.5 – Modelli sismostratigrafici ricavati dalle indagini sismiche eseguite nel comparto S11 (secondo stralcio attuativo)

Le ulteriori registrazioni sismiche HVSR (figura 7.6) hanno inoltre evidenziato delle significative amplificazioni spettrali H/V in un limitato range di frequenze (6÷8 Hz circa). Questi alti spettrali, da intendersi come frequenze di fibrazione fondamentali  $f_0$  dei terreni, sono riconducibili al riflettore sismico e al contrasto di impedenza collocabile al tetto delle ghiaie più o meno impenetrabili e addensate. La prova MASW ha infatti evidenziato una discreta "rigidezza" dei depositi grossolani, con velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ) che si attestano a valori compresi tra 420 m/s e oltre 550 m/s e dunque assimilabile a un "pseudobedrock".

Lo spessore più superficiale di sedimenti prevalentemente fini fornisce, pertanto, un significativo condizionamento della risposta sismica locale.



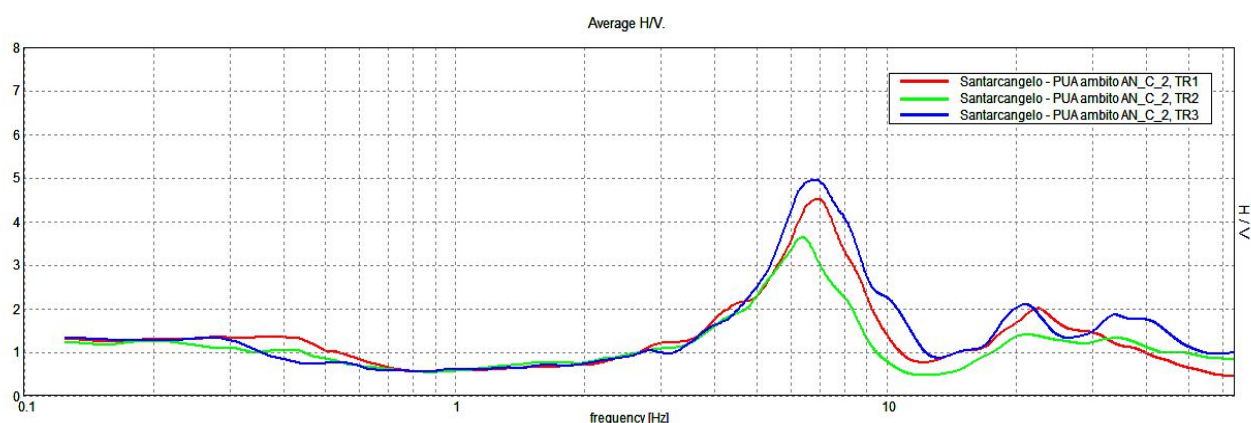


Figura 7.6 – Sovrapposizione degli spettri H/V ricavati dalle tre registrazioni eseguite nel sub ambito

Riguardo agli studi di microzonazione sismica da espletare per gli strumenti di pianificazione e gli interventi urbanistici, si rammenta che con l'approvazione delle Delibere successive alla DAL 112/2007 (DGR 2193/2015; DGR 630/2019; DGR 476/2021) vengono introdotti sostanziali aggiornamenti agli indirizzi tecnici di riferimento. Tali aggiornamenti hanno infatti tenuto conto delle successive Norme Tecniche per le Costruzioni, delle ulteriori esperienze derivate dall'applicazione della DAL 112/2007 e delle specifiche esperienze seguite agli eventi sismici italiani di L'Aquila 2009 e della pianura emiliana del 2012. In sintesi, le principali novità consistono:

- nelle rimodulazioni degli abachi di microzonazione sismica da considerarsi per le analisi semplificate ("livello 2");
- nella definizione di fattori di amplificazione riferiti all'accelerazione spettrale SA1, SA2, SA3, SA4 (per intervalli di periodo T rispettivamente di 0,1-0,5s, 0,4-0,8s, 0,7-0,11s, 0,5-1,5s);
- nella definizione di fattori di amplificazione riferiti all'intensità spettrale di Housner SI1, SI2, SI3 (per intervalli di periodo T rispettivamente di 0,1-0,5s, 0,5-1,0s e 0,5-1,5s);
- nella definizione dell'input sismico (ag al sito di riferimento) che ora è definito in base ai valori di pericolosità sismica elaborati dall'INGV per tutto il territorio nazionale sui punti di una griglia di passo pari a 0,05° (reticolo analogo a quello previsto per le NTC 2008);
- nella predisposizione di cartografie delle frequenze naturali (solo per gli studi di carattere territoriale)

Gli ultimi aggiornamenti agli indirizzi regionali, apportati con la DGR 476/2021 (e DGR integrativa 564/2021), hanno infine introdotto nuove procedure per l'analisi numerica della RSL di terzo livello e in particolare la selezione di nuovi segnali (accelerogrammi) di riferimento. Rispetto ai precedenti indirizzi (DGR 630/2019), la differenza consiste quindi nella sostituzione dell'Allegato A4.

Le ulteriori indagini eseguite per questo studio consentono, pertanto, espletare approfondimenti fino al "livello 2", ai sensi della DGR 476/2021.

Per quanto riguarda la risposta sismica, sulla base degli esiti delle indagini svolte, l'area di studio è attribuibile al macrocontesto di "MARGINE A" (cfr. allegato A2), che corrisponde al settore di transizione tra l'Appennino e la pianura o la costa <<caratterizzato da terreni fini o grossolani poco consolidati, di spessore non superiore a 30 m, sovrastanti orizzonti prevalentemente grossolani a comportamento più rigido (indicativamente con valore di Vs media almeno doppio rispetto a quello

dei sedimenti sovrastanti); H è riferito allo spessore di sedimenti fini o grossolani poco consolidati sovrastanti i sedimenti continentali più rigidi>>.

Nel nostro specifico caso si ricava uno spessore  $H \approx 10$  metri con  $V_{s10} \approx 200$  m/s. La tabella 7.1 indica i fattori di amplificazione attribuibili all'area oggetto di studio.

Vs10 (m/s)	Pga	SA1	SA2	SA3	SA4	SI1	SI2	SI3
200	2,2	2,3	2,2	1,8	–	2,4	2,0	--

Per la progettazione, gli esiti sismostratigrafici consentono di quantificare la risposta sismica locale basandosi sull'approccio semplificato indicato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti (NTC 2018). A fronte di una  $V_s$  equivalente ( $V_{s30}$ ) calcolata rispettivamente pari a 353 m/s, i contrasti di impedenza verificati dalle registrazioni HVSR raccomandano di includere gli areali di studio nella "categoria di sottosuolo E": <<terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m>>.

### 7.3.2 Propensione alla liquefacibilità dei sedimenti in caso di sisma

L'analisi della liquefacibilità dei sedimenti, se sottoposti a sollecitazioni cicliche indotte da terremoti, è di fondamentale importanza per gli aspetti di progettazione geotecnica antisismica. In particolare, occorre valutare, nel modo più adeguato possibile, le effettive condizioni di suscettibilità, le condizioni di innesco e il rischio sito specifico di tale fenomeno.

Con il termine "liquefazione" si indicano vari fenomeni fisici (mobilità ciclica, liquefazione ciclica, fluidificazione) osservati durante terremoti significativi (generalmente,  $M > 5.5$ ) nei depositi e nei pendii sabbiosi saturi; in questi sedimenti, le condizioni "non drenate" durante il sisma possono indurre un incremento e un accumulo delle pressioni interstiziali, che a loro volta possono provocare una drastica caduta della resistenza al taglio e quindi una perdita di capacità portante del terreno. Il meccanismo di liquefazione dei sedimenti è governato da molti fattori che si possono ricondurre principalmente:

- alle caratteristiche dell'impulso sismico (forma; durata dello scuotimento; ecc.) e la sua energia (magnitudo; accelerazioni; ecc.);
- alle caratteristiche tessiturali e meccaniche dei sedimenti (fuso granulometrico; densità relativa; coesione; limiti di Atterberg; età deposizionale; ecc.);
- alla presenza di falda superficiale e alle condizioni di confinamento dello strato liquefacibile (non sono riportati casi in letteratura di liquefazione in strati granulari profondi oltre 15-20 metri).

Occorre precisare che le indagini effettuate nell'area confermano le condizioni di non liquefacibilità locale già indicati negli studi preliminari (vedi cartografia PTCP). L'area di progetto non risulta pertanto suscettibile a fenomeni di liquefazioni e di cedimenti post sisma per l'assenza di fattori predisponenti essenziali quali le tessiture e il contesto idrogeologico locale (assenza di falda superficiale).

## 8 ORIENTAMENTI GEOTECNICI

### 8.1 Modellazione geotecnica di massima

Il contesto deposizionale descritto nel capitolo 6 e schematizzato nella sezione geologica A-A' (riproposta nella figura 8.1), evidenzia una complessiva omogeneità laterale in termini di tessiture e di qualità geotecnica, anche se la caratterizzazione geomeccanica di tali sedimenti dovrà essere opportunamente affrontata nelle successive fasi progettuali riferite ai lotti edificabili.

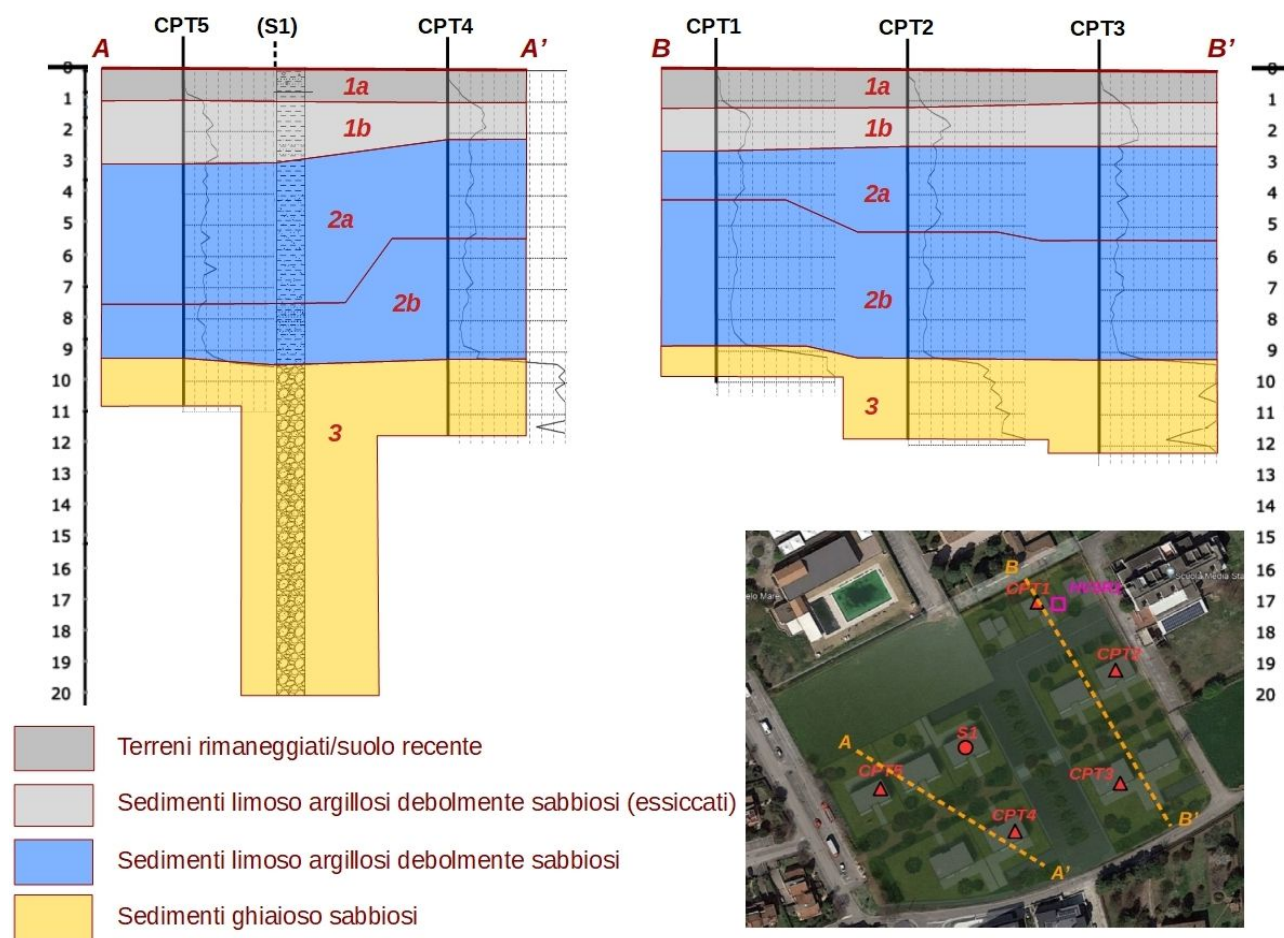


Figura 8.1 – Sezioni geologiche A-A' e B-B'

In particolare, le penetrometrie effettuate permettono di distinguere dalla superficie:

1. depositi più superficiali (fino a circa  $-1,0 \div -1,4$  metri) limoso argillosi, debolmente sabbiosi e con rari ciottoli, caratterizzati da resistenze alla punta  $q_c$  variabili ma complessivamente mediocri per la presenza di suolo agricolo recente (strato "1a" della sezione geologica). Da  $-1,0 \div -1,4$  m a  $-2,4 \div -3,0$  metri sono ancora attraversati sedimenti limoso argillosi, debolmente sabbiosi, caratterizzati da un grado di essiccamento elevato (strato "1b"). Occorre precisare che questa condizione porta a esiti di resistenze e di parametri derivati sovrastimati. Le  $q_c$  medie risultano infatti comprese tra 5,5 MPa e oltre 7,0 MPa. L'essiccamento nei terreni meno profondi può risultare inoltre parzialmente reversibile.



2. da -2,4÷3,0 m a -8,8÷9,2 metri circa ancora sedimenti limoso argillosi, debolmente sabbiosi, tuttavia caratterizzati resistenza alla punta relativamente più basse e comunque più che discrete (strati "2a" e "2b"). In particolare la porzione più profonda (strato "2b") è caratterizzata da valori medi di  $q_c$  ancora discreti (>4 MPa) ma più bassi rispetto all'intervallo superiore: ciò è in parte riconducibile alla presenza di un presumibile incremento del grado di umidità naturale (sedimenti che risultano ancora insaturi);
3. da -8,8÷9,2 metri le prove hanno infine attraversato parzialmente uno "sheet" ghiaioso (strato "3"), anche ciottoloso, caratterizzato da un'elevata matrice limoso sabbiosa. Il sondaggio S1 ha verificato uno spessore locale delle ghiaie di almeno 11 metri. Si tratta, presumibilmente di cicli deposizionali del fiume Marecchia non chiaramente distinguibili e fusi tra loro, con spessori ghiaiosi anche di elevato addensamento.

In allegato alla Relazione, i diagrammi delle prove penetrometriche CPT forniscono una sintesi automatica dei principali parametri meccanici derivati dalle resistenze penetrometriche (peso unità di volume  $\gamma$ ; coesione non drenata  $c_u$ ; resistenza al taglio  $\Phi'$ ; ecc.).

Occorre evidenziare che i sedimenti attraversati sono risultati insaturi, pertanto, a prescindere dal grado di essiccamento anche reversibile (che può risultare più significativo per gli strati "1a" e "1b"), gli esiti meccanici sono da considerarsi sovrastimati.

## 8.2 Ulteriori indicazioni geotecniche

Lo studio svolto consente di affrontare una preliminare valutazione delle pressioni ultime ( $Q_{ult}$ ) del terreno naturale, per un confronto della qualità geotecnica dei sedimenti estrapolabile a tutte le zone edificabili del sub ambito.

Per quanto riguarda l'analisi delle pressioni ultime, queste possono essere stimate secondo la nota relazione (figura 8.2):

$$Q_{ult} = k_c \cdot q_t + q_{soil}$$

con

$k_c$  = fattore di portanza, funzione della tipologia di terreno attraversato dalla prova, della profondità di incastro e della geometria della fondazione. Nel nostro caso variabile da 0,10 a 0,20

$q_t$  = media delle resistenze di punta corrette (da CPT) fino ad una profondità pari a 1,5 B

$q_{soil}$  = pressione esercitata dai sedimenti sopra la quota di incastro della fondazione.

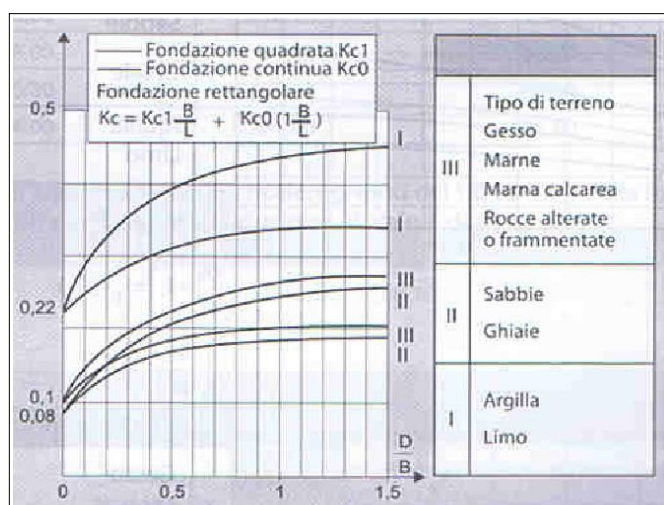


Figura 8.2 – Schema del calcolo della resistenza di punta corretta ( $q_t$ ) equivalente sotto una fondazione

La progettazione di massima prevede edifici fino a 11 metri di altezza e la possibilità di realizzare vani interrati. Considerando il contesto geologico, ed in particolare l'assetto idrogeologico locale, le

ipotesi di fondazione usuali per le tipologie edificatorie come quelle previste nel sub ambito sono riconducibili a un reticolato di travi rovesce, oppure a platee parzialmente compensate (consigliabili nel caso di prevedere vani interrati). Gli esiti ricavati dalle penetrometrie non evidenziano la presenza di strati particolarmente compressibili o comunque scadenti dal punto di vista meccanico, pertanto non si reputa necessario prevedere fondazioni profonde (pali).

La presenza di un primo intervallo di sedimenti molto alterato (suolo agricolo) impone tuttavia attenzione nella definizione della quota di imposta della fondazione. In questo senso, nel caso di edifici senza locali interrati, è consigliabile prevedere una profondità di incastro della fondazione ad almeno 140 cm dall'attuale piano campagna.

Per quanto detto, la stima automatica delle pressioni ultime come sopra proposto, permette un rapido confronto della qualità geotecnica delle aree edificabili nell'ipotesi di fondazioni superficiali sottoposte a carico verticale centrato; consente, soprattutto, di ottenere esiti confrontabili tra loro e di evidenziare le penetrometrie con caratteristiche geotecniche migliori dei sedimenti meno profondi rispetto alle prove che evidenziano sedimenti con caratteristiche geotecniche più scadenti. Infine, la pressione ultima così stimata tiene conto sia delle condizioni di "rottura" dei sedimenti, sia degli effetti di interazione fondazione/sedimenti (cedimenti).

Il calcolo per ogni verticale indagata ha dunque considerato una larghezza della fondazione pari a 400 cm (platea quadrata). Si è inoltre effettuata una simulazione considerando due differenti profondità di incastro: -140 cm e -300 cm (con vani interrati). Per la fondazione più superficiale, il calcolo automatico porta a una stima della Qult compresa tra 520 kPa e 610 kPa, mentre con una quota di imposta a -300 cm si ricavano Qult comprese tra 500 kPa e 530 kPa. Gli esiti relativamente più elevati e più differenziati ottenuti per la fondazione più superficiale è da imputare alla presenza dei sedimenti asciutti e variabilmente essiccati (strato "1b), mentre per la fondazione più approfondita la dissipazione delle sovrappressioni avviene principalmente negli strati limoso argillosi più profondi con un contenuto di umidità più naturale.

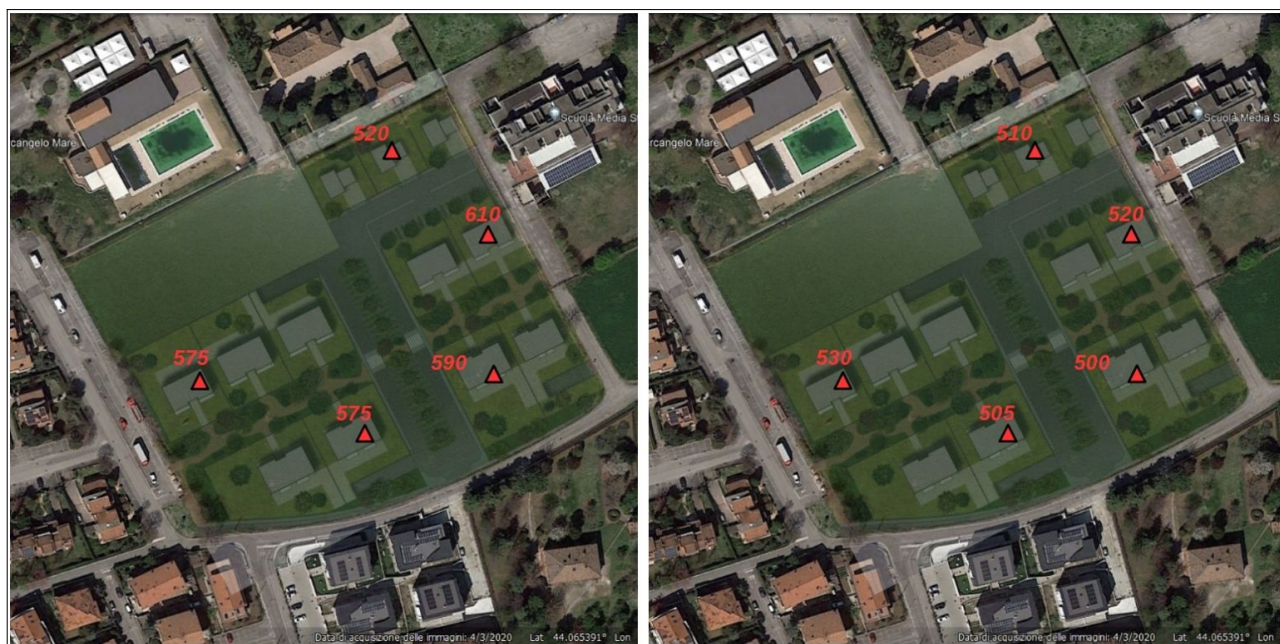


Figura 8.3 – Esiti preliminari di capacità portante ultima dei terreni ricavata dalle prove penetrometriche. A sx: simulazioni per fondazione a platea quadrata 4x4 m con quota di incastro a -140 cm. A dx: simulazioni per fondazione a platea quadrata 4x4 m con quota di incastro a -300 cm.

Questi esiti confermano la necessità di ulteriori approfondimenti geotecnici da espletare nei singoli lotti e nella successiva fase di progettazione delle costruzioni. Si può tuttavia evidenziare come la possibilità di realizzare vani interrati consenta di omogeneizzare e migliorare le condizioni di portanza dei terreni sottostanti, in quanto meno esposti ad incrementi/decrementi del grado di umidità naturale. A titolo cautelativo, occorre segnalare che la stima delle qult non ha tenuto conto del contributo compensativo fornito dai terreni scavati.

La figura 8.3 ripropone gli esiti di portanza ultima per le due simulazioni sovrapposti a una planimetria progettuale di massima, permettendo in questo modo un migliore confronto dei dati ricavati.

In conclusione, si può asserire come i risultati delle indagini confermino la fattibilità degli interventi edificatori. Il contesto geotecnico, per quanto già scritto, impone necessariamente ulteriori approfondimenti geognostici nei singoli lotti edificabili in fase di progettazione delle costruzioni.



## 9 SINTESI DELLO STUDIO E CONCLUSIONI AI FINI EDIFICATORI

Nella presente Relazione vengono illustrati gli esiti della caratterizzazione e modellazione geologica dell'ambito AN.C.2.D da piano attuativo. In particolare, vengono descritti i caratteri litologici, stratigrafici, geomorfologici, idrogeologici, e sismici, cioè, la complessiva pericolosità geologica del sito.

Riguardo al "rischio sismico", le indagini hanno consentito di effettuare approfondimenti sismici fino al "livello 2", ai sensi della DGR 476/2021. Per il sub ambito in oggetto gli approfondimenti di "livello 3" non risultano espressamente richiesti dalle norme di pianificazione e urbanistiche attualmente vigenti. Le indagini espletate hanno peraltro confermato l'assenza di specifiche criticità ad esclusione della possibilità di amplificazione per caratteristiche stratigrafiche locali.

Si riassumono qui di seguito i principali risultati dello studio, descritti nei rispettivi capitoli e ai quali si rimanda per ogni ulteriore approfondimento.

**INDAGINI GEOGNOSTICHE/GEOFISICHE DI RIFERIMENTO** → sono state eseguite specifiche indagini geognostiche (sondaggio a carotaggio continuo; penetrometrie CPT; registrazioni dei microtremiti sismici HVSR; stendimento MASW), finalizzati a espletare gli aggiornamenti e approfondimenti geologici e sismici richiesti dalla DGR 476/2021.

**CONTESTO GEOLOGICO** → le indagini geognostiche e geofisiche espletate per questo lavoro confermano in generale l'assetto ricostruito nelle carte geologiche regionali e confermano la caratterizzazione geologica indicata nel PSC (cfr. schede ambiti Variante al PSC 2012).

In sintesi, nell'area di studio tutte le indagini geognostiche effettuate evidenziano depositi prevalentemente fini (limi argillosi, debolmente sabbiosi con rara ghiaia e ciottoli) più superficiali riferibili a un ambiente deposizionale di piana alluvionale, di spessore pari a circa 9 metri. Questi sedimenti sovrastano uno "sheet" ghiaioso con elevata matrice sabbioso limosa. Il sondaggio ha verificato localmente lo spessore delle ghiaie sostanzialmente continue fino ad almeno 20 metri di profondità.

**CONTESTO IDROGEOLOGICO** → le indagini hanno confermato l'assenza di una falda superficiale. Anche il primo acquifero ghiaioso (con tetto a -9 metri circa dal p.c.) risulterebbe parzialmente insaturo. Non si rilevano pertanto possibili interferenze anche nel caso di prevedere vani interrati.

**PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE** → l'area di studio ricade nella sorgente composita "ITCS039 Riminese onshore" (alla quale viene attribuita una  $M_w = 5,9$ ). Nel paragrafo 7.1 vengono riportati i parametri sismici di base (pericolosità sismica MPS04 – INGV). La  $a_{g,ref}$  per TR = 475 anni è definita pari a 0,184g.

**MICROZONAZIONE SISMICA COMUNALE E AGGIORNAMENTI MS LIVELLO 2** → il Comune di Santarcangelo non dispone di uno studio di MS comunale recepito conforme con gli Indirizzi regionali in materia (es. DGR 630/2019; DGR 476/2021). Lo studio di "rischio sismico" di area vasta (PTCP di Rimini, tavola S.A.11 1/2) e la scheda d'ambito del PSC classificano l'areale in oggetto nelle <<aree suscettibili di amplificazione per caratteristiche stratigrafiche>>.

La MASW eseguita stima una  $VS_{30}$  pari a 353 m/s tuttavia l'indagine evidenzia velocità sismiche di

taglio più basse e caratterizzate da un più rapido incremento nei primi 10 metri circa di sottosuolo, in corrispondenza dello spessore di depositi alluvionali prevalentemente fini sovrastanti lo sheet ghiaioso più addensato. Le registrazioni HVSR hanno evidenziato significative amplificazioni spettrali H/V in un limitato range di frequenze (6÷8 Hz circa), riconducibili al contrasto di impedenza collocabile al tetto delle ghiaie impenetrabili. Lo spessore più superficiale di sedimenti prevalentemente fini fornisce, pertanto, un significativo condizionamento della risposta sismica locale da considerare nella fase di progettazione delle costruzioni.

Ai sensi della DGR 476/2021 l'area di studio può essere attribuibile al macrocontesto di "MARGINE A". La tabella 7.1 (paragrafo 7.3) indica i fattori di amplificazione attribuibili all'area oggetto di studio, considerando una  $V_s$  equivalente equiparabile a  $V_{s10} \approx 200$  m/s.

Per il calcolo dell'azione sismica ai fini della progettazione, considerando l'approccio semplificato indicato dalle NTC 2018 il sub ambito è classificabile nella "categoria di sottosuolo E".

L'area di studio non risulta suscettibile a fenomeni di liquefazioni e di cedimenti post sisma per l'assenza di fattori predisponenti essenziali quali le tessiture e il contesto idrogeologico locale (assenza di falda superficiale).

**ORIENTAMENTI GEOTECNICI** → le analisi svolte confermano la fattibilità degli interventi previsti dal PUA. In particolare le ipotesi più plausibili di fondazione risultano: reticolato di travi rovesce oppure platee parzialmente compensate (consigliate nel caso di realizzare vani interrati). Non si riscontrano strati particolarmente compressibili o scadenti dal punto di vista meccanico, pertanto non si ravvisa la necessità di fondazioni profonde (pali).

La presenza di un primo intervallo di sedimenti molto alterato (suolo agricolo) impone tuttavia attenzione nella definizione della quota di imposta della fondazione. In questo senso, nel caso di edifici senza locali interrati, è consigliabile prevedere una profondità di incastro della fondazione a 140 cm dall'attuale p.c. Lo studio ha effettuato una simulazione preliminare delle pressioni ultime, con esiti illustrati nel paragrafo 8.2 e comunque con risultati  $>500$  kPa. In fase di progettazione dovranno essere comunque effettuate specifiche verifiche delle pressioni a rottura ai sensi delle NTC nonché ulteriori approfondimenti geognostici nei singoli lotti edificabili.

Elaborazione:

geol. Samuel Sangiorgi

**ALLEGATI: report delle indagini**



COMMITTENTE: RITMO s.r.l.  
 CANTIERE: VIA BORSELLINO\_VIA FALCONE  
 LOCALITA': SANTARCANGELO (RN)  
 DATA: 7 DICEMBRE 2021

rif: RTM 12/21  
 QUOTA: P.C.

SOIL INVESTIGATION s.n.c.  
 DI MARCO ROSSI & C.  
 via Sartiano 1 Novafeltria RN  
 emal: soil2000@libero.it

**SONDAGGIO n° 1**

Attrezzatura: Ellettari EKS 200 Sistema di perforazione: Rotazione secco  
 Carotieri: semplice diam. 101 mm, rivestimento 127 mm m.lin. 16.5

PROF. DAL P.C.	SPESSORE STRATO	STRATIG.	CAMPIONE QUOTA P.C.	DESCRIZIONE	RECU	S.P.T.	PERCENTUALE CAROTAGGIO	PENETROM. TASCABILE (Kg/cmq)	TORVANE (Kg/cmq)	FALDA
0.90	0.90			LIMI ARGILLOSO SABBIOSI MARRONI CON RARI CLASTI LATERIZI MM FRUSTOLI CARBONIOSI E RADICI, UMIDI..	100%			2.0 2.8 // >5 >5 >5 // >5 >5 //	0.5 0.5 // >2 >2 >2 // >2 >2 //	
1				LIMI ARGILLOSI CON SABBIE DI COLOR MARRONE CON SCREZIATURE OCRA, RARI CALCINELLI MM.				>5 >5 >5 4.5	>2 >2 >2 1.8	
2				MATERIALI MOLTO CONSISTENTI SOVRACONSOLIDATI PER ESSICCAMENTO.	100%			>5 >5 >5 4.5	>2 >2 >2 1.2	
3				PASSANTI IN PROFONDITA' A CONSISTENTI.				4.0 4.0 4.0 4.5	1.2 1.2 1.5 2.0	
4	8.50			VISIBILI ZONATURE NERE E MARRONE SCURO.				4.0 4.5 4.5 4.0 4.0	1.0 1.0 1.0 1.0 1.2	
5								3.5 3.2 3.0 2.8 3.0	0.7 0.6 0.5 0.5 0.6	
6								3.0 2.5	0.4 0.4	
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13	10.6			GHIAIE IN MATRICE LIMOSA ARGILLOSA GRIGIA RARE SABBIE DI DIMENSIONE CM E MM DI NATURA ARENITICA CALCARENITICA CALCILUTTICA.	100%					
14				RARE LENTI DECIMETRICHE CON MATRICE SCARSA O ASSENTE.						
15										
16										
17										
18										
19										
20.0										

NO

<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>1</b>
	riferimento	<b>152-2021</b>

Committente: <b>RITMO S.R.L.</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>19/11/2021</b>
Cantiere:	Pagina: <b>1</b>	Falda: <b>Non rilevata</b>
Località: <b>Via Piadina, Santarcangelo di Romagna, (RN):</b>	Elaborato:	

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,27	0		5,20	39,0	86,0		39,00	2,73	14	7,0
0,40	8,0	12,0		8,00	0,27	30	3,4	5,40	40,0	81,0		40,00	2,93	14	7,3
0,60	6,0	10,0		6,00	0,87	7	14,5	5,60	47,0	91,0		47,00	2,13	22	4,5
0,80	8,0	21,0		8,00	1,07	7	13,4	5,80	52,0	84,0		52,00	2,53	21	4,9
<b>1,00</b>	<b>14,0</b>	<b>30,0</b>		<b>14,00</b>	<b>1,67</b>	<b>8</b>	<b>11,9</b>	<b>6,00</b>	<b>48,0</b>	<b>86,0</b>		<b>48,00</b>	<b>3,00</b>	<b>16</b>	<b>6,3</b>
1,20	36,0	61,0		36,00	2,20	16	6,1	6,20	47,0	92,0		47,00	2,60	18	5,5
1,40	72,0	105,0		72,00	3,13	23	4,3	6,40	52,0	91,0		52,00	1,20	43	2,3
1,60	83,0	130,0		83,00	4,40	19	5,3	6,60	44,0	62,0		44,00	1,00	44	2,3
1,80	83,0	149,0		83,00	4,60	18	5,5	6,80	42,0	57,0		42,00	3,27	13	7,8
<b>2,00</b>	<b>73,0</b>	<b>142,0</b>		<b>73,00</b>	<b>5,13</b>	<b>14</b>	<b>7,0</b>	<b>7,00</b>	<b>41,0</b>	<b>90,0</b>		<b>41,00</b>	<b>1,20</b>	<b>34</b>	<b>2,9</b>
2,20	71,0	148,0		71,00	4,33	16	6,1	7,20	38,0	56,0		38,00	2,13	18	5,6
2,40	69,0	134,0		69,00	4,47	15	6,5	7,40	35,0	67,0		35,00	3,13	11	8,9
2,60	52,0	119,0		52,00	3,07	17	5,9	7,60	34,0	81,0		34,00	2,80	12	8,2
2,80	57,0	103,0		57,00	4,20	14	7,4	7,80	36,0	78,0		36,00	3,00	12	8,3
<b>3,00</b>	<b>67,0</b>	<b>130,0</b>		<b>67,00</b>	<b>2,07</b>	<b>32</b>	<b>3,1</b>	<b>8,00</b>	<b>36,0</b>	<b>81,0</b>		<b>36,00</b>	<b>2,07</b>	<b>17</b>	<b>5,8</b>
3,20	63,0	94,0		63,00	4,33	15	6,9	8,20	39,0	70,0		39,00	2,87	14	7,4
3,40	67,0	132,0		67,00	4,67	14	7,0	8,40	43,0	86,0		43,00	1,93	22	4,5
3,60	64,0	134,0		64,00	4,87	13	7,6	8,60	57,0	86,0		57,00	2,67	21	4,7
3,80	70,0	143,0		70,00	2,20	32	3,1	8,80	74,0	114,0		74,00	6,33	12	8,6
<b>4,00</b>	<b>55,0</b>	<b>88,0</b>		<b>55,00</b>	<b>3,20</b>	<b>17</b>	<b>5,8</b>	<b>9,00</b>	<b>170,0</b>	<b>265,0</b>		<b>170,00</b>	<b>2,07</b>	<b>82</b>	<b>1,2</b>
4,20	41,0	89,0		41,00	2,73	15	6,7	9,20	280,0	311,0		280,00	6,87	41	2,5
4,40	53,0	94,0		53,00	2,60	20	4,9	9,40	279,0	382,0		279,00	3,13	89	1,1
4,60	47,0	86,0		47,00	2,73	17	5,8	9,60	280,0	327,0		280,00	2,67	105	1,0
4,80	43,0	84,0		43,00	2,73	16	6,3	9,80	370,0	410,0		370,00	6,13	60	1,7
<b>5,00</b>	<b>35,0</b>	<b>76,0</b>		<b>35,00</b>	<b>3,13</b>	<b>11</b>	<b>8,9</b>	<b>10,00</b>	<b>405,0</b>	<b>497,0</b>		<b>405,00</b>			

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
fs = resistenza laterale calcolata  
0.20 m sopra quota qc  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>152-2021</b>

Committente: **RITMO S.R.L.**

Cantiere:

Località: **Via Piadina, Santarcangelo di Romagna, (RN):**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Scala: **1:100**

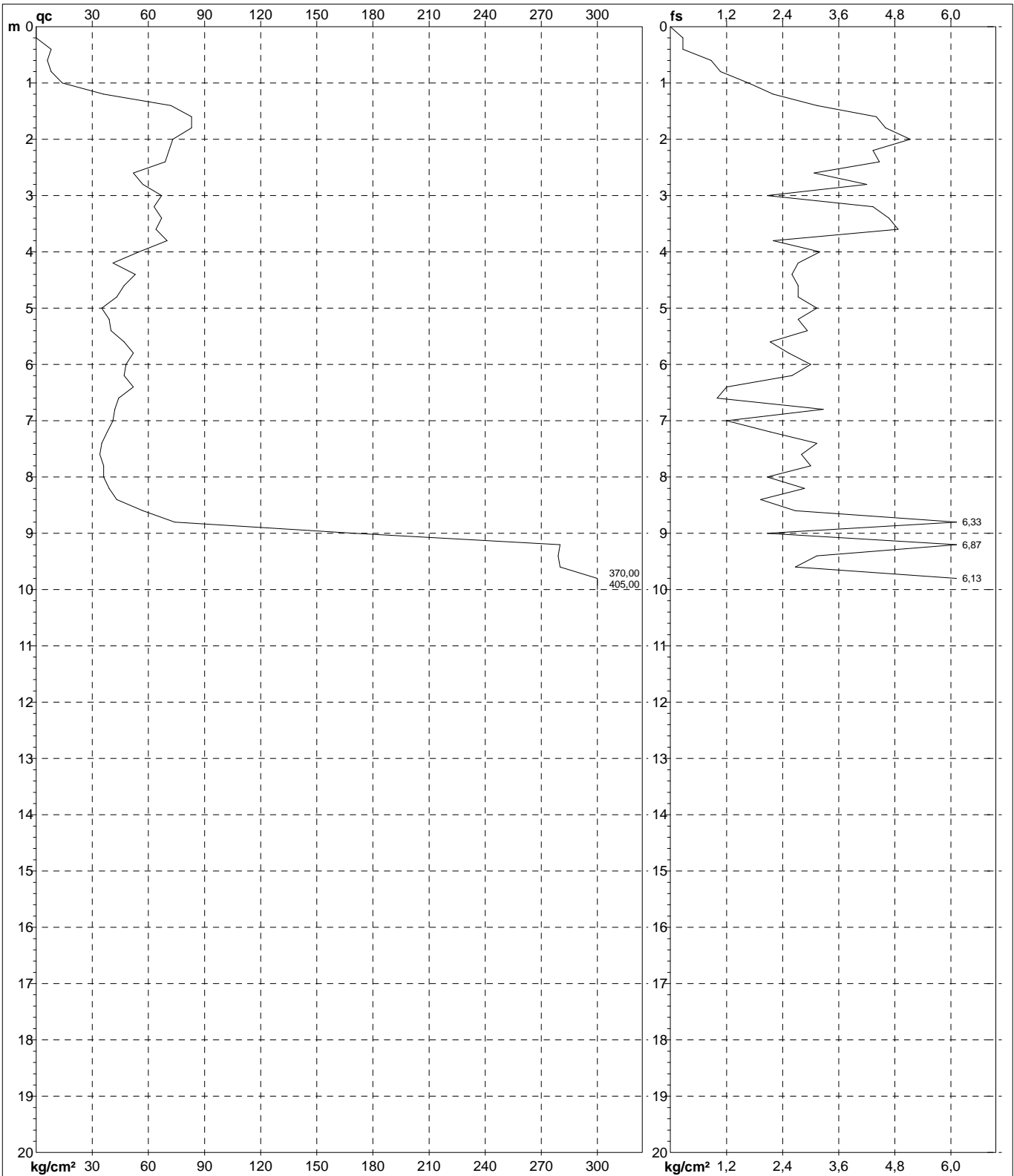
Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **19/11/2021**

Quota inizio:

Falda: **Non rilevata**



		Penetrometro: <b>TG63-200Stat</b> Responsabile: Assistente:	Preforo: <b>m</b> Corr.astine: <b>kg/ml</b> Cod. punta:
--	--	---	---



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>1</b>
riferimento	<b>152-2021</b>

Committente: **RITMO S.R.L.**

Cantiere:

Località: **Via Piadina, Santarcangelo di Romagna, (RN):**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

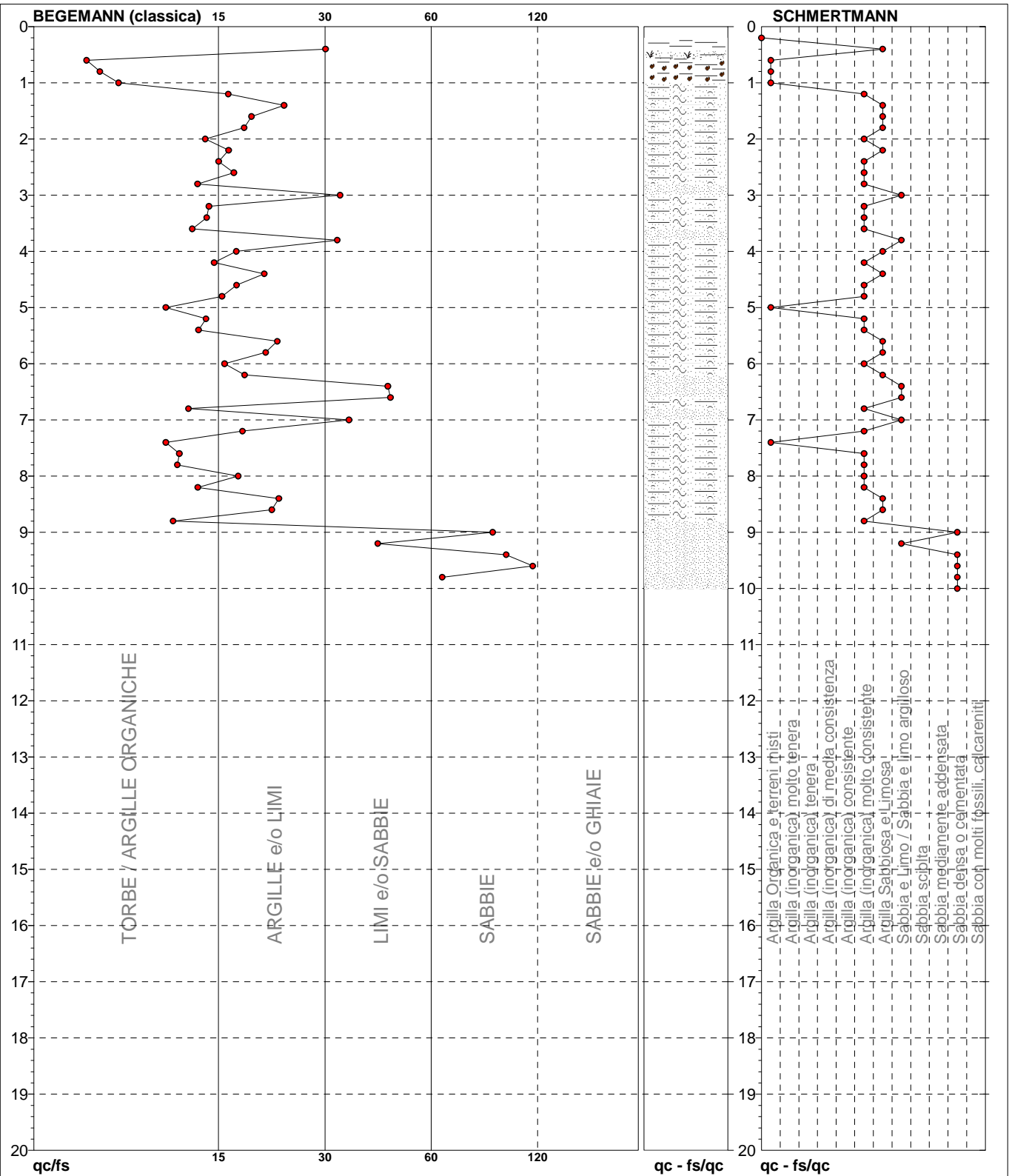
Scala: **1:100**

Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **19/11/2021**

Falda: **Non rilevata**



Torbe / Argille org. :	18 punti, 18,18%	Argilla Organica e terreni misti:	5 punti, 5,05%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	12 punti, 12,12%
Argille e/o Limi :	21 punti, 21,21%	Argilla (inorganica) molto consist.:	21 punti, 21,21%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	6 punti, 6,06%
Limi e/o Sabbie :	6 punti, 6,06%			Sabbia densa o cementata:	4 punti, 4,04%
Sabbie:	4 punti, 4,04%				



<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>2</b>
	riferimento	<b>152-2021</b>

Committente: <b>RITMO S.R.L.</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>19/11/2021</b>
Cantiere:	Pagina: <b>1</b>	Falda: <b>Assente</b>
Località: <b>Via Piadina, Santarcangelo di Romagna, (RN):</b>	Elaborato:	

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,53	0		6,20	41,0	72,0		41,00	2,80	15	6,8
0,40	18,0	26,0		18,00	1,33	14	7,4	6,40	54,0	96,0		54,00	4,00	14	7,4
0,60	19,0	39,0		19,00	1,27	15	6,7	6,60	58,0	118,0		58,00	2,40	24	4,1
0,80	27,0	46,0		27,00	2,07	13	7,7	6,80	66,0	102,0		66,00	4,73	14	7,2
<b>1,00</b>	<b>33,0</b>	<b>64,0</b>		<b>33,00</b>	<b>3,60</b>	<b>9</b>	<b>10,9</b>	<b>7,00</b>	<b>51,0</b>	<b>122,0</b>		<b>51,00</b>	<b>3,60</b>	<b>14</b>	<b>7,1</b>
1,20	46,0	100,0		46,00	3,07	15	6,7	7,20	49,0	103,0		49,00	2,40	20	4,9
1,40	66,0	112,0		66,00	4,53	15	6,9	7,40	46,0	82,0		46,00	3,53	13	7,7
1,60	97,0	165,0		97,00	5,47	18	5,6	7,60	42,0	95,0		42,00	2,00	21	4,8
1,80	110,0	192,0		110,00	4,47	25	4,1	7,80	39,0	69,0		39,00	1,93	20	4,9
<b>2,00</b>	<b>82,0</b>	<b>149,0</b>		<b>82,00</b>	<b>4,40</b>	<b>19</b>	<b>5,4</b>	<b>8,00</b>	<b>49,0</b>	<b>78,0</b>		<b>49,00</b>	<b>1,07</b>	<b>46</b>	<b>2,2</b>
2,20	87,0	153,0		87,00	4,87	18	5,6	8,20	49,0	65,0		49,00	4,07	12	8,3
2,40	64,0	137,0		64,00	3,60	18	5,6	8,40	42,0	103,0		42,00	3,60	12	8,6
2,60	74,0	128,0		74,00	4,60	16	6,2	8,60	40,0	94,0		40,00	2,87	14	7,2
2,80	73,0	142,0		73,00	4,67	16	6,4	8,80	40,0	83,0		40,00	1,87	21	4,7
<b>3,00</b>	<b>70,0</b>	<b>140,0</b>		<b>70,00</b>	<b>4,60</b>	<b>15</b>	<b>6,6</b>	<b>9,00</b>	<b>40,0</b>	<b>68,0</b>		<b>40,00</b>	<b>2,53</b>	<b>16</b>	<b>6,3</b>
3,20	68,0	137,0		68,00	4,33	16	6,4	9,20	65,0	103,0		65,00	4,33	15	6,7
3,40	55,0	120,0		55,00	2,87	19	5,2	9,40	180,0	245,0		180,00	4,13	44	2,3
3,60	51,0	94,0		51,00	3,73	14	7,3	9,60	207,0	269,0		207,00	6,13	34	3,0
3,80	66,0	122,0		66,00	4,07	16	6,2	9,80	193,0	285,0		193,00	4,07	47	2,1
<b>4,00</b>	<b>72,0</b>	<b>133,0</b>		<b>72,00</b>	<b>3,67</b>	<b>20</b>	<b>5,1</b>	<b>10,00</b>	<b>223,0</b>	<b>284,0</b>		<b>223,00</b>	<b>2,73</b>	<b>82</b>	<b>1,2</b>
4,20	76,0	131,0		76,00	4,93	15	6,5	10,20	212,0	253,0		212,00	1,93	110	0,9
4,40	71,0	145,0		71,00	5,40	13	7,6	10,40	233,0	262,0		233,00	4,33	54	1,9
4,60	85,0	166,0		85,00	4,87	17	5,7	10,60	241,0	306,0		241,00	3,87	62	1,6
4,80	78,0	151,0		78,00	5,00	16	6,4	10,80	224,0	282,0		224,00	1,13	198	0,5
<b>5,00</b>	<b>65,0</b>	<b>140,0</b>		<b>65,00</b>	<b>1,40</b>	<b>46</b>	<b>2,2</b>	<b>11,00</b>	<b>261,0</b>	<b>278,0</b>		<b>261,00</b>	<b>3,93</b>	<b>66</b>	<b>1,5</b>
5,20	42,0	63,0		42,00	2,33	18	5,5	11,20	246,0	305,0		246,00	3,07	80	1,2
5,40	44,0	79,0		44,00	2,87	15	6,5	11,40	242,0	288,0		242,00	4,80	50	2,0
5,60	47,0	90,0		47,00	3,47	14	7,4	11,60	240,0	312,0		240,00	5,07	47	2,1
5,80	39,0	91,0		39,00	2,87	14	7,4	11,80	402,0	478,0		402,00			
<b>6,00</b>	<b>39,0</b>	<b>82,0</b>		<b>39,00</b>	<b>2,07</b>	<b>19</b>	<b>5,3</b>								

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
fs = resistenza laterale calcolata  
0.20 m sopra quota qc  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100



# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>2</b>
riferimento	<b>152-2021</b>

Committente: **RITMO S.R.L.**

Cantiere:

Località: **Via Piadina, Santarcangelo di Romagna, (RN):**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Scala: **1:100**

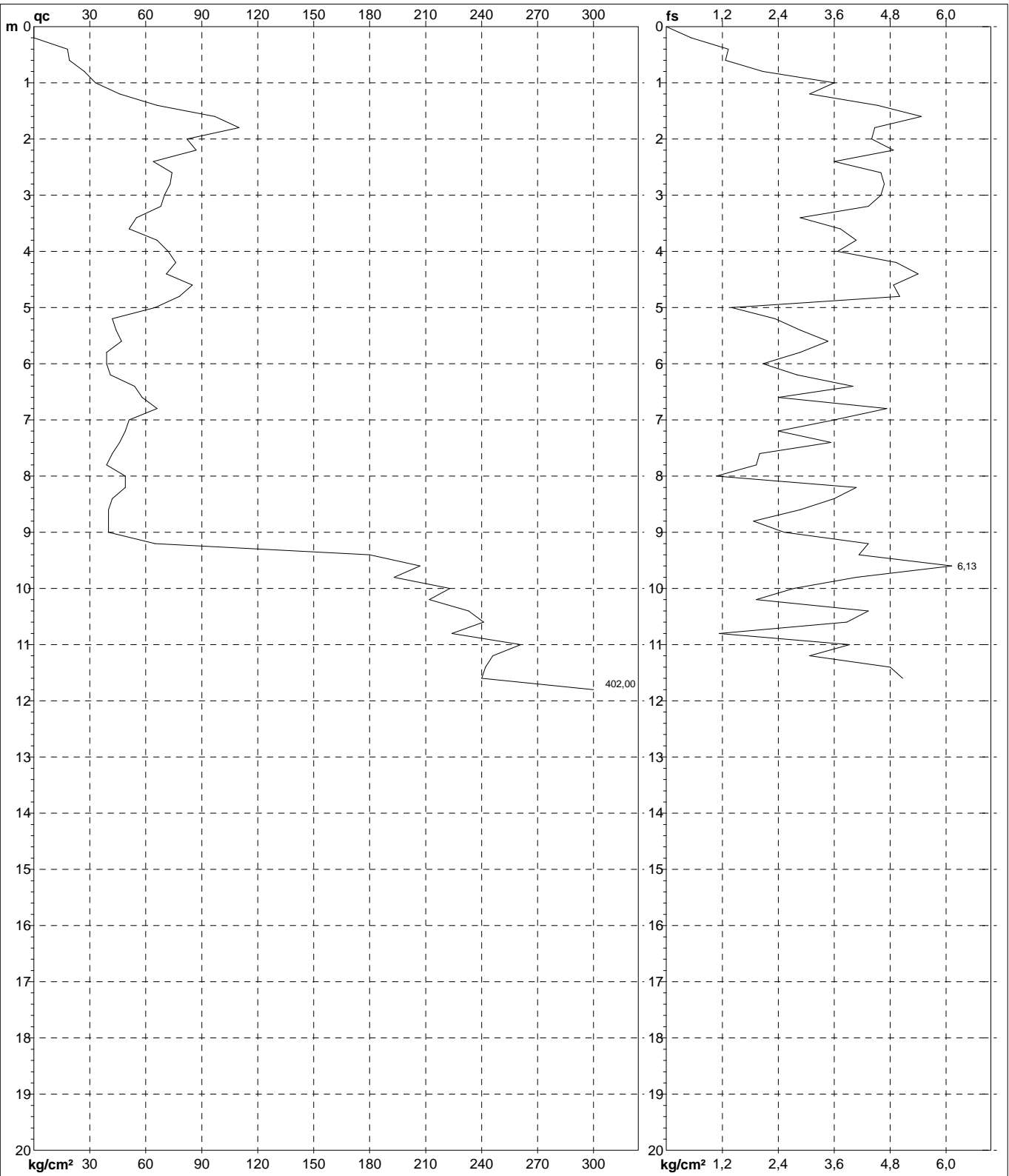
Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **19/11/2021**

Quota inizio:

Falda: **Assente**



	Penetrometro: <b>TG63-200Stat</b> Responsabile: Assistente:	Preforo: <b>m</b> Corr.astine: <b>kg/ml</b> Cod. punta:
--	---	---

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>2</b>
riferimento	<b>152-2021</b>

Committente: **RITMO S.R.L.**

Cantiere:

Località: **Via Piadina, Santarcangelo di Romagna, (RN):**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

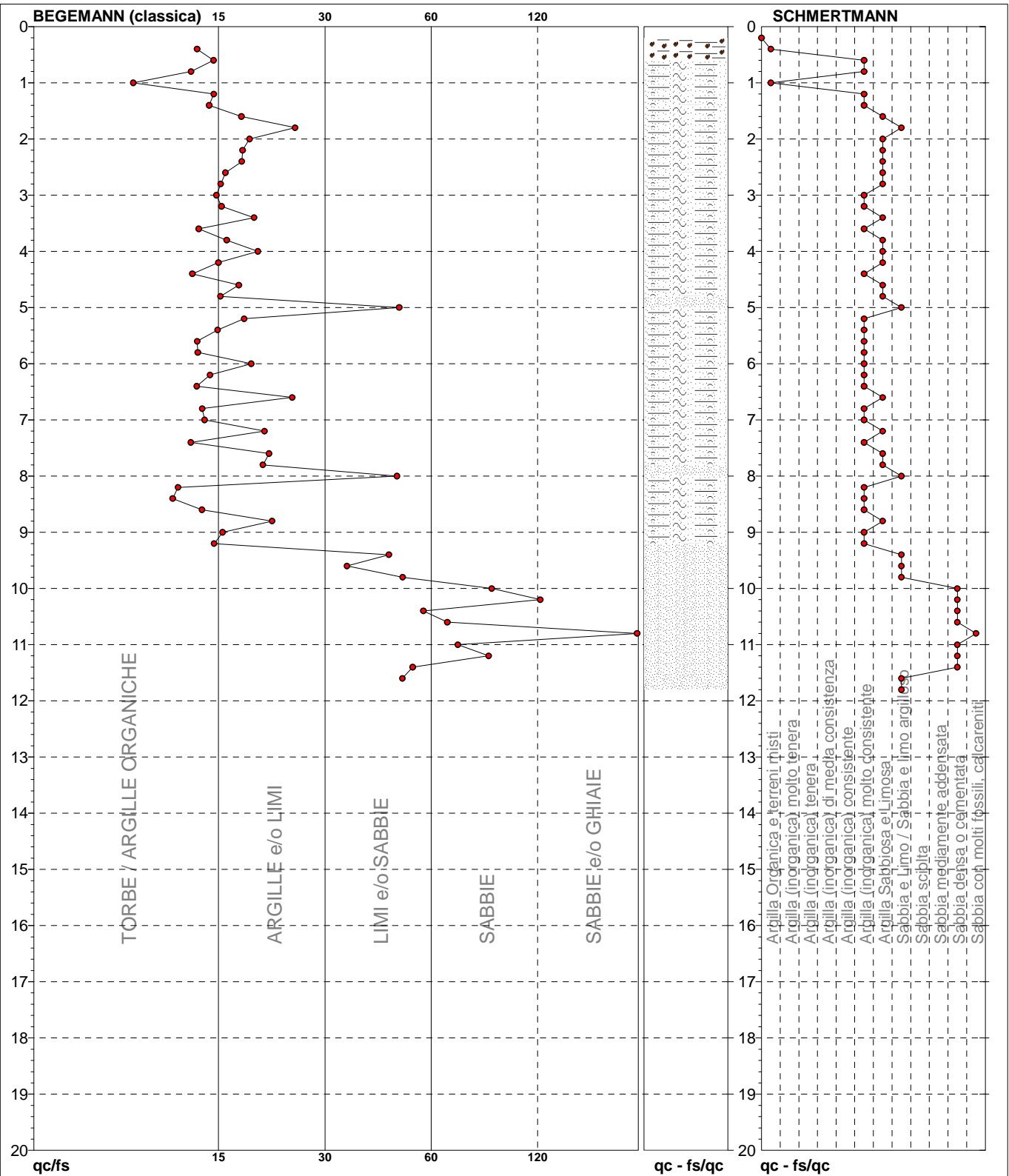
Scala: **1:100**

Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **19/11/2021**

Falda: **Assente**



Torbe / Argille org. :	19 punti, 19,19%	Argilla Organica e terreni misti:	2 punti, 2,02%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	17 punti, 17,17%
Argille e/o Limi :	25 punti, 25,25%	Argilla (inorganica) molto consist.:	23 punti, 23,23%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	7 punti, 7,07%
Limi e/o Sabbie :	8 punti, 8,08%			Sabbia densa o cementata:	7 punti, 7,07%
Sabbie:	5 punti, 5,05%			Sabbia con molti fossili, calcareniti:	1 punto, 1,01%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punto, 1,01%				





<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>3</b>
	riferimento	<b>152-2021</b>

Committente: <b>RITMO S.R.L.</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>19/11/2021</b>
Cantiere:	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>Via Piadina, Santarcangelo di Romagna, (RN):</b>	Elaborato:	Falda:

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,27	0		6,40	43,0	110,0		43,00	3,80	11	8,8
0,40	9,0	13,0		9,00	0,87	10	9,7	6,60	64,0	121,0		64,00	4,33	15	6,8
0,60	13,0	26,0		13,00	1,40	9	10,8	6,80	61,0	126,0		61,00	2,93	21	4,8
0,80	38,0	59,0		38,00	2,73	14	7,2	7,00	66,0	110,0		66,00	2,67	25	4,0
<b>1,00</b>	<b>56,0</b>	<b>97,0</b>		<b>56,00</b>	<b>2,33</b>	<b>24</b>	<b>4,2</b>	<b>7,20</b>	<b>44,0</b>	<b>84,0</b>		<b>44,00</b>	<b>2,53</b>	<b>17</b>	<b>5,8</b>
1,20	80,0	115,0		80,00	4,60	17	5,8	7,40	40,0	78,0		40,00	2,87	14	7,2
1,40	82,0	151,0		82,00	4,53	18	5,5	7,60	32,0	75,0		32,00	2,53	13	7,9
1,60	86,0	154,0		86,00	5,67	15	6,6	7,80	40,0	78,0		40,00	2,07	19	5,2
1,80	98,0	183,0		98,00	6,53	15	6,7	8,00	33,0	64,0		33,00	2,27	15	6,9
<b>2,00</b>	<b>102,0</b>	<b>200,0</b>		<b>102,00</b>	<b>6,47</b>	<b>16</b>	<b>6,3</b>	<b>8,20</b>	<b>37,0</b>	<b>71,0</b>		<b>37,00</b>	<b>2,47</b>	<b>15</b>	<b>6,7</b>
2,20	101,0	198,0		101,00	1,20	84	1,2	8,40	39,0	76,0		39,00	2,47	16	6,3
2,40	49,0	67,0		49,00	3,07	16	6,3	8,60	45,0	82,0		45,00	2,60	17	5,8
2,60	63,0	109,0		63,00	2,47	26	3,9	8,80	47,0	86,0		47,00	3,53	13	7,5
2,80	61,0	98,0		61,00	1,73	35	2,8	9,00	53,0	106,0		53,00	9,73	5	18,4
<b>3,00</b>	<b>40,0</b>	<b>66,0</b>		<b>40,00</b>	<b>2,53</b>	<b>16</b>	<b>6,3</b>	<b>9,20</b>	<b>107,0</b>	<b>253,0</b>		<b>107,00</b>	<b>4,47</b>	<b>24</b>	<b>4,2</b>
3,20	58,0	96,0		58,00	1,60	36	2,8	9,40	300,0	367,0		300,00	2,67	112	0,9
3,40	43,0	67,0		43,00	2,53	17	5,9	9,60	380,0	420,0		380,00	4,40	86	1,2
3,60	47,0	85,0		47,00	3,00	16	6,4	9,80	297,0	363,0		297,00	3,87	77	1,3
3,80	65,0	110,0		65,00	2,07	31	3,2	10,00	377,0	435,0		377,00	3,80	99	1,0
<b>4,00</b>	<b>76,0</b>	<b>107,0</b>		<b>76,00</b>	<b>1,53</b>	<b>50</b>	<b>2,0</b>	<b>10,20</b>	<b>273,0</b>	<b>330,0</b>		<b>273,00</b>	<b>8,20</b>	<b>33</b>	<b>3,0</b>
4,20	48,0	71,0		48,00	4,00	12	8,3	10,40	255,0	378,0		255,00	5,33	48	2,1
4,40	59,0	119,0		59,00	3,87	15	6,6	10,60	350,0	430,0		350,00	4,40	80	1,3
4,60	68,0	126,0		68,00	5,00	14	7,4	10,80	308,0	374,0		308,00	1,93	160	0,6
4,80	77,0	152,0		77,00	5,27	15	6,8	11,00	362,0	391,0		362,00	3,73	97	1,0
<b>5,00</b>	<b>73,0</b>	<b>152,0</b>		<b>73,00</b>	<b>3,87</b>	<b>19</b>	<b>5,3</b>	<b>11,20</b>	<b>379,0</b>	<b>435,0</b>		<b>379,00</b>	<b>4,80</b>	<b>79</b>	<b>1,3</b>
5,20	68,0	126,0		68,00	1,33	51	2,0	11,40	277,0	349,0		277,00	7,67	36	2,8
5,40	45,0	65,0		45,00	1,87	24	4,2	11,60	218,0	333,0		218,00	6,00	36	2,8
5,60	51,0	79,0		51,00	1,60	32	3,1	11,80	173,0	263,0		173,00	2,27	76	1,3
5,80	45,0	69,0		45,00	2,87	16	6,4	12,00	281,0	315,0		281,00	3,87	73	1,4
<b>6,00</b>	<b>39,0</b>	<b>82,0</b>		<b>39,00</b>	<b>3,27</b>	<b>12</b>	<b>8,4</b>	<b>12,20</b>	<b>360,0</b>	<b>418,0</b>		<b>360,00</b>			
6,20	45,0	94,0		45,00	4,47	10	9,9								

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
fs = resistenza laterale calcolata  
0,20 m sopra quota qc  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>3</b>
riferimento	<b>152-2021</b>

Committente: **RITMO S.R.L.**

Cantiere:

Località: **Via Piadina, Santarcangelo di Romagna, (RN):**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Scala: **1:100**

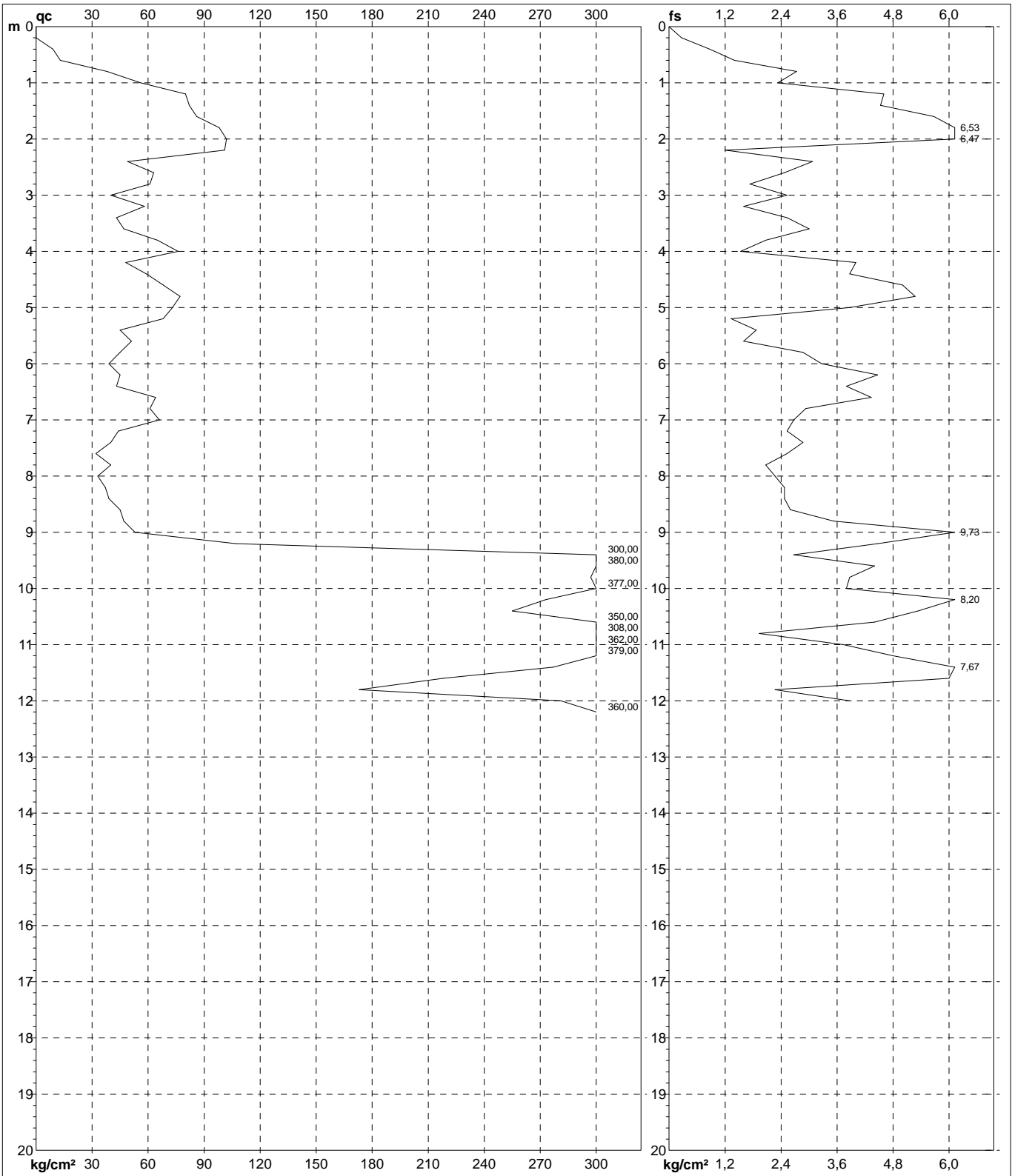
Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **19/11/2021**

Quota inizio:

Falda:



Penetrometro: **TG63-200Stat**

Responsabile:

Assistente:

Preforo: **m**

Corr.astine: **kg/ml**

Cod. punta:

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>3</b>
riferimento	<b>152-2021</b>

Committente: **RITMO S.R.L.**

Cantiere:

Località: **Via Piadina, Santarcangelo di Romagna, (RN):**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

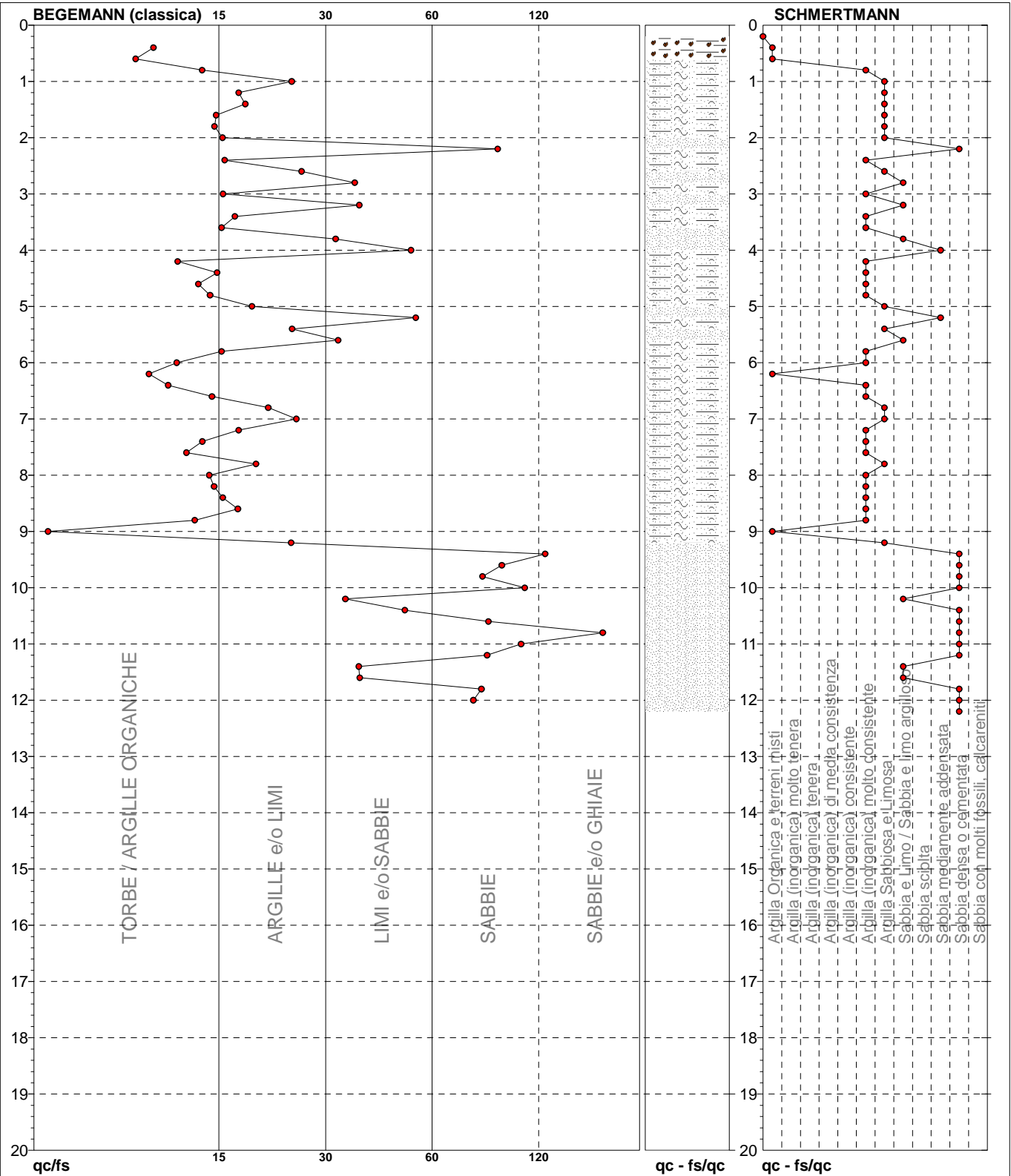
Scala: **1:100**

Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **19/11/2021**

Falda:



Torbe / Argille org. :	17 punti, 17,17%	Argilla Organica e terreni misti:	4 punti, 4,04%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	13 punti, 13,13%
Argille e/o Limi :	22 punti, 22,22%	Argilla (inorganica) molto consist.:	21 punti, 21,21%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	7 punti, 7,07%
Limi e/o Sabbie :	10 punti, 10,10%			Sabbia mediamente addensata:	2 punti, 2,02%
Sabbie:	10 punti, 10,10%			Sabbia densa o cementata:	12 punti, 12,12%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1,01%				





<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>4</b>
	riferimento	<b>152-2021</b>

Committente: <b>RITMO S.R.L.</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>19/11/2021</b>
Cantiere:	Pagina: <b>1</b>	Falda: <b>Assente</b>
Località: <b>Via Piadina, Santarcangelo di Romagna, (RN):</b>	Elaborato:	

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,47	0		6,00	39,0	85,0		39,00	2,80	14	7,2
0,40	11,0	18,0		11,00	1,47	7	13,4	6,20	42,0	84,0		42,00	2,40	18	5,7
0,60	27,0	49,0		27,00	1,73	16	6,4	6,40	47,0	83,0		47,00	3,13	15	6,7
0,80	38,0	64,0		38,00	4,07	9	10,7	6,60	57,0	104,0		57,00	3,33	17	5,8
<b>1,00</b>	<b>59,0</b>	<b>120,0</b>		<b>59,00</b>	<b>4,73</b>	<b>12</b>	<b>8,0</b>	<b>6,80</b>	<b>66,0</b>	<b>116,0</b>		<b>66,00</b>	<b>1,00</b>	<b>66</b>	<b>1,5</b>
1,20	86,0	157,0		86,00	5,53	16	6,4	7,00	48,0	63,0		48,00	1,13	42	2,4
1,40	95,0	178,0		95,00	1,00	95	1,1	7,20	55,0	72,0		55,00	3,87	14	7,0
1,60	88,0	103,0		88,00	1,40	63	1,6	7,40	53,0	111,0		53,00	3,53	15	6,7
1,80	99,0	120,0		99,00	1,07	93	1,1	7,60	42,0	95,0		42,00	3,40	12	8,1
<b>2,00</b>	<b>73,0</b>	<b>89,0</b>		<b>73,00</b>	<b>0,60</b>	<b>122</b>	<b>0,8</b>	<b>7,80</b>	<b>39,0</b>	<b>90,0</b>		<b>39,00</b>	<b>3,00</b>	<b>13</b>	<b>7,7</b>
2,20	58,0	67,0		58,00	1,67	35	2,9	8,00	38,0	83,0		38,00	1,53	25	4,0
2,40	55,0	80,0		55,00	2,13	26	3,9	8,20	33,0	56,0		33,00	1,67	20	5,1
2,60	56,0	88,0		56,00	3,13	18	5,6	8,40	36,0	61,0		36,00	2,13	17	5,9
2,80	63,0	110,0		63,00	2,73	23	4,3	8,60	38,0	70,0		38,00	2,53	15	6,7
<b>3,00</b>	<b>59,0</b>	<b>100,0</b>		<b>59,00</b>	<b>3,07</b>	<b>19</b>	<b>5,2</b>	<b>8,80</b>	<b>42,0</b>	<b>80,0</b>		<b>42,00</b>	<b>4,33</b>	<b>10</b>	<b>10,3</b>
3,20	57,0	103,0		57,00	3,40	17	6,0	9,00	83,0	148,0		83,00	5,13	16	6,2
3,40	66,0	117,0		66,00	3,33	20	5,0	9,20	75,0	152,0		75,00	5,33	14	7,1
3,60	67,0	117,0		67,00	4,20	16	6,3	9,40	280,0	360,0		280,00	6,67	42	2,4
3,80	54,0	117,0		54,00	3,33	16	6,2	9,60	310,0	410,0		310,00	3,80	82	1,2
<b>4,00</b>	<b>50,0</b>	<b>100,0</b>		<b>50,00</b>	<b>3,27</b>	<b>15</b>	<b>6,5</b>	<b>9,80</b>	<b>284,0</b>	<b>341,0</b>		<b>284,00</b>	<b>6,27</b>	<b>45</b>	<b>2,2</b>
4,20	46,0	95,0		46,00	1,20	38	2,6	10,00	348,0	442,0		348,00	3,60	97	1,0
4,40	57,0	75,0		57,00	3,93	15	6,9	10,20	275,0	329,0		275,00	3,73	74	1,4
4,60	67,0	126,0		67,00	2,80	24	4,2	10,40	286,0	342,0		286,00	5,60	51	2,0
4,80	69,0	111,0		69,00	3,00	23	4,3	10,60	327,0	411,0		327,00	5,33	61	1,6
<b>5,00</b>	<b>72,0</b>	<b>117,0</b>		<b>72,00</b>	<b>2,60</b>	<b>28</b>	<b>3,6</b>	<b>10,80</b>	<b>356,0</b>	<b>436,0</b>		<b>356,00</b>	<b>5,73</b>	<b>62</b>	<b>1,6</b>
5,20	74,0	113,0		74,00	4,20	18	5,7	11,00	345,0	431,0		345,00	4,33	80	1,3
5,40	49,0	112,0		49,00	3,60	14	7,3	11,20	382,0	447,0		382,00	8,60	44	2,3
5,60	43,0	97,0		43,00	2,80	15	6,5	11,40	227,0	356,0		227,00	5,67	40	2,5
5,80	48,0	90,0		48,00	3,07	16	6,4	11,60	402,0	487,0		402,00			

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
fs = resistenza laterale calcolata  
0.20 m sopra quota qc  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>4</b>
riferimento	<b>152-2021</b>

Committente: **RITMO S.R.L.**

Cantiere:

Località: **Via Piadina, Santarcangelo di Romagna, (RN):**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Scala: **1:100**

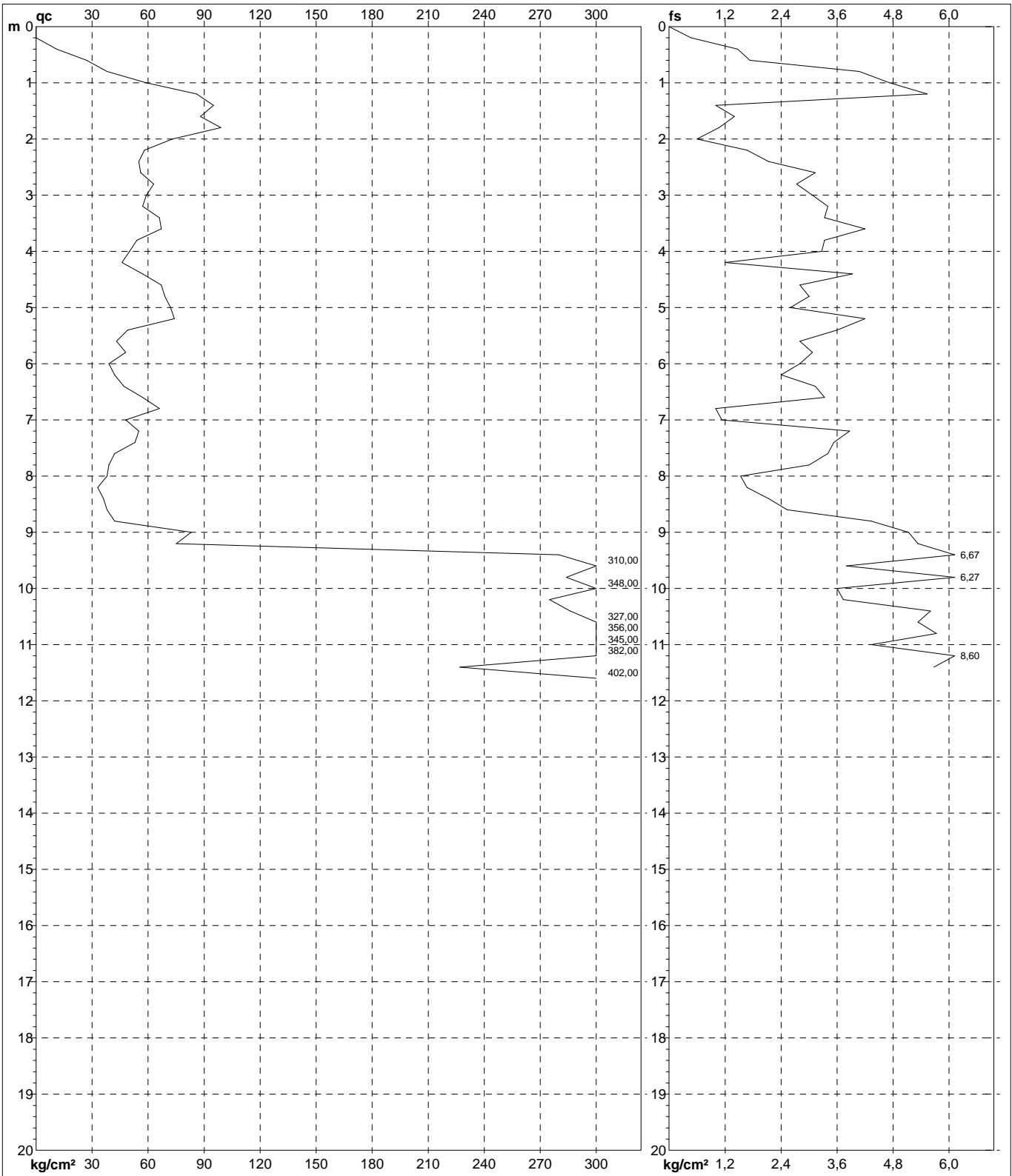
Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **19/11/2021**

Quota inizio:

Falda: **Assente**



Penetrometro: **TG63-200Stat**

Responsabile:

Assistente:

Preforo: **m**

Corr.astine: **kg/ml**

Cod. punta:

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>4</b>
riferimento	<b>152-2021</b>

Committente: **RITMO S.R.L.**

Cantiere:

Località: **Via Piadina, Santarcangelo di Romagna, (RN):**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

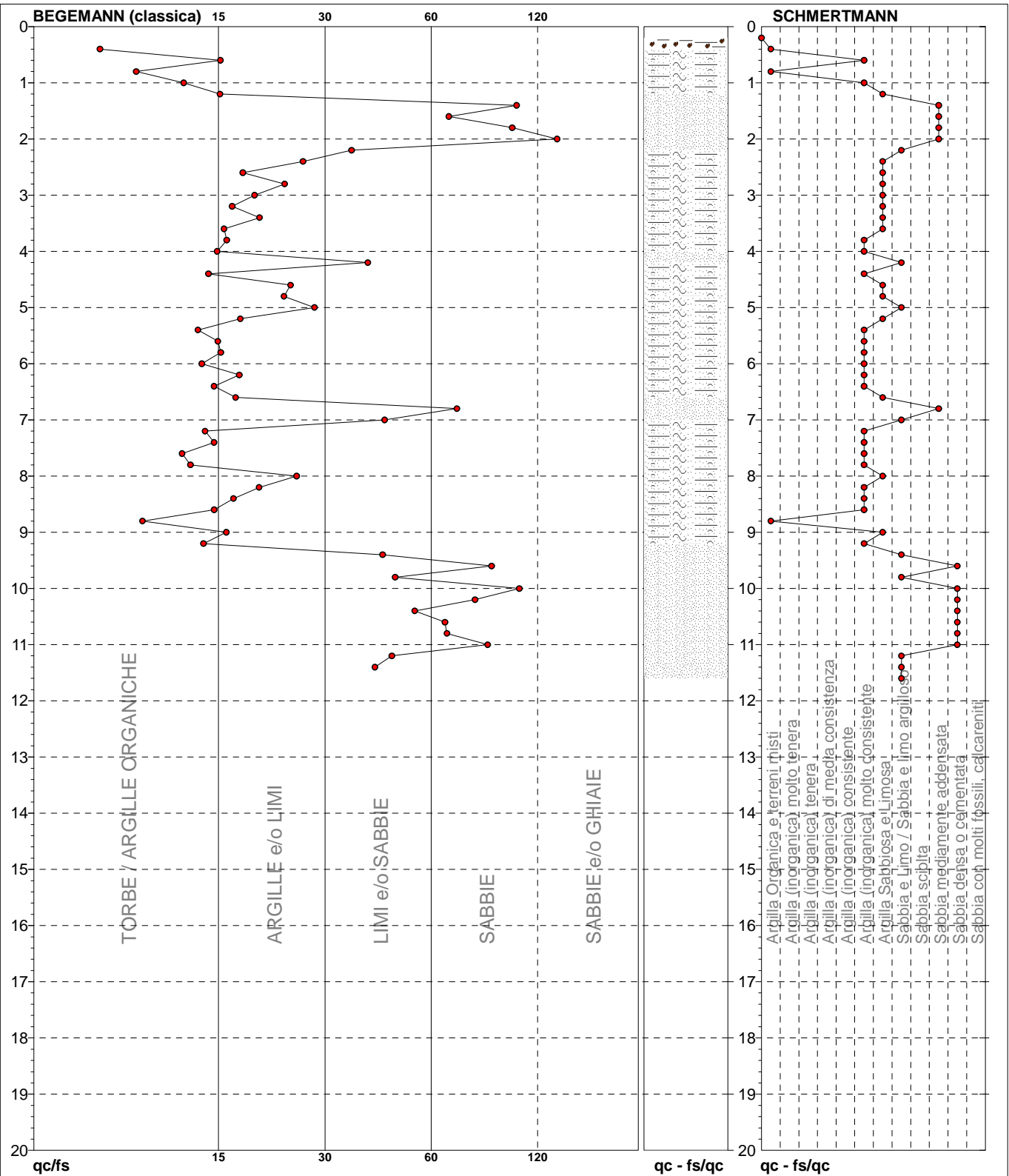
Scala: **1:100**

Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **19/11/2021**

Falda: **Assente**



Torbe / Argille org. :	12 punti, 12,12%	Argilla Organica e terreni misti:	3 punti, 3,03%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	14 punti, 14,14%
Argille e/o Limi :	26 punti, 26,26%	Argilla (inorganica) molto consist.:	19 punti, 19,19%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	8 punti, 8,08%
Limi e/o Sabbie :	8 punti, 8,08%			Sabbia mediamente addensata:	5 punti, 5,05%
Sabbie:	10 punti, 10,10%			Sabbia densa o cementata:	7 punti, 7,07%
Sabbie e/o Ghiaie :	1 punti, 1,01%				





<b>PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA</b> <b>LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI</b>	<b>CPT</b>	<b>5</b>
	riferimento	<b>152-2021</b>

Committente: <b>RITMO S.R.L.</b>	U.M.: <b>kg/cm<sup>2</sup></b>	Data esec.: <b>19/11/2021</b>
Cantiere:	Pagina: <b>1</b>	
Località: <b>Via Piadina, Santarcangelo di Romagna, (RN):</b>	Elaborato:	Falda:

H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Lt -	qc kg/cm <sup>2</sup>	fs kg/cm <sup>2</sup>	F -	Rf %
0,20	0,0	0,0		0,00	0,13	0		5,60	46,0	61,0		46,00	2,20	21	4,8
0,40	4,0	6,0		4,00	0,33	12	8,3	5,80	49,0	82,0		49,00	1,67	29	3,4
0,60	5,0	10,0		5,00	0,80	6	16,0	6,00	59,0	84,0		59,00	1,53	39	2,6
0,80	11,0	23,0		11,00	0,87	13	7,9	6,20	54,0	77,0		54,00	1,20	45	2,2
<b>1,00</b>	<b>49,0</b>	<b>62,0</b>		<b>49,00</b>	<b>1,40</b>	<b>35</b>	<b>2,9</b>	<b>6,40</b>	<b>85,0</b>	<b>103,0</b>		<b>85,00</b>	<b>4,40</b>	<b>19</b>	<b>5,2</b>
1,20	55,0	76,0		55,00	2,20	25	4,0	6,60	53,0	119,0		53,00	2,73	19	5,2
1,40	50,0	83,0		50,00	2,60	19	5,2	6,80	51,0	92,0		51,00	4,87	10	9,5
1,60	66,0	105,0		66,00	4,73	14	7,2	7,00	55,0	128,0		55,00	3,33	17	6,1
1,80	77,0	148,0		77,00	1,20	64	1,6	7,20	55,0	105,0		55,00	4,13	13	7,5
<b>2,00</b>	<b>58,0</b>	<b>76,0</b>		<b>58,00</b>	<b>3,53</b>	<b>16</b>	<b>6,1</b>	<b>7,40</b>	<b>60,0</b>	<b>122,0</b>		<b>60,00</b>	<b>4,20</b>	<b>14</b>	<b>7,0</b>
2,20	69,0	122,0		69,00	2,27	30	3,3	7,60	43,0	106,0		43,00	2,27	19	5,3
2,40	72,0	106,0		72,00	4,20	17	5,8	7,80	38,0	72,0		38,00	2,60	15	6,8
2,60	86,0	149,0		86,00	3,67	23	4,3	8,00	36,0	75,0		36,00	3,67	10	10,2
2,80	87,0	142,0		87,00	1,47	59	1,7	8,20	55,0	110,0		55,00	4,33	13	7,9
<b>3,00</b>	<b>58,0</b>	<b>80,0</b>		<b>58,00</b>	<b>2,47</b>	<b>23</b>	<b>4,3</b>	<b>8,40</b>	<b>56,0</b>	<b>121,0</b>		<b>56,00</b>	<b>2,87</b>	<b>20</b>	<b>5,1</b>
3,20	55,0	92,0		55,00	3,40	16	6,2	8,60	47,0	90,0		47,00	4,13	11	8,8
3,40	64,0	115,0		64,00	1,67	38	2,6	8,80	55,0	117,0		55,00	3,67	15	6,7
3,60	50,0	75,0		50,00	3,07	16	6,1	9,00	57,0	112,0		57,00	4,53	13	7,9
3,80	62,0	108,0		62,00	0,93	67	1,5	9,20	77,0	145,0		77,00	5,47	14	7,1
<b>4,00</b>	<b>58,0</b>	<b>72,0</b>		<b>58,00</b>	<b>1,07</b>	<b>54</b>	<b>1,8</b>	<b>9,40</b>	<b>124,0</b>	<b>206,0</b>		<b>124,00</b>	<b>5,33</b>	<b>23</b>	<b>4,3</b>
4,20	66,0	82,0		66,00	1,20	55	1,8	9,60	290,0	370,0		290,00	5,20	56	1,8
4,40	56,0	74,0		56,00	1,73	32	3,1	9,80	320,0	398,0		320,00	8,13	39	2,5
4,60	59,0	85,0		59,00	1,80	33	3,1	10,00	298,0	420,0		298,00	4,87	61	1,6
4,80	52,0	79,0		52,00	3,93	13	7,6	10,20	254,0	327,0		254,00	4,40	58	1,7
<b>5,00</b>	<b>46,0</b>	<b>105,0</b>		<b>46,00</b>	<b>3,73</b>	<b>12</b>	<b>8,1</b>	<b>10,40</b>	<b>275,0</b>	<b>341,0</b>		<b>275,00</b>	<b>5,33</b>	<b>52</b>	<b>1,9</b>
5,20	47,0	103,0		47,00	2,00	24	4,3	10,60	390,0	470,0		390,00	4,47	87	1,1
5,40	68,0	98,0		68,00	1,00	68	1,5	10,80	402,0	469,0		402,00			

H = profondità  
L1 = prima lettura (punta)  
L2 = seconda lettura (punta + laterale)  
Lt = terza lettura (totale)  
CT = 10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza di punta  
fs = resistenza laterale calcolata  
0.20 m sopra quota qc  
F = rapporto Begemann (qc / fs)  
Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)\*100

# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI DI RESISTENZA

<b>CPT</b>	<b>5</b>
riferimento	<b>152-2021</b>

Committente: **RITMO S.R.L.**

Cantiere:

Località: **Via Piadina, Santarcangelo di Romagna, (RN):**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**

Scala: **1:100**

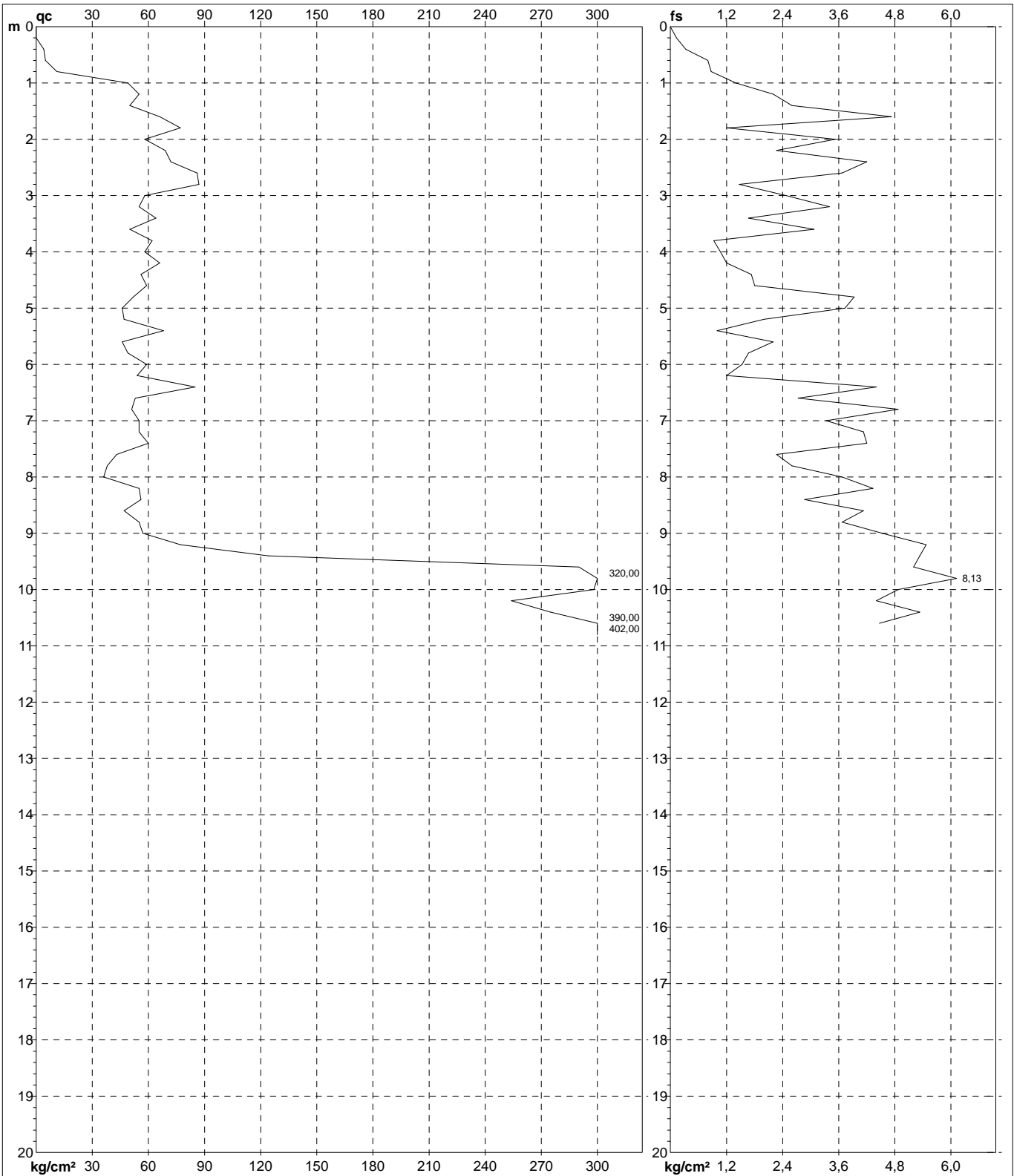
Pagina: **1**

Elaborato:

Data esec.: **19/11/2021**

Quota inizio:

Falda:



		Penetrometro: <b>TG63-200Stat</b> Responsabile: Assistente:	Preforo: <b>m</b> Corr.astine: <b>kg/ml</b> Cod. punta:
--	--	---	---

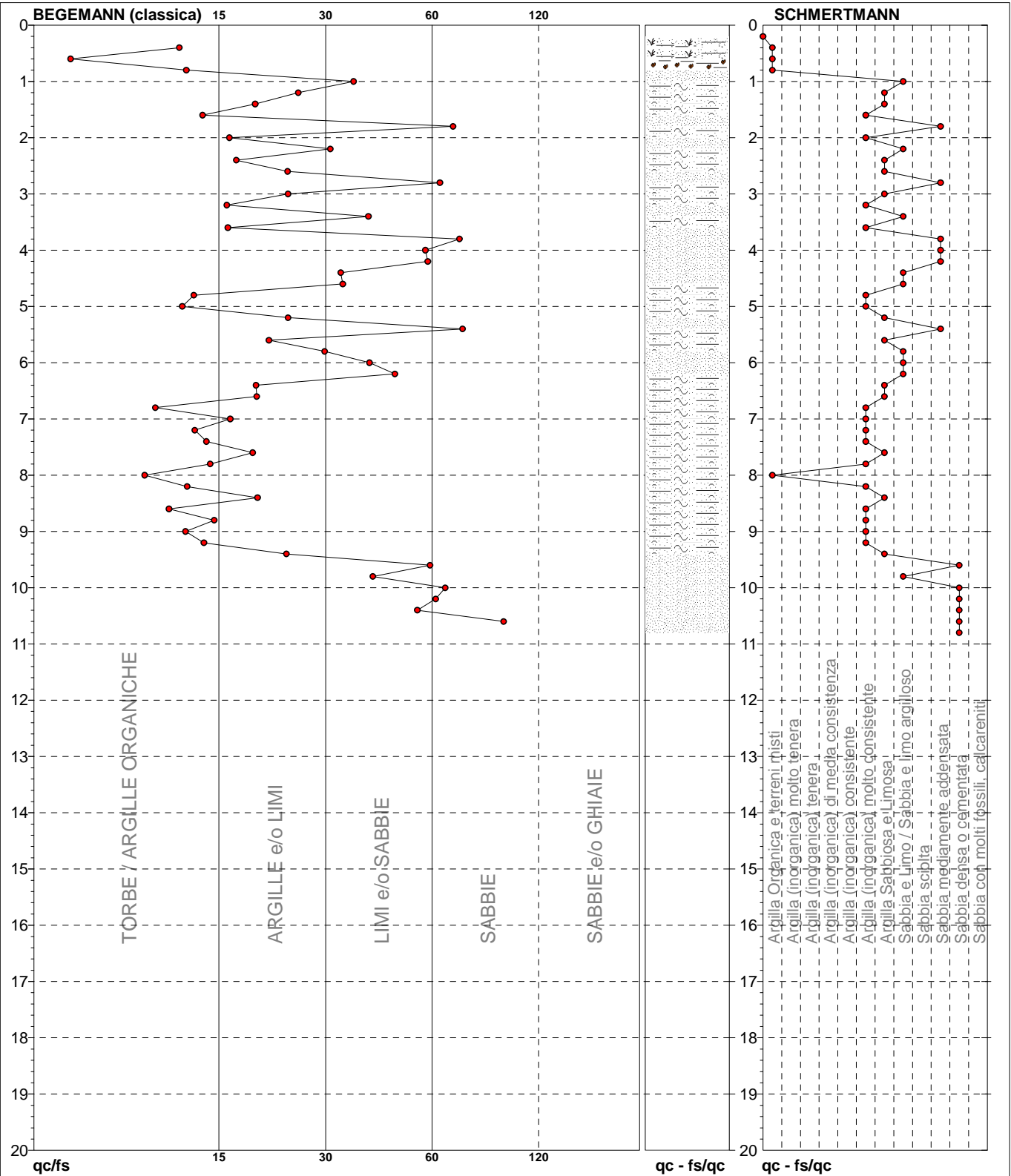
# PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

## DIAGRAMMI LITOLOGIA

<b>CPT</b>	<b>5</b>
riferimento	<b>152-2021</b>

Committente: **RITMO S.R.L.**  
 Cantiere:  
 Località: **Via Piadina, Santarcangelo di Romagna, (RN):**

U.M.: **kg/cm<sup>2</sup>**    Data esec.: **19/11/2021**  
 Scala: **1:100**  
 Pagina: **1**  
 Elaborato:  
 Falda:



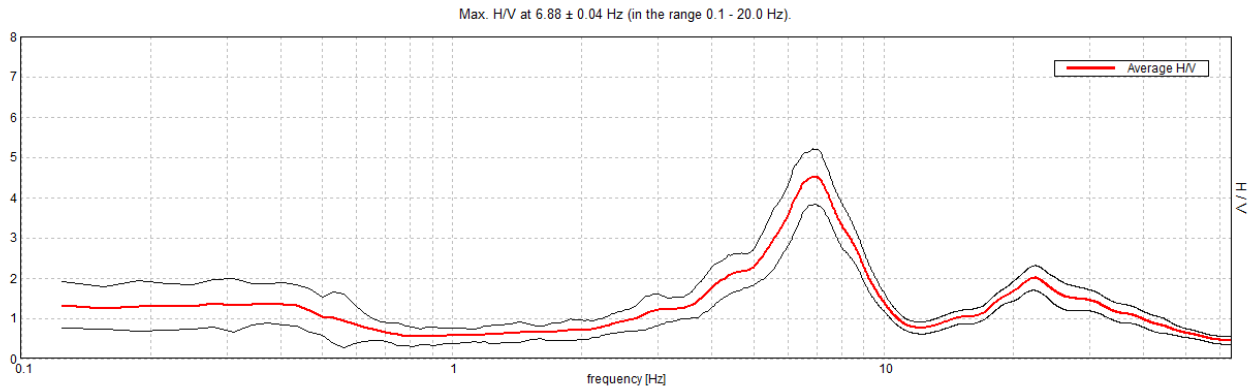
Torbe / Argille org. :	17 punti, 17,17%	Argilla Organica e terreni misti:	4 punti, 4,04%	Argilla Sabbiosa e Limosa:	12 punti, 12,12%
Argille e/o Limi :	17 punti, 17,17%	Argilla (inorganica) molto consist.:	16 punti, 16,16%	Sabbia e Limo / Sabbia e limo arg.:	9 punti, 9,09%
Limi e/o Sabbie :	14 punti, 14,14%			Sabbia mediamente addensata:	6 punti, 6,06%
Sabbie:	5 punti, 5,05%			Sabbia densa o cementata:	5 punti, 5,05%



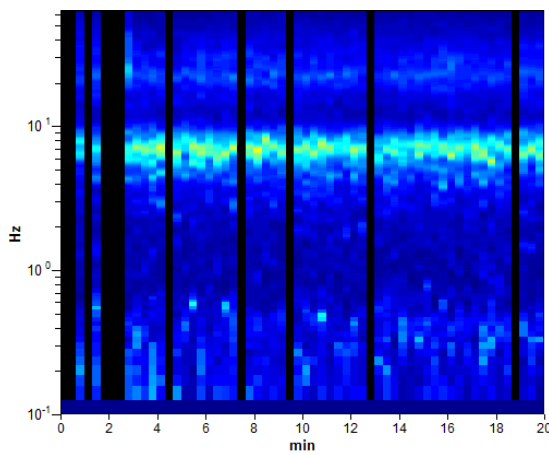
## SANTARCANGELO - PUA AMBITO AN\_C\_2, TR1

Instrument: TRZ-0108/01-10  
 Start recording: 18/11/01 10:04:40      End recording: 18/11/01 10:24:41  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Trace length: 0h20'00".      Analyzed 82% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

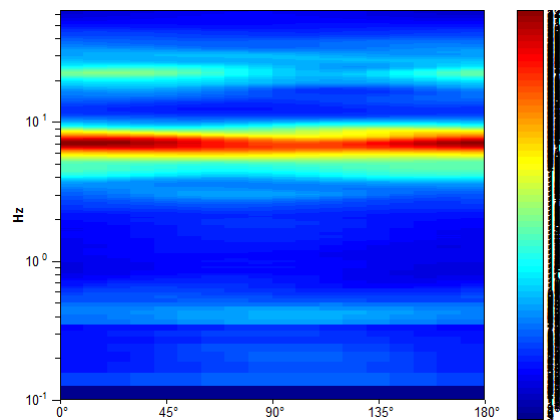
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



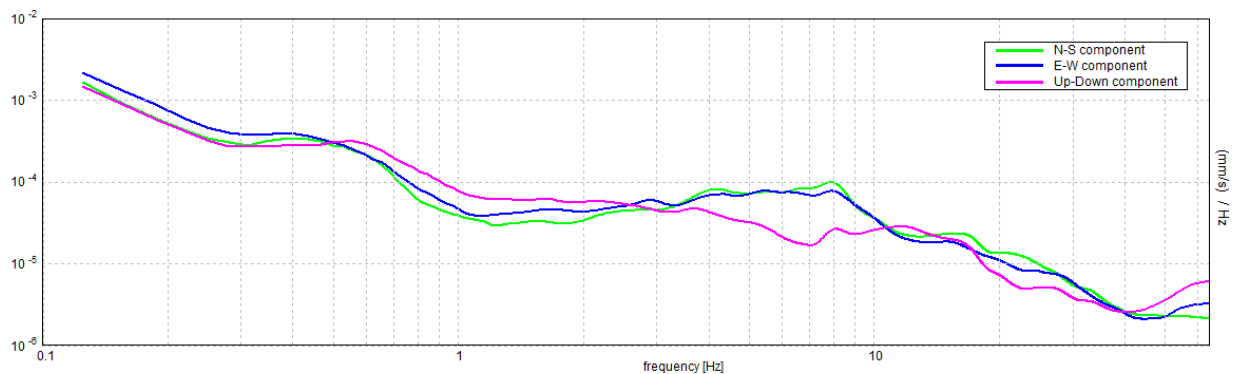
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA





[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the Grilla manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $6.88 \pm 0.04$  Hz (in the range 0.1 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6737.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 331 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.969 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.52 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00293  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02017 < 0.34375$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3426 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

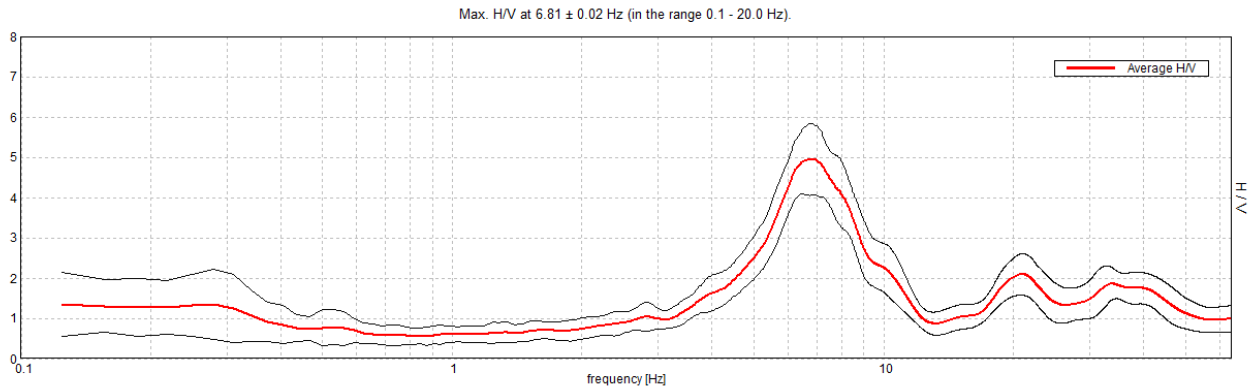
Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

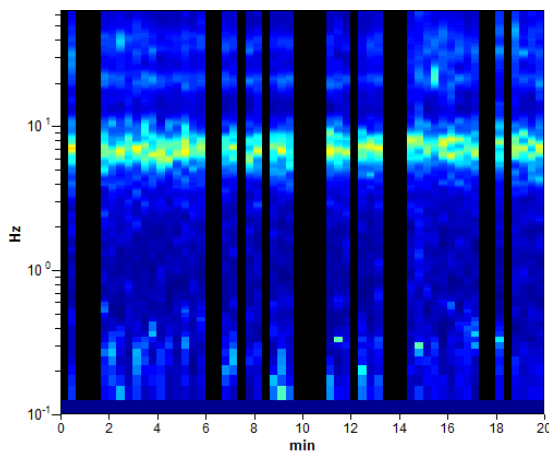
## SANTARCANGELO - PUA AMBITO AN\_C\_2, TR3

Instrument: TRZ-0108/01-10  
 Start recording: 24/11/01 11:14:27      End recording: 24/11/01 11:34:28  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Trace length: 0h20'00".      Analyzed 68% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

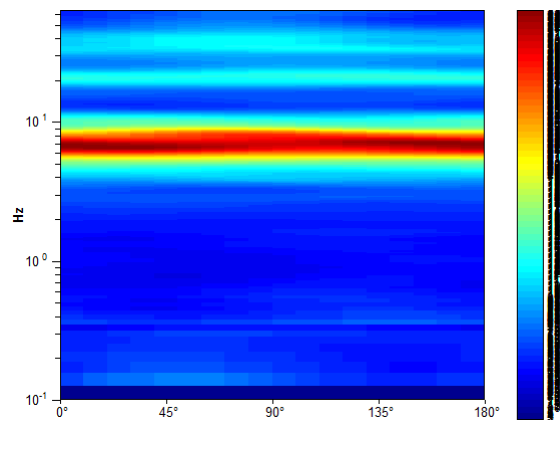
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



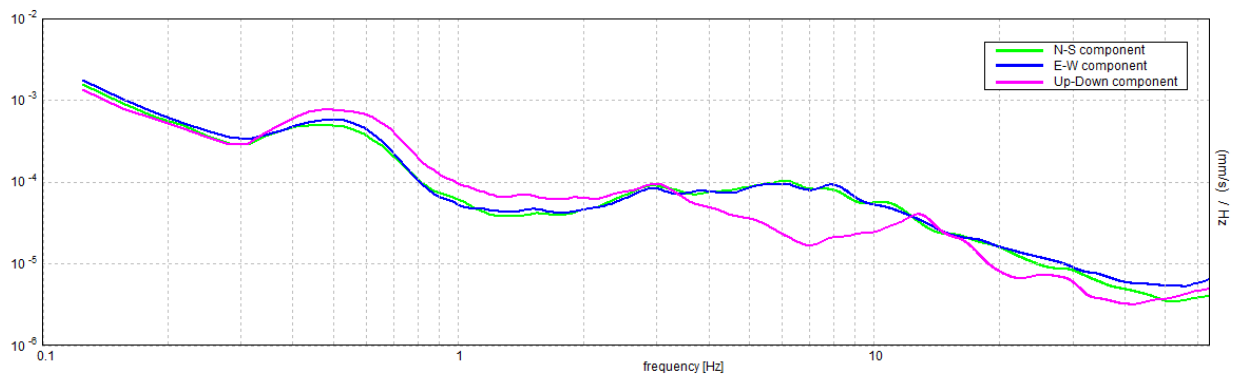
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at 6.81 ± 0.02 Hz (in the range 0.1 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	6.81 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	5586.3 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 328 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.969 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	9.313 Hz	OK	
$A_0 > 2$	4.95 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.00135  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.00918 < 0.34063	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4353 < 1.58	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

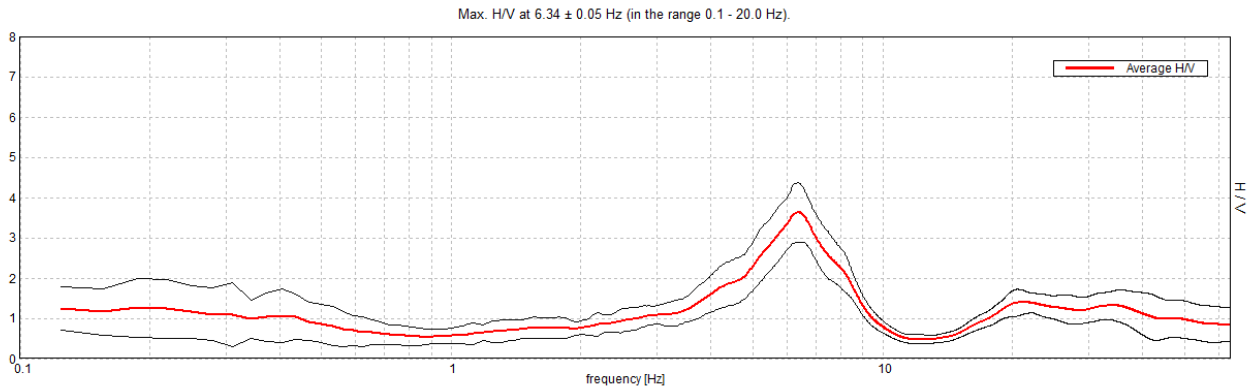
Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

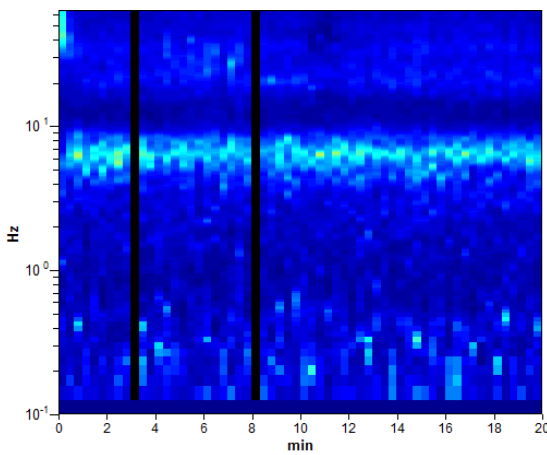
## SANTARCANGELO - PUA AMBITO AN\_C\_2, TR2

Instrument: TRZ-0108/01-10  
 Start recording: 24/11/01 10:24:32 End recording: 24/11/01 10:44:33  
 Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
 Trace length: 0h20'00". Analyzed 97% trace (manual window selection)  
 Sampling rate: 128 Hz  
 Window size: 20 s  
 Smoothing type: Triangular window  
 Smoothing: 10%

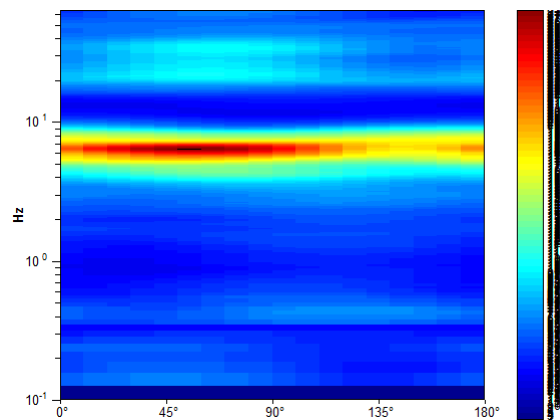
### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



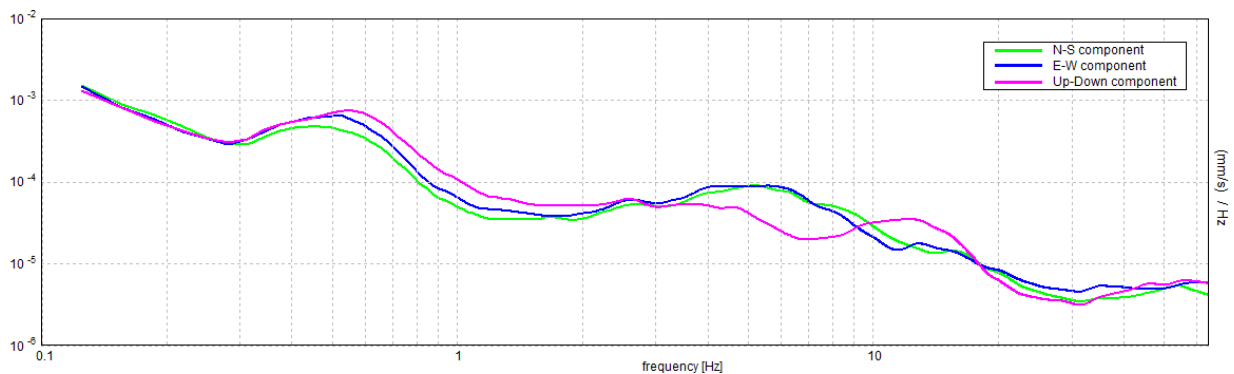
### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



[According to the SESAME, 2005 guidelines. Please read carefully the *Grilla* manual before interpreting the following tables.]

**Max. H/V at  $6.34 \pm 0.05$  Hz (in the range 0.1 - 20.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.34 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$7358.8 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 306 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	4.281 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.62 > 2$	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0039  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.02472 < 0.31719$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3666 < 1.58$	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

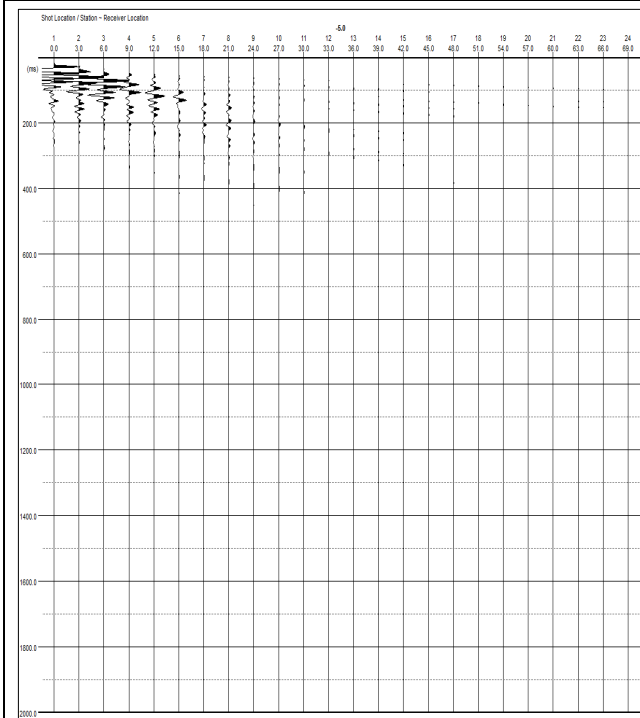


PROSPEZIONE SISMICA CON METODOLOGIA ATTIVA/PASSIVA MASW/Re.Mi.

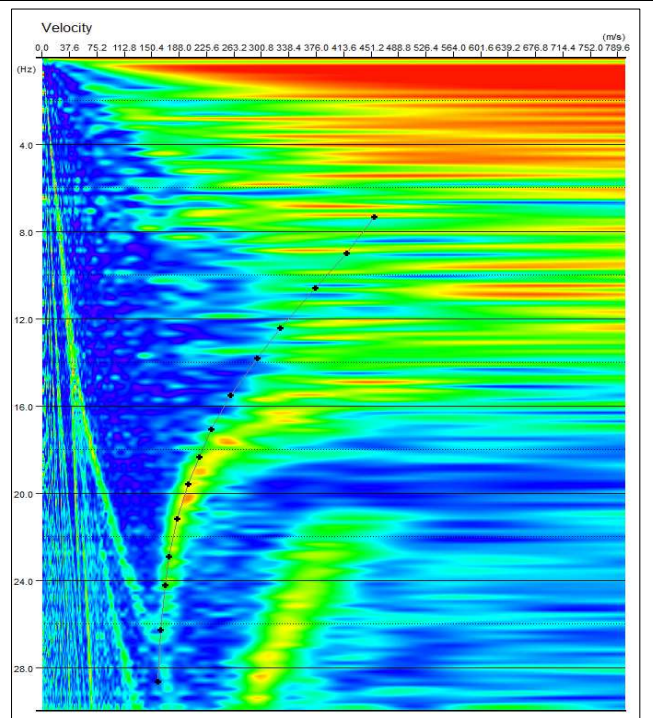
PUA AN.C.2 – Santarcangelo di Romagna (RN)

n° tracce	$\Delta x$ (m)	L tot (m)	$\Delta t$ (ms)	T (s)
25	3,0	69,0	0,5/2,0	2,0/32,0

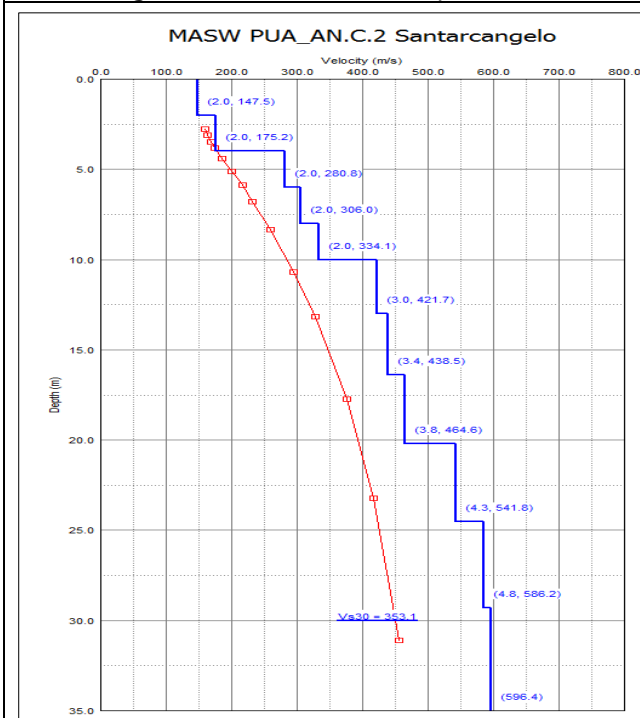
$\Delta x$ : interdistanza geofonica; L tot: lunghezza profilo;  $\Delta t$ : passo di campionamento; T: durata registrazione.



Sismogramma registrato durante le acquisizioni di microtremore sismico. In ascissa il numero dei geofoni, in ordinata il tempo (ms).



Spettro di potenza nel dominio  $f-v$  e Picking della curva sperimentali delle onde R (croci nere).



Modello di sottosuolo (1D) descritti in termini di  $V_s$  e spessore dei sismostrati (spezzata blu) e curva di dispersione sperimentale delle onde R (curva rossa).

Tabella di sintesi

n. Strato	Profondità letto (m dal p.c.)	Spessore (m)	$V_s$ (m/s)
1	2.0	2.0	147.5
2	4.0	2.0	175.2
3	6.0	2.0	280.8
4	8.0	2.0	306.0
5	10.0	2.0	334.1
6	13.0	3.0	421.7
7	16.4	3.4	438.5
8	20.2	3.8	464.6
9	24.5	4.3	541.8
10	29.3	4.8	586.2
11	$\infty$	$\infty$	596.4

$V_{s30} = 353.1 \pm 10\% \text{ [m/s]}$

Sintesi dei parametri del modello di sottosuolo ottenuto e Valore di  $V_{s30}$  calcolato.