

Regione Toscana

Direzione Generale Difesa del Suolo e Protezione Civile
Settore Genio Civile Valdarno Superiore

REGIONE
TOSCANA



Titolo intervento:

SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL RIO DI RIOLO E RIO DELLA RIPA- SITI NEL
COMUNE DI AREZZO" codice DODS2022AR0004 - STRALCIO 1

Intervento

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. MARIANNA BIGIARINI

PROGETTISTI:

ing. ROBERTO PANCINI
geol. FRANCESCO VANNINI

FASE:

PROGETTO ESECUTIVO

CODICE ELABORATO

DC

NUMERO ELABORATO:

02

SCALA :

CONTENUTO: **RELAZIONE GEOLOGICA**

DATA EMISSIONE: FEBBRAIO 2023

DATA VERIFICA: __ / __ / ____

REV: **00**

Sommario

1	PREMESSA	2
2	CONTESTO NORMATIVO	2
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	3
3.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	3
4	INQUADRAMENTO DELL'INTERVENTO NEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE	10
5	CAMPAGNA GEOGNOSTICA	17
6	DEFINIZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO	18
7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	19
8	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	20
9	INDAGINI AMBIENTALI	20
10	CONCLUSIONI	21

1 Premessa

La presente relazione geologica è redatta ai sensi del D.Lgs 50/2016 e nel rispetto della normativa tecnica di riferimento costituita dal D.M. 17/01/2018 a supporto del Progetto Esecutivo di Sistemazione Idraulica del Rio di Riolo e Rio della Ripa nel Comune di Arezzo, codice intervento DODS2022AR004”.

Nella presente relazione geologica vengono analizzati i risultati dei rilievi di campagna e della campagna geognostica eseguita, i cui risultati hanno portato alla compilazione del modello geologico.

Di supporto alla presente relazione geologica è stata realizzata una campagna geognostica, rappresentata nelle figure 1 e 4, di seguito illustrata:

■ Indagini geotecniche ed ambientali:

- ◆ Esecuzione di n. 10 prove penetrometriche.
- ◆ Esecuzione di n. 3 campionamenti ambientali sulle sponde dei corsi d’acqua.

■ Indagini geofisiche:

- ◆ Esecuzione di n. 3 prove geofisiche MASW per la definizione della categoria di sottosuolo.

In questa relazione, oltre ad un inquadramento territoriale e normativo di settore, si darà conto dei rilievi e delle indagini eseguite e verrà proposto un modello geologico ricavato dalle elaborazioni relative ai dati acquisiti.

2 Contesto normativo

Il Codice degli appalti (D.Lgs. 50/2016), sostituisce il precedente Codice (D.Lgs. 163/2006), ma non del tutto il Regolamento Appalti (D.P.R. 207/2010). Il nuovo Codice appalti prevede infatti all’art. 216 l’emanazione di una serie di decreti ministeriali e di linee guida Anac; nel frattempo continuano a restare in vigore una serie di disposizioni del vecchio Regolamento appalti, ossia:

1. articoli da 14 a 43 (progettazione)
2. articoli da 60 a 96 (sistema di qualificazione delle imprese e SOA)
3. articoli da 215 a 238 (collaudo)

La presente relazione viene pertanto redatta ai sensi dell'art. 17 - comma 1, lettera d) del D.P.R. 207/2010, che prevede, tra gli elaborati del Progetto Preliminare:

"studi necessari per un'adeguata conoscenza del contesto in cui è inserita l'opera, corredati da dati bibliografici, accertamenti ed indagini preliminari - quali quelle storiche archeologiche ambientali, topografiche, geologiche, idrologiche, idrauliche, geotecniche e sulle interferenze e relative relazioni ed elaborati grafici – atti a pervenire ad una completa caratterizzazione del territorio ed in particolare delle aree impegnate".

La normativa tecnica di riferimento per le indagini sui terreni è rappresentata dal D.M. 17/01/2018 recante Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (NTC 2018).

Il punto 6.2.1 delle NTC definisce i contenuti delle relazione geologica, mentre il punto 6.8 è dedicato alle opere di materiali sciolti e fronti di scavo, specificando fra le opere a cui si riferisce la normativa anche gli "argini di difesa per fiumi, canali e litorali", mentre per gli sbarramenti di ritenuta idraulica di materiali sciolti rimanda a specifica normativa.

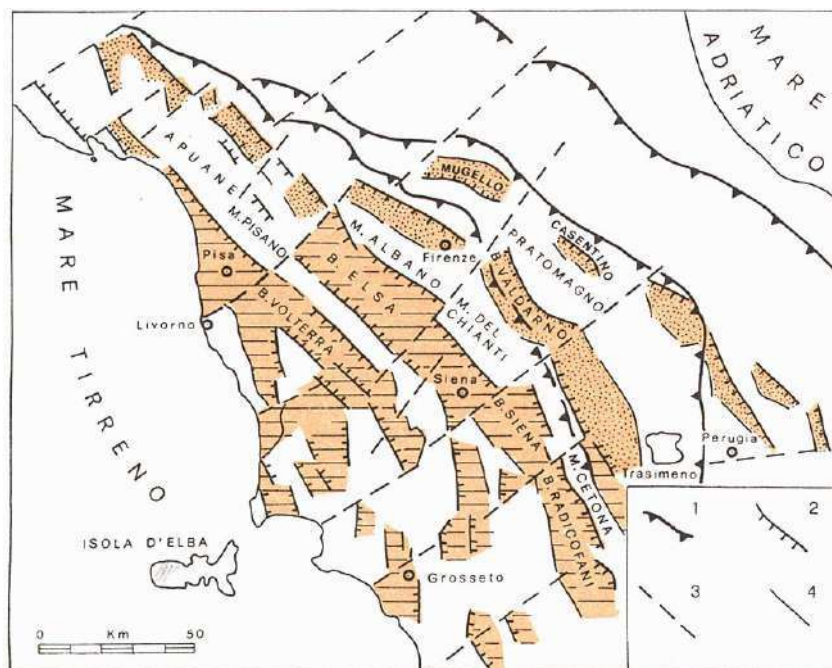
La relazione è stata redatta in coerenza anche con il D.P.G.R. 1/R/2022.

3 Inquadramento territoriale

L'intervento in progetto viene effettuato sul Rio di Riolo e Rio della Ripa, affluente di destra del Canale Maestro della Chiana, nella località di Madonna di Mezza Strada.

3.1 Inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico

Da un punto di vista generale l'area si inserisce nel Bacino di Arezzo che si configura come un bacino fluvio-lacustre di pull-apart, strutturato nell'ambito dell'attivazione di faglie bordiere a prevalente rigetto orizzontale. Lungo i principali sistemi di faglie si sono impostati alcuni bacini secondari su cui scorrono i corsi d'acqua.



Di seguito viene fornita una breve descrizione delle Formazioni rappresentate nello stralcio della Carta geologica di supporto al Portale Geoscopio della Regione Toscana (Figura 1).

La geologia è caratterizzata dalla presenza di terreni Fluviolacustri Neoautoctoni depositatesi nel Pleistocene superiore, che in sito sono rappresentati dalle alluvioni fluviali, anche attuali, messe in posto dai corsi d'acqua che drenavano, e drenano, i contrafforti arenacei dei rilievi soprastanti l'area di intervento. Questi terreni rappresentano la copertura del substrato lapideo del Bacino di Arezzo, qui rappresentato dalle Arenarie del Monte Falterona in litofacies arenaceo-pelitica.

Il bacino non è in questo settore profondo: è verosimile attendersi la presenza del substrato lapideo ad una profondità inferiore ai 15-20 m dal p.c, che tende ad esaurirsi nell'area orientale in cui affiorano le Arenarie del Monte Falterona.

Il rilievo geomorfologico nell'area di intervento è stato condotto direttamente sul campo ed attraverso l'analisi diacronica di foto aeree, servendosi del Portale Geoscopio della Regione Toscana.

Il tratto fluviale di intervento si sviluppa quindi in un'area semi-pianeggiante, all'interno della pianura alluvionale tra le quote di 280 m circa s.l.m. e 260 m. circa s.l.m. ai bordi di un'ampia conoide alluvionale.

Nella zona di intervento la Carta geomorfologica del vigente Strumento Urbanistico, rappresentata in figura 2 non riporta elementi di instabilità, sia areali, sia lineari.

Considerate le caratteristiche litostratigrafiche e le condizioni morfologiche della zona, contraddistinta dall'assenza di fenomeni gravitativi rilevanti, si ritiene che le operazioni sul terreno connesse all'esecuzione dei lavori in progetto non alterino in alcuna maniera l'assetto geomorfologico e non vadano a mutare le attuali condizioni di stabilità dell'area in esame.

Per la definizione delle caratteristiche idrogeologiche sono state valutate le caratteristiche idrogeologiche riportate nel Piano Strutturale (figura 3). Per ogni livello si definiscono qualitativamente le permeabilità delle formazioni:

I depositi alluvionali sono contraddistinti da una permeabilità medio-alta per porosità primaria. I terreni litoidi arenacei sono caratterizzati da una permeabilità media-bassa per fratturazione, mentre quelli marnosi da una permeabilità molto bassa per fratturazione.

La falda, vista la presenza dei corsi d'acqua si posiziona a pochi metri dal piano campagna. Gli interventi sul corso d'acqua previsti non dovrebbero comunque interagire con le falde presenti.

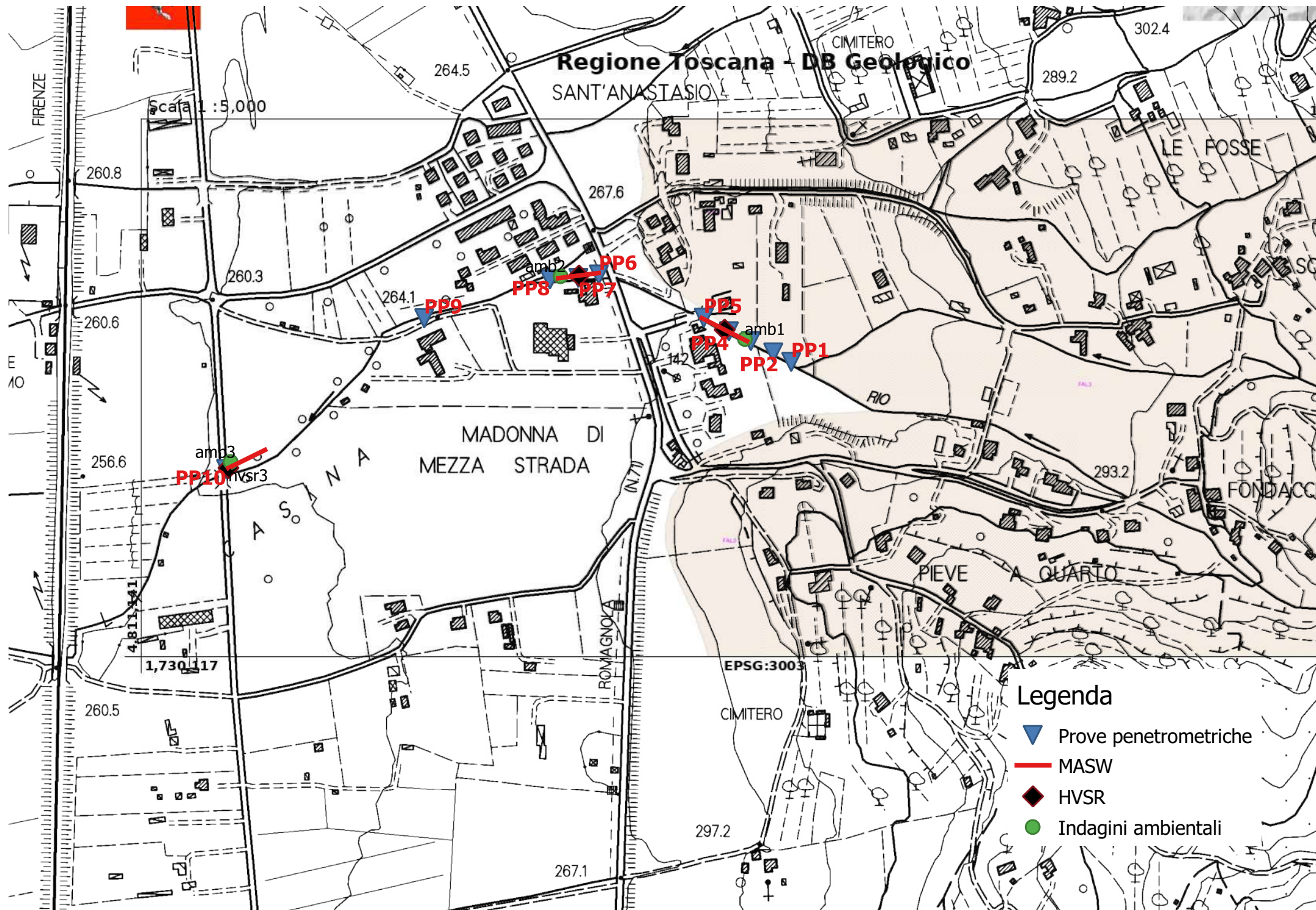


Figura 1: Carta geologica, su estratto del Portale Geoscopia della Regione Toscana

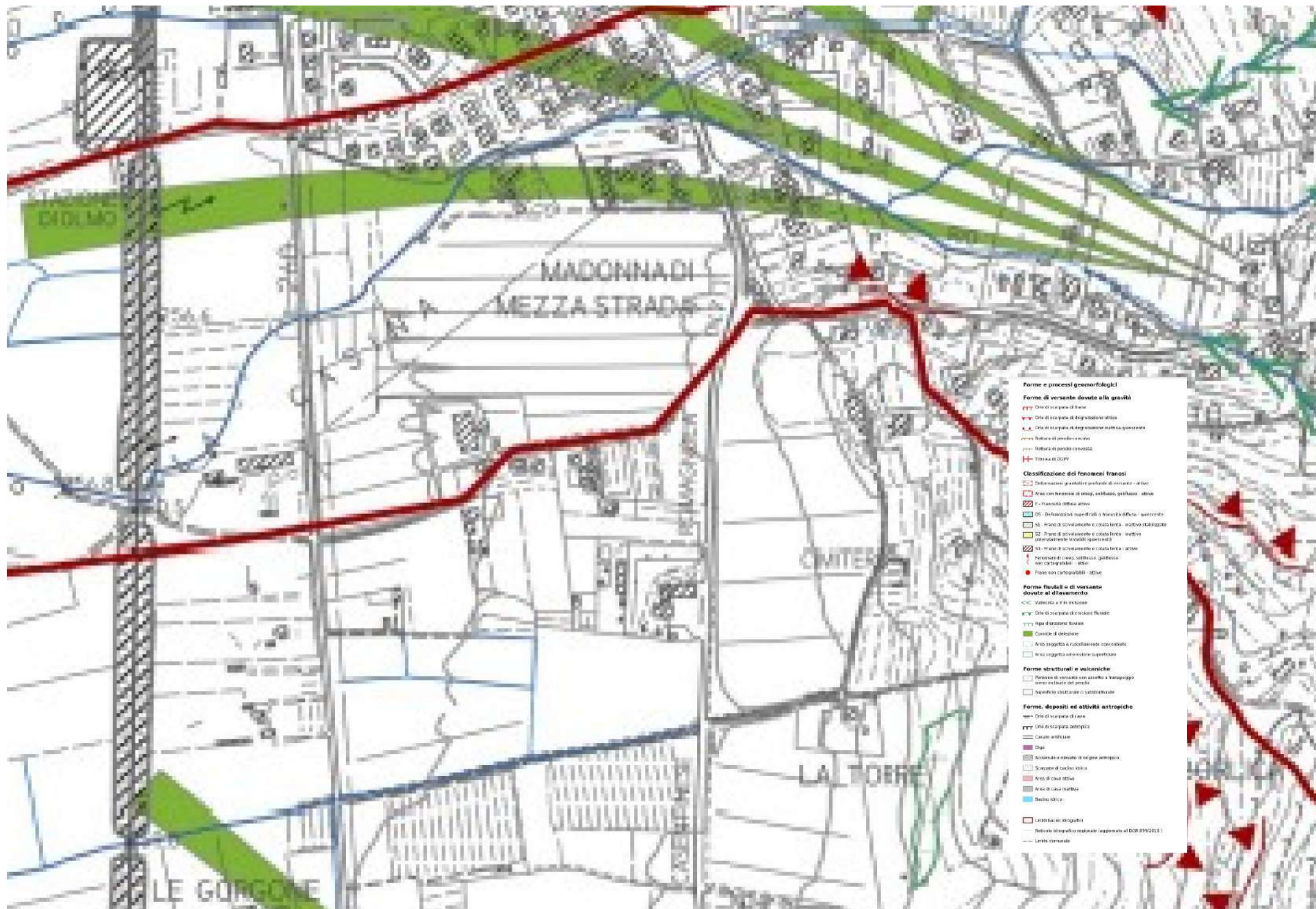


Figura 2: Carta geomorfologica, su estratto del vigente strumento Urbanistico

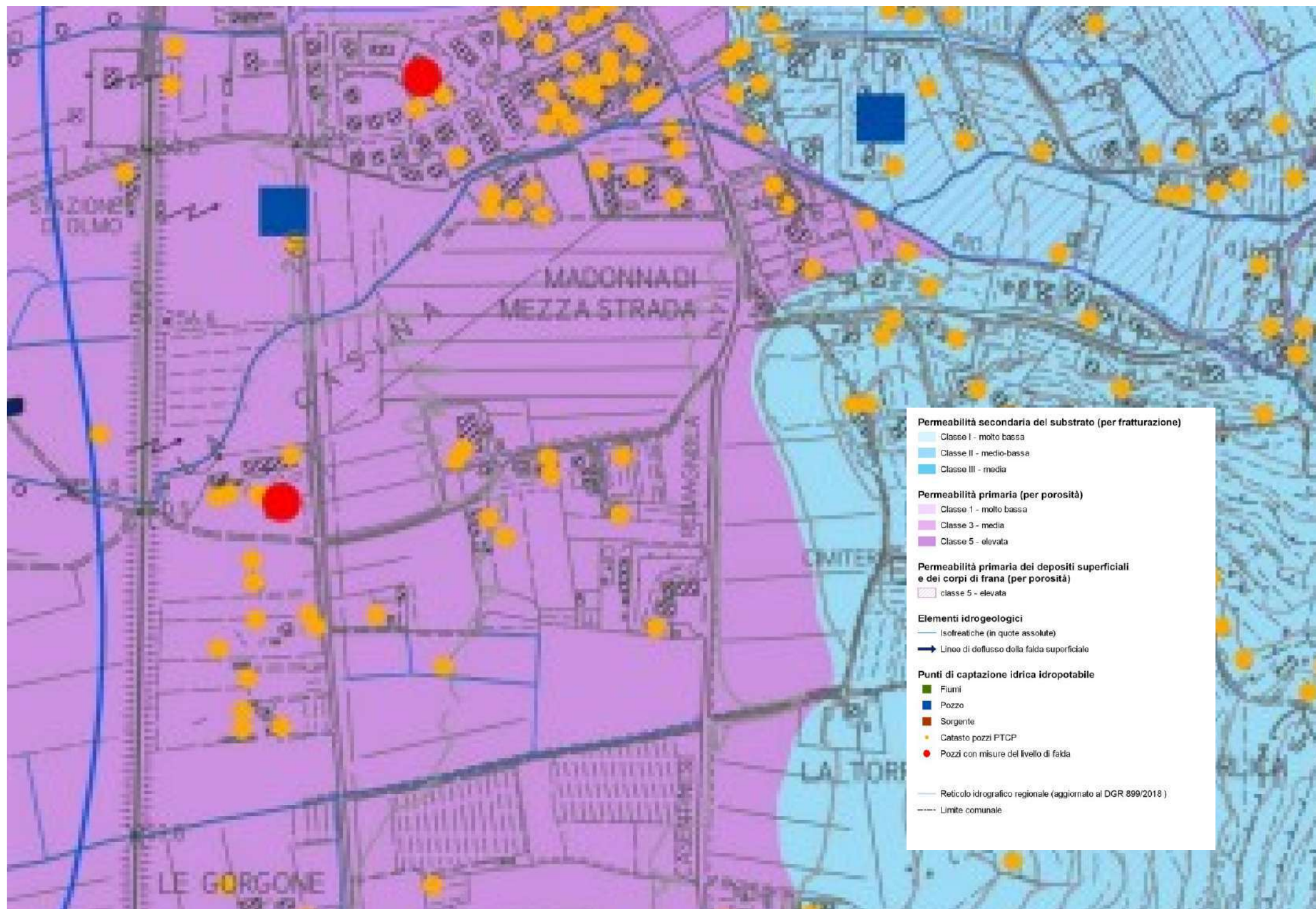


Figura 3: Carta idrogeologica, su estratto del vigente strumento Urbanistico

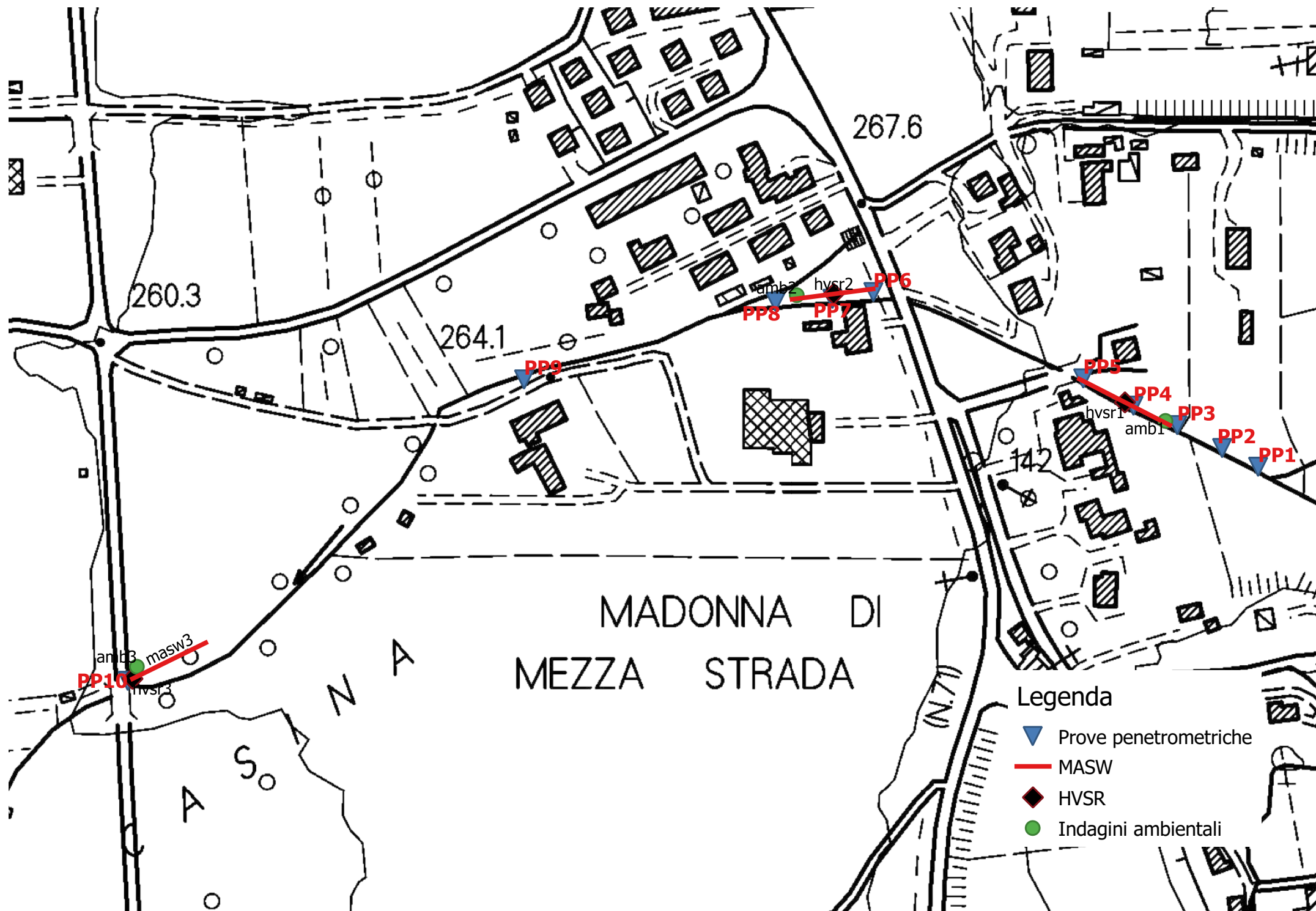


Figura 4: indagini geognostiche effettuate nell'area, su estratto della CTR della Regione Toscana

4 Inquadramento dell'intervento negli strumenti di pianificazione

In questo capitolo si inquadra l'intervento in oggetto nei confronti della pianificazione comunale e sovracomunale.

L'intervento ricade nel territorio comunale di Arezzo.

L'estratto della cartografia di sintesi del Piano Strutturale vigente, redatto ai sensi del regolamento regionale 53/R/2011 individua per l'area di intervento una Pericolosità Geologica media (G.2), una Pericolosità Idraulica molto elevata (I.4) e una Pericolosità Sismica elevata (S.3). Gli elaborati sono riportati in figura 5, 6 e 7.

Nella cartografia dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale l'intervento ricade in Pericolosità Idraulica da P1 a P3 del PGRA, che ha abrogato e sostituito integralmente il PAI relativo alla pericolosità idraulica nel bacino dell'Arno e negli ex bacini regionali toscani. Il PAI si applica esclusivamente per la parte relativa alla pericolosità da frana e da dissesti di natura geomorfologica, in cui l'area di intervento ricade in PF1.

L'intervento da un punto di vista di pianificazione territoriale non presenta quindi motivi ostativi. La pericolosità idraulica molto alta è compatibile con la tipologia di intervento in progetto che ha come finalità la riduzione del rischio idraulico.

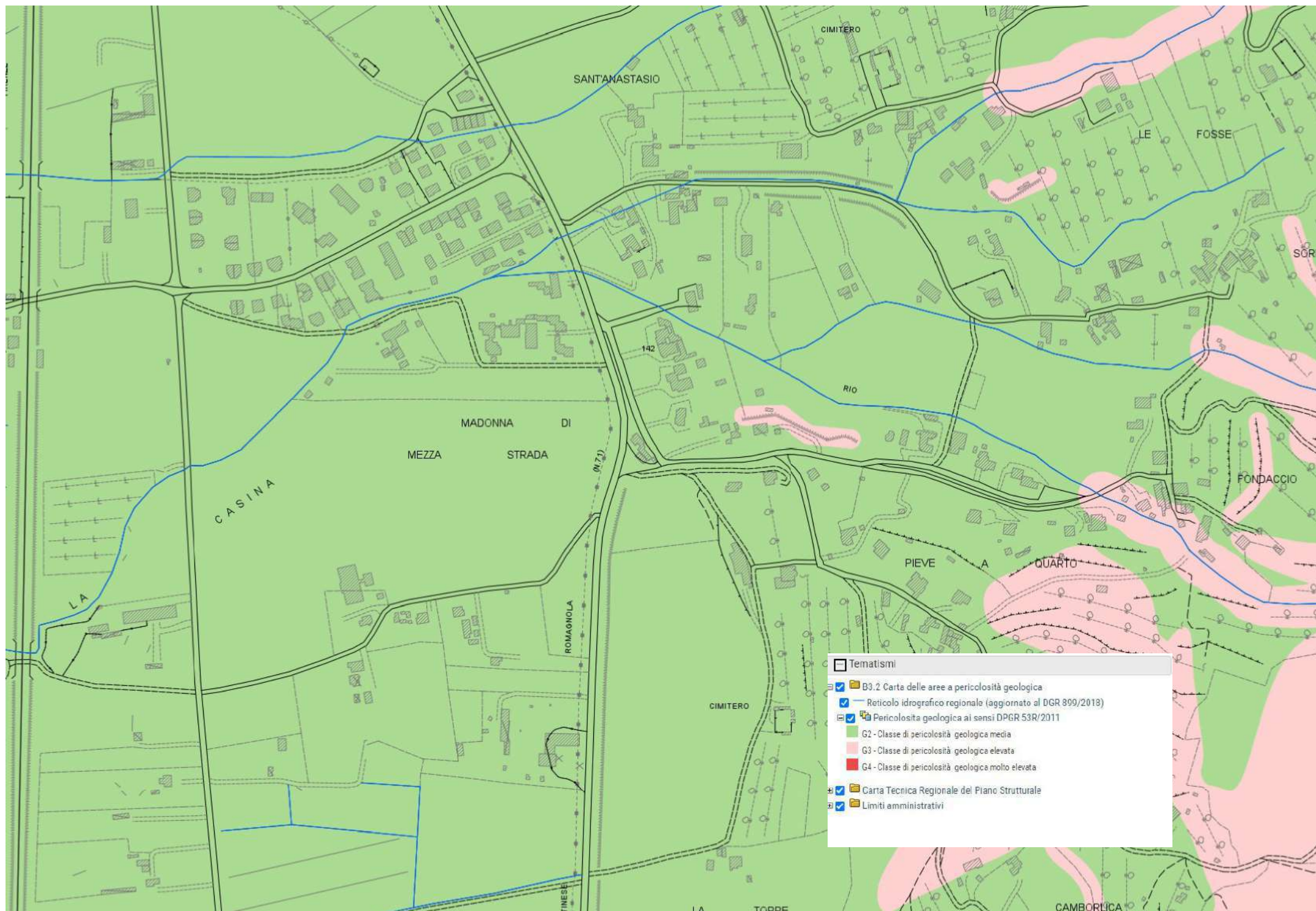


Figura 5: Carta delle aree a pericolosità geologica, su estratto del vigente strumento Urbanistico

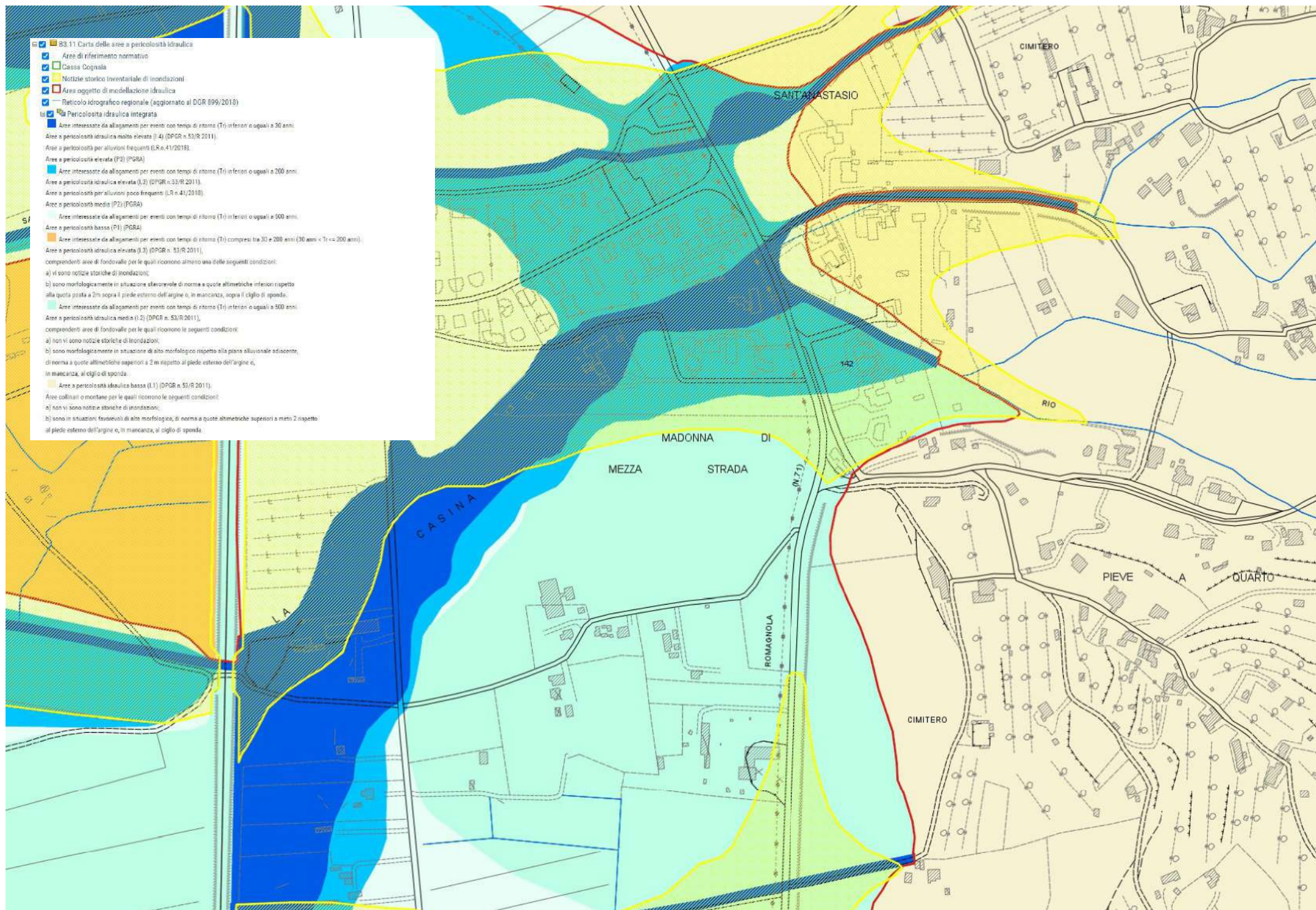


Figura 6: Carta delle aree a pericolosità idraulica, su estratto del vigente strumento Urbanistico

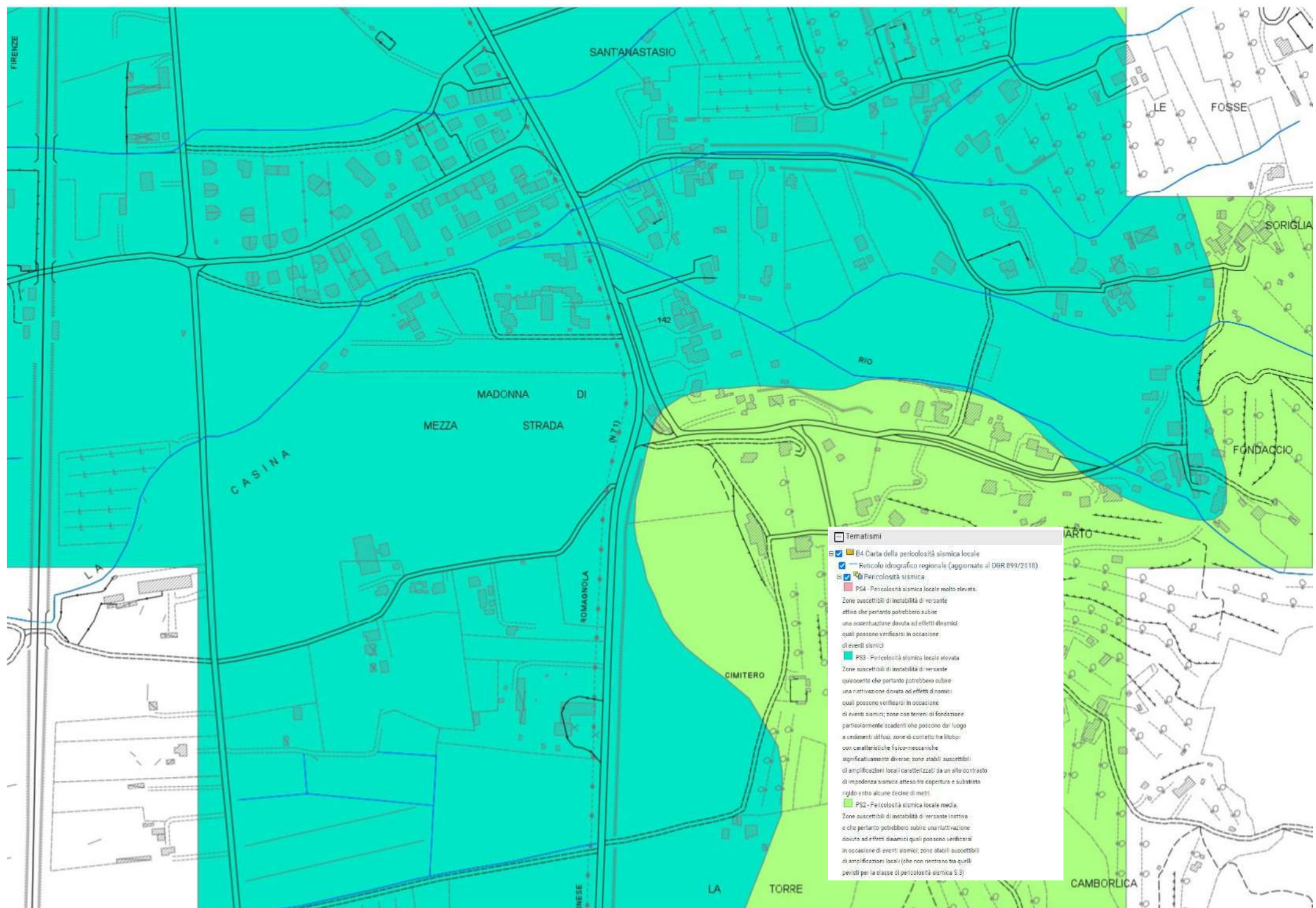


Figura 7: Carta delle aree a pericolosità sismica locale, su estratto del vigente strumento Urbanistico

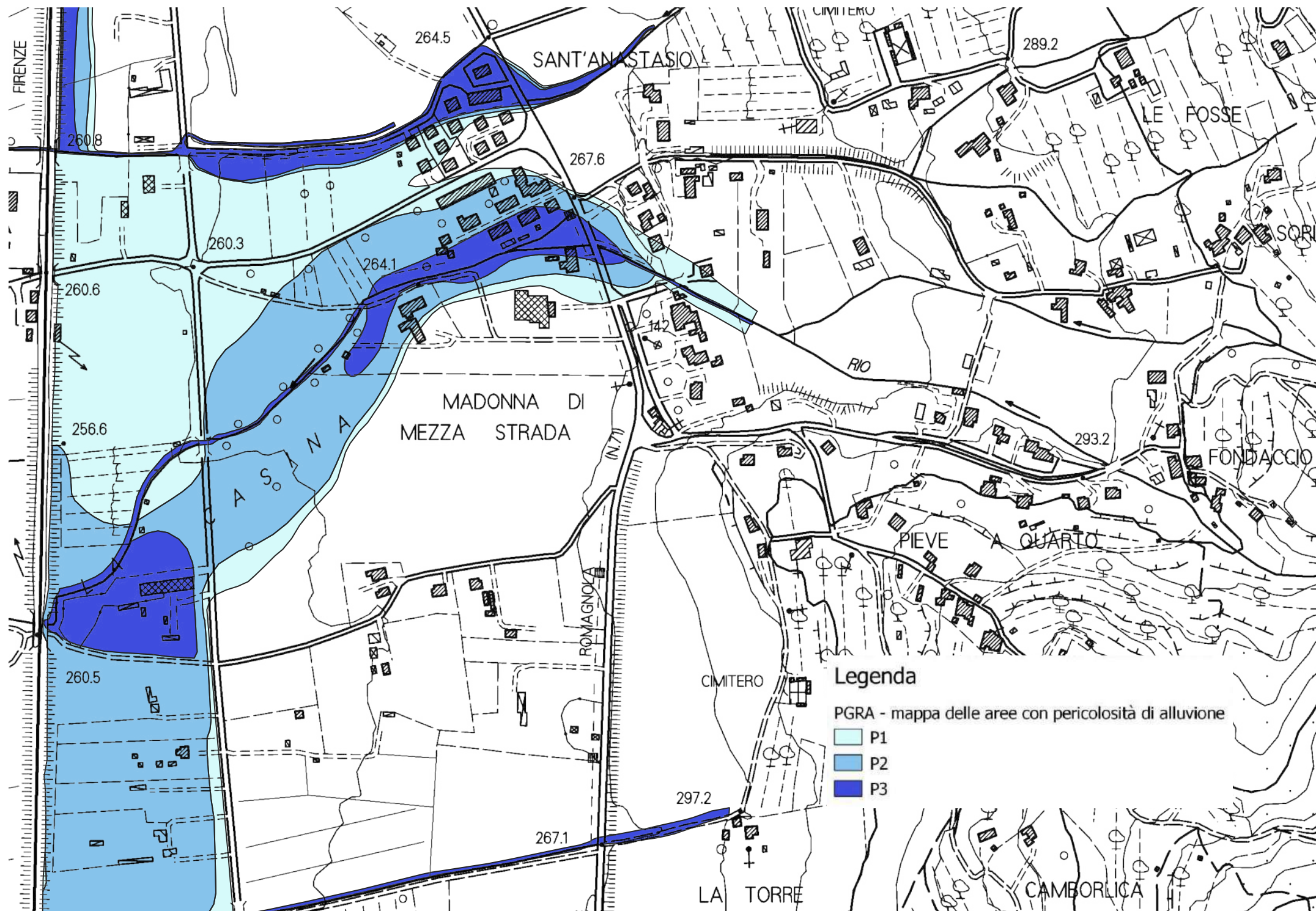


Figura 8: Mappa delle aree con pericolosità da alluvione, su estratto del PGRA dell'A.D.B.A.S.

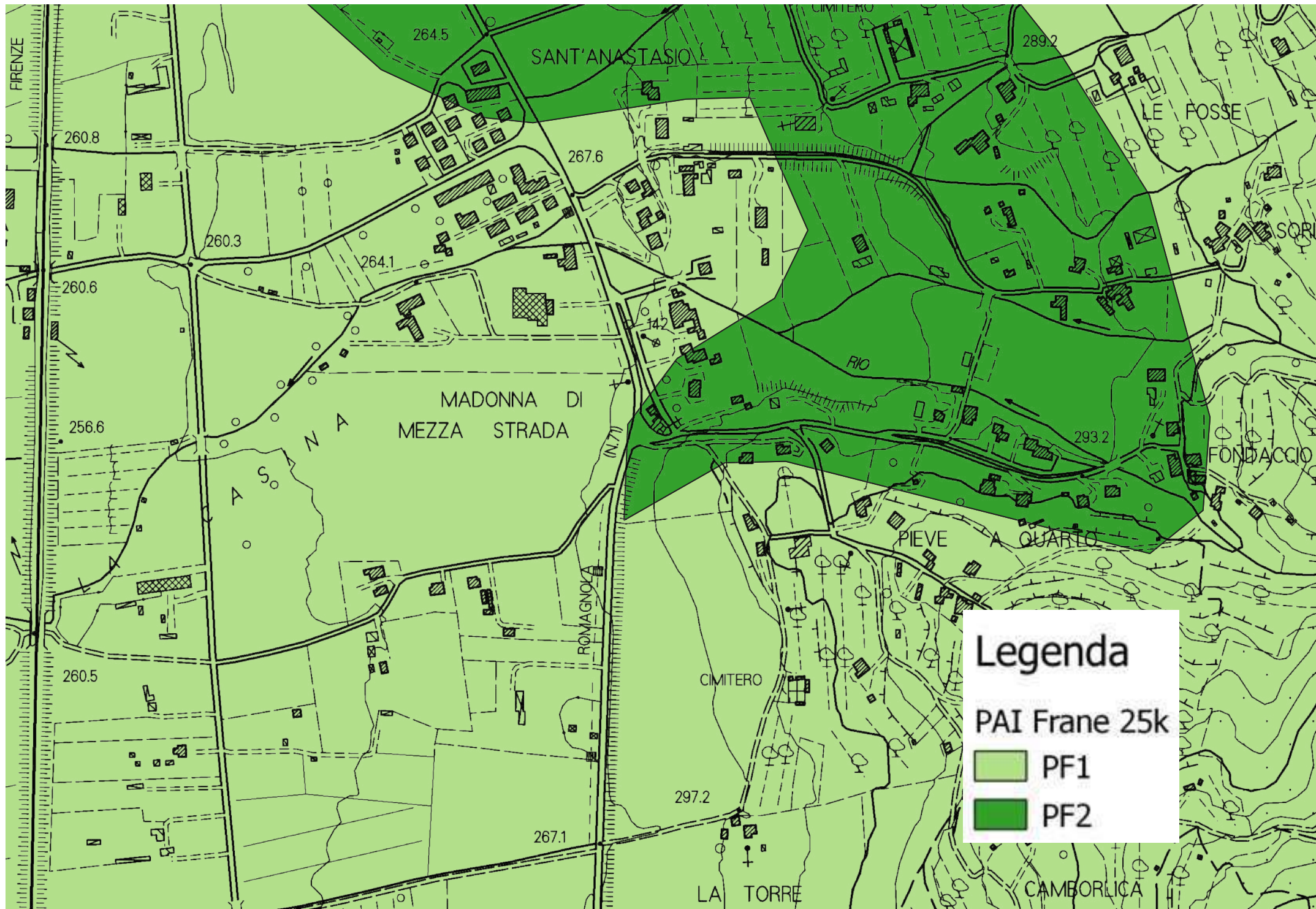


Figura 9: Mappa delle aree con pericolosità da frana, su estratto del PAI vigente

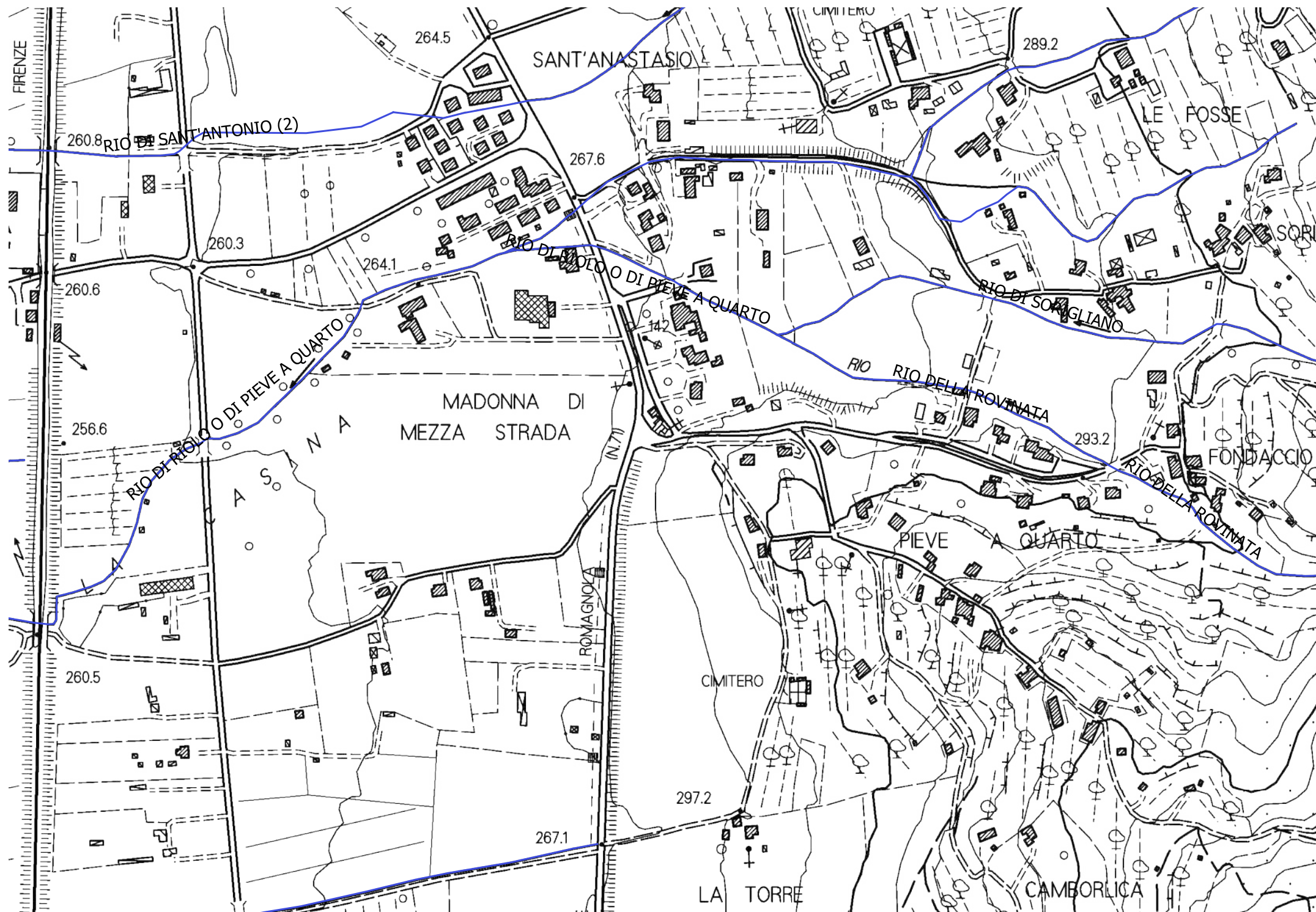


Figura 10: Reticolo delle acque pubbliche

5 Campagna geognostica

La campagna geognostica di supporto alla presente fase progettuale si è articolata in diverse fasi, con l'esecuzione delle seguenti indagini:

- n. 3 prove sismiche Masw per la determinazione della categoria di sottosuolo ai sensi del Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018.
- n. 10 prove penetrometriche.

L'ubicazione planimetrica delle indagini è riportata nelle figure 1 e 4, in cui sono suddivise l'ubicazione delle indagini, mentre i rapporti di prova delle indagini prodotte sono riportate in allegato.

L'articolazione complessiva delle indagini è sintetizzata nelle tabelle che seguono:

TABELLA 5.1 - ARTICOLAZIONE COMPLESSIVA DELLA CAMPAGNA GEOGNOSTICA		
TIPO INDAGINE		DETERMINAZIONI
INDAGINI IN SITU	n. 10 prove penetrometriche	1. osservazione profilo lito-stratigrafico 2. Verifica delle caratteristiche di resistenza dei terreni
MASW	n. 3 stese	1. determinazione categoria di suolo

TABELLA 5.2 – ARTICOLAZIONE DELLE PROVE MASW			
PROFILO N°	METODOLOGIA DI ACQUISIZIONE	LUNGHEZZA	PASSO GEOFONICO
Masw 1	Masw	55 m	5 m
Masw 2	Masw	55 m	5 m
Masw 3	Masw	55 m	5 m

TABELLA 5.3 – ARTICOLAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE		
SIGLA	TIPO DI INDAGINE	PROF.
CPT 1	Prova penetrometrica statica	7,0

TABELLA 5.3 – ARTICOLAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE

SIGLA	TIPO DI INDAGINE	PROF.
CPT 2	Prova penetrometrica statica	7,0
CPT 3	Prova penetrometrica statica	4,0
DPSH 3	Prova penetrometrica dinamica	6,8
CPT 4	Prova penetrometrica statica	6,4
CPT 5	Prova penetrometrica statica	9,0
CPT 6	Prova penetrometrica statica	9,0
CPT 7	Prova penetrometrica statica	8,2
DPSH 8	Prova penetrometrica dinamica	8,2
DPSH 9	Prova penetrometrica dinamica	8,0
CPT 10	Prova penetrometrica statica	9,6
<i>totale prove penetrometriche</i>		<i>83 m</i>

6 Definizione del modello geologico

In questo paragrafo si definisce un modello geologico ricavato dalle elaborazioni relative ai dati acquisiti, riportati nei paragrafi precedenti.

Il substrato è rappresentato dai terreni lapidei delle Arenarie del Monte Falterona in litofacies arenaceo-pelitica.

Sopra il substrato si sono sedimentati depositi alluvionali costituiti da alternanze irregolari di limi sabbiosi, sabbie limose, sabbie e ghiaie quindi direttamente derivanti dalle falde detritiche o di conoide dei versanti soprastanti, con scarso trasporto fluviale. A ridosso dei rilievi, sotto i depositi alluvionali si trovano i depositi detritici del substrato arenaceo, formati da ciottolami e pezzame arenaceo.

L'insieme dei dati geognostici acquisiti ha consentito di costruire uno schema del sottosuolo, finalizzata allo studio ambientale preliminare, come mostrato in tabella 6.1.

TABELLA 6.1 - SCHEMA LITOSTRATIGRAFICO GENERALE

ORIZZONTI	PROF. INDICATIVA	LITOLOGIA
A ÷ alluvioni	p.c. ÷ 5 – 10 m	Limi sabbiosi, Sabbie limose e ghiaie
B ÷ Terreni lapidei - depositi detritici	5 – 10 m ÷ 10 –15 m	Ciottolami e pezzame arenaceo
C ÷ Terreni lapidei	> 10 –15 m	Arenarie siltose

7 Caratterizzazione geotecnica dei terreni

La parametrizzazione geotecnica dei diversi orizzonti nelle sezioni di verifica è stata realizzata attraverso una stima ragionata e cautelativa dei valori dei parametri, riferendosi alle indagine geognostiche più prossime alle sezioni significative su cui sono state effettuate le verifiche.

Deve essere chiarito a questo proposito che la definizione delle unità geotecniche non avviene in natura in maniera netta come illustrato nelle sezioni geotecniche e come di seguito riportato, ma attraverso passaggi graduali e sfumati tra i termini litologici e gradi di addensamento generalmente non molto diversi. La schematizzazione svolta ha il significato di semplificare la comprensione del quadro geotecnico di riferimento e risponde ad una esigenza di semplicità di schematizzazione dei diversi componenti geotecnici.

CPT 1 – 9 masw 1-2

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI							
Strato litologia	Quota tetto dal p.c.	Livello	γ KN/m ³	ϕ_k' °	c_k' KPa	E kPa	Categoria di sottosuolo
Sabbie limose, limi sabbiosi e ghiaie	p.c.	A	19	28	10	4000	B
Ciottolami	7	B	19,5	35	-	12000	

γ peso di volume, ϕ_k' angolo di attrito efficace caratteristico, c' coesione drenata caratteristica, E Modulo edometrico,

CPT 10 masw 3

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI							
Strato litologia	Quota tetto dal p.c.	Livello	γ KN/m ³	ϕ_k' °	c_k' KPa	E kPa	Categoria di sottosuolo
Sabbie limose, limi sabbiosi	p.c.	A	19	28	10	4000	C

γ peso di volume, ϕ_k' angolo di attrito efficace caratteristico, c' coesione drenata caratteristica, E Modulo edometrico,

8 Categoria di sottosuolo

La *categoria di sottosuolo*, per la valutazione dell'azione sismica è stata dedotta utilizzando i dati geofisici acquisiti in sito elaborando i 3 profili sismici eseguiti riportati nelle figure 1 e 4.

L'analisi delle onde di superficie mediante le Prove Multi-channel Analysis of Surface Waves ("MASW") è stato finalizzato alla determinazione del valore normativo Vs30.

L'elaborazione dei dati geofisici Vs, estrapolabili con buon grado di attendibilità, viste le conoscenze dell'area, ha indotto ad attribuire ai terreni nei 30 m di profondità dal piano di posa delle strutture in progetto, in coerenza ai contenuti della Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo delle NTC/18, una *categoria di sottosuolo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s* per le opere ricadenti tra la masw 1 e la masw 2 e una categoria di sottosuolo C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s* per le opere ricadenti nell'intorno della masw 3.

Vista la conformazione pianeggiante delle aree su cui insistono gli argini e le inclinazioni inferiori a 15° per i pendii su cui si sono svolte le verifiche geotecniche si definisce una categoria topografica T1.

9 Indagini Ambientali

Per la caratterizzazione ambientale dei terreni è stata condotta una campagna d'indagine, realizzata tramite il campionamento e le successive analisi di laboratorio. L'indagine, ha previsto il prelievo di n. 3 campioni, così come previsto dal DPR 120/2017.

Nell'ambito dei risultati analitici conseguiti per i parametri analizzati, tutti i campioni prelevati, **rispettano** i valori limite di cui al D.Lgs. 152/06 Parte IV, Titolo V, Allegato 5 Tab.1, Colonna A (destinazione d'uso verde pubblico, privato e residenziale).

10 Conclusioni

Alla luce di quanto sin qui esposto, considerati gli aspetti geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico dell'area, si ritiene il progetto proposto fattibile alle condizioni ed alle prescrizioni contenute nella presente relazione.

Firenze, 02 Marzo 2023

IL RELATORE

Geol. Francesco Vannini

Allegati: Rapporti di Prova

Rapporto n°:	389-22				Data:	13/12/2022 e 22/12/2022			
Committente:	Regione Toscana				Località:	Rio di Riolo – Arezzo			
Coordinate P1:	Lat.:	43.420359°	Long.:	11.850912°	Coordinate P6:	Lat.:	43.421273°	Long.:	11.848384°
Coordinate P2:	Lat.:	43.420456°	Long.:	11.850676°	Coordinate P7:	Lat.:	43.421247°	Long.:	11.848109°
Coordinate P3:	Lat.:	43.420575°	Long.:	11.850382°	Coordinate P8:	Lat.:	43.421242°	Long.:	11.847729°
Coordinate P4:	Lat.:	43.420677°	Long.:	11.850094°	Coordinate P9:	Lat.:	43.420906°	Long.:	11.846033°
Coordinate P5:	Lat.:	43.420818°	Long.:	11.849765°	Coordinate P10:	Lat.:	43.419505°	Long.:	11.843319°



P1 (CPT)



P2 (CPT)



P3 (CPT/DPSH)



P4 (CPT)



P5 (CPT)



P6 (CPT)



P7 (CPT)



P8 (DPSH)



P9 (DPSH)



P10 (CPT)



Ubicazione prove penetrometriche

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI								CPT		1					
								Riferimento		389-22					
Committente Regione Toscana								U.M.: kg/cm²	Data esec.	13/12/2022					
Cantiere								Pagina 1							
Località Rio di Riolo - Arezzo								Elaborato	Falda						
H	L1	L2	Tot	qc	fs	F	Rf	H	L1	L2	Tot	qc	fs	F	Rf
m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%	m	-	-	-	kg/cm²	kg/cm²	-	%
0,20	0	0		0,0	0,00										
0,40	15	32		15,0	1,13	13	7,5								
0,60	17	39		17,0	1,47	12	8,6								
0,80	45	72		45,0	1,80	25	4,0								
1,00	23	66		23,0	2,87	8	12,5								
1,20	31	60		31,0	1,93	16	6,2								
1,40	18	46		18,0	1,87	10	10,4								
1,60	22	51		22,0	1,93	11	8,8								
1,80	38	66		38,0	1,87	20	4,9								
2,00	29	71		29,0	2,80	10	9,7								
2,20	26	60		26,0	2,27	11	8,7								
2,40	35	77		35,0	2,80	13	8,0								
2,60	55	113		55,0	3,87	14	7,0								
2,80	28	79		28,0	3,40	8	12,1								
3,00	30	68		30,0	2,53	12	8,4								
3,20	39	62		39,0	1,53	25	3,9								
3,40	14	47		14,0	2,20	6	15,7								
3,60	25	52		25,0	1,80	14	7,2								
3,80	27	61		27,0	2,27	12	8,4								
4,00	98	190		98,0	6,13	16	6,3								
4,20	63	170		63,0	7,13	9	11,3								
4,40	138	280		138,0	9,47	15	6,9								
4,60	98	202		98,0	6,93	14	7,1								
4,80	68	147		68,0	5,27	13	7,8								
5,00	57	113		57,0	3,73	15	6,5								
5,20	53	116		53,0	4,20	13	7,9								
5,40	47	98		47,0	3,40	14	7,2								
5,60	15	60		15,0	3,00	5	20,0								
5,80	14	28		14,0	0,93	15	6,6								
6,00	21	32		21,0	0,73	29	3,5								
6,20	23	45		23,0	1,47	16	6,4								
6,40	82	133		82,0	3,40	24	4,1								
6,60	220	390		220,0	11,33	19	5,2								
6,80	350	410		350,0	4,00	88	1,1								
7,00	383	495		383,0	7,47	51	2,0								

H = profondità

L1 = prima lettura (punta)

L2 = seconda lettura (punta + laterale)

Lt = terza lettura (totale)

CT =10,00 costante di trasformazione

qc = resistenza punta

fs = resistenza laterale

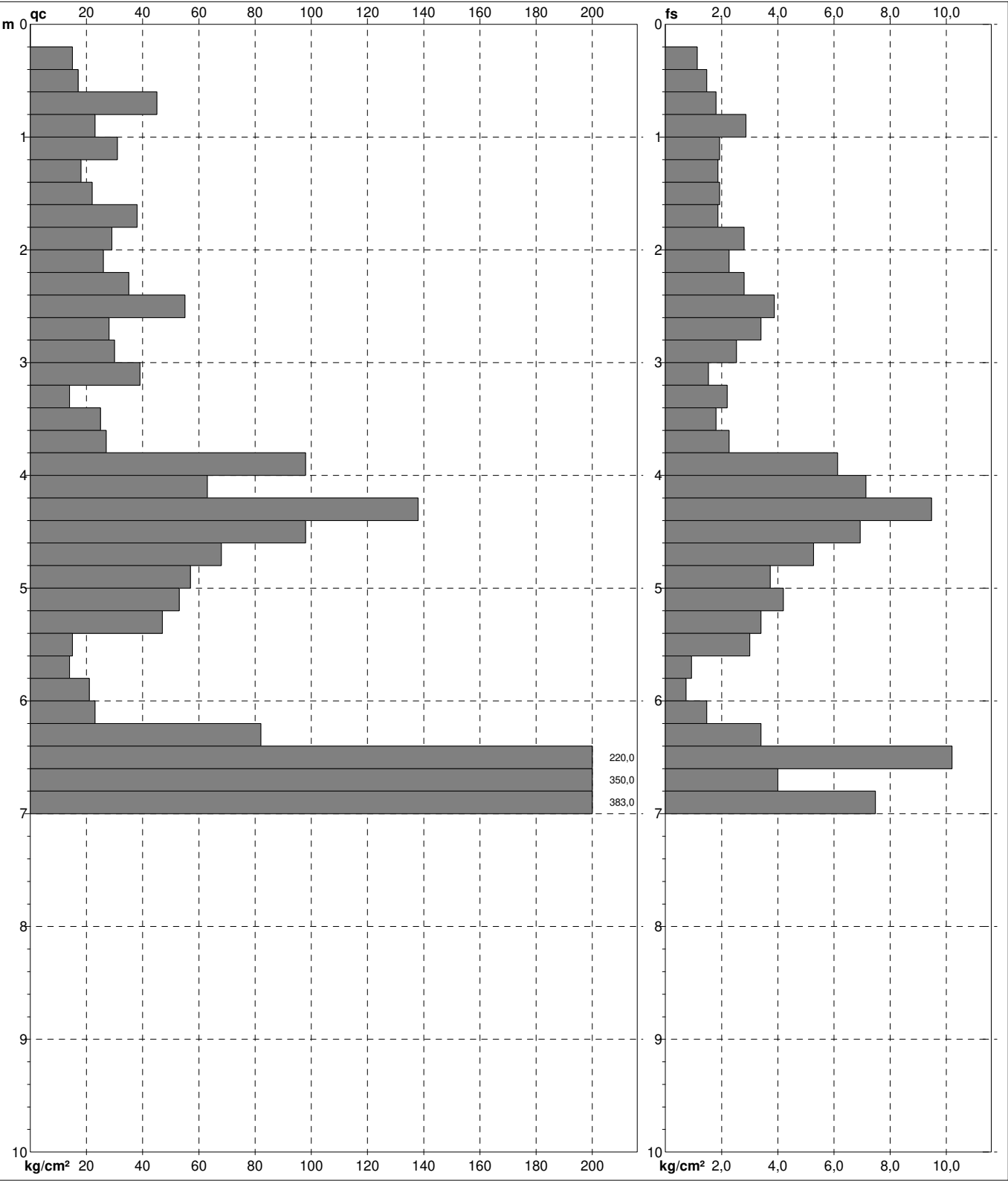
alla stessa quota di qc

F = rapporto Begemann (qc / fs)

Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	CPT	1
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data eseg.	13/12/2022
Cantiere		Scala: 1:50		
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Pagina 1	Quota inizio: Falda	
		Elaborato		



Penetrometro:	TG63-200Stat	preforo	m
Responsabile:		Corr.astine:	kg/ml
Assistente:		Cod. tip:	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	1
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data eseg.	13/12/2022
Cantiere		Pagina	1	
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Elaborato	Falda	

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m ³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	?	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	15,0	13,3	2	1,85	0,07	154	0,67	98,0	113,3	170,0	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	17,0	11,6	2	1,85	0,11	161	0,72	65,4	123,0	184,5	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	45,0	25,0	4	1,85	0,15	232	1,50	99,9	255,0	382,5	135,0	91	42	38	36	33	42	31	75,0	112,5	135,0	--	--
1,00	23,0	8,0	4	1,85	0,19	180	0,87	43,3	147,5	221,3	69,0	63	39	34	31	29	38	28	38,3	57,5	69,0	--	--
1,20	31,0	16,1	4	1,85	0,22	202	1,03	42,9	175,7	263,5	93,0	68	39	34	31	29	39	29	51,7	77,5	93,0	--	--
1,40	18,0	9,6	2	1,85	0,26	164	0,75	23,7	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	22,0	11,4	4	1,85	0,30	177	0,85	23,3	143,8	215,8	66,0	50	37	31	28	26	35	28	36,7	55,0	66,0	--	--
1,80	38,0	20,3	4	1,85	0,33	218	1,27	33,4	215,3	323,0	114,0	66	39	33	30	28	38	30	63,3	95,0	114,0	--	--
2,00	29,0	10,4	4	1,85	0,37	197	0,98	21,3	167,1	250,7	87,0	54	38	31	28	27	36	29	48,3	72,5	87,0	--	--
2,20	26,0	11,5	4	1,85	0,41	189	0,93	17,6	157,9	236,8	78,0	48	37	30	27	26	34	28	43,3	65,0	78,0	--	--
2,40	35,0	12,5	4	1,85	0,44	211	1,17	21,0	198,3	297,5	105,0	56	38	31	29	27	36	29	58,3	87,5	105,0	--	--
2,60	55,0	14,2	4	1,85	0,48	251	1,83	33,4	311,7	467,5	165,0	69	40	33	30	28	38	31	91,7	137,5	165,0	--	--
2,80	28,0	8,2	4	1,85	0,52	194	0,97	13,7	164,1	246,2	84,0	44	37	30	27	25	34	28	46,7	70,0	84,0	--	--
3,00	30,0	11,9	4	1,85	0,56	199	1,00	13,1	170,0	255,0	90,0	45	37	30	27	25	34	29	50,0	75,0	90,0	--	--
3,20	39,0	25,5	4	1,85	0,59	220	1,30	16,8	221,0	331,5	117,0	52	38	31	28	26	35	30	65,0	97,5	117,0	--	--
3,40	14,0	6,4	2	1,85	0,63	150	0,64	6,4	163,3	244,9	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
3,60	25,0	13,9	4	1,85	0,67	186	0,91	9,3	158,7	238,0	75,0	34	35	28	25	23	32	28	41,7	62,5	75,0	--	--
3,80	27,0	11,9	4	1,85	0,70	192	0,95	9,1	167,0	250,5	81,0	36	36	28	25	23	32	28	45,0	67,5	81,0	--	--
4,00	98,0	16,0	4	1,85	0,74	311	3,27	40,2	555,3	833,0	294,0	79	41	34	31	29	38	34	163,3	245,0	294,0	--	--
4,20	63,0	8,8	4	1,85	0,78	264	2,10	21,8	357,0	535,5	189,0	62	39	32	29	27	36	32	105,0	157,5	189,0	--	--
4,40	138,0	14,6	4	1,85	0,81	354	4,60	54,7	782,0	1173,0	414,0	88	42	35	32	30	39	36	230,0	345,0	414,0	--	--
4,60	98,0	14,1	4	1,85	0,85	311	3,27	33,7	555,3	833,0	294,0	75	40	33	30	28	38	34	163,3	245,0	294,0	--	--
4,80	68,0	12,9	4	1,85	0,89	271	2,27	20,3	385,3	578,0	204,0	62	39	31	28	27	35	32	113,3	170,0	204,0	--	--
5,00	57,0	15,3	4	1,85	0,93	254	1,90	15,4	323,0	484,5	171,0	55	38	30	27	26	34	31	95,0	142,5	171,0	--	--
5,20	53,0	12,6	4	1,85	0,96	247	1,77	13,4	300,3	450,5	159,0	51	37	30	27	25	34	31	88,3	132,5	159,0	--	--
5,40	47,0	13,8	4	1,85	1,00	236	1,57	11,0	266,3	399,5	141,0	46	37	29	26	24	33	31	78,3	117,5	141,0	--	--
5,60	15,0	5,0	2	1,85	1,04	154	0,67	3,6	292,5	438,8	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,80	14,0	15,1	2	1,85	1,07	150	0,64	3,3	299,7	449,6	48,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6,00	21,0	28,8	4	1,85	1,11	174	0,82	4,3	310,0	465,0	63,0	16	33	24	21	20	28	27	35,0	52,5	63,0	--	--
6,20	23,0	15,6	4	1,85	1,15	180	0,87	4,4	320,1	480,2	69,0	18	33	25	21	20	28	28	38,3	57,5	69,0	--	--
6,40	82,0	24,1	4	1,85	1,18	291	2,73	17,9	464,7	697,0	246,0	61	39	31	28	26	35	33	136,7	205,0	246,0	--	--
6,60	220,0	19,4	4	1,85	1,22	422	7,33	59,0	1246,7	1870,0	660,0	94	43	36	33	31	40	38	366,7	550,0	660,0	--	--
6,80	350,0	87,5	3	1,85	1,26	503	--	--	--	--	--	100	43	38	35	33	41	40	583,3	875,0	1050,0	--	--
7,00	383,0	51,3	3	1,85	1,30	521	--	--	--	--	--	100	43	38	35	33	42	40	638,3	957,5	1149,0	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	2
	Riferimento	389-22

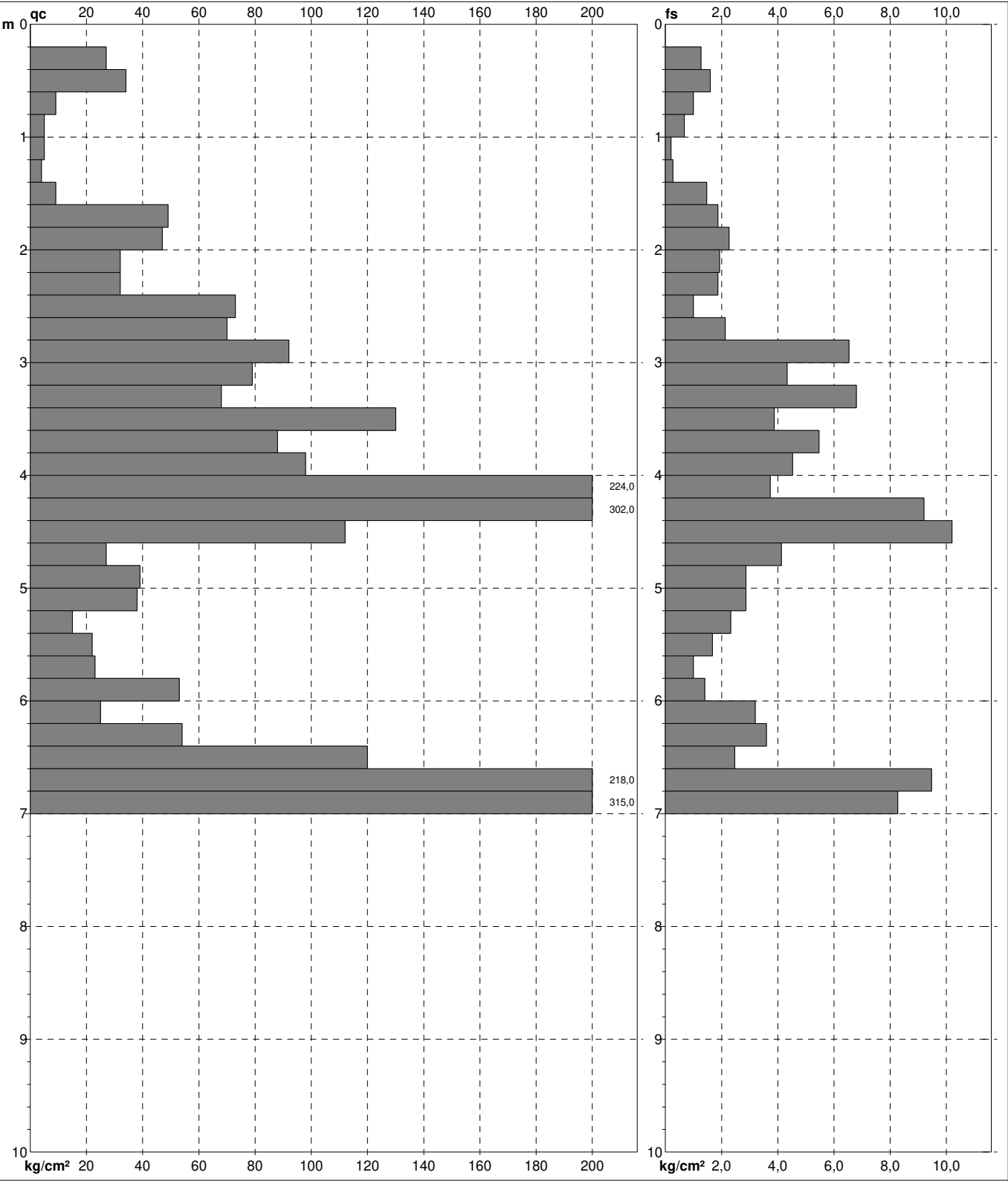
Committente Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data esec. 13/12/2022
Cantiere	Pagina 1	
Località Rio di Riolo - Arezzo	Elaborato	Falda

H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0	0		0,0	0,00										
0,40	27	46		27,0	1,27	21	4,7								
0,60	34	58		34,0	1,60	21	4,7								
0,80	9	24		9,0	1,00	9	11,1								
1,00	5	15		5,0	0,67	7	13,4								
1,20	5	8		5,0	0,20	25	4,0								
1,40	4	8		4,0	0,27	15	6,8								
1,60	9	31		9,0	1,47	6	16,3								
1,80	49	77		49,0	1,87	26	3,8								
2,00	47	81		47,0	2,27	21	4,8								
2,20	32	61		32,0	1,93	17	6,0								
2,40	32	60		32,0	1,87	17	5,8								
2,60	73	88		73,0	1,00	73	1,4								
2,80	70	102		70,0	2,13	33	3,0								
3,00	92	190		92,0	6,53	14	7,1								
3,20	79	144		79,0	4,33	18	5,5								
3,40	68	170		68,0	6,80	10	10,0								
3,60	130	188		130,0	3,87	34	3,0								
3,80	88	170		88,0	5,47	16	6,2								
4,00	98	166		98,0	4,53	22	4,6								
4,20	224	280		224,0	3,73	60	1,7								
4,40	302	440		302,0	9,20	33	3,0								
4,60	112	318		112,0	13,73	8	12,3								
4,80	27	89		27,0	4,13	7	15,3								
5,00	39	82		39,0	2,87	14	7,4								
5,20	38	81		38,0	2,87	13	7,6								
5,40	15	50		15,0	2,33	6	15,5								
5,60	22	47		22,0	1,67	13	7,6								
5,80	23	38		23,0	1,00	23	4,3								
6,00	53	74		53,0	1,40	38	2,6								
6,20	25	73		25,0	3,20	8	12,8								
6,40	54	108		54,0	3,60	15	6,7								
6,60	120	157		120,0	2,47	49	2,1								
6,80	218	360		218,0	9,47	23	4,3								
7,00	315	439		315,0	8,27	38	2,6								

H = profondità	qc = resistenza punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	alla stessa quota di qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT = 10,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

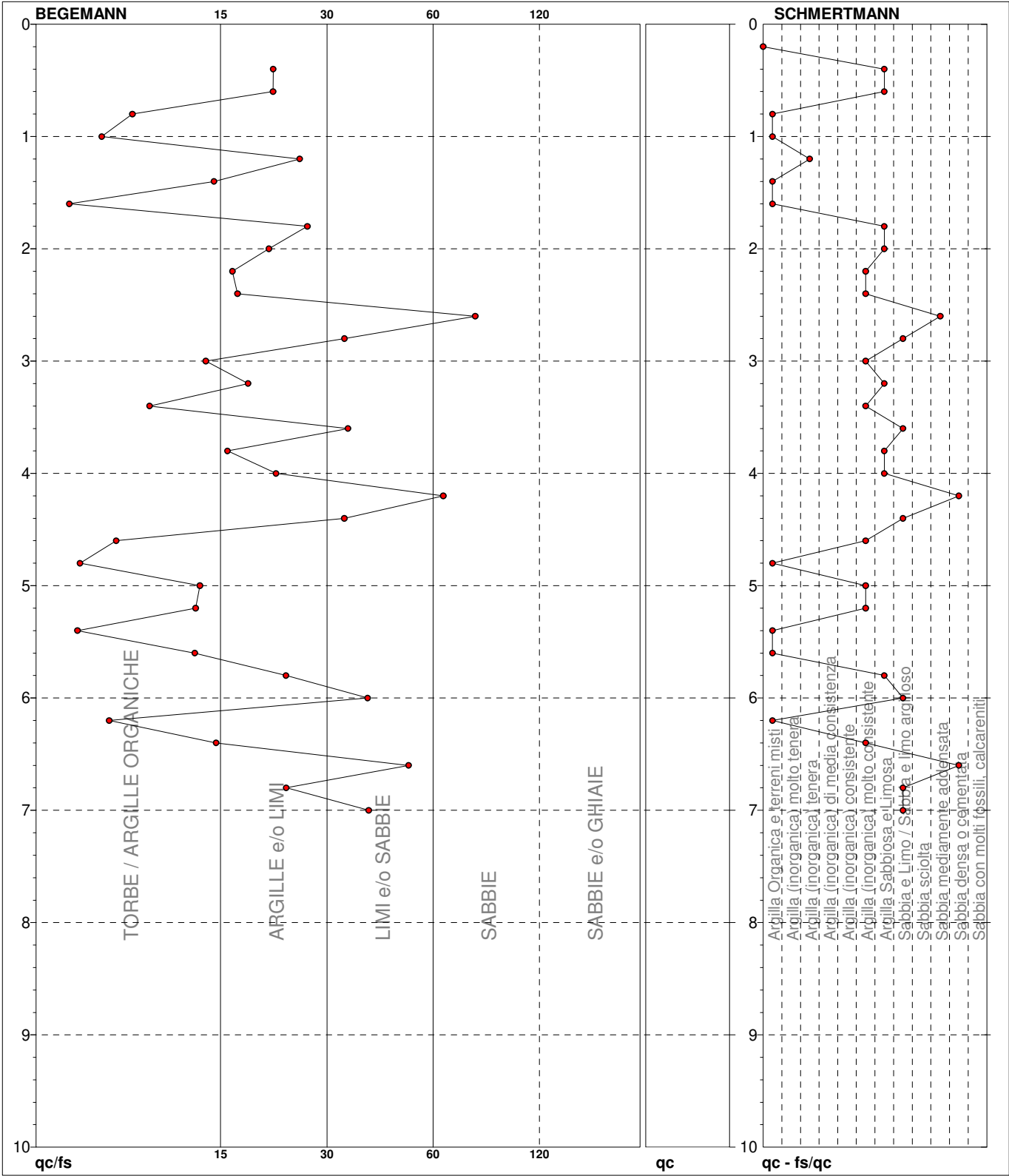
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	CPT	2
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data exec.	13/12/2022
Cantiere		Scala: 1:50		
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Pagina 1	Quota inizio:	
		Elaborato	Falda	



Penetrometro:	TG63-200Stat	preforo	m
Responsabile:		Corr.astine:	kg/ml
Assistente:		Cod. tip:	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA			CPT	2
			Riferimento	389-22
Committente Regione Toscana			U.M.: kg/cm²	Data esec. 13/12/2022
Cantiere			Scala: 1:50	Falda
Località Rio di Riolo - Arezzo			Pagina 1	
			Elaborato	



● 389-22 [2] : 7,00 m

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	2
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data esec.	13/12/2022
Cantiere		Pagina	1	
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Elaborato	Falda	

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m ³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	?	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	27,0	21,3	4	1,85	0,07	192	0,95	99,9	161,1	241,6	81,0	91	42	39	36	34	43	28	45,0	67,5	81,0	--	--
0,60	34,0	21,3	4	1,85	0,11	209	1,13	99,9	192,7	289,0	102,0	89	42	38	36	33	42	29	56,7	85,0	102,0	--	--
0,80	9,0	9,0	2	1,85	0,15	127	0,45	25,2	76,5	114,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	5,0	7,5	1	1,85	0,19	101	0,25	9,1	10,5	15,7	7,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	5,0	25,0	2	1,85	0,22	101	0,25	7,3	54,9	82,4	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	4,0	14,8	1	1,85	0,26	93	0,20	4,5	13,1	19,7	6,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	9,0	6,1	2	1,85	0,30	127	0,45	10,6	76,5	114,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	49,0	26,2	4	1,85	0,33	240	1,63	45,8	277,7	416,5	147,0	74	40	35	32	30	39	31	81,7	122,5	147,0	--	--
2,00	47,0	20,7	4	1,85	0,37	236	1,57	38,1	266,3	399,5	141,0	70	40	34	31	29	38	31	78,3	117,5	141,0	--	--
2,20	32,0	16,6	4	1,85	0,41	204	1,07	20,9	181,3	272,0	96,0	55	38	31	28	27	36	29	53,3	80,0	96,0	--	--
2,40	32,0	17,1	4	1,85	0,44	204	1,07	18,8	181,3	272,0	96,0	53	38	31	28	26	35	29	53,3	80,0	96,0	--	--
2,60	73,0	73,0	3	1,85	0,48	279	--	--	--	--	--	79	41	35	32	30	39	32	121,7	182,5	219,0	--	--
2,80	70,0	32,9	3	1,85	0,52	274	--	--	--	--	--	76	40	34	31	29	38	33	116,7	175,0	210,0	--	--
3,00	92,0	14,1	4	1,85	0,56	304	3,07	53,2	521,3	782,0	276,0	83	41	35	32	30	39	33	153,3	230,0	276,0	--	--
3,20	79,0	18,2	4	1,85	0,59	287	2,63	40,6	447,7	671,5	237,0	77	40	34	31	29	38	33	131,7	197,5	237,0	--	--
3,40	68,0	10,0	4	1,85	0,63	271	2,27	31,2	385,3	578,0	204,0	70	40	33	30	28	37	32	113,3	170,0	204,0	--	--
3,60	130,0	33,6	3	1,85	0,67	346	--	--	--	--	--	91	42	36	33	31	40	35	216,7	325,0	390,0	--	--
3,80	88,0	16,1	4	1,85	0,70	299	2,93	37,4	498,7	748,0	264,0	76	40	34	31	29	38	33	146,7	220,0	264,0	--	--
4,00	98,0	21,6	4	1,85	0,74	311	3,27	40,2	555,3	833,0	294,0	79	41	34	31	29	38	34	163,3	245,0	294,0	--	--
4,20	224,0	60,1	3	1,85	0,78	425	--	--	--	--	--	100	43	38	35	33	42	38	373,3	560,0	672,0	--	--
4,40	302,0	32,8	3	1,85	0,81	476	--	--	--	--	--	100	43	39	37	34	43	40	503,3	755,0	906,0	--	--
4,60	112,0	8,2	4	1,85	0,85	328	3,73	39,9	634,7	952,0	336,0	80	41	34	31	29	38	34	186,7	280,0	336,0	--	--
4,80	27,0	6,5	4	1,85	0,89	192	0,95	6,8	225,1	337,7	81,0	30	35	27	24	22	30	28	45,0	67,5	81,0	--	--
5,00	39,0	13,6	4	1,85	0,93	220	1,30	9,6	223,1	334,6	117,0	42	36	28	25	24	32	30	65,0	97,5	117,0	--	--
5,20	38,0	13,2	4	1,85	0,96	218	1,27	8,9	227,9	341,8	114,0	40	36	28	25	23	32	30	63,3	95,0	114,0	--	--
5,40	15,0	6,4	2	1,85	1,00	154	0,67	3,8	281,4	422,1	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
5,60	22,0	13,2	4	1,85	1,04	177	0,85	4,9	286,9	430,4	66,0	19	34	25	22	20	28	28	36,7	55,0	66,0	--	--
5,80	23,0	23,0	4	1,85	1,07	180	0,87	4,8	297,6	446,4	69,0	20	34	25	22	20	28	28	38,3	57,5	69,0	--	--
6,00	53,0	37,9	3	1,85	1,11	247	--	--	--	--	--	48	37	29	26	24	33	31	88,3	132,5	159,0	--	--
6,20	25,0	7,8	4	1,85	1,15	186	0,91	4,7	318,9	478,4	75,0	21	34	25	22	21	28	28	41,7	62,5	75,0	--	--
6,40	54,0	15,0	4	1,85	1,18	249	1,80	10,6	306,0	459,0	162,0	47	37	29	26	24	33	31	90,0	135,0	162,0	--	--
6,60	120,0	48,6	3	1,85	1,22	336	--	--	--	--	--	73	40	33	30	28	37	35	200,0	300,0	360,0	--	--
6,80	218,0	23,0	4	1,85	1,26	421	7,27	56,2	1235,3	1853,0	654,0	93	42	35	33	30	40	38	363,3	545,0	654,0	--	--
7,00	315,0	38,1	3	1,85	1,30	484	--	--	--	--	--	100	43	37	34	32	41	40	525,0	787,5	945,0	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	3
	Riferimento	389-22

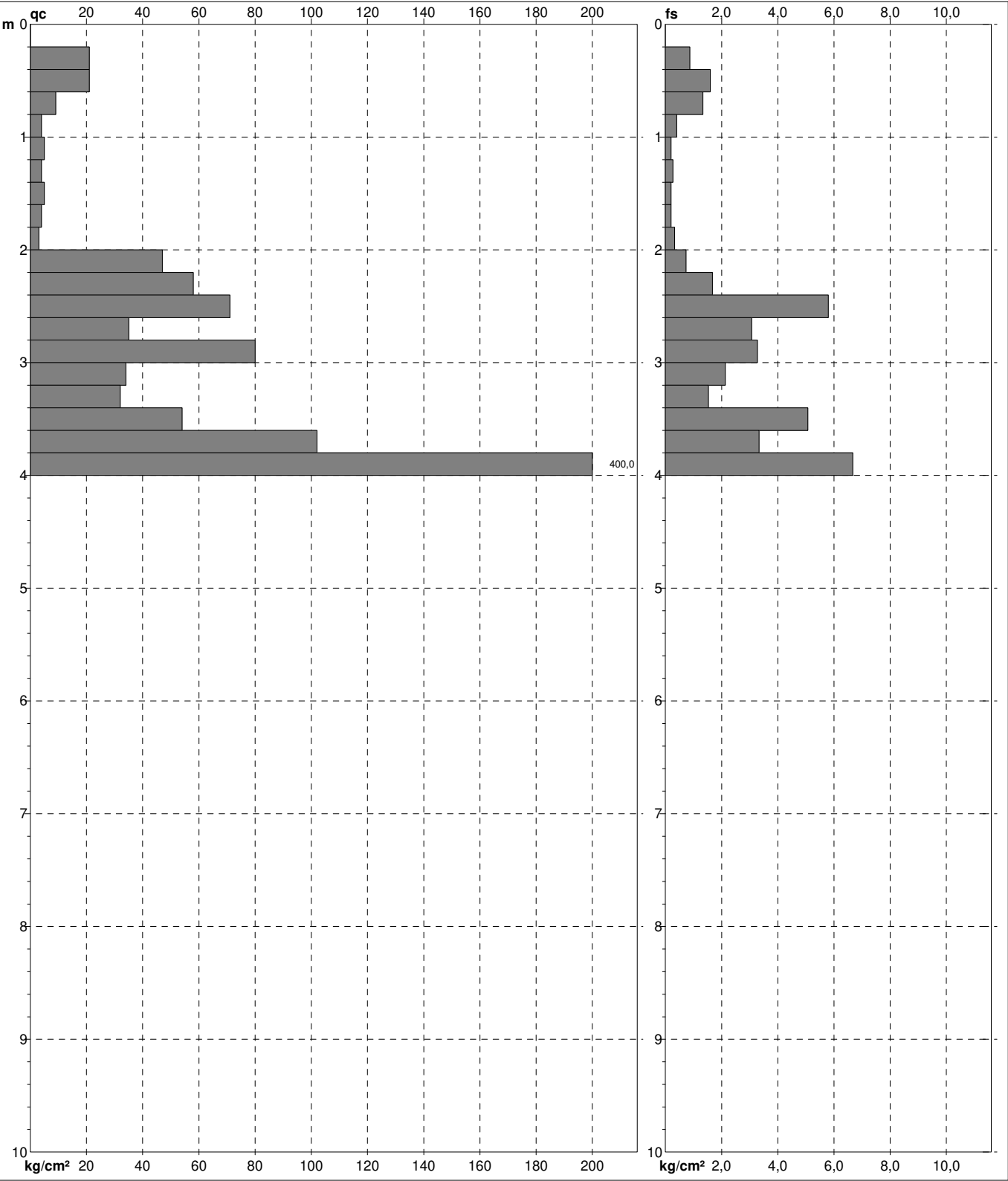
Committente Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data esec. 13/12/2022
Cantiere	Pagina 1	
Località Rio di Riolo - Arezzo	Elaborato	Falda

H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0	0		0,0	0,00										
0,40	21	34		21,0	0,87	24	4,1								
0,60	21	45		21,0	1,60	13	7,6								
0,80	9	29		9,0	1,33	7	14,8								
1,00	4	10		4,0	0,40	10	10,0								
1,20	5	8		5,0	0,20	25	4,0								
1,40	4	8		4,0	0,27	15	6,8								
1,60	5	8		5,0	0,20	25	4,0								
1,80	4	7		4,0	0,20	20	5,0								
2,00	3	8		3,0	0,33	9	11,0								
2,20	47	58		47,0	0,73	64	1,6								
2,40	58	83		58,0	1,67	35	2,9								
2,60	71	158		71,0	5,80	12	8,2								
2,80	35	81		35,0	3,07	11	8,8								
3,00	80	129		80,0	3,27	24	4,1								
3,20	34	66		34,0	2,13	16	6,3								
3,40	32	55		32,0	1,53	21	4,8								
3,60	54	130		54,0	5,07	11	9,4								
3,80	102	152		102,0	3,33	31	3,3								
4,00	400	500		400,0	6,67	60	1,7								

H = profondità	qc = resistenza punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	alla stessa quota di qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT =10,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	CPT	3
	Riferimento	389-22

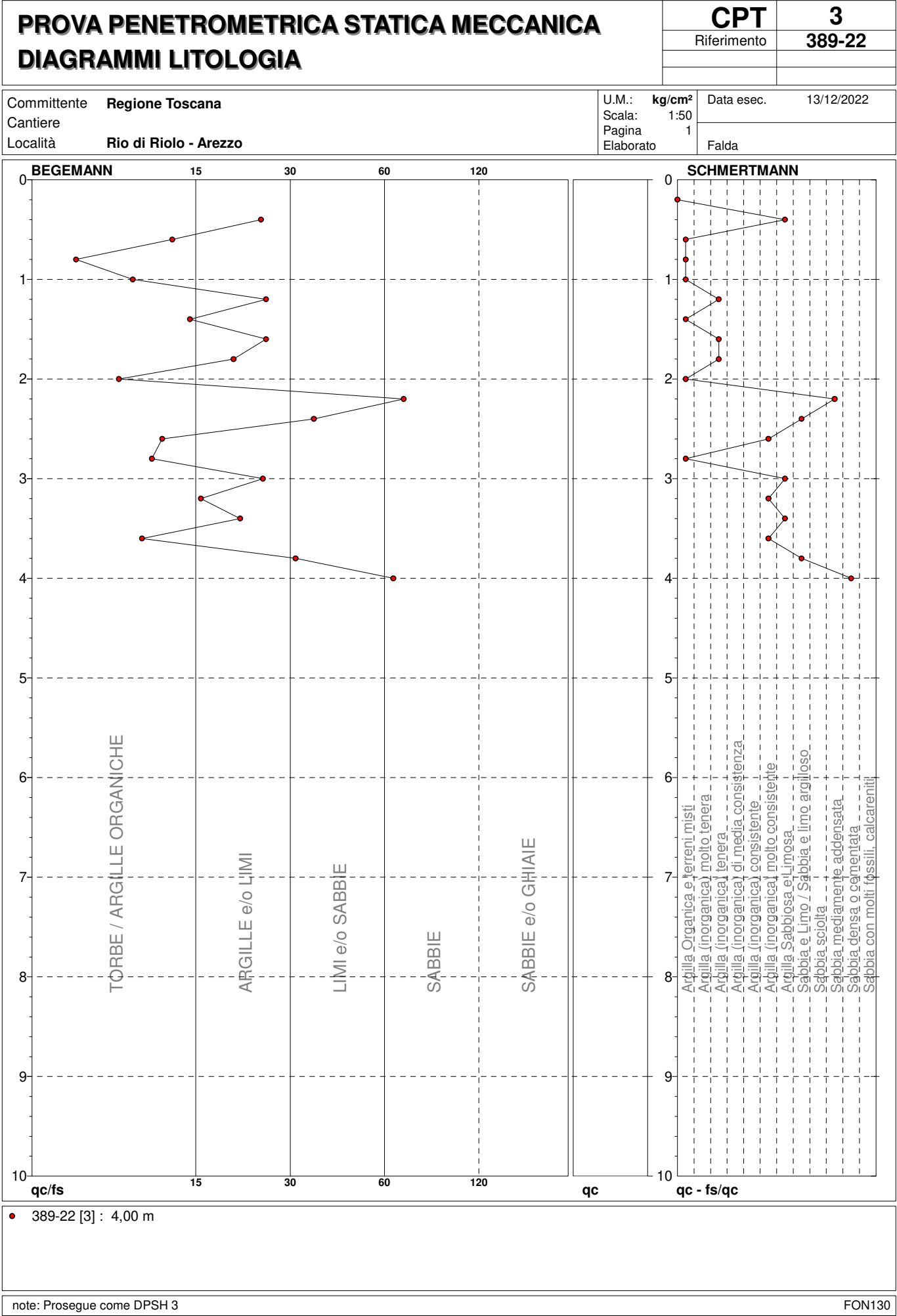
Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data esec.	13/12/2022
Cantiere		Scala: 1:50		
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Pagina 1	Quota inizio: Falda	
		Elaborato		



		Penetrometro: TG63-200Stat	preforo m
		Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
		Assistente:	Cod. tip:

note: Prosegue come DPSH 3

FON130



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI												CPT		3									
												Riferimento		389-22									
Committente Regione Toscana										U.M.: kg/cm²		Data eseg. 13/12/2022											
Cantiere										Pagina 1													
Località Rio di Riolo - Arezzo										Elaborato		Falda											
							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	?	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	21,0	24,1	4	1,85	0,07	174	0,82	99,9	140,0	210,0	63,0	82	41	38	35	33	42	27	35,0	52,5	63,0	--	--
0,60	21,0	13,1	4	1,85	0,11	174	0,82	76,9	140,0	210,0	63,0	72	40	36	33	31	40	27	35,0	52,5	63,0	--	--
0,80	9,0	6,8	2	1,85	0,15	127	0,45	25,2	76,5	114,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	4,0	10,0	1	1,85	0,19	93	0,20	6,9	10,1	15,1	6,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	5,0	25,0	2	1,85	0,22	101	0,25	7,3	54,9	82,4	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	4,0	14,8	1	1,85	0,26	93	0,20	4,5	13,1	19,7	6,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	5,0	25,0	2	1,85	0,30	101	0,25	5,1	81,5	122,2	25,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	4,0	20,0	2	1,85	0,33	93	0,20	3,3	93,3	139,9	20,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	3,0	9,1	1	1,85	0,37	84	0,15	2,0	17,9	26,9	4,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	47,0	64,4	3	1,85	0,41	236	--	--	--	--	--	68	39	33	30	29	38	31	78,3	117,5	141,0	--	--
2,40	58,0	34,7	3	1,85	0,44	256	--	--	--	--	--	73	40	34	31	29	38	31	96,7	145,0	174,0	--	--
2,60	71,0	12,2	4	1,85	0,48	276	2,37	46,0	402,3	603,5	213,0	78	41	35	32	30	39	32	118,3	177,5	213,0	--	--
2,80	35,0	11,4	4	1,85	0,52	211	1,17	17,3	198,3	297,5	105,0	52	37	31	28	26	35	29	58,3	87,5	105,0	--	--
3,00	80,0	24,5	4	1,85	0,56	289	2,67	44,7	453,3	680,0	240,0	79	41	34	32	30	39	33	133,3	200,0	240,0	--	--
3,20	34,0	16,0	4	1,85	0,59	209	1,13	14,1	192,7	289,0	102,0	48	37	30	27	25	34	29	56,7	85,0	102,0	--	--
3,40	32,0	20,9	4	1,85	0,63	204	1,07	12,1	181,3	272,0	96,0	44	37	29	26	25	33	29	53,3	80,0	96,0	--	--
3,60	54,0	10,7	4	1,85	0,67	249	1,80	21,8	306,0	459,0	162,0	61	39	32	29	27	36	31	90,0	135,0	162,0	--	--
3,80	102,0	30,6	3	1,85	0,70	316	--	--	--	--	--	81	41	34	32	30	39	34	170,0	255,0	306,0	--	--
4,00	400,0	60,0	3	1,85	0,74	529	--	--	--	--	--	100	43	41	39	36	44	40	666,7	1000,0	1200,0	--	--

FON130

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	4
	Riferimento	389-22

Committente Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data esec. 13/12/2022
Cantiere	Pagina 1	
Località Rio di Riolo - Arezzo	Elaborato	Falda

H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0	0		0,0	0,00										
0,40	64	86		64,0	1,47	44	2,3								
0,60	24	80		24,0	3,73	6	15,5								
0,80	17	42		17,0	1,67	10	9,8								
1,00	4	19		4,0	1,00	4	25,0								
1,20	2	6		2,0	0,27	7	13,5								
1,40	4	6		4,0	0,13	31	3,3								
1,60	4	17		4,0	0,87	5	21,8								
1,80	16	22		16,0	0,40	40	2,5								
2,00	16	20		16,0	0,27	59	1,7								
2,20	15	35		15,0	1,33	11	8,9								
2,40	18	44		18,0	1,73	10	9,6								
2,60	60	113		60,0	3,53	17	5,9								
2,80	83	152		83,0	4,60	18	5,5								
3,00	160	208		160,0	3,20	50	2,0								
3,20	25	89		25,0	4,27	6	17,1								
3,40	47	93		47,0	3,07	15	6,5								
3,60	53	105		53,0	3,47	15	6,5								
3,80	340	490		340,0	10,00	34	2,9								
4,00	91	251		91,0	10,67	9	11,7								
4,20	66	175		66,0	7,27	9	11,0								
4,40	71	107		71,0	2,40	30	3,4								
4,60	67	117		67,0	3,33	20	5,0								
4,80	95	190		95,0	6,33	15	6,7								
5,00	168	228		168,0	4,00	42	2,4								
5,20	77	120		77,0	2,87	27	3,7								
5,40	107	220		107,0	7,53	14	7,0								
5,60	95	218		95,0	8,20	12	8,6								
5,80	131	245		131,0	7,60	17	5,8								
6,00	232	359		232,0	8,47	27	3,7								
6,20	308	439		308,0	8,73	35	2,8								
6,40	350	491		350,0	9,40	37	2,7								

H = profondità	qc = resistenza punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	alla stessa quota di qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT = 10,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT**4**

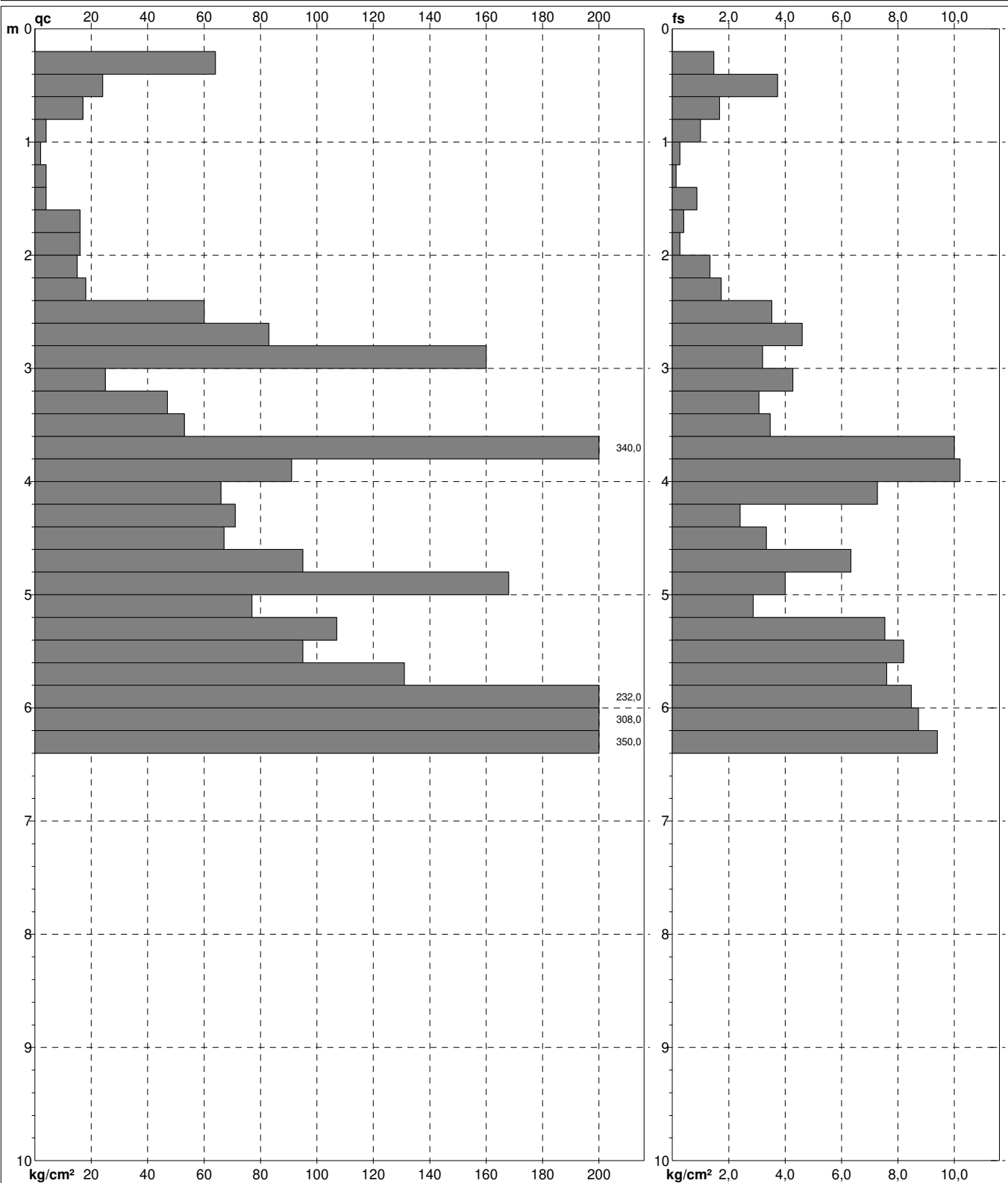
Riferimento

389-22Committente **Regione Toscana**

Cantiere

Località **Rio di Riolo - Arezzo**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:50**Pagina **1**

Elaborato

Data exec. **13/12/2022**Quota inizio:
FaldaPenetrometro: **TG63-200Stat**

Responsabile:

Assistente:

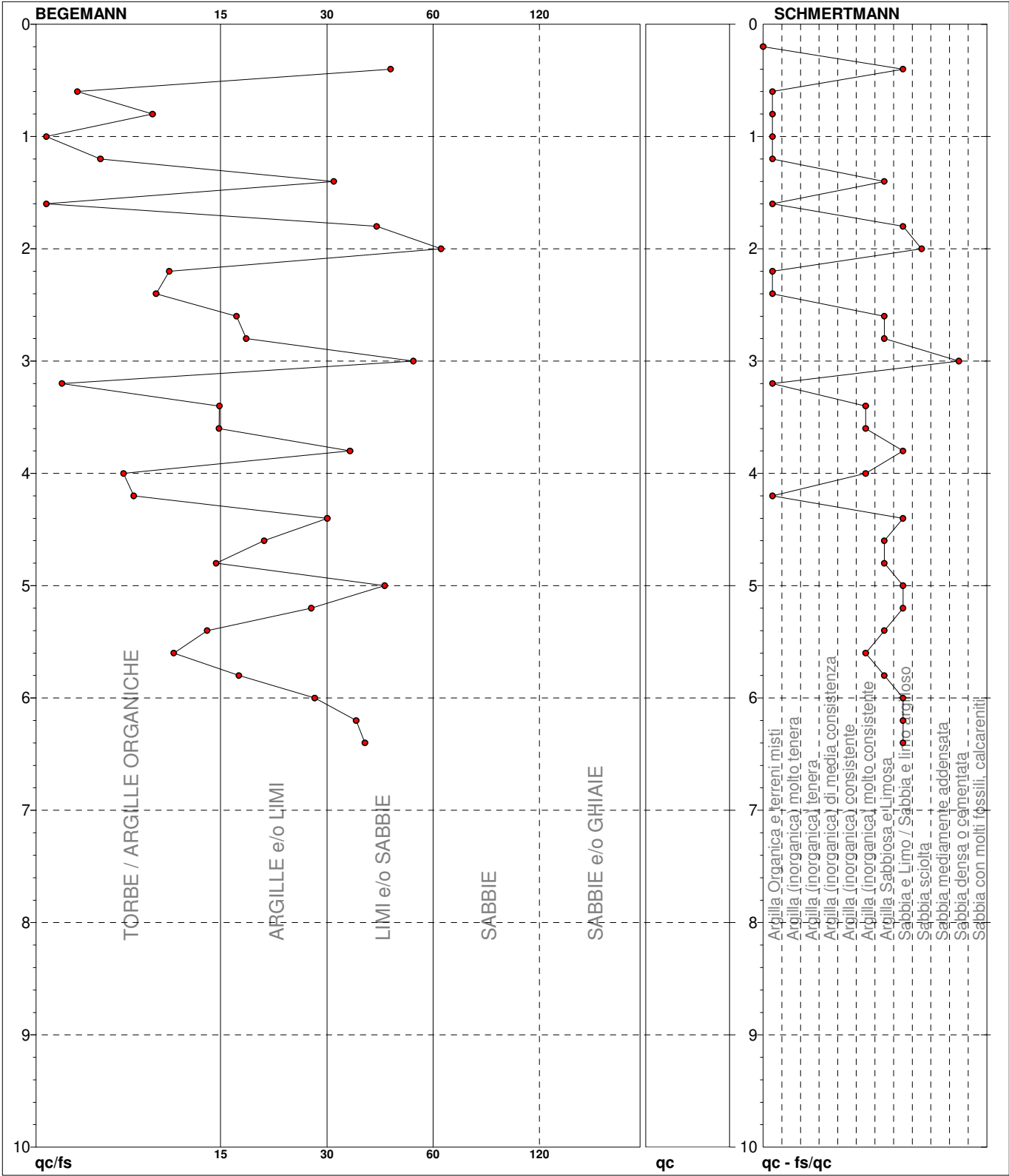
preforo **m**Corr.astine: **kg/ml**

Cod. tip:

FON130

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA	CPT	4
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	U.M.:	kg/cm²	Data eseg.	13/12/2022
Cantiere		Scala:	1:50		
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Pagina	1		
		Elaborato		Falda	



● 389-22 [4] : 6,40 m

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	4
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data eseg.	13/12/2022
Cantiere		Pagina	1	
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Elaborato	Falda	

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m ³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	64,0	43,5	3	1,85	0,07	265	--	--	--	--	--	100	43	43	41	38	45	32	106,7	160,0	192,0	--	--
0,60	24,0	6,4	4	1,85	0,11	183	0,89	84,6	151,1	226,7	72,0	77	40	36	34	31	40	28	40,0	60,0	72,0	--	--
0,80	17,0	10,2	2	1,85	0,15	161	0,72	45,6	123,0	184,5	54,1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	4,0	4,0	1	1,85	0,19	93	0,20	6,9	10,1	15,1	6,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	2,0	7,4	1	1,85	0,22	72	0,10	2,3	11,5	17,2	3,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	4,0	30,8	4	1,85	0,26	93	0,20	4,5	72,2	108,3	20,0	--	31	23	20	19	27	25	6,7	10,0	12,0	--	--
1,60	4,0	4,6	1	1,85	0,30	93	0,20	3,8	15,1	22,6	6,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	16,0	40,0	4	1,85	0,33	157	0,70	15,8	118,3	177,4	51,8	36	36	29	26	24	33	27	26,7	40,0	48,0	--	--
2,00	16,0	59,3	4	1,85	0,37	157	0,70	13,8	118,3	177,4	51,8	33	35	28	25	24	32	27	26,7	40,0	48,0	--	--
2,20	15,0	11,3	2	1,85	0,41	154	0,67	11,6	113,3	170,0	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,40	18,0	10,4	2	1,85	0,44	164	0,75	12,1	127,5	191,3	56,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,60	60,0	17,0	4	1,85	0,48	259	2,00	37,3	340,0	510,0	180,0	72	40	34	31	29	38	32	100,0	150,0	180,0	--	--
2,80	83,0	18,0	4	1,85	0,52	293	2,77	51,0	470,3	705,5	249,0	82	41	35	32	30	39	33	138,3	207,5	249,0	--	--
3,00	160,0	50,0	3	1,85	0,56	375	--	--	--	--	--	100	43	38	35	33	42	36	266,7	400,0	480,0	--	--
3,20	25,0	5,9	4	1,85	0,59	186	0,91	10,7	154,5	231,8	75,0	37	36	28	25	24	32	28	41,7	62,5	75,0	--	--
3,40	47,0	15,3	4	1,85	0,63	236	1,57	19,6	266,3	399,5	141,0	57	38	31	28	26	35	31	78,3	117,5	141,0	--	--
3,60	53,0	15,3	4	1,85	0,67	247	1,77	21,3	300,3	450,5	159,0	60	38	32	29	27	36	31	88,3	132,5	159,0	--	--
3,80	340,0	34,0	3	1,85	0,70	498	--	--	--	--	--	100	43	40	38	35	44	40	566,7	850,0	1020,0	--	--
4,00	91,0	8,5	4	1,85	0,74	303	3,03	36,6	515,7	773,5	273,0	76	40	34	31	29	38	33	151,7	227,5	273,0	--	--
4,20	66,0	9,1	4	1,85	0,78	268	2,20	23,1	374,0	561,0	198,0	64	39	32	29	27	36	32	110,0	165,0	198,0	--	--
4,40	71,0	29,6	4	1,85	0,81	276	2,37	23,8	402,3	603,5	213,0	65	39	32	29	27	36	32	118,3	177,5	213,0	--	--
4,60	67,0	20,1	4	1,85	0,85	270	2,23	21,0	379,7	569,5	201,0	62	39	31	29	27	36	32	111,7	167,5	201,0	--	--
4,80	95,0	15,0	4	1,85	0,89	308	3,17	30,8	538,3	807,5	285,0	73	40	33	30	28	37	34	158,3	237,5	285,0	--	--
5,00	168,0	42,0	3	1,85	0,93	382	--	--	--	--	--	92	42	36	33	31	40	37	280,0	420,0	504,0	--	--
5,20	77,0	26,8	4	1,85	0,96	284	2,57	21,4	436,3	654,5	231,0	64	39	32	29	27	36	33	128,3	192,5	231,0	--	--
5,40	107,0	14,2	4	1,85	1,00	322	3,57	30,8	606,3	909,5	321,0	74	40	33	30	28	37	34	178,3	267,5	321,0	--	--
5,60	95,0	11,6	4	1,85	1,04	308	3,17	25,4	538,3	807,5	285,0	69	40	32	29	27	36	34	158,3	237,5	285,0	--	--
5,80	131,0	17,2	4	1,85	1,07	347	4,37	36,3	742,3	1113,5	393,0	80	41	34	31	29	38	35	218,3	327,5	393,0	--	--
6,00	232,0	27,4	4	1,85	1,11	431	7,73	71,1	1314,7	1972,0	696,0	98	43	36	34	31	40	39	386,7	580,0	696,0	--	--
6,20	308,0	35,3	3	1,85	1,15	480	--	--	--	--	--	100	43	38	35	33	41	40	513,3	770,0	924,0	--	--
6,40	350,0	37,2	3	1,85	1,18	503	--	--	--	--	--	100	43	38	35	33	42	40	583,3	875,0	1050,0	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	5
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data esec.	22/12/2022
Cantiere		Pagina	1	
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Elaborato		Falda

H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0	0		0,0	0,00										
0,40	16	27		16,0	0,73	22	4,6								
0,60	10	21		10,0	0,73	14	7,3								
0,80	8	13		8,0	0,33	24	4,1								
1,00	9	16		9,0	0,47	19	5,2								
1,20	11	14		11,0	0,20	55	1,8								
1,40	8	16		8,0	0,53	15	6,6								
1,60	14	28		14,0	0,93	15	6,6								
1,80	18	22		18,0	0,27	67	1,5								
2,00	4	10		4,0	0,40	10	10,0								
2,20	3	6		3,0	0,20	15	6,7								
2,40	15	45		15,0	2,00	8	13,3								
2,60	6	14		6,0	0,53	11	8,8								
2,80	22	34		22,0	0,80	28	3,6								
3,00	26	52		26,0	1,73	15	6,7								
3,20	66	89		66,0	1,53	43	2,3								
3,40	46	70		46,0	1,60	29	3,5								
3,60	44	61		44,0	1,13	39	2,6								
3,80	47	66		47,0	1,27	37	2,7								
4,00	68	115		68,0	3,13	22	4,6								
4,20	41	90		41,0	3,27	13	8,0								
4,40	46	79		46,0	2,20	21	4,8								
4,60	48	90		48,0	2,80	17	5,8								
4,80	39	77		39,0	2,53	15	6,5								
5,00	52	74		52,0	1,47	35	2,8								
5,20	88	146		88,0	3,87	23	4,4								
5,40	108	205		108,0	6,47	17	6,0								
5,60	76	183		76,0	7,13	11	9,4								
5,80	110	190		110,0	5,33	21	4,8								
6,00	40	126		40,0	5,73	7	14,3								
6,20	19	63		19,0	2,93	6	15,4								
6,40	23	57		23,0	2,27	10	9,9								
6,60	44	62		44,0	1,20	37	2,7								
6,80	32	67		32,0	2,33	14	7,3								
7,00	61	84		61,0	1,53	40	2,5								
7,20	59	127		59,0	4,53	13	7,7								
7,40	58	97		58,0	2,60	22	4,5								
7,60	50	102		50,0	3,47	14	6,9								
7,80	55	128		55,0	4,87	11	8,9								
8,00	74	116		74,0	2,80	26	3,8								
8,20	57	113		57,0	3,73	15	6,5								
8,40	61	130		61,0	4,60	13	7,5								
8,60	61	98		61,0	2,47	25	4,0								
8,80	64	110		64,0	3,07	21	4,8								
9,00	145	183		145,0	2,53	57	1,7								

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

qc = resistenza punta
 fs = resistenza laterale
 alla stessa quota di qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

CPT**5**

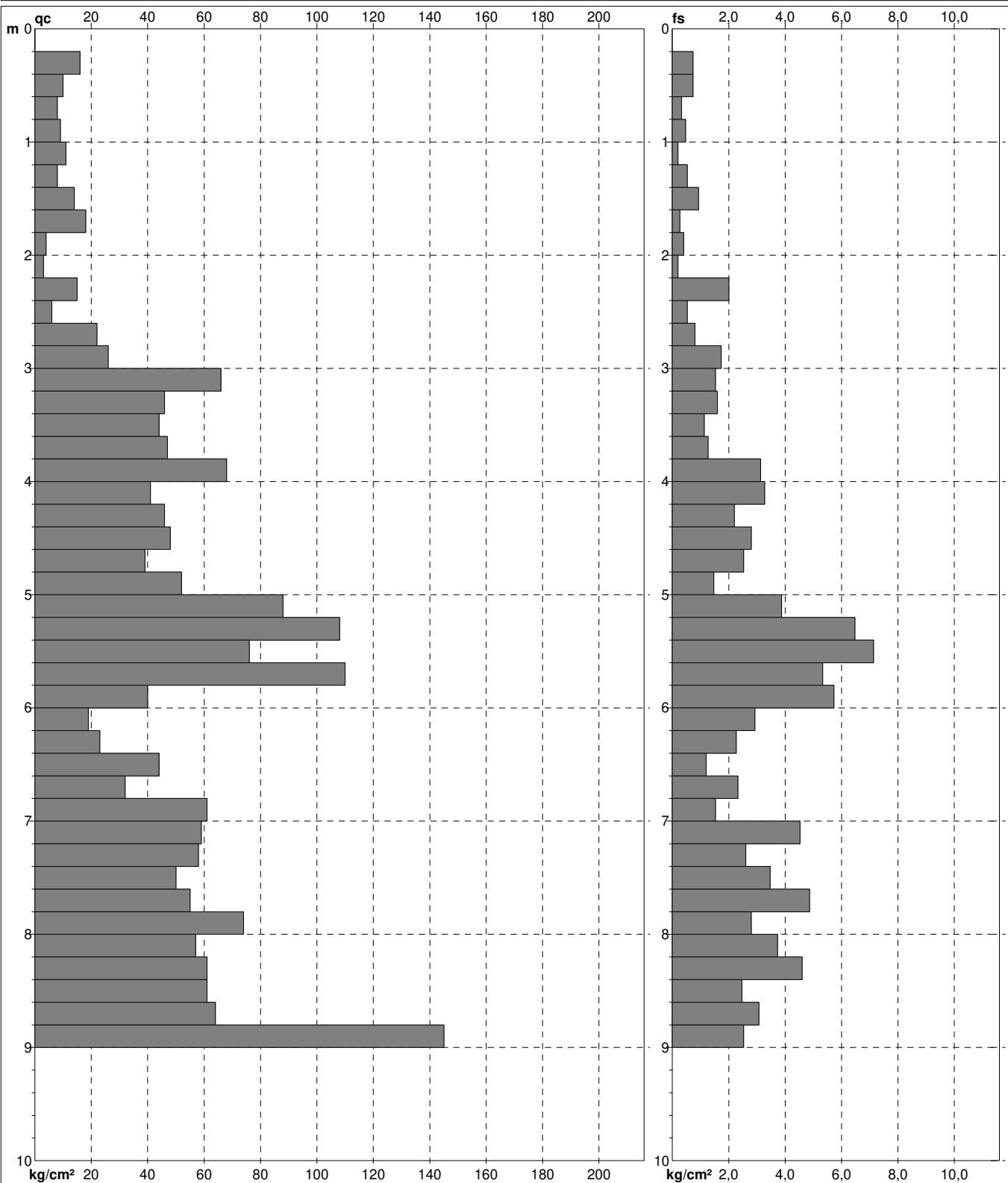
Riferimento

389-22Committente **Regione Toscana**

Cantiere

Località **Rio di Riolo - Arezzo**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:50**Pagina **1**

Elaborato

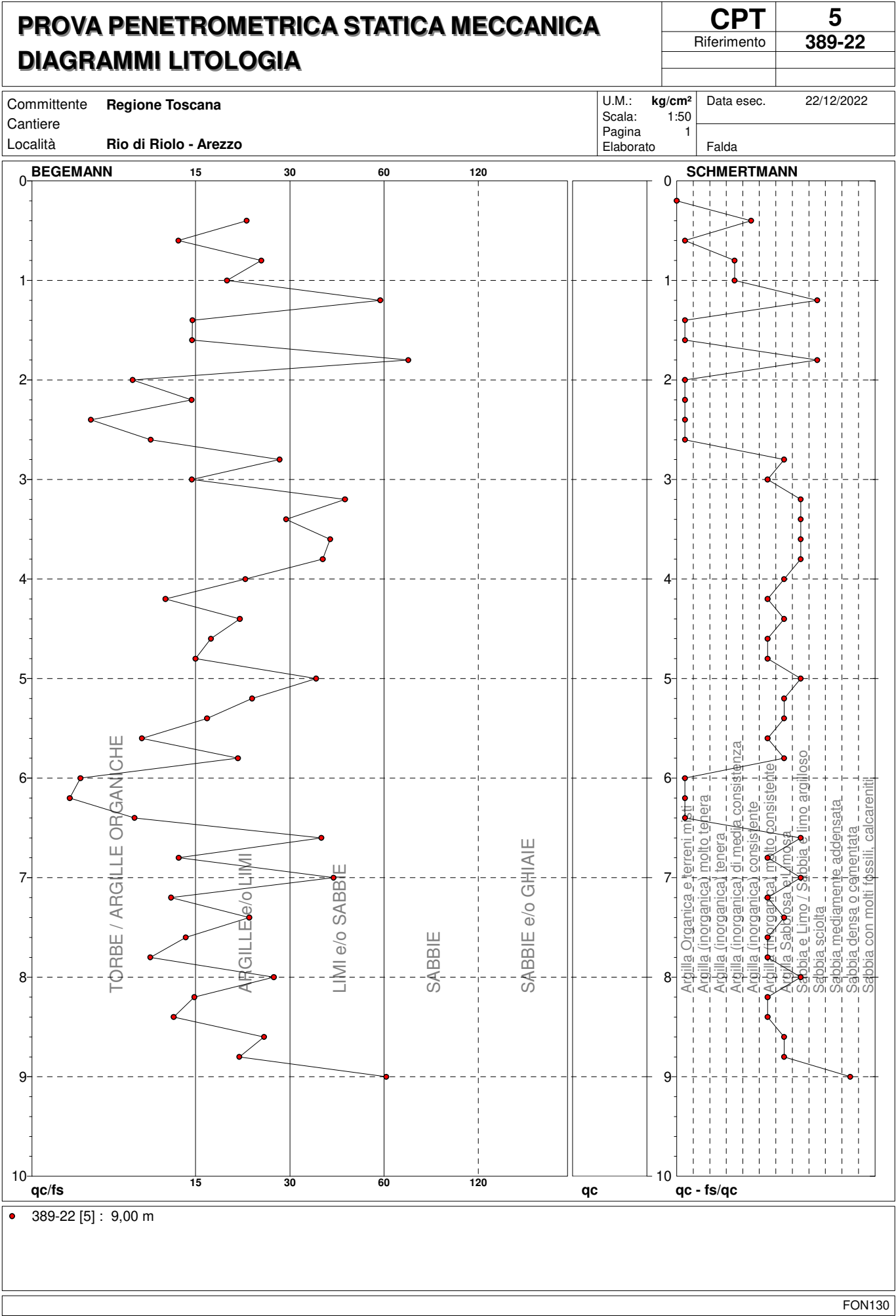
Data esec. **22/12/2022**Quota inizio:
FaldaPenetrometro: **TG63-200Stat**

Responsabile:

Assistente:

preforo **m**Corr.astine: **kg/ml**

Cod. tip:



PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI												CPT		5									
												Riferimento		389-22									
Committente Regione Toscana												U.M.: kg/cm²		Data eseg. 22/12/2022									
Cantiere												Pagina 1											
Località Rio di Riolo - Arezzo												Elaborato		Falda									
NATURA COESIVA												NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'vo	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0.20	--	--	?	1.85	0.04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.40	16.0	21.9	2	1.85	0.07	157	0.70	99.9	118.3	177.4	51.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.60	10.0	13.7	2	1.85	0.11	132	0.50	41.2	85.0	127.5	40.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0.80	8.0	24.2	2	1.85	0.15	121	0.40	21.8	68.0	102.0	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.00	9.0	19.1	2	1.85	0.19	127	0.45	19.1	76.5	114.8	37.8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.20	11.0	55.0	4	1.85	0.22	137	0.54	18.9	91.2	136.8	42.5	33	35	29	26	24	33	26	18.3	27.5	33.0	--	--
1.40	8.0	15.1	2	1.85	0.26	121	0.40	10.8	68.0	102.0	35.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.60	14.0	15.1	2	1.85	0.30	150	0.64	16.3	108.2	162.3	48.2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1.80	18.0	66.7	4	1.85	0.33	164	0.75	17.3	127.5	191.3	56.2	40	36	30	27	25	34	27	30.0	45.0	54.0	--	--
2.00	4.0	10.0	1	1.85	0.37	93	0.20	2.9	20.4	30.7	6.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.20	3.0	15.0	1	1.85	0.41	84	0.15	1.8	18.4	27.6	4.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.40	15.0	7.5	2	1.85	0.44	154	0.67	10.4	113.3	170.0	49.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.60	6.0	11.3	1	1.85	0.48	109	0.30	3.5	26.1	39.1	9.0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2.80	22.0	27.5	4	1.85	0.52	177	0.85	11.6	143.8	215.8	66.0	36	36	28	25	24	32	28	36.7	55.0	66.0	--	--
3.00	26.0	15.0	4	1.85	0.56	189	0.93	11.9	157.9	236.8	78.0	40	36	29	26	24	33	28	43.3	65.0	78.0	--	--
3.20	66.0	43.1	3	1.85	0.59	268	--	--	--	--	--	70	40	33	30	28	38	32	110.0	165.0	198.0	--	--
3.40	46.0	28.8	4	1.85	0.63	234	1.53	19.1	260.7	391.0	138.0	57	38	31	28	26	35	31	76.7	115.0	138.0	--	--
3.60	44.0	38.9	3	1.85	0.67	230	--	--	--	--	--	54	38	31	28	26	35	31	73.3	110.0	132.0	--	--
3.80	47.0	37.0	3	1.85	0.70	236	--	--	--	--	--	55	38	31	28	26	35	31	78.3	117.5	141.0	--	--
4.00	68.0	21.7	4	1.85	0.74	271	2.27	25.4	385.3	578.0	204.0	66	39	32	29	27	37	32	113.3	170.0	204.0	--	--
4.20	41.0	12.5	4	1.85	0.78	224	1.37	12.7	232.3	348.5	123.0	48	37	29	26	25	33	30	68.3	102.5	123.0	--	--
4.40	46.0	20.9	4	1.85	0.81	234	1.53	13.9	260.7	391.0	138.0	50	37	30	27	25	34	31	76.7	115.0	138.0	--	--
4.60	48.0	17.1	4	1.85	0.85	238	1.60	13.8	272.0	408.0	144.0	51	37	30	27	25	34	31	80.0	120.0	144.0	--	--
4.80	39.0	15.4	4	1.85	0.89	220	1.30	10.1	221.0	331.5	117.0	43	36	29	25	24	32	30	65.0	97.5	117.0	--	--
5.00	52.0	35.4	3	1.85	0.93	245	--	--	--	--	--	51	37	30	27	25	34	31	86.7	130.0	156.0	--	--
5.20	88.0	22.7	4	1.85	0.96	299	2.93	25.3	498.7	748.0	264.0	69	39	32	29	27	36	33	146.7	220.0	264.0	--	--
5.40	108.0	16.7	4	1.85	1.00	323	3.60	31.2	612.0	918.0	324.0	75	40	33	30	28	37	34	180.0	270.0	324.0	--	--
5.60	76.0	10.7	4	1.85	1.04	283	2.53	19.2	430.7	646.0	228.0	62	39	31	28	26	35	33	126.7	190.0	228.0	--	--
5.80	110.0	20.6	4	1.85	1.07	325	3.67	29.2	623.3	935.0	330.0	74	40	33	30	28	37	34	183.3	275.0	330.0	--	--
6.00	40.0	7.0	2	1.85	1.11	222	1.33	7.9	267.4	401.2	120.0	38	36	28	24	23	31	30	66.7	100.0	120.0	--	--
6.20	19.0	6.5	2	1.85	1.15	168	0.78	3.8	322.4	483.7	58.1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
6.40	23.0	10.1	4	1.85	1.18	180	0.87	4.3	330.7	496.0	69.0	17	33	25	21	20	28	28	38.3	57.5	69.0	--	--
6.60	44.0	36.7	3	1.85	1.22	230	--	--	--	--	--	39	36	28	24	23	31	31	73.3	110.0	132.0	--	--
6.80	32.0	13.7	4	1.85	1.26	204	1.07	5.1	346.0	519.0	96.0	27	35	26	23	21	29	29	53.3	80.0	96.0	--	--
7.00	61.0	39.9	3	1.85	1.30	260	--	--	--	--	--	49	37	29	26	24	33	32	101.7	152.5	183.0	--	--
7.20	59.0	13.0	4	1.85	1.33	257	1.97	10.2	334.3	501.5	177.0	47	37	29	26	24	32	32	98.3	147.5	177.0	--	--
7.40	58.0	22.3	4	1.85	1.37	256	1.93	9.7	331.1	496.6	174.0	46	37	28	25	24	32	31	96.7	145.0	174.0	--	--
7.60	50.0	14.4	4	1.85	1.41	242	1.67	7.8	340.4	510.6	150.0	40	36	28	24	23	31	31	83.3	125.0	150.0	--	--
7.80	55.0	11.3	4	1.85	1.44	251	1.83	8.5	342.6	513.9	165.0	42	36	28	25	23	32	31	91.7	137.5	165.0	--	--
8.00	74.0	26.4	4	1.85	1.48	280	2.47	11.9	419.3	629.0	222.0	52	37	29	26	25	33	32	123.3	185.0	222.0	--	--
8.20	57.0	15.3	4	1.85	1.52	254	1.90	8.3	361.2	541.7	171.0	43	36	28	25	23	32	31	95.0	142.5	171.0	--	--
8.40	61.0	13.3	4	1.85	1.55	260	2.03	8.8	368.1	552.1	183.0	44	37	28	25	23	32	32	101.7	152.5	183.0	--	--
8.60	61.0	24.7	4	1.85	1.59	260	2.03	8.5	377.4	566.2	183.0	44	36	28	25	23	32	32	101.7	152.5	183.0	--	--
8.80	64.0	20.8	4	1.85	1.63	265	2.13	8.8	385.6	578.4	192.0	45	37	28	25	23	32	32	106.7	160.0	192.0	--	--
9.00	145.0	57.3	3	1.85	1.67	361	--	--	--	--	--	72	40	32	29	27	36	36	241.7	362.5	435.0	--	--

FON130

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	6
	Riferimento	389-22

Committente Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data esec. 22/12/2022
Cantiere	Pagina 1	
Località Rio di Riolo - Arezzo	Elaborato	Falda

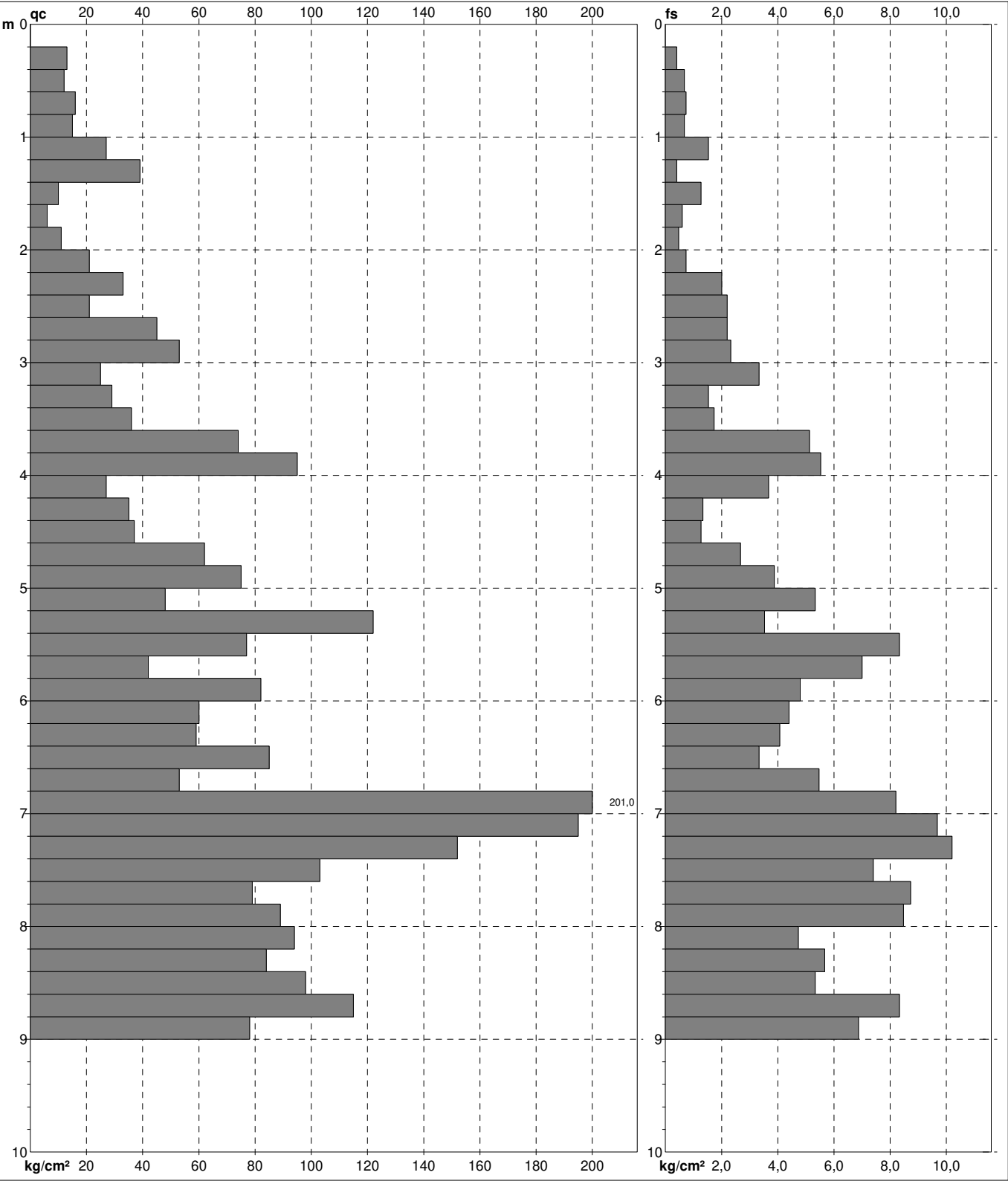
H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0	0		0,0	0,00										
0,40	13	19		13,0	0,40	33	3,1								
0,60	12	22		12,0	0,67	18	5,6								
0,80	16	27		16,0	0,73	22	4,6								
1,00	15	25		15,0	0,67	22	4,5								
1,20	27	50		27,0	1,53	18	5,7								
1,40	39	45		39,0	0,40	98	1,0								
1,60	10	29		10,0	1,27	8	12,7								
1,80	6	15		6,0	0,60	10	10,0								
2,00	11	18		11,0	0,47	23	4,3								
2,20	21	32		21,0	0,73	29	3,5								
2,40	33	63		33,0	2,00	17	6,1								
2,60	21	54		21,0	2,20	10	10,5								
2,80	45	78		45,0	2,20	20	4,9								
3,00	53	88		53,0	2,33	23	4,4								
3,20	25	75		25,0	3,33	8	13,3								
3,40	29	52		29,0	1,53	19	5,3								
3,60	36	62		36,0	1,73	21	4,8								
3,80	74	151		74,0	5,13	14	6,9								
4,00	95	178		95,0	5,53	17	5,8								
4,20	27	82		27,0	3,67	7	13,6								
4,40	35	55		35,0	1,33	26	3,8								
4,60	37	56		37,0	1,27	29	3,4								
4,80	62	102		62,0	2,67	23	4,3								
5,00	75	133		75,0	3,87	19	5,2								
5,20	48	128		48,0	5,33	9	11,1								
5,40	122	175		122,0	3,53	35	2,9								
5,60	77	202		77,0	8,33	9	10,8								
5,80	42	147		42,0	7,00	6	16,7								
6,00	82	154		82,0	4,80	17	5,9								
6,20	60	126		60,0	4,40	14	7,3								
6,40	59	120		59,0	4,07	14	6,9								
6,60	85	135		85,0	3,33	26	3,9								
6,80	53	135		53,0	5,47	10	10,3								
7,00	201	324		201,0	8,20	25	4,1								
7,20	195	340		195,0	9,67	20	5,0								
7,40	152	330		152,0	11,87	13	7,8								
7,60	103	214		103,0	7,40	14	7,2								
7,80	79	210		79,0	8,73	9	11,1								
8,00	89	216		89,0	8,47	11	9,5								
8,20	94	165		94,0	4,73	20	5,0								
8,40	84	169		84,0	5,67	15	6,8								
8,60	98	178		98,0	5,33	18	5,4								
8,80	115	240		115,0	8,33	14	7,2								
9,00	78	181		78,0	6,87	11	8,8								

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

qc = resistenza punta
 fs = resistenza laterale
 alla stessa quota di qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

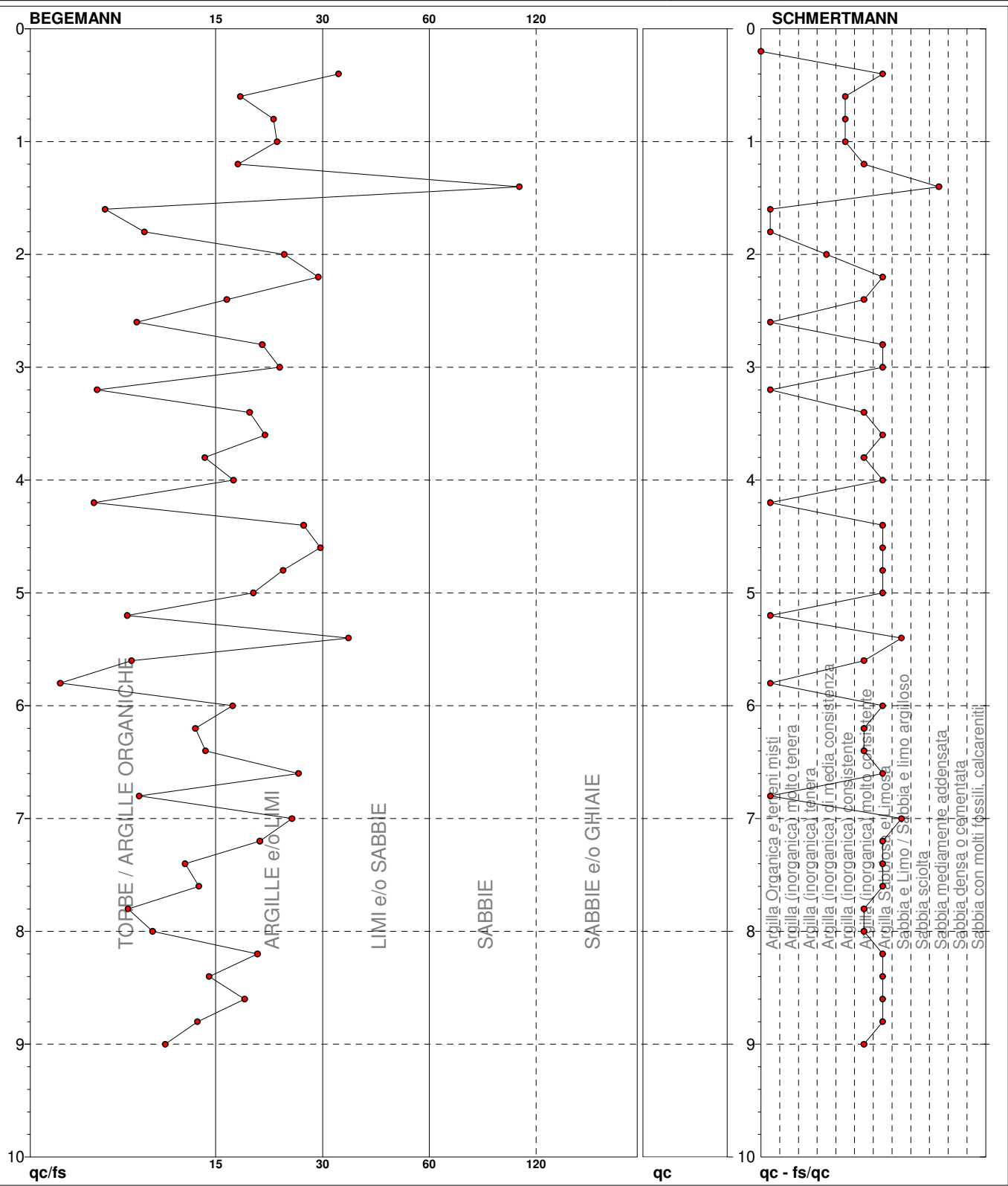
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	CPT	6
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data esec.	22/12/2022
Cantiere		Scala: 1:50		
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Pagina 1	Quota inizio:	
		Elaborato	Falda	



		Penetrometro: TG63-200Stat	preforo m
		Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
		Assistente:	Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA			CPT	6
			Riferimento	389-22
Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data eseg. 22/12/2022	
Cantiere		Scala: 1:50		
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Pagina 1		
		Elaborato	Falda	



● 389-22 [6] : 9,00 m

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	6
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data eseg.	22/12/2022
Cantiere		Pagina	1	
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Elaborato		Falda

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m ³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	4 ? ? ?	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	13,0	32,5	4	1,85	0,07	145	0,60	86,7	102,8	154,2	46,5	65	39	35	33	31	40	26	21,7	32,5	39,0	--	--
0,60	12,0	17,9	2	1,85	0,11	141	0,57	48,7	97,1	145,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	16,0	21,9	2	1,85	0,15	157	0,70	43,5	118,3	177,4	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	15,0	22,4	2	1,85	0,19	154	0,67	31,2	113,3	170,0	49,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	27,0	17,6	4	1,85	0,22	192	0,95	38,5	161,1	241,6	81,0	64	39	34	31	29	38	28	45,0	67,5	81,0	--	--
1,40	39,0	97,5	3	1,85	0,26	220	--	--	--	--	--	73	40	35	32	30	39	30	65,0	97,5	117,0	--	--
1,60	10,0	7,9	2	1,85	0,30	132	0,50	12,1	85,0	127,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	6,0	10,0	1	1,85	0,33	109	0,30	5,5	17,6	26,4	9,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	11,0	23,4	2	1,85	0,37	137	0,54	10,0	91,2	136,8	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	21,0	28,8	4	1,85	0,41	174	0,82	15,2	140,0	210,0	63,0	40	36	29	26	25	33	27	35,0	52,5	63,0	--	--
2,40	33,0	16,5	4	1,85	0,44	207	1,10	19,5	187,0	280,5	99,0	54	38	31	28	26	35	29	55,0	82,5	99,0	--	--
2,60	21,0	9,5	4	1,85	0,48	174	0,82	12,3	140,0	210,0	63,0	36	36	29	25	24	32	27	35,0	52,5	63,0	--	--
2,80	45,0	20,5	4	1,85	0,52	232	1,50	23,7	255,0	382,5	135,0	61	39	32	29	27	36	31	75,0	112,5	135,0	--	--
3,00	53,0	22,7	4	1,85	0,56	247	1,77	26,7	300,3	450,5	159,0	65	39	32	30	28	37	31	88,3	132,5	159,0	--	--
3,20	25,0	7,5	4	1,85	0,59	186	0,91	10,7	154,5	231,8	75,0	37	36	28	25	24	32	28	41,7	62,5	75,0	--	--
3,40	29,0	19,0	4	1,85	0,63	197	0,98	11,0	167,1	250,7	87,0	41	36	29	26	24	33	29	48,3	72,5	87,0	--	--
3,60	36,0	20,8	4	1,85	0,67	214	1,20	13,1	204,0	306,0	108,0	47	37	30	27	25	34	30	60,0	90,0	108,0	--	--
3,80	74,0	14,4	4	1,85	0,70	280	2,47	30,1	419,3	629,0	222,0	70	40	33	30	28	37	32	123,3	185,0	222,0	--	--
4,00	95,0	17,2	4	1,85	0,74	308	3,17	38,6	538,3	807,5	285,0	78	41	34	31	29	38	34	158,3	237,5	285,0	--	--
4,20	27,0	7,4	4	1,85	0,78	192	0,95	8,0	186,3	279,4	81,0	33	35	27	24	23	31	28	45,0	67,5	81,0	--	--
4,40	35,0	26,3	4	1,85	0,81	211	1,17	9,8	198,8	298,2	105,0	41	36	28	25	24	32	29	58,3	87,5	105,0	--	--
4,60	37,0	29,1	4	1,85	0,85	216	1,23	10,0	209,7	314,6	111,0	42	36	29	25	24	32	30	61,7	92,5	111,0	--	--
4,80	62,0	23,2	4	1,85	0,89	262	2,07	18,0	351,3	527,0	186,0	58	38	31	28	26	35	32	103,3	155,0	186,0	--	--
5,00	75,0	19,4	4	1,85	0,93	282	2,50	21,8	425,0	637,5	225,0	64	39	32	29	27	36	32	125,0	187,5	225,0	--	--
5,20	48,0	9,0	4	1,85	0,96	238	1,60	11,9	272,0	408,0	144,0	48	37	29	26	25	33	31	80,0	120,0	144,0	--	--
5,40	122,0	34,6	3	1,85	1,00	338	--	--	--	--	--	79	41	34	31	29	38	35	203,3	305,0	366,0	--	--
5,60	77,0	9,2	4	1,85	1,04	284	2,57	19,5	436,3	654,5	231,0	62	39	31	28	26	35	33	128,3	192,5	231,0	--	--
5,80	42,0	6,0	4	1,85	1,07	226	1,40	8,8	254,2	381,3	126,0	40	36	28	25	23	32	30	70,0	105,0	126,0	--	--
6,00	82,0	17,1	4	1,85	1,11	291	2,73	19,4	464,7	697,0	246,0	63	39	31	28	26	35	33	136,7	205,0	246,0	--	--
6,20	60,0	13,6	4	1,85	1,15	259	2,00	12,6	340,0	510,0	180,0	51	37	29	26	25	33	32	100,0	150,0	180,0	--	--
6,40	59,0	14,5	4	1,85	1,18	257	1,97	11,8	334,3	501,5	177,0	50	37	29	26	25	33	32	98,3	147,5	177,0	--	--
6,60	85,0	25,5	4	1,85	1,22	295	2,83	18,0	481,7	722,5	255,0	62	39	31	28	26	35	33	141,7	212,5	255,0	--	--
6,80	53,0	9,7	4	1,85	1,26	247	1,77	9,6	303,3	454,9	159,0	45	37	28	25	24	32	31	88,3	132,5	159,0	--	--
7,00	201,0	24,5	4	1,85	1,30	408	6,70	49,0	1139,0	1708,5	603,0	90	42	35	32	30	39	38	335,0	502,5	603,0	--	--
7,20	195,0	20,2	4	1,85	1,33	404	6,50	45,5	1105,0	1657,5	585,0	88	42	35	32	30	39	38	325,0	487,5	585,0	--	--
7,40	152,0	12,8	4	1,85	1,37	368	5,07	32,2	861,3	1292,0	456,0	79	41	33	30	28	38	36	253,3	380,0	456,0	--	--
7,60	103,0	13,9	4	1,85	1,41	317	3,43	19,2	583,7	875,5	309,0	65	39	31	28	26	35	34	171,7	257,5	309,0	--	--
7,80	79,0	9,0	4	1,85	1,44	287	2,63	13,3	447,7	671,5	237,0	55	38	30	27	25	34	33	131,7	197,5	237,0	--	--
8,00	89,0	10,5	4	1,85	1,48	300	2,97	15,0	504,3	756,5	267,0	58	38	30	27	25	34	33	148,3	222,5	267,0	--	--
8,20	94,0	19,9	4	1,85	1,52	307	3,13	15,5	532,7	799,0	282,0	60	38	30	27	26	34	34	156,7	235,0	282,0	--	--
8,40	84,0	14,8	4	1,85	1,55	294	2,80	13,1	476,0	714,0	252,0	55	38	30	27	25	34	33	140,0	210,0	252,0	--	--
8,60	98,0	18,4	4	1,85	1,59	311	3,27	15,4	555,3	833,0	294,0	60	38	30	27	26	34	34	163,3	245,0	294,0	--	--
8,80	115,0	13,8	4	1,85	1,63	331	3,83	18,3	651,7	977,5	345,0	65	39	31	28	26	35	35	191,7	287,5	345,0	--	--
9,00	78,0	11,4	4	1,85	1,67	286	2,60	11,0	442,0	663,0	234,0	51	37	29	26	24	33	33	130,0	195,0	234,0	--	--

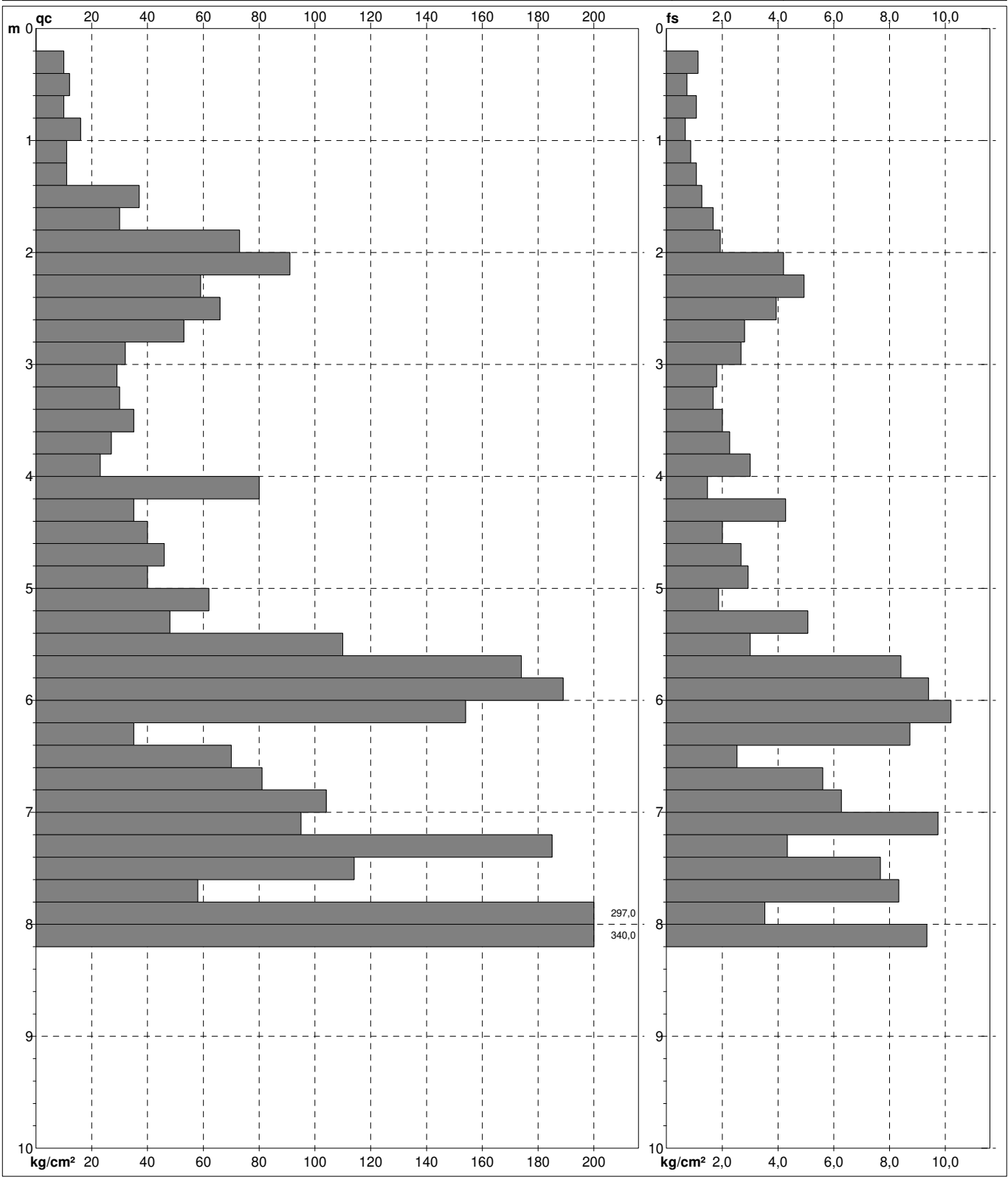
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	7
	Riferimento	389-22

Committente Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data eseg. 22/12/2022
Cantiere	Pagina 1	
Località Rio di Riolo - Arezzo	Elaborato	Falda

H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0	0		0,0	0,00										
0,40	10	27		10,0	1,13	9	11,3								
0,60	12	23		12,0	0,73	16	6,1								
0,80	10	26		10,0	1,07	9	10,7								
1,00	16	26		16,0	0,67	24	4,2								
1,20	11	24		11,0	0,87	13	7,9								
1,40	11	27		11,0	1,07	10	9,7								
1,60	37	56		37,0	1,27	29	3,4								
1,80	30	55		30,0	1,67	18	5,6								
2,00	73	102		73,0	1,93	38	2,6								
2,20	91	154		91,0	4,20	22	4,6								
2,40	59	133		59,0	4,93	12	8,4								
2,60	66	125		66,0	3,93	17	6,0								
2,80	53	95		53,0	2,80	19	5,3								
3,00	32	72		32,0	2,67	12	8,3								
3,20	29	56		29,0	1,80	16	6,2								
3,40	30	55		30,0	1,67	18	5,6								
3,60	35	65		35,0	2,00	18	5,7								
3,80	27	61		27,0	2,27	12	8,4								
4,00	23	68		23,0	3,00	8	13,0								
4,20	80	102		80,0	1,47	54	1,8								
4,40	35	99		35,0	4,27	8	12,2								
4,60	40	70		40,0	2,00	20	5,0								
4,80	46	86		46,0	2,67	17	5,8								
5,00	40	84		40,0	2,93	14	7,3								
5,20	62	90		62,0	1,87	33	3,0								
5,40	48	124		48,0	5,07	9	10,6								
5,60	110	155		110,0	3,00	37	2,7								
5,80	174	300		174,0	8,40	21	4,8								
6,00	189	330		189,0	9,40	20	5,0								
6,20	154	341		154,0	12,47	12	8,1								
6,40	35	166		35,0	8,73	4	24,9								
6,60	70	108		70,0	2,53	28	3,6								
6,80	81	165		81,0	5,60	14	6,9								
7,00	104	198		104,0	6,27	17	6,0								
7,20	95	241		95,0	9,73	10	10,2								
7,40	185	250		185,0	4,33	43	2,3								
7,60	114	229		114,0	7,67	15	6,7								
7,80	58	183		58,0	8,33	7	14,4								
8,00	297	350		297,0	3,53	84	1,2								
8,20	340	480		340,0	9,33	36	2,7								

H = profondità	qc = resistenza punta
L1 = prima lettura (punta)	fs = resistenza laterale
L2 = seconda lettura (punta + laterale)	alla stessa quota di qc
Lt = terza lettura (totale)	F = rapporto Begemann (qc / fs)
CT = 10,00 costante di trasformazione	Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

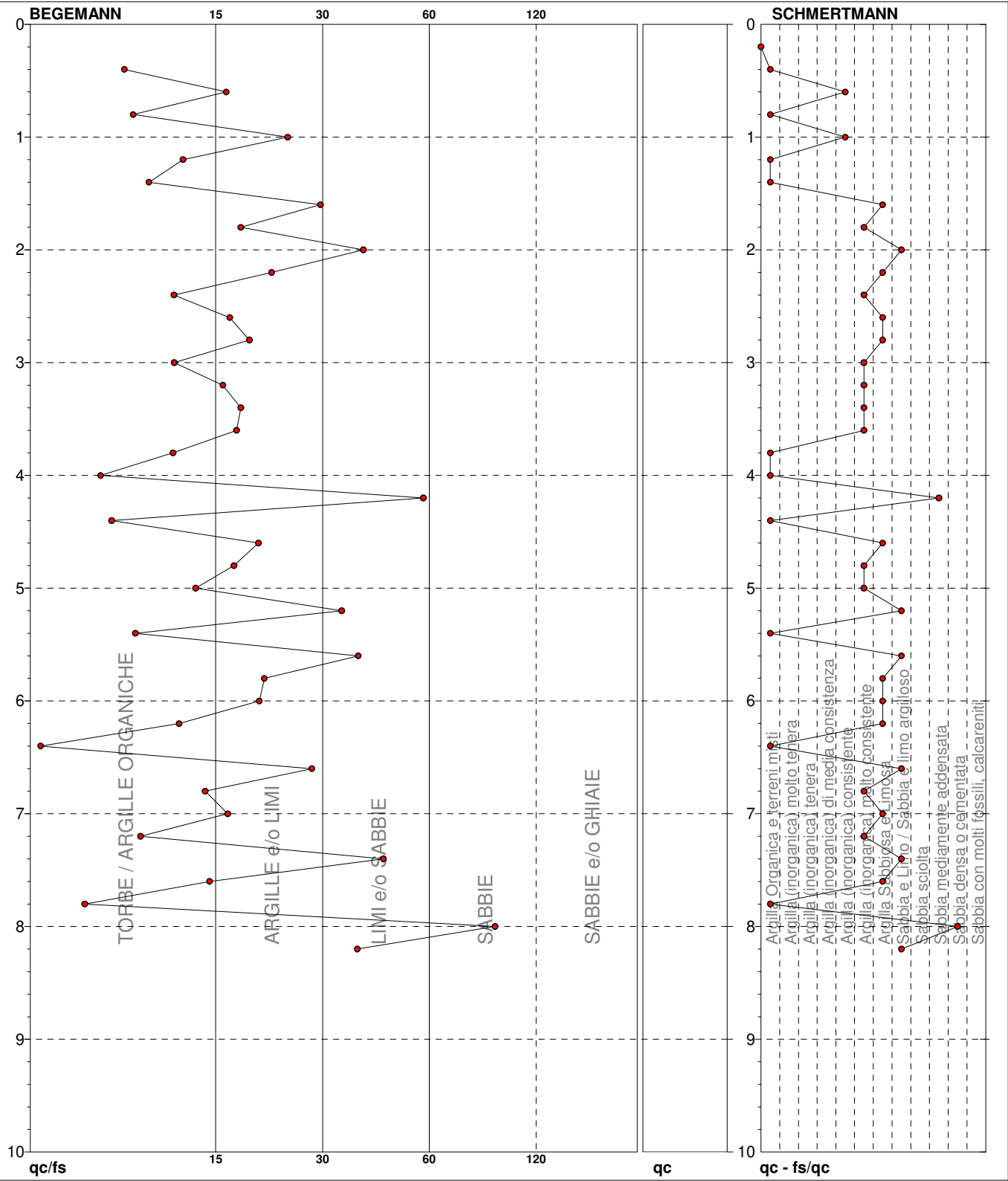
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA		CPT	7	
		Riferimento	389-22	
Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data exec.	22/12/2022
Cantiere		Scala: 1:50		
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Pagina 1	Quota inizio:	
		Elaborato	Falda	



Penetrometro:	TG63-200Stat	preforo	m
Responsabile:		Corr.astine:	kg/ml
Assistente:		Cod. tip:	

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIAGRAMMI LITOLOGIA	CPT	7
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data esec.	22/12/2022
Cantiere		Scala: 1:50		
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Pagina 1		
		Elaborato	Falda	



● 389-22 [7] : 8,20 m

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI	CPT	7
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data eseg.	22/12/2022
Cantiere		Pagina	1	
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Elaborato		Falda

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	?	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	10,0	8,8	2	1,85	0,07	132	0,50	68,4	85,0	127,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	12,0	16,4	2	1,85	0,11	141	0,57	48,7	97,1	145,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	10,0	9,3	2	1,85	0,15	132	0,50	28,8	85,0	127,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	16,0	23,9	2	1,85	0,19	157	0,70	32,9	118,3	177,4	51,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	11,0	12,6	2	1,85	0,22	137	0,54	18,9	91,2	136,8	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,40	11,0	10,3	2	1,85	0,26	137	0,54	15,6	91,2	136,8	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	37,0	29,1	4	1,85	0,30	216	1,23	37,4	209,7	314,5	111,0	68	39	34	31	29	38	30	61,7	92,5	111,0	--	--
1,80	30,0	18,0	4	1,85	0,33	199	1,00	24,8	170,0	255,0	90,0	57	38	32	29	27	36	29	50,0	75,0	90,0	--	--
2,00	73,0	37,8	3	1,85	0,37	279	--	--	--	--	--	85	42	36	33	31	40	32	121,7	182,5	219,0	--	--
2,20	91,0	21,7	4	1,85	0,41	303	3,03	77,3	515,7	773,5	273,0	91	42	37	34	32	41	33	151,7	227,5	273,0	--	--
2,40	59,0	12,0	4	1,85	0,44	257	1,97	40,3	334,3	501,5	177,0	74	40	34	31	29	38	32	98,3	147,5	177,0	--	--
2,60	66,0	16,8	4	1,85	0,48	268	2,20	42,0	374,0	561,0	198,0	76	40	34	31	29	39	32	110,0	165,0	198,0	--	--
2,80	53,0	18,9	4	1,85	0,52	247	1,77	29,1	300,3	450,5	159,0	66	39	33	30	28	37	31	88,3	132,5	159,0	--	--
3,00	32,0	12,0	4	1,85	0,56	204	1,07	14,2	181,3	272,0	96,0	47	37	30	27	25	34	29	53,3	80,0	96,0	--	--
3,20	29,0	16,1	4	1,85	0,59	197	0,98	11,8	167,1	250,7	87,0	42	36	29	26	24	33	29	48,3	72,5	87,0	--	--
3,40	30,0	18,0	4	1,85	0,63	199	1,00	11,2	170,0	255,0	90,0	42	36	29	26	24	33	29	50,0	75,0	90,0	--	--
3,60	35,0	17,5	4	1,85	0,67	211	1,17	12,7	198,3	297,5	105,0	46	37	29	26	25	33	29	58,3	87,5	105,0	--	--
3,80	27,0	11,9	4	1,85	0,70	192	0,95	9,1	167,0	250,5	81,0	36	36	28	25	23	32	28	45,0	67,5	81,0	--	--
4,00	23,0	7,7	4	1,85	0,74	180	0,87	7,7	179,9	269,8	69,0	29	35	27	24	22	30	28	38,3	57,5	69,0	--	--
4,20	80,0	54,4	3	1,85	0,78	289	--	--	--	--	--	70	40	33	30	28	37	33	133,3	200,0	240,0	--	--
4,40	35,0	8,2	4	1,85	0,81	211	1,17	9,8	198,8	298,2	105,0	41	36	28	25	24	32	29	58,3	87,5	105,0	--	--
4,60	40,0	20,0	4	1,85	0,85	222	1,33	11,0	226,7	340,0	120,0	44	37	29	26	24	33	30	66,7	100,0	120,0	--	--
4,80	46,0	17,2	4	1,85	0,89	234	1,53	12,4	260,7	391,0	138,0	48	37	29	26	25	33	31	76,7	115,0	138,0	--	--
5,00	40,0	13,7	4	1,85	0,93	222	1,33	9,9	226,9	340,4	120,0	42	36	28	25	24	32	30	66,7	100,0	120,0	--	--
5,20	62,0	33,2	3	1,85	0,96	262	--	--	--	--	--	57	38	30	27	26	35	32	103,3	155,0	186,0	--	--
5,40	48,0	9,5	4	1,85	1,00	238	1,60	11,3	272,0	408,0	144,0	47	37	29	26	24	33	31	80,0	120,0	144,0	--	--
5,60	110,0	36,7	3	1,85	1,04	325	--	--	--	--	--	74	40	33	30	28	37	34	183,3	275,0	330,0	--	--
5,80	174,0	20,7	4	1,85	1,07	387	5,80	51,7	986,0	1479,0	522,0	89	42	35	32	30	39	37	290,0	435,0	522,0	--	--
6,00	189,0	20,1	4	1,85	1,11	399	6,30	55,0	1071,0	1606,5	567,0	91	42	35	33	30	39	37	315,0	472,5	567,0	--	--
6,20	154,0	12,3	4	1,85	1,15	369	5,13	40,9	872,7	1309,0	462,0	83	41	34	31	29	38	36	256,7	385,0	462,0	--	--
6,40	35,0	4,0	4	1,85	1,18	211	1,17	6,2	310,7	466,1	105,0	32	35	27	23	22	30	29	58,3	87,5	105,0	--	--
6,60	70,0	27,7	4	1,85	1,22	274	2,33	14,1	396,7	595,0	210,0	55	38	30	27	25	34	32	116,7	175,0	210,0	--	--
6,80	81,0	14,5	4	1,85	1,26	290	2,70	16,3	459,0	688,5	243,0	59	38	30	27	26	35	33	135,0	202,5	243,0	--	--
7,00	104,0	16,6	4	1,85	1,30	319	3,47	21,5	589,3	884,0	312,0	67	39	32	29	27	36	34	173,3	260,0	312,0	--	--
7,20	95,0	9,8	4	1,85	1,33	308	3,17	18,5	538,3	807,5	285,0	63	39	31	28	26	35	34	158,3	237,5	285,0	--	--
7,40	185,0	42,7	3	1,85	1,37	396	--	--	--	--	--	85	42	34	31	29	38	37	308,3	462,5	555,0	--	--
7,60	114,0	14,9	4	1,85	1,41	330	3,80	21,8	646,0	969,0	342,0	68	39	32	29	27	36	34	190,0	285,0	342,0	--	--
7,80	58,0	7,0	4	1,85	1,44	256	1,93	9,0	342,4	513,6	174,0	44	37	28	25	23	32	31	96,7	145,0	174,0	--	--
8,00	297,0	84,1	3	1,85	1,48	473	--	--	--	--	--	100	43	36	33	31	40	40	495,0	742,5	891,0	--	--
8,20	340,0	36,4	3	1,85	1,52	498	--	--	--	--	--	100	43	37	34	32	41	40	566,7	850,0	1020,0	--	--

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	CPT	10
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data esec.	22/12/2022
Cantiere		Pagina	1	
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Elaborato		Falda

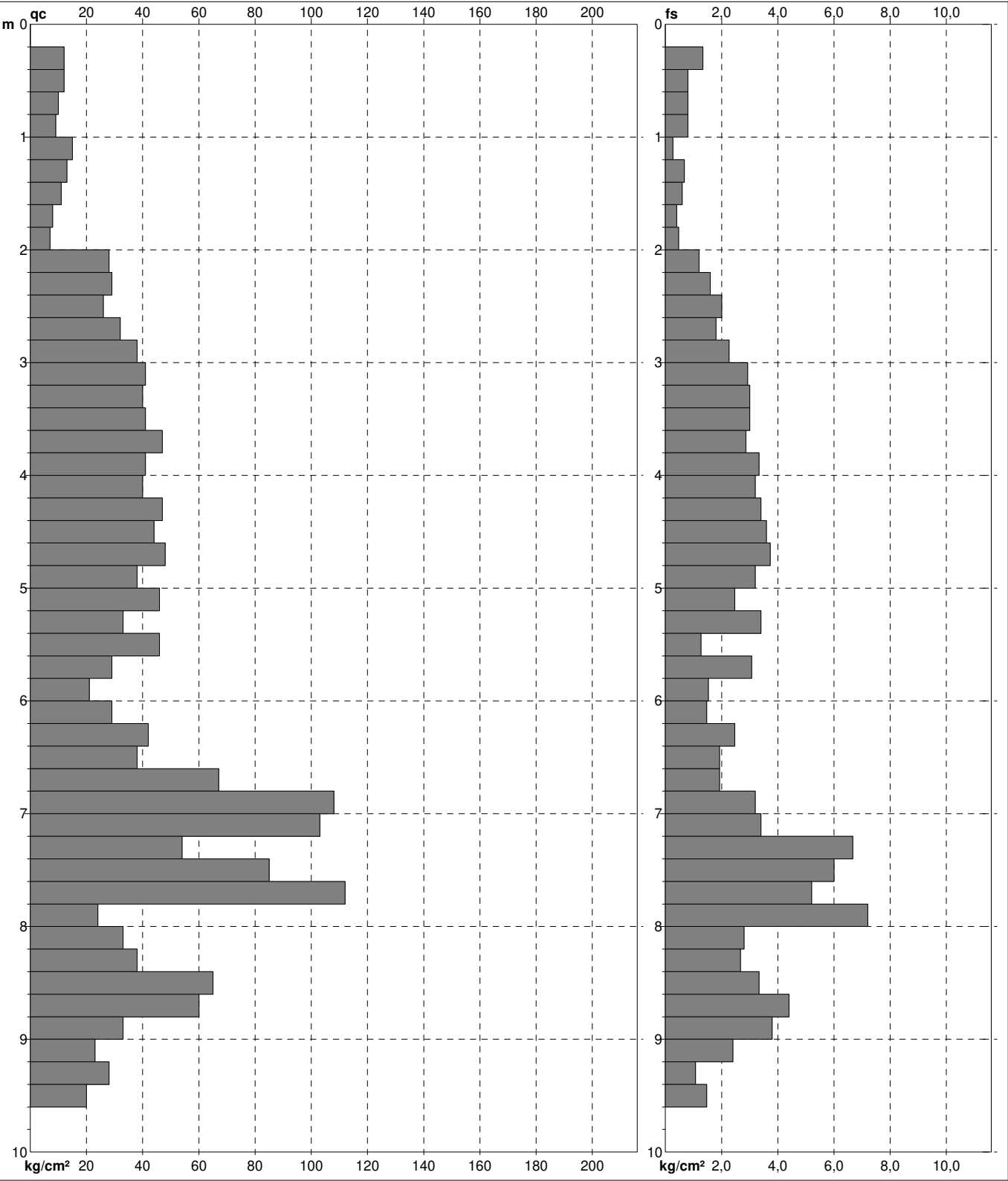
H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %	H m	L1 -	L2 -	Tot -	qc kg/cm²	fs kg/cm²	F -	Rf %
0,20	0	0		0,0	0,00										
0,40	12	32		12,0	1,33	9	11,1								
0,60	12	24		12,0	0,80	15	6,7								
0,80	10	22		10,0	0,80	13	8,0								
1,00	9	21		9,0	0,80	11	8,9								
1,20	15	19		15,0	0,27	56	1,8								
1,40	13	23		13,0	0,67	19	5,2								
1,60	11	20		11,0	0,60	18	5,5								
1,80	8	14		8,0	0,40	20	5,0								
2,00	7	14		7,0	0,47	15	6,7								
2,20	28	46		28,0	1,20	23	4,3								
2,40	29	53		29,0	1,60	18	5,5								
2,60	26	56		26,0	2,00	13	7,7								
2,80	32	59		32,0	1,80	18	5,6								
3,00	38	72		38,0	2,27	17	6,0								
3,20	41	85		41,0	2,93	14	7,1								
3,40	40	85		40,0	3,00	13	7,5								
3,60	41	86		41,0	3,00	14	7,3								
3,80	47	90		47,0	2,87	16	6,1								
4,00	41	91		41,0	3,33	12	8,1								
4,20	40	88		40,0	3,20	13	8,0								
4,40	47	98		47,0	3,40	14	7,2								
4,60	44	98		44,0	3,60	12	8,2								
4,80	48	104		48,0	3,73	13	7,8								
5,00	38	86		38,0	3,20	12	8,4								
5,20	46	83		46,0	2,47	19	5,4								
5,40	33	84		33,0	3,40	10	10,3								
5,60	46	65		46,0	1,27	36	2,8								
5,80	29	75		29,0	3,07	9	10,6								
6,00	21	44		21,0	1,53	14	7,3								
6,20	29	51		29,0	1,47	20	5,1								
6,40	42	79		42,0	2,47	17	5,9								
6,60	38	67		38,0	1,93	20	5,1								
6,80	67	96		67,0	1,93	35	2,9								
7,00	108	156		108,0	3,20	34	3,0								
7,20	103	154		103,0	3,40	30	3,3								
7,40	54	154		54,0	6,67	8	12,4								
7,60	85	175		85,0	6,00	14	7,1								
7,80	112	190		112,0	5,20	22	4,6								
8,00	24	132		24,0	7,20	3	30,0								
8,20	33	75		33,0	2,80	12	8,5								
8,40	38	78		38,0	2,67	14	7,0								
8,60	65	115		65,0	3,33	20	5,1								
8,80	60	126		60,0	4,40	14	7,3								
9,00	33	90		33,0	3,80	9	11,5								
9,20	23	59		23,0	2,40	10	10,4								
9,40	28	44		28,0	1,07	26	3,8								
9,60	20	42		20,0	1,47	14	7,4								

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

qc = resistenza punta
 fs = resistenza laterale
 alla stessa quota di qc
 F = rapporto Begemann (qc / fs)
 Rf = rapporto Schmertmann (fs / qc)*100

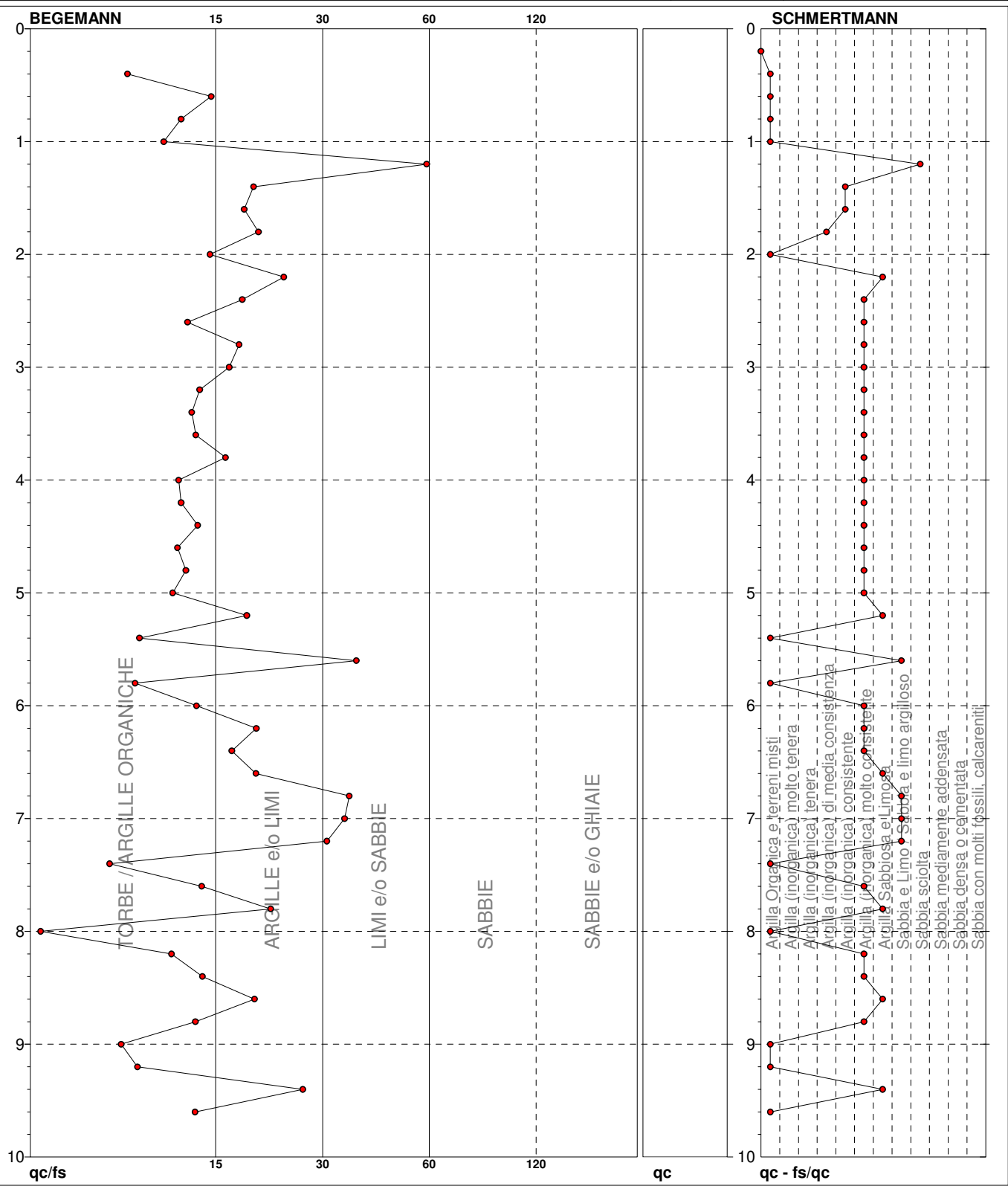
PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA	CPT	10
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data eseg.	22/12/2022
Cantiere		Scala: 1:50		
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Pagina 1	Quota inizio: Falda	
		Elaborato		



	Penetrometro: TG63-200Stat	preforo m
	Responsabile:	Corr.astine: kg/ml
	Assistente:	Cod. tip:

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA			CPT	10
DIAGRAMMI LITOLOGIA			Riferimento	389-22
Committente Regione Toscana			U.M.: kg/cm²	Data eseg. 22/12/2022
Cantiere			Scala: 1:50	Falda
Località Rio di Riolo - Arezzo			Pagina 1	
			Elaborato	



● 389-22 [10] : 9,60 m

PROVA PENETROMETRICA STATICA MECCANICA PARAMETRI GEOTECNICI						CPT	10
						Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm ²	Data esec.	22/12/2022
Cantiere		Pagina 1		
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Elaborato	Falda	

							NATURA COESIVA					NATURA GRANULARE											
H	qc	qc/fs	zone	γ'	σ'_{vo}	Vs	Cu	OCR	Eu50	Eu25	Mo	Dr	Sc	Ca	Ko	DB	DM	Me	E'50	E'25	Mo	FL1	FL2
m	U.M.			t/m ³	U.M.	m/s	U.M.	%	U.M.	U.M.	U.M.	%	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	(°)	U.M.	U.M.	U.M.		
0,20	--	--	???	1,85	0,04	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,40	12,0	9,0	2	1,85	0,07	141	0,57	80,8	97,1	145,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,60	12,0	15,0	2	1,85	0,11	141	0,57	48,7	97,1	145,7	44,6	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
0,80	10,0	12,5	2	1,85	0,15	132	0,50	28,8	85,0	127,5	40,0	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,00	9,0	11,3	2	1,85	0,19	127	0,45	19,1	76,5	114,8	37,8	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,20	15,0	55,6	4	1,85	0,22	154	0,67	24,8	113,3	170,0	49,5	44	36	31	28	26	35	27	25,0	37,5	45,0	--	--
1,40	13,0	19,4	4	1,85	0,26	145	0,60	18,1	102,8	154,2	46,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,60	11,0	18,3	2	1,85	0,30	137	0,54	13,2	91,2	136,8	42,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
1,80	8,0	20,0	2	1,85	0,33	121	0,40	7,9	80,2	120,3	35,2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,00	7,0	14,9	1	1,85	0,37	115	0,35	5,9	19,8	29,6	10,5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
2,20	28,0	23,3	4	1,85	0,41	194	0,97	18,5	164,1	246,2	84,0	50	37	31	28	26	35	28	46,7	70,0	84,0	--	--
2,40	29,0	18,1	4	1,85	0,44	197	0,98	17,0	167,1	250,7	87,0	49	37	31	28	26	35	29	48,3	72,5	87,0	--	--
2,60	26,0	13,0	4	1,85	0,48	189	0,93	14,3	157,9	236,8	78,0	44	36	30	27	25	34	28	43,3	65,0	78,0	--	--
2,80	32,0	17,8	4	1,85	0,52	204	1,07	15,5	181,3	272,0	96,0	49	37	30	27	26	34	29	53,3	80,0	96,0	--	--
3,00	38,0	16,7	4	1,85	0,56	218	1,27	17,6	215,3	323,0	114,0	53	38	31	28	26	35	30	63,3	95,0	114,0	--	--
3,20	41,0	14,0	4	1,85	0,59	224	1,37	17,9	232,3	348,5	123,0	54	38	31	28	26	35	30	68,3	102,5	123,0	--	--
3,40	40,0	13,3	4	1,85	0,63	222	1,33	16,1	226,7	340,0	120,0	52	37	30	27	26	34	30	66,7	100,0	120,0	--	--
3,60	41,0	13,7	4	1,85	0,67	224	1,37	15,4	232,3	348,5	123,0	51	37	30	27	26	34	30	68,3	102,5	123,0	--	--
3,80	47,0	16,4	4	1,85	0,70	236	1,57	17,1	266,3	399,5	141,0	55	38	31	28	26	35	31	78,3	117,5	141,0	--	--
4,00	41,0	12,3	4	1,85	0,74	224	1,37	13,5	232,3	348,5	123,0	49	37	30	27	25	34	30	68,3	102,5	123,0	--	--
4,20	40,0	12,5	4	1,85	0,78	222	1,33	12,3	226,7	340,0	120,0	47	37	29	26	25	33	30	66,7	100,0	120,0	--	--
4,40	47,0	13,8	4	1,85	0,81	236	1,57	14,2	266,3	399,5	141,0	51	37	30	27	25	34	31	78,3	117,5	141,0	--	--
4,60	44,0	12,2	4	1,85	0,85	230	1,47	12,4	249,3	374,0	132,0	48	37	29	26	25	33	31	73,3	110,0	132,0	--	--
4,80	48,0	12,9	4	1,85	0,89	238	1,60	13,1	272,0	408,0	144,0	50	37	30	27	25	34	31	80,0	120,0	144,0	--	--
5,00	38,0	11,9	4	1,85	0,93	218	1,27	9,3	220,6	330,9	114,0	41	36	28	25	24	32	30	63,3	95,0	114,0	--	--
5,20	46,0	18,6	4	1,85	0,96	234	1,53	11,2	260,7	391,0	138,0	46	37	29	26	24	33	31	76,7	115,0	138,0	--	--
5,40	33,0	9,7	4	1,85	1,00	207	1,10	7,1	249,6	374,4	99,0	34	35	27	24	23	31	29	55,0	82,5	99,0	--	--
5,60	46,0	36,2	3	1,85	1,04	234	--	--	--	--	--	44	37	29	26	24	32	31	76,7	115,0	138,0	--	--
5,80	29,0	9,4	4	1,85	1,07	197	0,98	5,6	289,1	433,7	87,0	28	35	26	23	22	30	29	48,3	72,5	87,0	--	--
6,00	21,0	13,7	4	1,85	1,11	174	0,82	4,3	310,0	465,0	63,0	16	33	24	21	20	28	27	35,0	52,5	63,0	--	--
6,20	29,0	19,7	4	1,85	1,15	197	0,98	5,2	314,7	472,1	87,0	26	34	26	23	21	29	29	48,3	72,5	87,0	--	--
6,40	42,0	17,0	4	1,85	1,18	226	1,40	7,7	286,9	430,4	126,0	38	36	28	24	23	31	30	70,0	105,0	126,0	--	--
6,60	38,0	19,7	4	1,85	1,22	218	1,27	6,6	313,5	470,2	114,0	34	35	27	24	22	30	30	63,3	95,0	114,0	--	--
6,80	67,0	34,7	3	1,85	1,26	270	--	--	--	--	--	53	38	30	26	25	33	32	111,7	167,5	201,0	--	--
7,00	108,0	33,8	3	1,85	1,30	323	--	--	--	--	--	68	39	32	29	27	36	34	180,0	270,0	324,0	--	--
7,20	103,0	30,3	3	1,85	1,33	317	--	--	--	--	--	66	39	31	28	27	36	34	171,7	257,5	309,0	--	--
7,40	54,0	8,1	4	1,85	1,37	249	1,80	8,8	324,3	486,4	162,0	43	36	28	25	23	32	31	90,0	135,0	162,0	--	--
7,60	85,0	14,2	4	1,85	1,41	295	2,83	15,1	481,7	722,5	255,0	58	38	30	27	25	34	33	141,7	212,5	255,0	--	--
7,80	112,0	21,5	4	1,85	1,44	328	3,73	20,6	634,7	952,0	336,0	67	39	31	28	27	36	34	186,7	280,0	336,0	--	--
8,00	24,0	3,3	4	1,85	1,48	183	0,89	3,3	414,6	621,9	72,0	13	33	24	20	19	27	28	40,0	60,0	72,0	--	--
8,20	33,0	11,8	4	1,85	1,52	207	1,10	4,2	423,7	635,5	99,0	24	34	25	22	21	28	29	55,0	82,5	99,0	--	--
8,40	38,0	14,2	4	1,85	1,55	218	1,27	4,9	430,5	645,7	114,0	28	35	26	22	21	29	30	63,3	95,0	114,0	--	--
8,60	65,0	19,5	4	1,85	1,59	267	2,17	9,2	378,8	568,2	195,0	46	37	28	25	24	32	32	108,3	162,5	195,0	--	--
8,80	60,0	13,6	4	1,85	1,63	259	2,00	8,1	389,5	584,2	180,0	43	36	28	25	23	31	32	100,0	150,0	180,0	--	--
9,00	33,0	8,7	4	1,85	1,67	207	1,10	3,7	469,6	704,4	99,0	21	34	25	21	20	28	29	55,0	82,5	99,0	--	--
9,20	23,0	9,6	4	1,85	1,70	180	0,87	2,7	447,6	671,4	69,0	9	32	23	19	18	26	28	38,3	57,5	69,0	--	--
9,40	28,0	26,2	4	1,85	1,74	194	0,97	3,0	475,6	713,4	84,0	15	33	24	20	19	27	28	46,7	70,0	84,0	--	--
9,60	20,0	13,6	4	1,85	1,78	171	0,80	2,3	433,4	650,1	60,0	3	32	22	18	17	25	27	33,3	50,0	60,0	--	--

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA FATTORI DI CONVERSIONE

Strumento utilizzato:

TG63-200Stat - Pagani - Piacenza

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- punta conica meccanica angolo di apertura: $\alpha = 60^\circ$
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' ($\varnothing = 35.7 \text{ mm} - h = 133 \text{ mm} - A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm/sec}$ ($\pm 0,5 \text{ cm / sec}$)
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione $CT = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$
(dato tecnico legato alle caratteristiche del penetrometro utilizzato, fornito dal costruttore)

fase 1 - resistenza alla punta: $q_c \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = (L_1) \times CT / 10$

fase 2 - resistenza laterale locale: $f_s \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = [(L_2) - (L_1)] \times CT / 150$

fase 3 - resistenza totale : $R_t \text{ (kg/cm}^2 \text{)} = (L_t) \times CT$

- Prima lettura = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- Seconda lettura = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- Terza lettura = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta $S \text{ (Kg)}$, corrispondente a ciascuna fase, si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione CT .

N.B. : nonostante la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il centro del manicotto laterale e la punta conica del penetrometro, la resistenza laterale locale f_s viene computata alla stessa quota della punta.

CONVERSIONI

1 kN (kiloNewton) = 1000 N \approx 100 kg = 0,1 t

1 MN (megaNewton) = 1.000 kN = 1.000.000 N \approx 100 t

1 kPa (kiloPascal) = 1 kN/m² = 0,001 MN/m² = 0,001 MPa \approx 0,1 t/m² = 0,01 kg/cm²

1 MPa (megaPascal) = 1 MN/m² = 1.000 kN/m² = 1000 kPa \approx 100 t/m² = 10 kg/cm²

1 kg/cm² = 10 t/m² \approx 100 kN/m² = 100 kPa = 0,1 MN/m² = 0,1 MPa

1 t = 1000 kg \approx 10 kN

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE CORRELAZIONI GENERALI

Valutazioni in base al rapporto: $F = (q_c / f_s)$

Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977

Valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

$F = q_c / f_s$	NATURA LITOLOGICA	PROPRIETA'
$F \leq 15 \text{ kg/cm}^2$	TORBE ED ARGILLE ORGANICHE	COESIVE
$15 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 30 \text{ kg/cm}^2$	LIMI ED ARGILLE	COESIVE
$30 \text{ kg/cm}^2 < F \leq 60 \text{ kg/cm}^2$	LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE	GRANULARI
$F > 60 \text{ kg/cm}^2$	SABBIE E SABBIE CON GHIAIA	GRANULARI

**Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978),
ricavabili in base ai valori di q_c e di $FR = (f_s / q_c) \% :$**

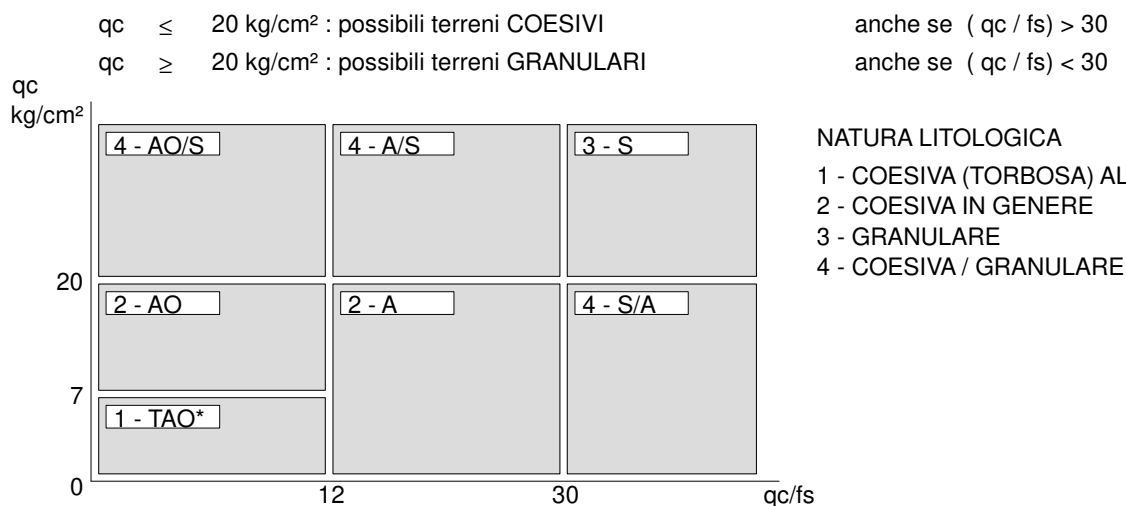
- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto q_c / f_s (Begemann 1965 - A.G.I. 1977) prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :



PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno immerso in falda [correlaz.: γ' - q_c - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 - Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - q_c]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terreni coesivi) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - q_c]
E'50 - E'25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza F = 2 - 4 rispettivamente)
Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski ed altri 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - q_c - natura]
Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni granulari N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo} (Schmertmann 1976)]
- \emptyset' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : \emptyset' - Dr - q_c - σ'_{vo})
 \emptyset'_{Ca} - Caquot (1948) \emptyset'_{Ko} - Koppejan (1948)
 \emptyset'_{DB} - De Beer (1965) \emptyset'_{Sc} - Schmertmann (1978)
 \emptyset'_{DM} - Durgunoglu & Mitchell (1975) (sabbie N.C.) \emptyset'_{Me} - Meyerhof (1956 / 1976) (sabbie limose)
- F.L. = fattore di liquefazione (F.L.1 = Sabbie Pulite, F.L.2 = Sabbie Limose)
- Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE SCHEDA PENETROMETRO		
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	
Cantiere		
Località	Rio di Riolo - Arezzo	

TG63-200Stat**Pagani - Piacenza**

Sigla	TG63-200Stat	Nominativo o sigla dello strumento
Beta eff.	1,12	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	63,0 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0,75 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
L(aste)	1,00 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	6,00 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	20,00 cm²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	90 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prf.(1°asta)	0,60 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0,20 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
Rivest.	Sì	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
ø(punta)		Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
MaxCE%		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)		Diametro della testa di battuta.
DEV(a)[<5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
DEV(a)[>5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
ECCmax(a)		Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)		Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
Dint(aste)		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
Dmin(punta)		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hcl(punta)		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
Ras(punta)		Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
RangeCP		Massimo numero di colpi utile
Spinta	20 t	Spinta nominale strumento

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	DIN	3
	Riferimento	389-22

Committente Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data esec. 16/12/2022
Cantiere	Pagina 1	
Località Rio di Riolo - Arezzo	Elaborato	Falda

H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm²	H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm²
0,20	1	0		0,0					
0,40	2	0		0,0					
0,60	2	0		0,0					
0,80	2	0		0,0					
1,00	2	0		0,0					
1,20	2	0		0,0					
1,40	3	0		0,0					
1,60	3	0		0,0					
1,80	3	0		0,0					
2,00	3	0		0,0					
2,20	3	0		0,0					
2,40	4	0		0,0					
2,60	4	0		0,0					
2,80	4	0		0,0					
3,00	4	0		0,0					
3,20	4	0		0,0					
3,40	5	0		0,0					
3,60	5	0		0,0					
3,80	5	0		0,0					
4,00	5	0		0,0					
4,20	5	11		88,0					
4,40	6	9		67,7					
4,60	6	10		75,2					
4,80	6	12		90,2					
5,00	6	15		112,8					
5,20	6	16		120,3					
5,40	7	23		163,0					
5,60	7	22		155,9					
5,80	7	22		155,9					
6,00	7	24		170,1					
6,20	7	24		170,1					
6,40	8	35		234,7					
6,60	8	43		288,3					
6,80	8	50		335,2					

H = profondità L1 = asta L2 = punta L3 = riv	qcd = Resistenza dinamica punta
---	---------------------------------

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN**3**

Riferimento

389-22Committente **Regione Toscana**

Cantiere

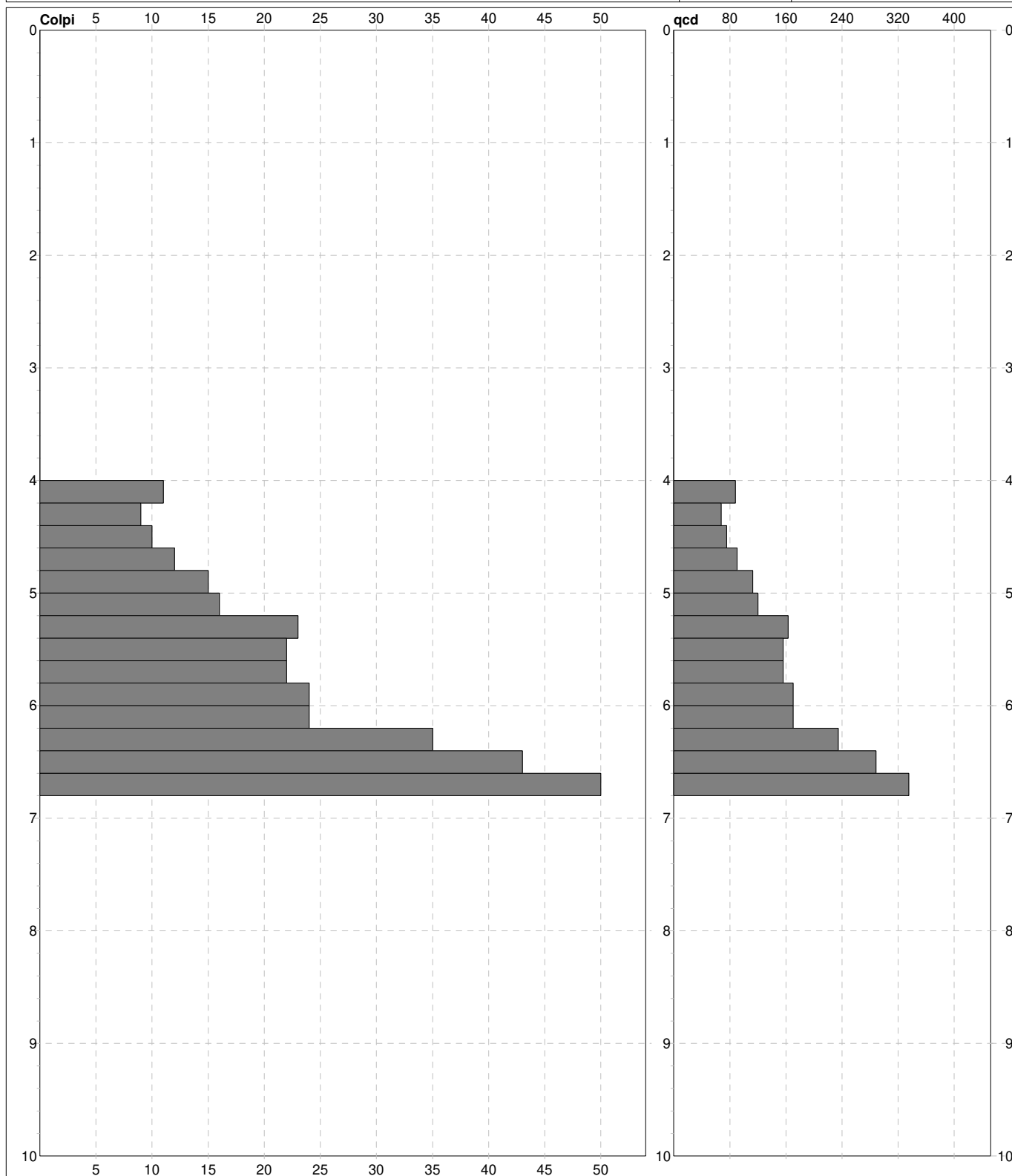
Località **Rio di Riolo - Arezzo**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:50**Pagina **1**

Elaborato

Data esec. **16/12/2022**

Quota inizio: :

Falda



Penetrometro: TG63-200Din
 63,00 kg
 0,75 m
 0,20 m

Responsabile::
 Assistente::

preforo m
 Corr.astine: : kg/ml
 Cod.ISTAT: 0

note: Proseguimento della CPT 3

FON130

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	DIN	8
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data esec.	16/12/2022
Cantiere		Pagina	1	
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Elaborato		Falda

H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm²	H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm²
0,20	1	1		10,8					
0,40	2	1		9,9					
0,60	2	8		79,4					
0,80	2	7		69,5					
1,00	2	4		39,7					
1,20	2	4		39,7					
1,40	3	8		73,5					
1,60	3	6		55,1					
1,80	3	2		18,4					
2,00	3	2		18,4					
2,20	3	2		18,4					
2,40	4	3		25,7					
2,60	4	2		17,1					
2,80	4	6		51,3					
3,00	4	6		51,3					
3,20	4	9		77,0					
3,40	5	4		32,0					
3,60	5	5		40,0					
3,80	5	6		48,0					
4,00	5	7		56,0					
4,20	5	8		64,0					
4,40	6	7		52,6					
4,60	6	9		67,7					
4,80	6	13		97,7					
5,00	6	10		75,2					
5,20	6	9		67,7					
5,40	7	7		49,6					
5,60	7	7		49,6					
5,80	7	9		63,8					
6,00	7	8		56,7					
6,20	7	6		42,5					
6,40	8	8		53,6					
6,60	8	8		53,6					
6,80	8	18		120,7					
7,00	8	17		114,0					
7,20	8	15		100,6					
7,40	9	10		63,6					
7,60	9	11		70,0					
7,80	9	7		44,5					
8,00	9	12		76,3					
8,20	9	16		101,8					

H = profondità	qcd = Resistenza dinamica punta
L1 = asta	
L2 = punta	
L3 = riv	

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN**8**

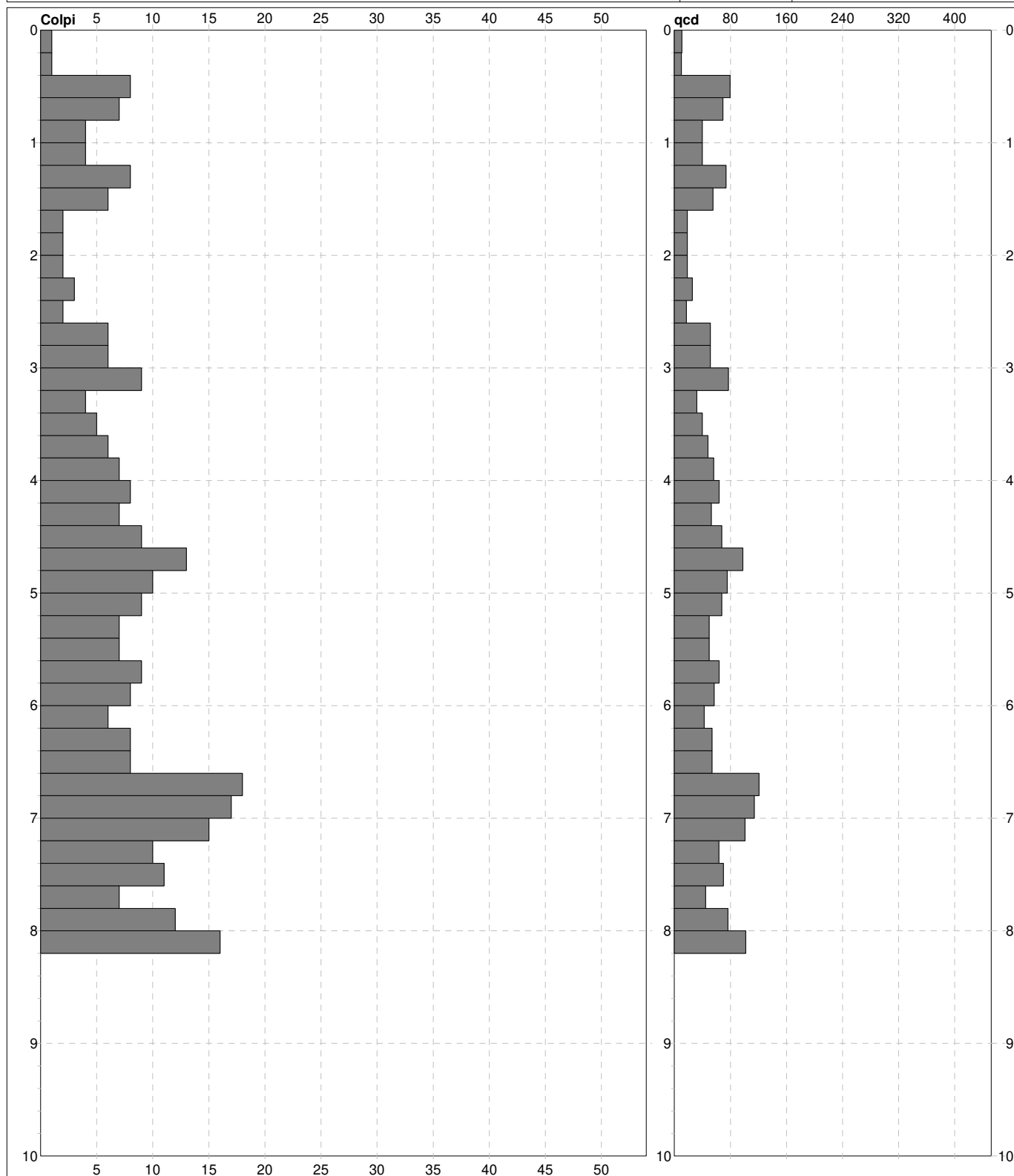
Riferimento

389-22Committente **Regione Toscana**

Cantiere

Località **Rio di Riolo - Arezzo**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:50**Pagina **1**

Elaborato

Data esec. **16/12/2022**Quota inizio: :
Falda

Penetrometro: TG63-200Din
63,00 kg
0,75 m
0,20 m

Responsabile::
Assistente::

preforo m
Corr.astine: : kg/ml
Cod.ISTAT: 0

FON130

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA LETTURE CAMPAGNA E VALORI TRASFORMATI	DIN	9
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	U.M.: kg/cm²	Data esec.	16/12/2022
Cantiere		Pagina	1	
Località	Rio di Riolo - Arezzo	Elaborato		Falda

H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm²	H m	asta n°	punta colpi	riv colpi	qcd kg/cm²
0,20	1	4		43,1					
0,40	2	5		49,6					
0,60	2	5		49,6					
0,80	2	6		59,5					
1,00	2	3		29,8					
1,20	2	2		19,8					
1,40	3	9		82,7					
1,60	3	15		137,8					
1,80	3	9		82,7					
2,00	3	6		55,1					
2,20	3	5		45,9					
2,40	4	7		59,9					
2,60	4	9		77,0					
2,80	4	9		77,0					
3,00	4	11		94,1					
3,20	4	9		77,0					
3,40	5	5		40,0					
3,60	5	6		48,0					
3,80	5	6		48,0					
4,00	5	8		64,0					
4,20	5	12		96,0					
4,40	6	10		75,2					
4,60	6	12		90,2					
4,80	6	12		90,2					
5,00	6	11		82,7					
5,20	6	14		105,2					
5,40	7	16		113,4					
5,60	7	20		141,8					
5,80	7	22		155,9					
6,00	7	27		191,4					
6,20	7	17		120,5					
6,40	8	20		134,1					
6,60	8	16		107,3					
6,80	8	16		107,3					
7,00	8	9		60,3					
7,20	8	16		107,3					
7,40	9	17		108,1					
7,60	9	18		114,5					
7,80	9	20		127,2					
8,00	9	22		139,9					

H = profondità
L1 = asta
L2 = punta
L3 = riv

qcd = Resistenza dinamica punta

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIGRAMMI DI RESISTENZA E LITOLOGIA

DIN**9**

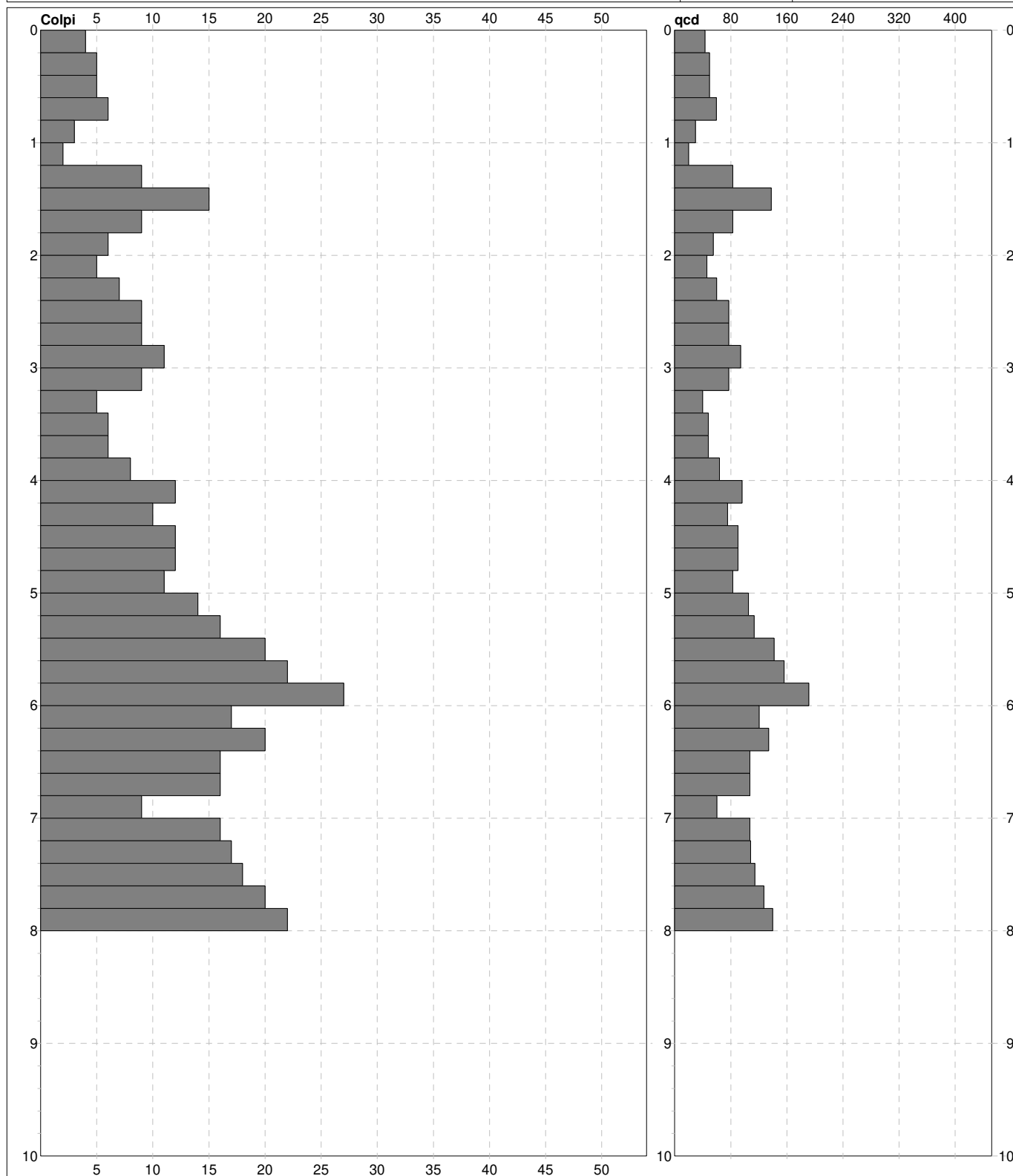
Riferimento

389-22Committente **Regione Toscana**

Cantiere

Località **Rio di Riolo - Arezzo**U.M.: **kg/cm²**Scala: **1:50**Pagina **1**

Elaborato

Data esec. **16/12/2022**Quota inizio: :
Falda

Penetrometro: TG63-200Din
63,00 kg
0,75 m
0,20 m

Responsabile::
Assistente::

preforo m
Corr.astine: : kg/ml
Cod.ISTAT: 0

FON130

LEGENDA SPECIFICHE TECNICHE

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI

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

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti :

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

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

DIVERSE TIPOLOGIE DI PENETROMETRI DINAMICI Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici

Tipo	Sigla di riferimento	massa battente	prof.max indagine
Leggero	DPL (Light)	$M \div 10$	8 m
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25 m
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25 m
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M > 60$	> 25 m

Per la visione delle caratteristiche tecniche dei penetrometri, si rimanda alla sezione EDITOR PENETROMETRI.

I PENETROMETRI dinamici in uso in Italia risultano essere i seguenti (non rientranti però nello Standard ISSMFE) :

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento $\delta \approx 10$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60-90^\circ$), diametro D = 35.7 mm, area base cono A = 10 cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SCPT) (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)

massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.8 mm, area base cono A = 20.27 cm² rivestimento : previsto secondo precise indicazioni

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M = 63.5 kg, altezza caduta H = 0.75 m, avanzamento $\delta \approx 20-30$ cm, punta conica ($\alpha \approx 60^\circ$), diametro D = 50.5 mm , area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto .

LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI SPECIFICHE TECNICHE

VALUTAZIONI STATISTICHE - CORRELAZIONI N / Nspt

Il sottosuolo indagato viene suddiviso in strati .

Prima definizione della profondità di ciascuno strato , il programma effettua (con riferimento al numero di colpi N) una serie di elaborazioni statistiche dei dati in memoria, valutando :

valore minimo m , massimo Max , media M, scarto quadratico medio s, valore medio/minimo $(M+m)^{1/2}$

media-scarto quadratico medio (M-s)

Ciò considerato , si potrà adottare il valore caratteristico VCA per N più adatto , a seconda delle esigenze, impostando uno dei valori elaborati sopracitati o un valore a scelta.

Successivamente , con riferimento al valore caratteristico assunto per il numero di colpi N , si potrà avviare un tentativo di correlazione con il numero di colpi Nspt della prova SPT : $Nspt = \beta N$ [ove per il coefficiente β si potrà introdurre un valore sperimentale a piacere (vedi note illustrative), ovvero il coefficiente teorico di energia β_t fornito dal programma] .

VALUTAZIONE RESISTENZA DINAMICA E COEFFICIENTE DI ENERGIA

La resistenza alla punta dinamica qcd viene comunemente valutata in base alla formula Olandese :

$$qcd = (M^2 H) / [A e (M + P)] \text{ ove :}$$

N = n. colpi per avanzamento δ qcd = resist.dinam.punta [area A] M = massa battente [altezza caduta H]

e = avanzamento per colpo = δ/N P = peso tot. sistema battuta e aste ,

ovvero in base alla formula semplificata :

$$qcd = (M H) / (A e) = (M H) N / (A \delta) = Q N ,$$

ove : $Q = (M H) / (A \delta)$ = energia specifica teorica per colpo .

Ciò considerato, volendo riferire la prova in esame (N,Q) alla prova SPT (Nspt,Qspt),

dall'uguaglianza dei valori di resistenza dinamica relativi alle due prove, si ricava teoricamente :

$$qcd = Q N = Qspt Nspt \Rightarrow Nspt = N [Q/Qspt] = \beta N ,$$

ove il rapporto $\beta = Q/Qspt$ viene definito coefficiente teorico di energia della prova in esame ,

relativamente alla prova SPT ($Qspt = 7.83 \text{ kg/cm}^2 = 0.768 \text{ MPa}$) per $M = 63.5 \text{ kg}$, $H = 0.75 \text{ m}$, $D = 50.8 \text{ mm}$,

$A = 20.27 \text{ cm}^2$, $d = 0.30 \text{ m}$) .

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al valore del numero dei colpi SPT equivalente

prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

Nspt -> Dr DENSITA' RELATIVA (Terreni granulari) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> ϕ' ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE (Terreni granulari) - PECK-HANSON-THORBURN (1953-1974)

Nspt -> E' MODULO DI DEFORMAZIONE DRENATO (Terreni granulari) - D'APPOLONIA e altri (1970)

Nspt -> Cu COESIONE NON DRENATA (Terreni coesivi) - TERZAGHI & PECK (1948-1967)

Nspt -> Y PESO DI VOLUME

TERRENI GRANULARI (Terzaghi-Peck 1948/1967) [$e_{max} = 1$ e $e_{min} = 1/3$ $G = 2.65$]

TERRENI COESIVI (Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948/1967) [$p_{specifico} G = 2.70$]

qcd -> Qd CAPACITA' PORTANTE DINAMICA Herminier, Tchong & Lebegue(1965)

F.L. = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)

(g = accelerazione gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (A_{max}/g)]

Vs = velocità di propagazione delle onde sismiche (Iyisan 1996)

PROVE PENETROMETRICHE MECCANICHE / ELETTRICHE SCHEDA PENETROMETRO		
	Riferimento	389-22

Committente	Regione Toscana	
Cantiere		
Località	Rio di Riolo - Arezzo	

TG63-200Din**Pagani - Piacenza**

Sigla	TG63-200Din	Nominativo o sigla dello strumento
Beta eff.	1,15	Coefficiente Effettivo suggerito dal costruttore del penetrometro
M(massa)	63,0 kg	Massa del Maglio Battente agente sulla batteria di aste
H(maglio)	0,75 m	Altezza di caduta o corsa del maglio (toll. da 0.01m a 0.02m)
L(aste)	1,00 m	Lunghezza delle aste utilizzabili, variabile da 1.00m a 2.00m (toll. da 0.1% a 0.2%)
M(aste)	6,00 kg	Peso al metro lineare delle aste (N.B. indipendente dalla lunghezza delle aste)
M(sistema)		Massa del complesso asta di guida - testa di battuta
A(punta)	20,00 cm²	Area della superficie laterale del cono della punta
Alfa(punta)	60 °	Angolo di apertura della punta conica variabile tra 60° e 90°
Prf.(1°asta)	0,20 m	Profondità di giunzione della prima asta infissa
N	0,20 m	Penetrazione standard, tratto di penetrazione per quale sono necessari Nx colpi
Rivest.	Sì	Previsto uso di rivestimento delle aste o uso di fanghi
ø(punta)	51,00 mm	Diametro della punta conica integra, cioè non soggetta ad usura (toll. da 0.3 a 0.5mm)
MaxCE%		Massima compressione elastica consentita rispetto alla penetrazione
L/DM		Rapporto tra la lunghezza e il diametro del maglio di battuta
D(tb)		Diametro della testa di battuta.
DEV(a)[<5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale nei primi 5.00 metri
DEV(a)[>5m]		Deviazione massima delle aste dalla verticale oltre i 5.00 metri
ECCmax(a)		Massima eccentricità consentita alle aste
Dest(aste)	34,00 mm	Diametro esterno delle aste (toll. max 0.2mm)
Dint(aste)		Diametro interno delle aste cave (toll. da 0.2mm a 0.3mm)
Dmin(punta)		Minimo diametro consentito per la punta conica usurata
hcl(punta)		Altezza del cilindro alla base del cono della punta (toll. da 1.00mm a 2.00mm)
Ras(punta)		Rastremazione del cono nella parte alta
Hc(punta)		Altezza della parte conica della punta non soggetta ad usura (toll. da 0.1mm a 0.4mm)
RangeCP		Massimo numero di colpi utile
Spinta	20 t	Spinta nominale strumento



Geognostica Fiorentina srl
Via di Porto, 11-13 • 50018 • Scandicci (FI)
C.F./P.IVA • 05256260489
Tel. e Fax • 055 3897865
E-mail • info@geognosticafiorentina.com
Web • www.geognosticafiorentina.com

COMUNE DI AREZZO



Oggetto:

Indagine geofisica di superfice mediante
analisi MASW + HVSR
per Calcolo Vs, eq - D.M. 17/01/2018

RELAZIONE TECNICA
MASW 1



Località:

Rio di Riolo – Arezzo



Committente:

REGIONE TOSCANA

Introduzione

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante analisi MASW e HVSR in data 22 Dicembre 2022, come concordato con la committenza, presso il Rio Riolo, Comune di Arezzo (Tavola 1).

E' stata eseguita una campagna geofisica con analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves), al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame, ed in particolare i valori di velocità delle onde di taglio, così come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018. La classificazione dei terreni è ottenuta sulla base del valore della $V_{s,eq}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio), definita dalla relazione:

$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$	h_i spessore dell'i-esimo strato; $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato; N numero di strati; H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.
---	---

Insieme all'indagine MASW è stato effettuato un rilievo di microtremori (vibrazioni ambientali) con stazione singola HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio).

Di seguito vengono descritte: la metodologia d'indagine, lo schema operativo, le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, ed infine l'interpretazione dei dati elaborati.

MASW: metodologia d'indagine

L'analisi MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), attraverso la registrazione della propagazione delle onde di superficie (Rayleigh), permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio S nel sottosuolo, portando quindi a determinare anche il parametro $V_{s,eq}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio).

In un mezzo stratificato le onde di superficie (Rayleigh) danno vita al fenomeno della dispersione, cioè lunghezze d'onda diverse si propagano con diverse velocità di fase e gruppo: le componenti ad alta frequenza (con piccola lunghezza d'onda) "sentono" solamente gli strati più superficiali del suolo, mentre le componenti a più bassa frequenza "sentono" anche gli strati più profondi consentendo quindi di determinarne le caratteristiche.

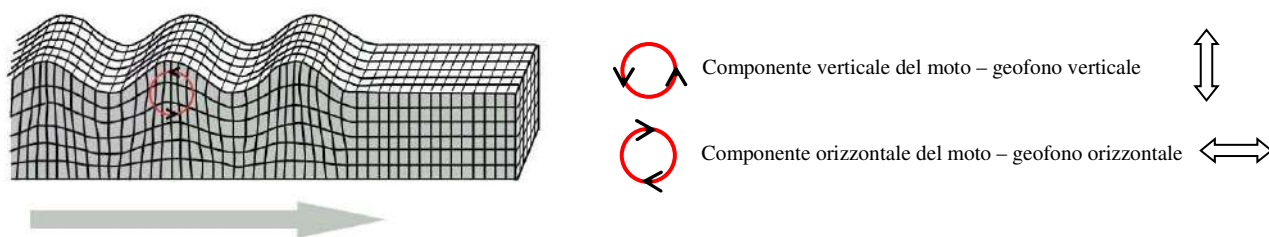
Il metodo si sviluppa attraverso la determinazione delle proprietà dispersive del mezzo individuabili dall'analisi dello spettro di velocità dei dati. Il range di frequenza si sviluppa comunemente tra i 5Hz e i 70Hz, fornendo informazioni sino a profondità di circa 30 m a seconda della rigidità del suolo: la profondità massima di penetrazione è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e più bassa frequenza identificabile.

Questa tipologia di prospezione si realizza con uno stendimento sismico costituito da 12/24 o più geofoni allineati a distanza intergeofonica variabile tipicamente fra 1 e 5 m (la lunghezza dello stendimento incide sulla focalizzazione del segnale nello spettro di velocità) che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di X punti di energizzazione effettuati tipicamente ad una distanza compresa fra 2 e 20 m dal primo geofono.

L'obiettivo della registrazione è quindi l'individuazione del treno di onde superficiali (Rayleigh), che a causa della stratificazione del mezzo subisce una dispersione le cui modalità sono direttamente correlate alla velocità delle onde di taglio S.

L'acquisizione delle onde di Rayleigh può essere fatta mediante geofoni verticali, intercettando nel moto delle particelle lo spostamento verticale; oppure mediante geofoni orizzontali con asse posto parallelo (radiale) allo stendimento, intercettando lo spostamento orizzontale. In entrambi i casi si utilizza una sorgente verticale - piastra-martello.

Rayleigh Wave



L'analisi **HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio)**, è un'analisi di sismica "passiva" che si basa sulla misura delle vibrazioni del terreno indotte da sorgenti non controllate, attraverso un apparato di registrazione dotato di 3 velocimetri disposti nelle tre direzioni dello spazio, e sull'analisi del rapporto spettrale tra le componenti orizzontali (H) e verticali (V) di quello che viene definito "rumore sismico", "vibrazione ambientale" o "microtremore", costituito da piccole vibrazioni del

terreno dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} cm. Gli spettri verticali e orizzontali variano in funzione dell'anisotropia del mezzo attraversato e dei gradienti di impedenza presenti nel sottosuolo:

$$\text{Rapporto di impedenza sismica } I = \rho_r V_r / \rho_s V_s$$

Dove ρ_r è la densità del substrato e ρ_s del terreno soprastante; V_r la velocità delle onde di taglio del substrato e V_s del terreno.

Gli effetti stratigrafici di amplificazione sismica sono influenzati dal rapporto d'impedenza, e le frequenze corrispondenti ai massimi della funzione di amplificazione si chiamano frequenze (periodi) naturali di vibrazioni del deposito. Il periodo proprio di sito è indicato dalla seguente formula:

$$T_0 = 4H/V_s$$

Dove: V_s è la velocità delle onde di taglio fino al bedrock (inteso come un orizzonte con forte contrasto di V_s che dà origine ad un picco dell'H/V); H lo spessore dei sedimenti sovrastanti il bedrock. Di fondamentale importanza risulta la conoscenza della frequenza di sito per il fenomeno della "doppia risonanza", cioè la corrispondenza tra la frequenza fondamentale del segnale sismico trasmesso in superficie e la frequenza delle strutture in progetto o dei manufatti già esistenti.

Schema operativo

In Tavola 1, è stato riportato un inquadramento dell'area con inserita la traccia della linea sismica eseguita. Dopo una prima analisi dell'area ed in considerazione degli spazi a disposizione è stato deciso di adottare la seguente configurazione:

MASW:

- n° geofoni: 12
- distanza intergeofonica di 5.0 m per complessivi 55.0 m di rilievo (G1-G12)
- Coordinate linea sismica: G1 = 43.420816°, 11.849739°; G12 = 43.420577°, 11.850331°;
punto medio = 43.420695°, 11.850038°
- n° 2 offset (distanza tra il punto di energizzazione e il geofono più vicino ad esso) a 2.5 m dal primo e dall'ultimo geofono.

Per quanto riguarda l'acquisizione sono state utilizzate le seguenti impostazioni:

- tempo di acquisizione: 1.5 s
- frequenza di campionamento 2000 Hz
- periodo di campionamento 500 μ s.

HVSR:

- Coordinate: 43.420695°, 11.850038°

Acquisizione:

- registrazione: 20 minuti
- frequenza di campionamento: 300 Hz (ricampionato a 64 Hz in fase di elaborazione)

Elaborazione:

- finestra: 20 secondi
- tapering: 5%
- lisciamento: finestra triangolare (15%)

Strumentazione impiegata

MASW Un sistema digitale di acquisizione dati in sismica, è costituito sostanzialmente da geofoni, amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali. Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo costituito da un sistema a più canali a conversione digitale tra loro in catena, ciascuno con un proprio ID, e pilotati da PC. Il modello è denominato DOREMI (della SARA electronic instruments), con risoluzione di acquisizione pari a 16 bit. Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati 12 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz.

Come sorgente di energia sismica per le onde di Rayleigh si è fatto uso di una mazza con maglio da 6 kg battente su una piastra di alluminio posta sul suolo in linea con lo stendimento.

L'inizio della registrazione è stato dato tramite un *trigger* che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra (nel nostro caso si è usato quello un geofono starter) e l'impulso generato, inviato al sistema di acquisizione, consente di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.

HVSR L'acquisizione HVSR è stata effettuata tramite sismografo triassiale SR04C3 - SARA electronic instruments, con geofoni da 4.5 Hz dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, collegato ad un Notebook ASUS TP200SA. I dati acquisiti mediante software SEISMOLOG-MT, della SARA electronic instruments, ed analizzati mediante WINMASW 2018 Academy della EliaSoft.

Analisi e risultati dell'indagine

Per quanto riguarda le analisi dei dati HVSR, individuati eventuali transienti (eventi con eccessiva ampiezza) da rimuovere, viene creato lo spettro di frequenza delle tre componenti (le due orizzontali e quella verticale) ed il rapporto spettrale H/V, dividendo la serie temporale in n finestre da 20 secondi, in parziale sovrapposizione (Tavola 2).

I risultati di tali operazioni mostrano un picco di frequenza, che si può attribuire a motivi litologici, intorno a 10.8 Hz con un rapporto HVSR di circa 3.6, che indica un contrasto di impedenza a partire dai 5-8 m di profondità, come da analisi congiunta MASW-HVSR, che concorda con quanto riportato dal seguente abaco (Da *Albarello et alii, 2010*).

f_0 (Hz)	h (m)
< 1	> 100
1 - 2	100 - 50
2 - 3	50 - 30
3 - 5	30 - 20
5 - 8	20 - 10
8 - 20	10 - 5
> 20	< 5

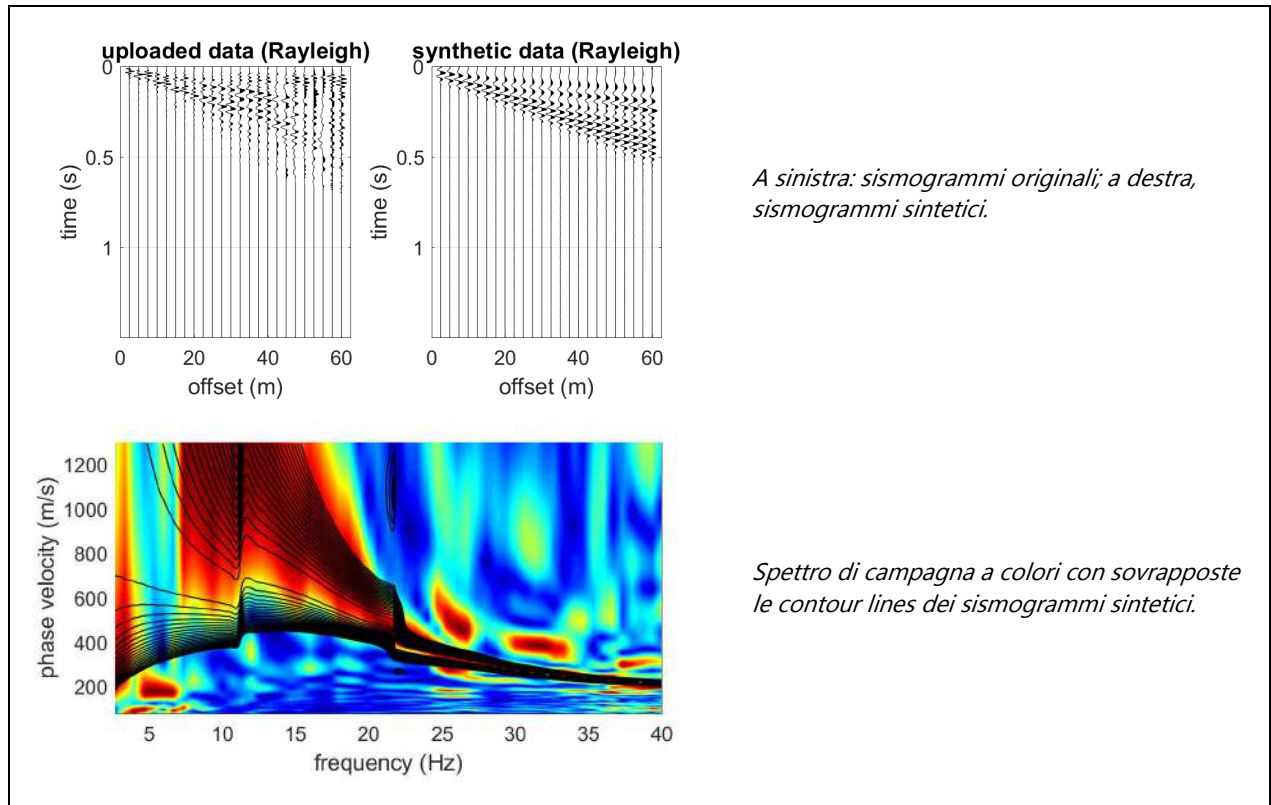
Da Albarello et alii, 2010

Per quanto riguarda le linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations), che definiscono la robustezza statistica della curva HVSR e degli eventuali picchi presenti, sono risultati soddisfatti tutti e tre i "criteri per una curva H/V affidabile"; e quattro su sei dei "criteri per un picco H/V chiaro" (vedi Tavola 2).

L'analisi dei dati acquisiti dalla metodologia **MASW**, con onde di Rayleigh, avviene attraverso le seguenti fasi:

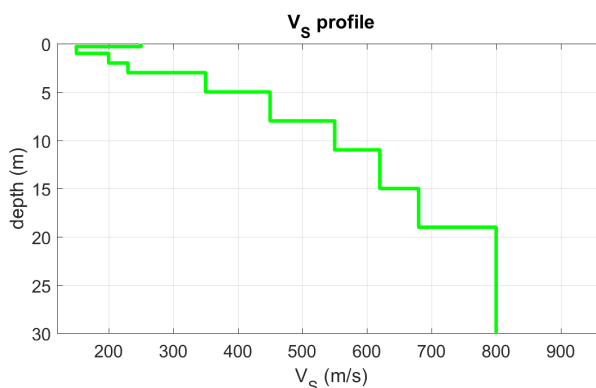
1. Calcolo dello spettro di velocità; 2. Individuazione del *modo fondamentale* e degli eventuali superiori; 3. Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia; 4. Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs tramite analisi congiunta con HVSR.

In alternativa (figura sotto): inversione dell'intero spettro di velocità tramite generazione di sismogrammi sintetici secondo il metodo della *Modal Summation* (Herman 2003).



Analisi congiunta MASW-HVSR: Per analisi congiunta si intende l'utilizzo di tutti i dati a disposizione all'interno dello stesso strumento di analisi. Questo tipo di analisi offre numerosi vantaggi, primo fra tutti quello di diminuire il numero dei possibili modelli sismostratigrafici (spessori/velocità) determinati dal problema della non-univocità (cioè dell'equivalenza di modelli diversi per una data curva di dispersione) che in effetti tocca tutti i metodi geofisici di superficie. Dai dati acquisiti mediante MASW si è effettuato il calcolo della curva di dispersione (con attribuzione degli spessori e delle velocità relative), ed a partire da questo la creazione, mediante il software utilizzato, di una "curva teorica" H/V. Infine confrontando tale curva con quella misurata empiricamente, si è cercato di affinare il modello sismostratigrafico in modo da ottenerne uno che rappresenti al meglio la curva di dispersione e che faccia sovrapporre le curve H/V ed in particolare la frequenza del principale picco, tipicamente legato al più profondo contatto litologico "significativo". Tale operazione consente di vincolare il modello Vs specialmente in profondità dove il margine di incertezza è maggiore. I risultati sono riportati nella Tavola 3. Nella Tabella e nella figura sottostanti vengono riportati gli spessori e le relative velocità Vs, ricordando che, come in tutti i metodi geofisici, può essere ottenuta solo una stima del modello sismostratigrafico a causa del problema della non univocità.

Vsh (m/s)	Spessore (m)	Profondità (m)
250	0.3	0.3
150	0.7	1.0
200	1.0	2.0
230	1.0	3.0
350	2.0	5.0
450	3.0	8.0
550	3.0	11.0
620	4.0	15.0
680	4.0	19.0
800	semi-spazio	
Modello sismostratigrafico stimato		



L'analisi della dispersione delle onde superficiali, abbinata all'analisi HVSR, ha consentito di stimare il profilo verticale della Vs, e di conseguenza del parametro $V_{s,eq}$, che risulta essere pari a 419 m/s, considerando come riferimento il piano campagna, con il substrato sismico individuato ad una profondità di circa 19.0 m.

Sarà cura del progettista, in base alle caratteristiche dell'opera da realizzare, alla effettiva profondità di imposta delle fondazioni, al modello sismostratigrafico riportato con il conseguente profilo verticale della Vs, ed a tutte le considerazioni del caso che riterrà opportune, attribuire il definitivo valore di $V_{s,eq}$ e conseguentemente la categoria di suolo, secondo le NTC 2018 - Tabella 3.2.II, riportata sotto.

Categorie di sottosuolo (NTC 2018 - Tabella 3.2.II)	
Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Scandicci, li 28/12/2022

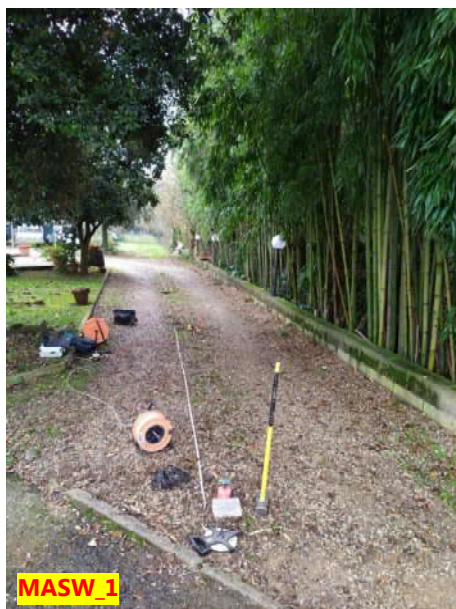
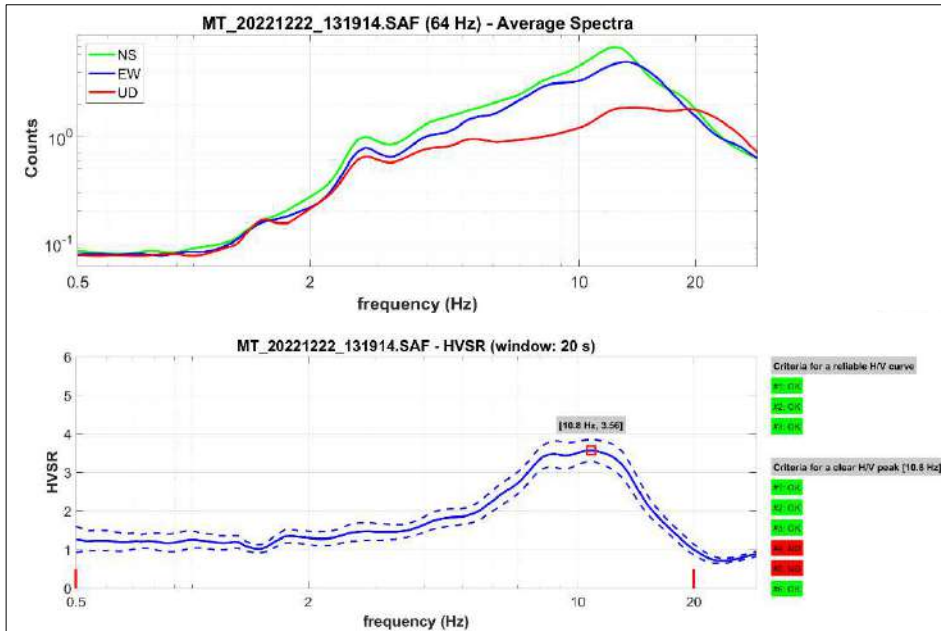


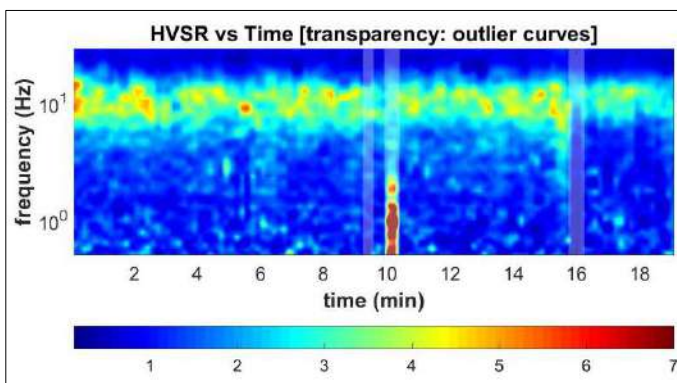
TAVOLA 1

HVSR

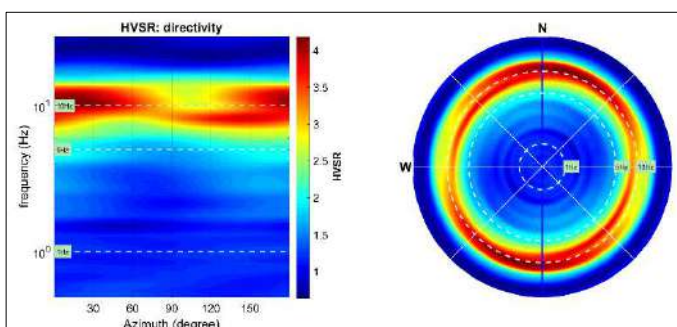


Spettri d'ampiezza
delle tre componenti
(orizzontali NS-EW e
verticali UD)

Rapporto spettrale
H/V

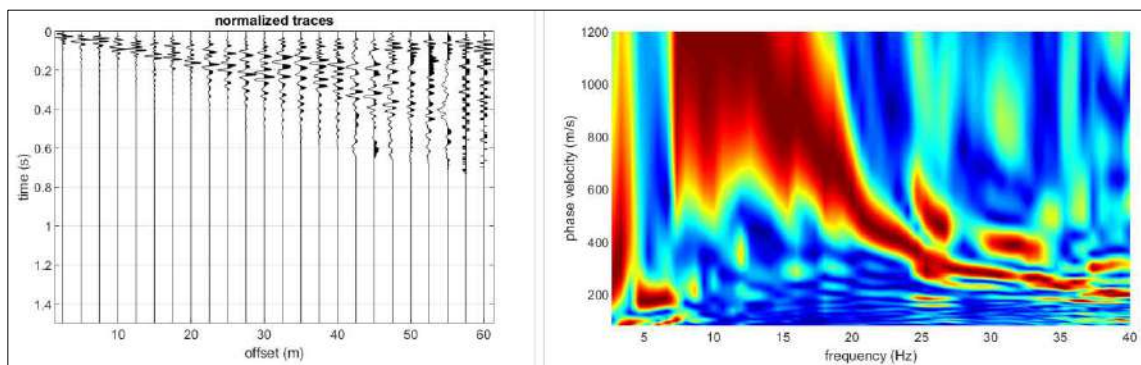


Persistenza del segnale

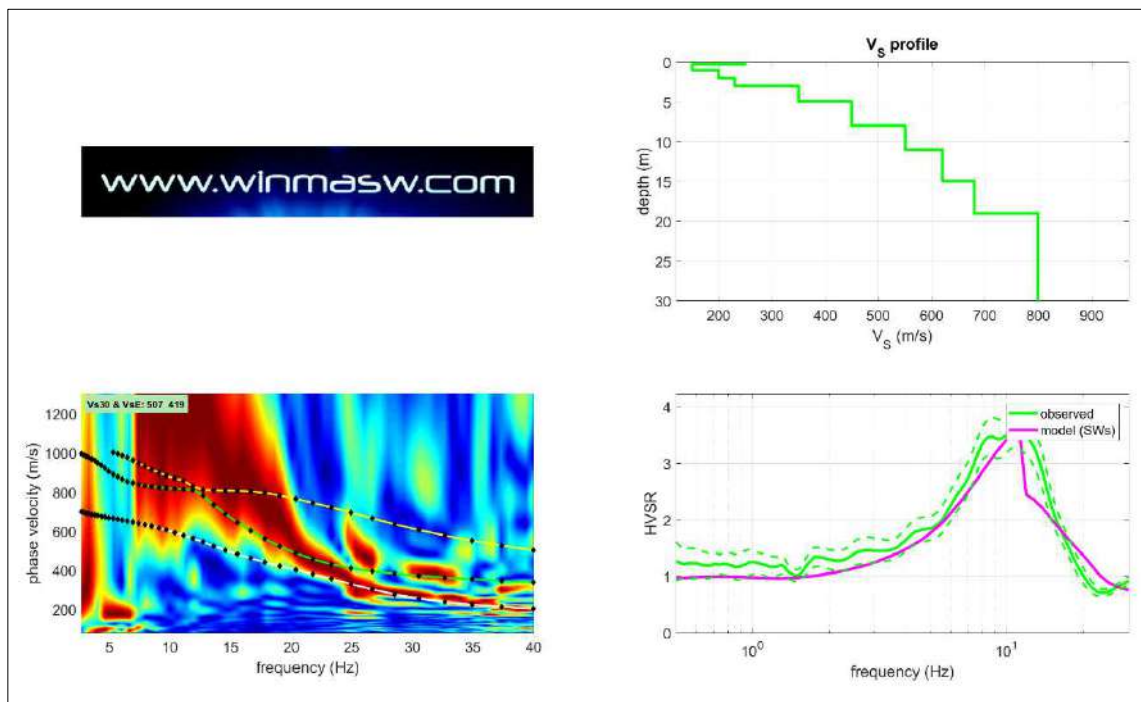


Direttività

TAVOLA 2



Componente di Rayleigh - dati acquisiti (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).



Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi congiunta di dati MASW-HVSR.

In alto: profilo verticale V_s identificato dall'inversione.

In basso a sinistra: spettro di velocità osservato con sovrapposte le curve di dispersione (componente di Rayleigh);

In basso a destra: Risultati dell'analisi congiunta MASW – HVSR a partire dal modello di V_s utilizzato per la dispersione delle onde di superficie, secondo la formulazione basata sulle onde di superficie (Albarello & Lunedei, 2009). La curva magenta ottenuta dalla modellazione approssima quella misurata empiricamente (curva verde).

TAVOLA 3



Geognostica Fiorentina srl
Via di Porto, 11-13 • 50018 • Scandicci (FI)
C.F./P.IVA • 05256260489
Tel. e Fax • 055 3897865
E-mail • info@geognosticafiorentina.com
Web • www.geognosticafiorentina.com

COMUNE DI AREZZO



Oggetto:

Indagine geofisica di superfice mediante
analisi MASW + HVSR
per Calcolo Vs, eq - D.M. 17/01/2018

RELAZIONE TECNICA
MASW 2



Località:

Rio di Riolo – Arezzo



Committente:

REGIONE TOSCANA

Introduzione

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante analisi MASW e HVSr in data 22 Dicembre 2022, come concordato con la committenza, presso il Rio Riolo, Comune di Arezzo (Tavola 1).

E' stata eseguita una campagna geofisica con analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves), al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame, ed in particolare i valori di velocità delle onde di taglio, così come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018. La classificazione dei terreni è ottenuta sulla base del valore della $V_{s,eq}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio), definita dalla relazione:

$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$	h_i spessore dell'i-esimo strato; $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato; N numero di strati; H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.
---	---

Insieme all'indagine MASW è stato effettuato un rilievo di microtremori (vibrazioni ambientali) con stazione singola HVSr (Horizontal Vertical Spectral Ratio).

Di seguito vengono descritte: la metodologia d'indagine, lo schema operativo, le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, ed infine l'interpretazione dei dati elaborati.

MASW: metodologia d'indagine

L'analisi MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), attraverso la registrazione della propagazione delle onde di superficie (Rayleigh), permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio S nel sottosuolo, portando quindi a determinare anche il parametro $V_{s,eq}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio).

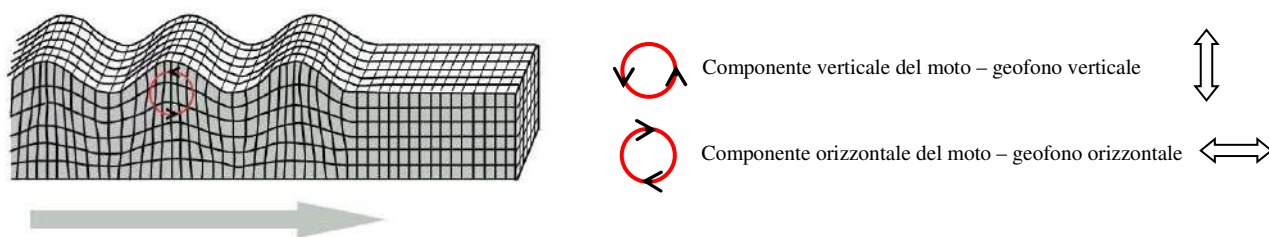
In un mezzo stratificato le onde di superficie (Rayleigh) danno vita al fenomeno della dispersione, cioè lunghezze d'onda diverse si propagano con diverse velocità di fase e gruppo: le componenti ad alta frequenza (con piccola lunghezza d'onda) "sentono" solamente gli strati più superficiali del suolo, mentre le componenti a più bassa frequenza "sentono" anche gli strati più profondi consentendo quindi di determinarne le caratteristiche.

Il metodo si sviluppa attraverso la determinazione delle proprietà dispersive del mezzo individuabili dall'analisi dello spettro di velocità dei dati. Il range di frequenza si sviluppa comunemente tra i 5Hz e i 70Hz, fornendo informazioni sino a profondità di circa 30 m a seconda della rigidità del suolo: la profondità massima di penetrazione è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e più bassa frequenza identificabile.

Questa tipologia di prospezione si realizza con uno stendimento sismico costituito da 12/24 o più geofoni allineati a distanza intergeofonica variabile tipicamente fra 1 e 5 m (la lunghezza dello stendimento incide sulla focalizzazione del segnale nello spettro di velocità) che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di X punti di energizzazione effettuati tipicamente ad una distanza compresa fra 2 e 20 m dal primo geofono.

L'obiettivo della registrazione è quindi l'individuazione del treno di onde superficiali (Rayleigh), che a causa della stratificazione del mezzo subisce una dispersione le cui modalità sono direttamente correlate alla velocità delle onde di taglio S.

L'acquisizione delle onde di Rayleigh può essere fatta mediante geofoni verticali, intercettando nel moto delle particelle lo spostamento verticale; oppure mediante geofoni orizzontali con asse posto parallelo (radiale) allo stendimento, intercettando lo spostamento orizzontale. In entrambi i casi si utilizza una sorgente verticale - piastra-martello.

Rayleigh Wave

L'analisi **HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio)**, è un'analisi di sismica "passiva" che si basa sulla misura delle vibrazioni del terreno indotte da sorgenti non controllate, attraverso un apparato di registrazione dotato di 3 velocimetri disposti nelle tre direzioni dello spazio, e sull'analisi del rapporto spettrale tra le componenti orizzontali (H) e verticali (V) di quello che viene definito "rumore sismico", "vibrazione ambientale" o "microtremore", costituito da piccole vibrazioni del

terreno dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} cm. Gli spettri verticali e orizzontali variano in funzione dell'anisotropia del mezzo attraversato e dei gradienti di impedenza presenti nel sottosuolo:

$$\text{Rapporto di impedenza sismica } I = \rho_r V_r / \rho_s V_s$$

Dove ρ_r è la densità del substrato e ρ_s del terreno sovrastante; V_r la velocità delle onde di taglio del substrato e V_s del terreno.

Gli effetti stratigrafici di amplificazione sismica sono influenzati dal rapporto d'impedenza, e le frequenze corrispondenti ai massimi della funzione di amplificazione si chiamano frequenze (periodi) naturali di vibrazioni del deposito. Il periodo proprio di sito è indicato dalla seguente formula:

$$T_0 = 4H/V_s$$

Dove: V_s è la velocità delle onde di taglio fino al bedrock (inteso come un orizzonte con forte contrasto di V_s che dà origine ad un picco dell'H/V); H lo spessore dei sedimenti sovrastanti il bedrock. Di fondamentale importanza risulta la conoscenza della frequenza di sito per il fenomeno della "doppia risonanza", cioè la corrispondenza tra la frequenza fondamentale del segnale sismico trasmesso in superficie e la frequenza delle strutture in progetto o dei manufatti già esistenti.

Schema operativo

In Tavola 1, è stato riportato un inquadramento dell'area con inserita la traccia della linea sismica eseguita. Dopo una prima analisi dell'area ed in considerazione degli spazi a disposizione è stato deciso di adottare la seguente configurazione:

MASW:

- n° geofoni: 12
- distanza intergeofonica di 4.0 m per complessivi 44.0 m di rilievo (G1-G12)
- Coordinate linea sismica: G1 = 43.421252°, 11.847840°; G12 = 43.421289°, 11.848383°;
punto medio = 43.421271°, 11.848119°
- n° 2 offset (distanza tra il punto di energizzazione e il geofono più vicino ad esso) a 2 m dal primo e dall'ultimo geofono.

Per quanto riguarda l'acquisizione sono state utilizzate le seguenti impostazioni:

- tempo di acquisizione: 1.5 s
- frequenza di campionamento 2000 Hz
- periodo di campionamento 500 μ s.

HVSR:

- Coordinate: 43.421271°, 11.848119°

Acquisizione:

- registrazione: 20 minuti
- frequenza di campionamento: 300 Hz (ricampionato a 64 Hz in fase di elaborazione)

Elaborazione:

- finestra: 20 secondi
- tapering: 5%
- lisciamento: finestra triangolare (15%)

Strumentazione impiegata

MASW Un sistema digitale di acquisizione dati in sismica, è costituito sostanzialmente da geofoni, amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali. Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo costituito da un sistema a più canali a conversione digitale tra loro in catena, ciascuno con un proprio ID, e pilotati da PC. Il modello è denominato DOREMI (della SARA electronic instruments), con risoluzione di acquisizione pari a 16 bit. Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati 12 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz.

Come sorgente di energia sismica per le onde di Rayleigh si è fatto uso di una mazza con maglio da 6 kg battente su una piastra di alluminio posta sul suolo in linea con lo stendimento.

L'inizio della registrazione è stato dato tramite un *trigger* che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra (nel nostro caso si è usato quello un geofono starter) e l'impulso generato, inviato al sistema di acquisizione, consente di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.

HVSR L'acquisizione HVSR è stata effettuata tramite sismografo triassiale SR04C3 - SARA electronic instruments, con geofoni da 4.5 Hz dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, collegato ad un Notebook ASUS TP200SA. I dati acquisiti mediante software SEISMOLOG-MT, della SARA electronic instruments, ed analizzati mediante WINMASW 2018 Academy della EliaSoft.

Analisi e risultati dell'indagine

Per quanto riguarda le analisi dei dati HVSR, individuati eventuali transienti (eventi con eccessiva ampiezza) da rimuovere, viene creato lo spettro di frequenza delle tre componenti (le due orizzontali e quella verticale) ed il rapporto spettrale H/V, dividendo la serie temporale in n finestre da 20 secondi, in parziale sovrapposizione (Tavola 2).

I risultati di tali operazioni mostrano un picco di frequenza, che si può attribuire a motivi litologici, intorno a 4.0 Hz con un rapporto HVSR di circa 3.7, che indica un contrasto di impedenza intorno ai 28 m di profondità, come da analisi congiunta MASW-HVSR, che concorda con quanto riportato dal seguente abaco (Da Albarello et alii, 2010).

f_0 (Hz)	h (m)
< 1	> 100
1 - 2	100 - 50
2 - 3	50 - 30
3 - 5	30 - 20
5 - 8	20 - 10
8 - 20	10 - 5
> 20	< 5

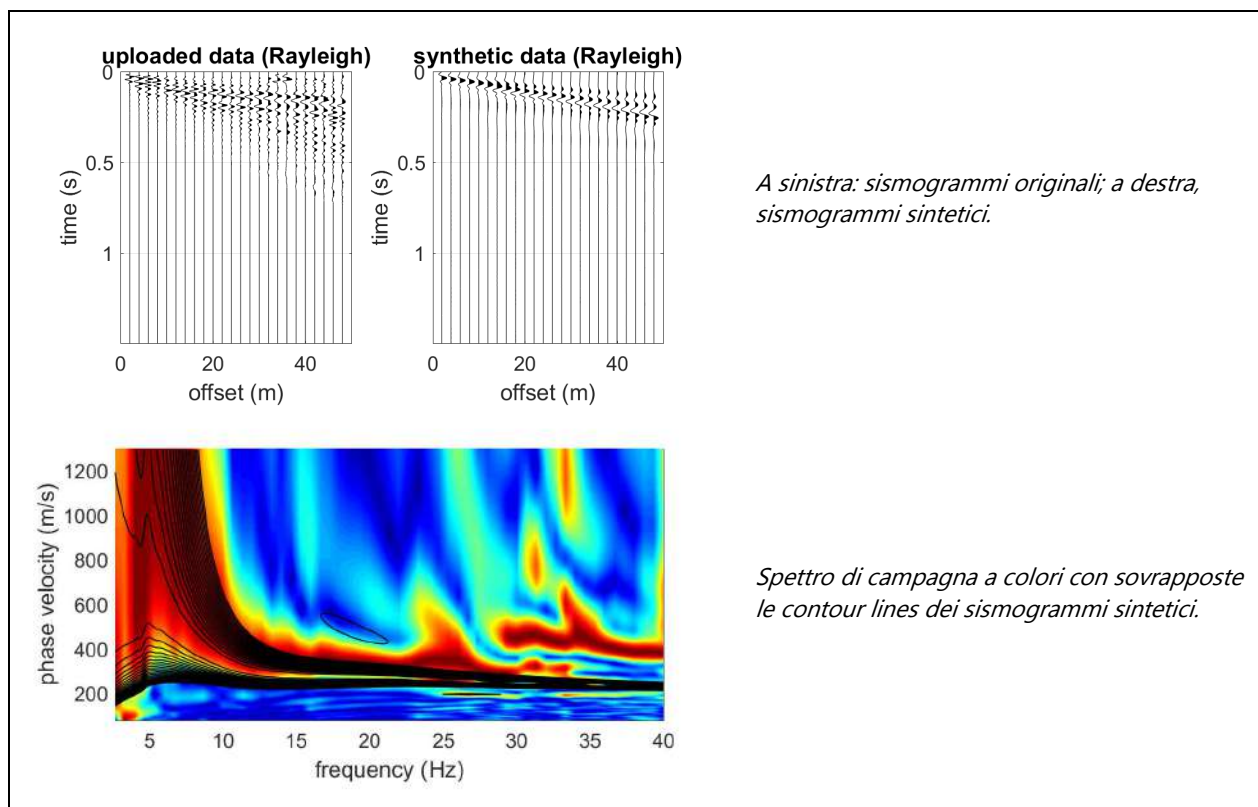
Da Albarello et alii, 2010

Per quanto riguarda le linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations), che definiscono la robustezza statistica della curva HVSR e degli eventuali picchi presenti, sono risultati soddisfatti tutti e tre i "criteri per una curva H/V affidabile"; e cinque su sei dei "criteri per un picco H/V chiaro" (vedi Tavola 2).

L'analisi dei dati acquisiti dalla metodologia **MASW**, con onde di Rayleigh, avviene attraverso le seguenti fasi:

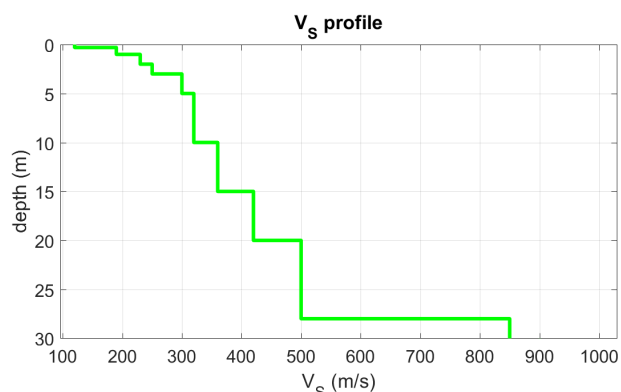
1. Calcolo dello spettro di velocità;
2. Individuazione del *modo fondamentale* e degli eventuali superiori;
3. Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia;
4. Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs tramite analisi congiunta con HVSR.

In alternativa (figura sotto): inversione dell'intero spettro di velocità tramite generazione di sismogrammi sintetici secondo il metodo della *Modal Summation* (Herman 2003).



Analisi congiunta MASW-HVSR: Per analisi congiunta si intende l'utilizzo di tutti i dati a disposizione all'interno dello stesso strumento di analisi. Questo tipo di analisi offre numerosi vantaggi, primo fra tutti quello di diminuire il numero dei possibili modelli sismostratigrafici (spessori/velocità) determinati dal problema della non-univocità (cioè dell'equivalenza di modelli diversi per una data curva di dispersione) che in effetti tocca tutti i metodi geofisici di superficie. Dai dati acquisiti mediante MASW si è effettuato il calcolo della curva di dispersione (con attribuzione degli spessori e delle velocità relative), ed a partire da questo la creazione, mediante il software utilizzato, di una "curva teorica" H/V. Infine confrontando tale curva con quella misurata empiricamente, si è cercato di affinare il modello sismostratigrafico in modo da ottenerne uno che rappresenti al meglio la curva di dispersione e che faccia sovrapporre le curve H/V ed in particolare la frequenza del principale picco, tipicamente legato al più profondo contatto litologico "significativo". Tale operazione consente di vincolare il modello Vs specialmente in profondità dove il margine di incertezza è maggiore. I risultati sono riportati nella Tavola 3. Nella Tabella e nella figura sottostanti vengono riportati gli spessori e le relative velocità Vs, ricordando che, come in tutti i metodi geofisici, può essere ottenuta solo una stima del modello sismostratigrafico a causa del problema della non univocità.

Vsh (m/s)	Spessore (m)	Profondità (m)
120	0.3	0.3
150	0.7	1.0
230	1.0	2.0
250	1.0	3.0
300	2.0	5.0
320	5.0	10.0
360	5.0	15.0
420	5.0	20.0
500	8.0	28.0
850	semi-spazio	
Modello sismostratigrafico stimato		



L'analisi della dispersione delle onde superficiali, abbinata all'analisi HVSR, ha consentito di stimare il profilo verticale della Vs, e di conseguenza del parametro $V_{s,eq}$, che risulta essere pari a 356 m/s, considerando come riferimento il piano campagna, con il substrato sismico individuato ad una profondità di circa 28.0 m.

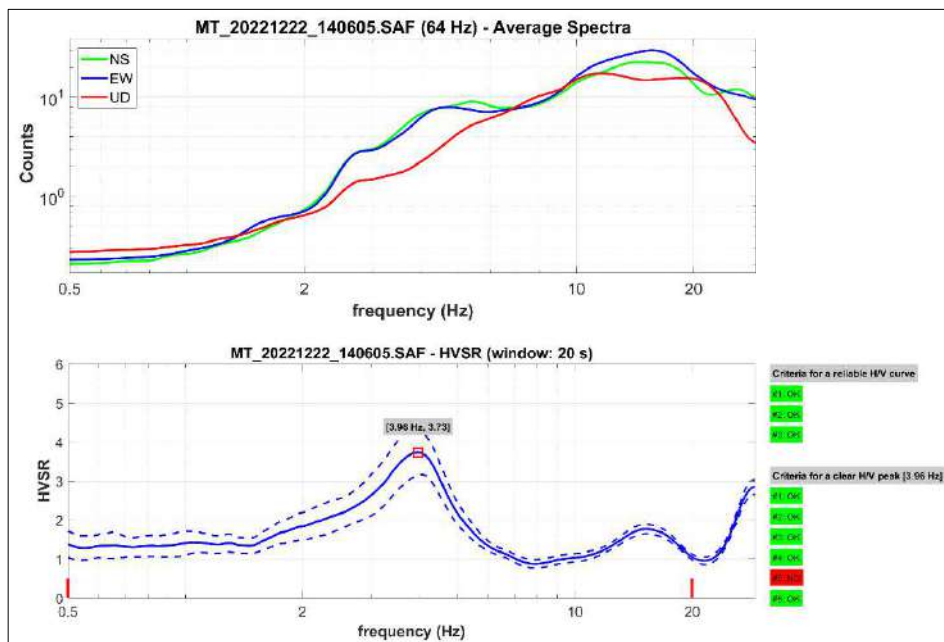
Sarà cura del progettista, in base alle caratteristiche dell'opera da realizzare, alla effettiva profondità di imposta delle fondazioni, al modello sismostratigrafico riportato con il conseguente profilo verticale della Vs, ed a tutte le considerazioni del caso che riterrà opportune, attribuire il definitivo valore di $V_{s,eq}$ e conseguentemente la categoria di suolo, secondo le NTC 2018 - Tabella 3.2.II, riportata sotto.

Categorie di sottosuolo (NTC 2018 - Tabella 3.2.II)	
Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>



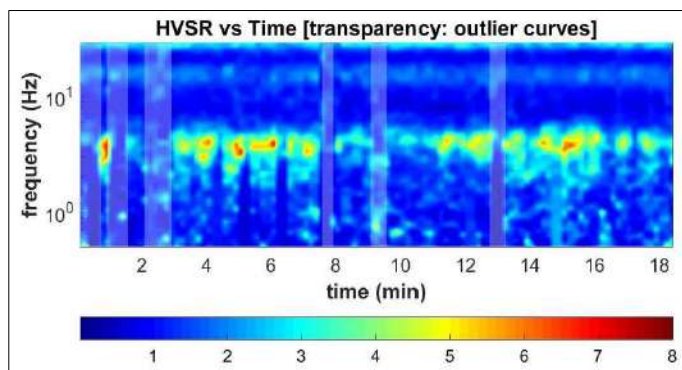
TAVOLA 1

HVSR

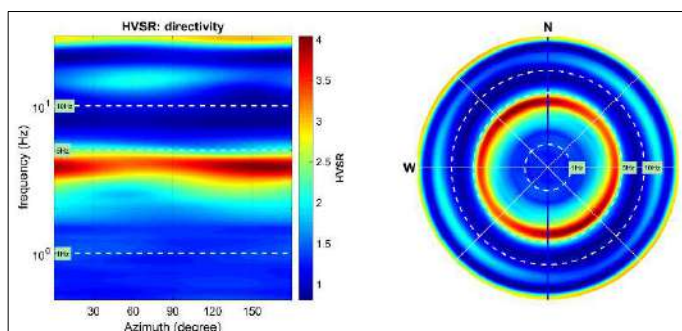


Spettri d'ampiezza delle tre componenti (orizzontali NS-EW e verticali UD)

Rapporto spettrale H/V

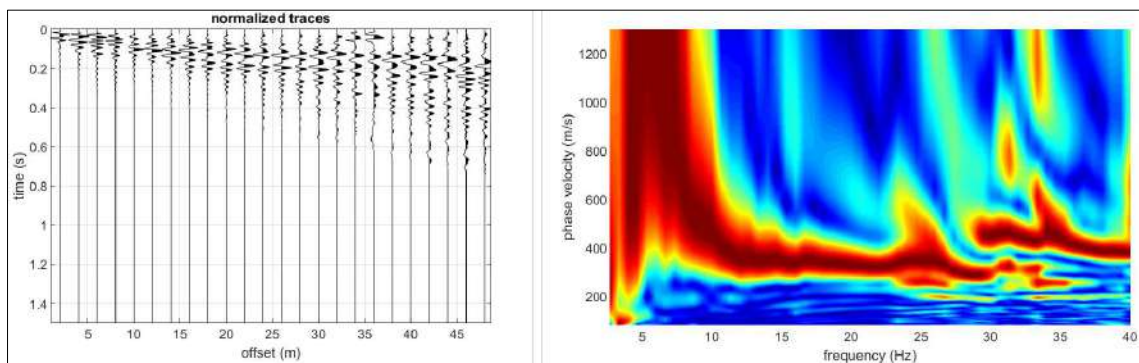


Persistenza del segnale

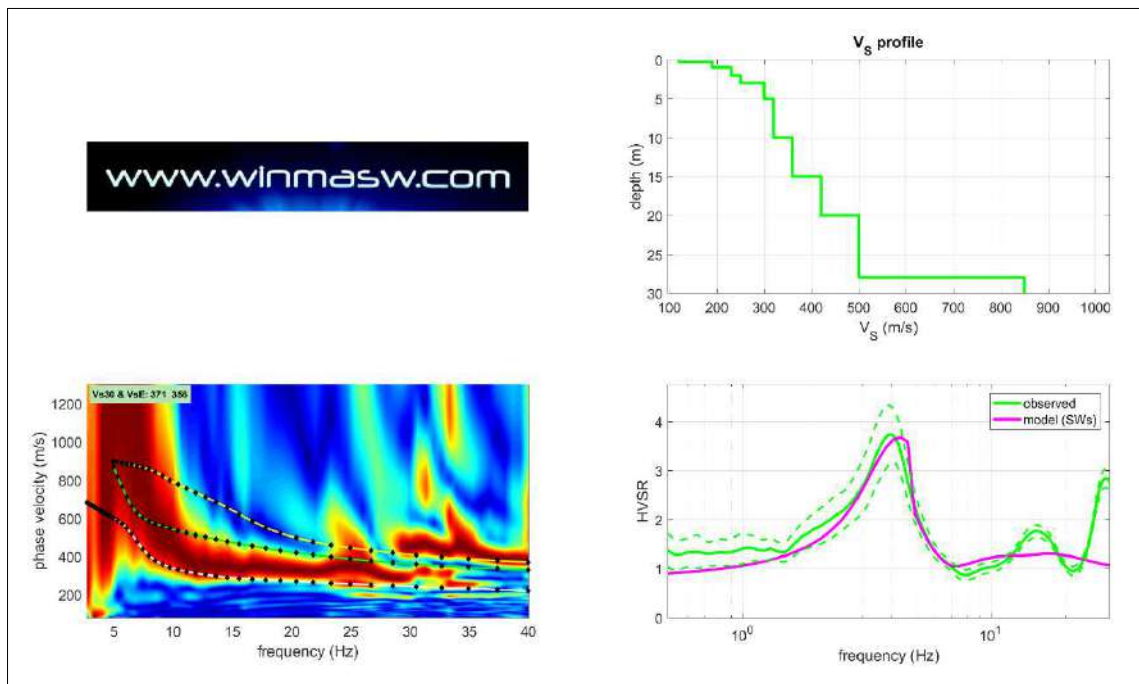


Direttività

TAVOLA 2



Componente di Rayleigh - dati acquisiti (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).



Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi congiunta di dati MASW-HVSR.

In alto: profilo verticale V_s identificato dall'inversione.

In basso a sinistra: spettro di velocità osservato con sovrapposte le curve di dispersione (componente di Rayleigh);

In basso a destra: Risultati dell'analisi congiunta MASW – HVSR a partire dal modello di V_s utilizzato per la dispersione delle onde di superficie, secondo la formulazione basata sulle onde di superficie (Albarello & Lunedei, 2009). La curva magenta ottenuta dalla modellazione approssima quella misurata empiricamente (curva verde).

TAVOLA 3



Geognostica Fiorentina srl
Via di Porto, 11-13 • 50018 • Scandicci (FI)
C.F./P.IVA • 05256260489
Tel. e Fax • 055 3897865
E-mail • info@geognosticafiorentina.com
Web • www.geognosticafiorentina.com

COMUNE DI AREZZO



Oggetto:

Indagine geofisica di superfice mediante
analisi MASW + HVSR
per Calcolo Vs, eq - D.M. 17/01/2018

RELAZIONE TECNICA
MASW 3



Località:

Rio di Riolo – Arezzo



Committente:

REGIONE TOSCANA

Introduzione

La presente relazione tecnica riferisce sui risultati dell'indagine sismica eseguita mediante analisi MASW e HVSr in data 22 Dicembre 2022, come concordato con la committenza, presso il Rio Riolo, Comune di Arezzo (Tavola 1).

E' stata eseguita una campagna geofisica con analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves), al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame, ed in particolare i valori di velocità delle onde di taglio, così come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018. La classificazione dei terreni è ottenuta sulla base del valore della $V_{s,eq}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio), definita dalla relazione:

$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$	h_i spessore dell'i-esimo strato; $V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato; N numero di strati; H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.
---	---

Insieme all'indagine MASW è stato effettuato un rilievo di microtremori (vibrazioni ambientali) con stazione singola HVSr (Horizontal Vertical Spectral Ratio).

Di seguito vengono descritte: la metodologia d'indagine, lo schema operativo, le operazioni di campagna, le strumentazioni e le modalità di analisi dei dati, ed infine l'interpretazione dei dati elaborati.

MASW: metodologia d'indagine

L'analisi MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves), attraverso la registrazione della propagazione delle onde di superficie (Rayleigh), permette di risalire alla velocità di propagazione delle onde di taglio S nel sottosuolo, portando quindi a determinare anche il parametro $V_{s,eq}$ (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio).

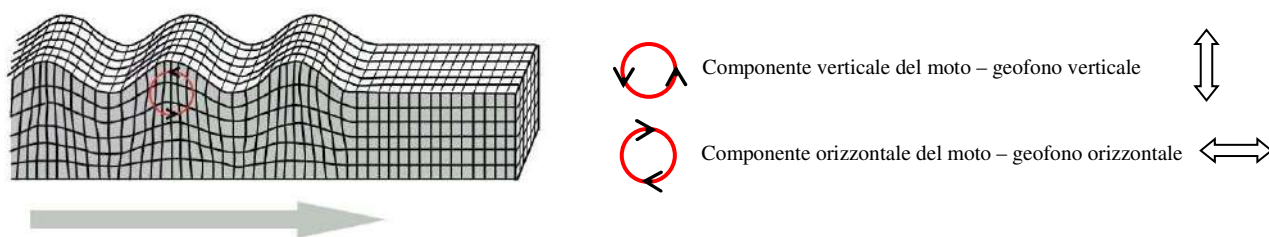
In un mezzo stratificato le onde di superficie (Rayleigh) danno vita al fenomeno della dispersione, cioè lunghezze d'onda diverse si propagano con diverse velocità di fase e gruppo: le componenti ad alta frequenza (con piccola lunghezza d'onda) "sentono" solamente gli strati più superficiali del suolo, mentre le componenti a più bassa frequenza "sentono" anche gli strati più profondi consentendo quindi di determinarne le caratteristiche.

Il metodo si sviluppa attraverso la determinazione delle proprietà dispersive del mezzo individuabili dall'analisi dello spettro di velocità dei dati. Il range di frequenza si sviluppa comunemente tra i 5Hz e i 70Hz, fornendo informazioni sino a profondità di circa 30 m a seconda della rigidità del suolo: la profondità massima di penetrazione è determinata dalla relazione fra velocità di propagazione dell'onda e più bassa frequenza identificabile.

Questa tipologia di prospezione si realizza con uno stendimento sismico costituito da 12/24 o più geofoni allineati a distanza intergeofonica variabile tipicamente fra 1 e 5 m (la lunghezza dello stendimento incide sulla focalizzazione del segnale nello spettro di velocità) che registrano le onde sismiche generate in corrispondenza di X punti di energizzazione effettuati tipicamente ad una distanza compresa fra 2 e 20 m dal primo geofono.

L'obiettivo della registrazione è quindi l'individuazione del treno di onde superficiali (Rayleigh), che a causa della stratificazione del mezzo subisce una dispersione le cui modalità sono direttamente correlate alla velocità delle onde di taglio S.

L'acquisizione delle onde di Rayleigh può essere fatta mediante geofoni verticali, intercettando nel moto delle particelle lo spostamento verticale; oppure mediante geofoni orizzontali con asse posto parallelo (radiale) allo stendimento, intercettando lo spostamento orizzontale. In entrambi i casi si utilizza una sorgente verticale - piastra-martello.

Rayleigh Wave

L'analisi **HVSR (Horizontal Vertical Spectral Ratio)**, è un'analisi di sismica "passiva" che si basa sulla misura delle vibrazioni del terreno indotte da sorgenti non controllate, attraverso un apparato di registrazione dotato di 3 velocimetri disposti nelle tre direzioni dello spazio, e sull'analisi del rapporto spettrale tra le componenti orizzontali (H) e verticali (V) di quello che viene definito "rumore sismico", "vibrazione ambientale" o "microtremore", costituito da piccole vibrazioni del

terreno dell'ordine di 10^{-4} - 10^{-2} cm. Gli spettri verticali e orizzontali variano in funzione dell'anisotropia del mezzo attraversato e dei gradienti di impedenza presenti nel sottosuolo:

$$\text{Rapporto di impedenza sismica } I = \rho_r V_r / \rho_s V_s$$

Dove ρ_r è la densità del substrato e ρ_s del terreno soprastante; V_r la velocità delle onde di taglio del substrato e V_s del terreno.

Gli effetti stratigrafici di amplificazione sismica sono influenzati dal rapporto d'impedenza, e le frequenze corrispondenti ai massimi della funzione di amplificazione si chiamano frequenze (periodi) naturali di vibrazioni del deposito. Il periodo proprio di sito è indicato dalla seguente formula:

$$T_0 = 4H/V_s$$

Dove: V_s è la velocità delle onde di taglio fino al bedrock (inteso come un orizzonte con forte contrasto di V_s che dà origine ad un picco dell'H/V); H lo spessore dei sedimenti sovrastanti il bedrock. Di fondamentale importanza risulta la conoscenza della frequenza di sito per il fenomeno della "doppia risonanza", cioè la corrispondenza tra la frequenza fondamentale del segnale sismico trasmesso in superficie e la frequenza delle strutture in progetto o dei manufatti già esistenti.

Schema operativo

In Tavola 1, è stato riportato un inquadramento dell'area con inserita la traccia della linea sismica eseguita. Dopo una prima analisi dell'area ed in considerazione degli spazi a disposizione è stato deciso di adottare la seguente configurazione:

MASW:

- n° geofoni: 12
- distanza intergeofonica di 4.0 m per complessivi 44.0 m di rilievo (G1-G12)
- Coordinate linea sismica: G1 = 43.419515°, 11.843351°; G12 = 43.419678°, 11.843848°;
punto medio = 43.419596°, 11.843596°
- n° 2 offset (distanza tra il punto di energizzazione e il geofono più vicino ad esso) a 2 m dal primo e dall'ultimo geofono.

Per quanto riguarda l'acquisizione sono state utilizzate le seguenti impostazioni:

- tempo di acquisizione: 1.5 s
- frequenza di campionamento 2000 Hz
- periodo di campionamento 500 μ s.

HVSR:

- Coordinate: 43.419515°, 11.843351°

Acquisizione:

- registrazione: 20 minuti
- frequenza di campionamento: 300 Hz (ricampionato a 64 Hz in fase di elaborazione)

Elaborazione:

- finestra: 20 secondi
- tapering: 5%
- lisciamento: finestra triangolare (15%)

Strumentazione impiegata

MASW Un sistema digitale di acquisizione dati in sismica, è costituito sostanzialmente da geofoni, amplificatori, filtri, convertitori A/D e supporti per la memorizzazione dei dati digitali. Nel nostro caso è stato utilizzato un sismografo costituito da un sistema a più canali a conversione digitale tra loro in catena, ciascuno con un proprio ID, e pilotati da PC. Il modello è denominato DOREMI (della SARA electronic instruments), con risoluzione di acquisizione pari a 16 bit. Per quel che riguarda i sensori, sono stati utilizzati 12 geofoni del tipo elettromagnetico a bobina mobile, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz.

Come sorgente di energia sismica per le onde di Rayleigh si è fatto uso di una mazza con maglio da 6 kg battente su una piastra di alluminio posta sul suolo in linea con lo stendimento.

L'inizio della registrazione è stato dato tramite un *trigger* che consiste in un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui la massa battente colpisce la piastra (nel nostro caso si è usato quello un geofono starter) e l'impulso generato, inviato al sistema di acquisizione, consente di fissare il tempo zero di riferimento per il calcolo dei tempi di percorso delle onde generate.

HVSR L'acquisizione HVSR è stata effettuata tramite sismografo triassiale SR04C3 - SARA electronic instruments, con geofoni da 4.5 Hz dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, collegato ad un Notebook ASUS TP200SA. I dati acquisiti mediante software SEISMOLOG-MT, della SARA electronic instruments, ed analizzati mediante WINMASW 2018 Academy della EliaSoft.

Analisi e risultati dell'indagine

Per quanto riguarda le analisi dei dati HVSR, individuati eventuali transienti (eventi con eccessiva ampiezza) da rimuovere, viene creato lo spettro di frequenza delle tre componenti (le due orizzontali e quella verticale) ed il rapporto spettrale H/V, dividendo la serie temporale in n finestre da 20 secondi, in parziale sovrapposizione (Tavola 2).

I risultati di tali operazioni mostrano un picco di frequenza, che si può attribuire a motivi litologici, intorno a 2.7 Hz con un rapporto HVSR di circa 2.7, che indica un contrasto di impedenza intorno ai 40 m di profondità, come da analisi congiunta MASW-HVSR, che concorda con quanto riportato dal seguente abaco (Da Albarello et alii, 2010).

f_0 (Hz)	h (m)
< 1	> 100
1 - 2	100 - 50
2 - 3	50 - 30
3 - 5	30 - 20
5 - 8	20 - 10
8 - 20	10 - 5
> 20	< 5

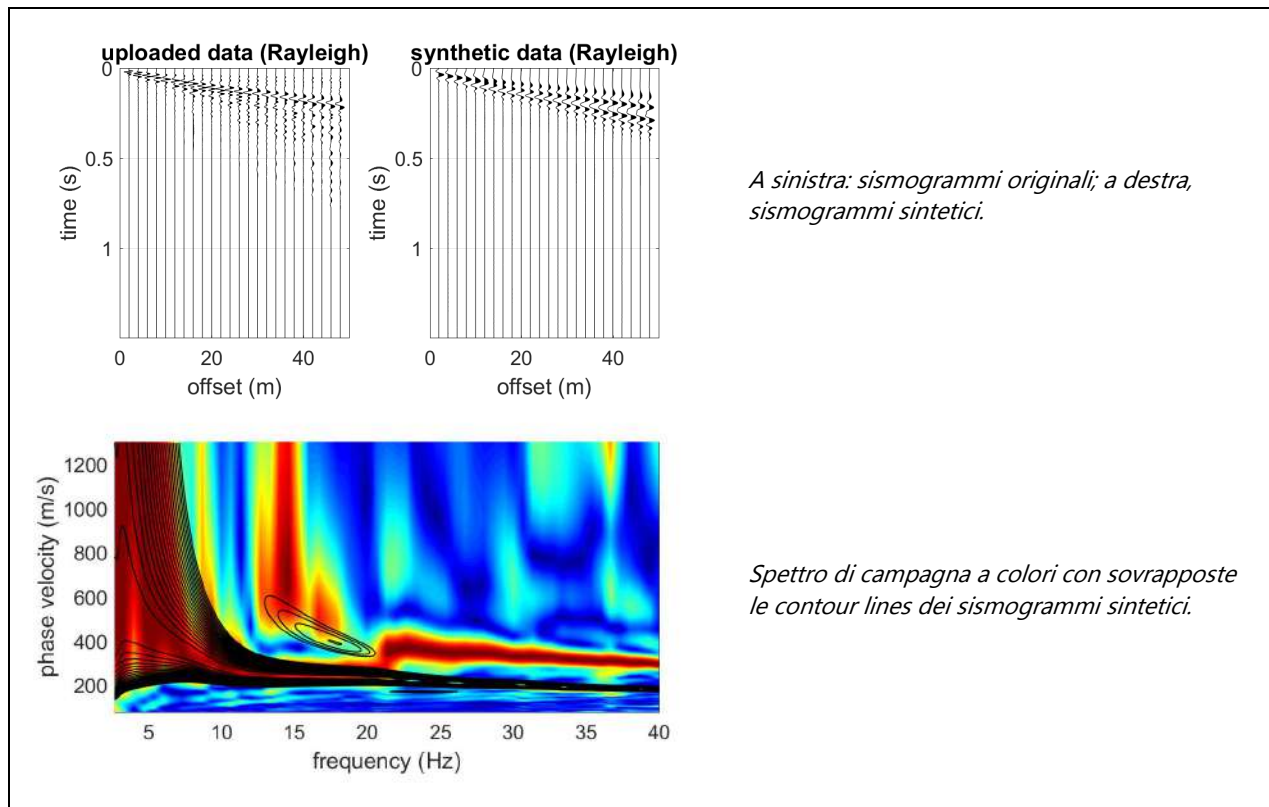
Da Albarello et alii, 2010

Per quanto riguarda le linee guida del progetto europeo SESAME (Site EffectS assessment using AMbient Excitations), che definiscono la robustezza statistica della curva HVSR e degli eventuali picchi presenti, sono risultati soddisfatti tutti e tre i "criteri per una curva H/V affidabile"; e quattro su sei dei "criteri per un picco H/V chiaro" (vedi Tavola 2).

L'analisi dei dati acquisiti dalla metodologia **MASW**, con onde di Rayleigh, avviene attraverso le seguenti fasi:

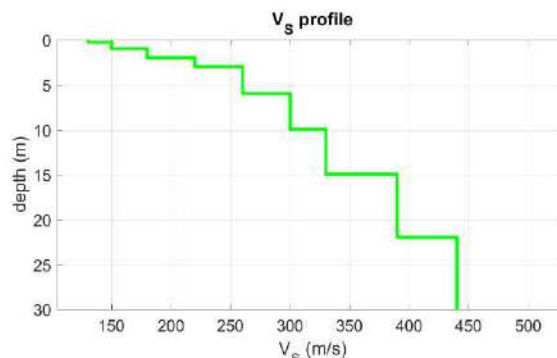
1. Calcolo dello spettro di velocità; 2. Individuazione del *modo fondamentale* e degli eventuali superiori; 3. Calcolo della curva di dispersione mediante modellazione diretta, cioè attribuzione degli spessori e delle velocità relative, sulla base di dati riguardanti il sito acquisiti precedentemente tramite indagini dirette o bibliografia; 4. Inversione della curva di dispersione e conseguente individuazione del profilo di velocità Vs tramite analisi congiunta con HVSR.

In alternativa (figura sotto): inversione dell'intero spettro di velocità tramite generazione di sismogrammi sintetici secondo il metodo della *Modal Summation* (Herman 2003).



Analisi congiunta MASW-HVSR: Per analisi congiunta si intende l'utilizzo di tutti i dati a disposizione all'interno dello stesso strumento di analisi. Questo tipo di analisi offre numerosi vantaggi, primo fra tutti quello di diminuire il numero dei possibili modelli sismostratigrafici (spessori/velocità) determinati dal problema della non-univocità (cioè dell'equivalenza di modelli diversi per una data curva di dispersione) che in effetti tocca tutti i metodi geofisici di superficie. Dai dati acquisiti mediante MASW si è effettuato il calcolo della curva di dispersione (con attribuzione degli spessori e delle velocità relative), ed a partire da questo la creazione, mediante il software utilizzato, di una "curva teorica" H/V. Infine confrontando tale curva con quella misurata empiricamente, si è cercato di affinare il modello sismostratigrafico in modo da ottenerne uno che rappresenti al meglio la curva di dispersione e che faccia sovrapporre le curve H/V ed in particolare la frequenza del principale picco, tipicamente legato al più profondo contatto litologico "significativo". Tale operazione consente di vincolare il modello Vs specialmente in profondità dove il margine di incertezza è maggiore. I risultati sono riportati nella Tavola 3. Nella Tabella e nella figura sottostanti vengono riportati gli spessori e le relative velocità Vs, ricordando che, come in tutti i metodi geofisici, può essere ottenuta solo una stima del modello sismostratigrafico a causa del problema della non univocità.

Vsh (m/s)	Spessore (m)	Profondità (m)
130	0.3	0.3
150	0.7	1.0
180	1.0	2.0
220	1.0	3.0
260	3.0	6.0
300	4.0	10.0
330	5.0	15.0
390	7.0	22.0
440	semi-spazio	
Modello sismostratigrafico stimato		



L'analisi della dispersione delle onde superficiali, abbinata all'analisi HVSR, ha consentito di stimare il profilo verticale della Vs, e di conseguenza del parametro $V_{s,eq}$, che risulta essere pari a 322 m/s, considerando come riferimento il piano campagna.

Sarà cura del progettista, in base alle caratteristiche dell'opera da realizzare, alla effettiva profondità di imposta delle fondazioni, al modello sismostratigrafico riportato con il conseguente profilo verticale della Vs, ed a tutte le considerazioni del caso che riterrà opportune, attribuire il definitivo valore di $V_{s,eq}$ e conseguentemente la categoria di suolo, secondo le NTC 2018 - Tabella 3.2.II, riportata sotto.

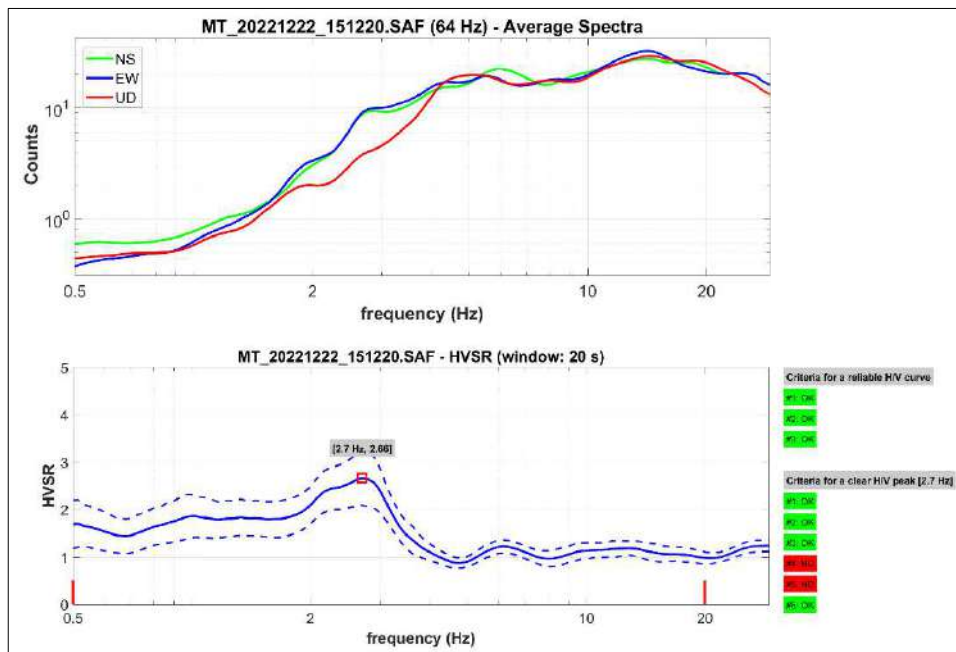
Categorie di sottosuolo (NTC 2018 - Tabella 3.2.II)	
Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Scandicci, li 28/12/2022



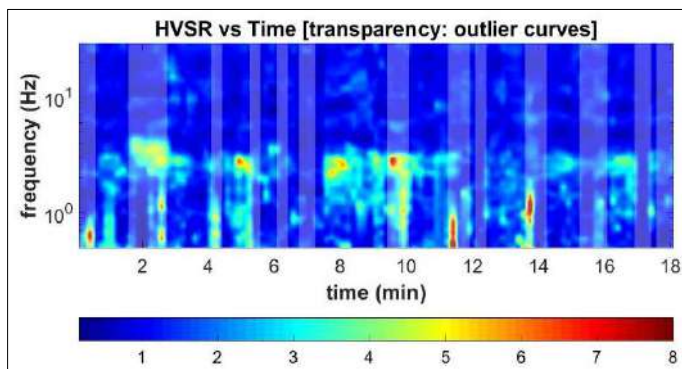
TAVOLA 1

HVSR

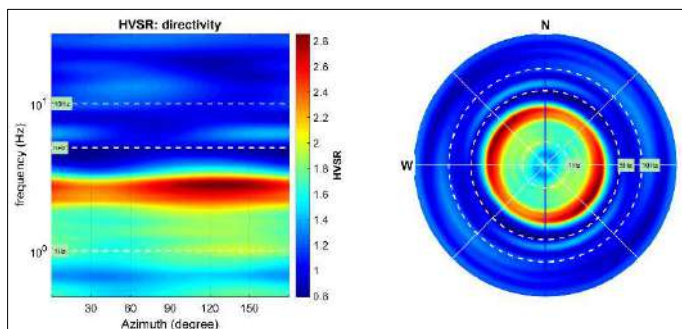


Spettri d'ampiezza
delle tre componenti
(orizzontali NS-EW e
verticali UD)

Rapporto spettrale H/V

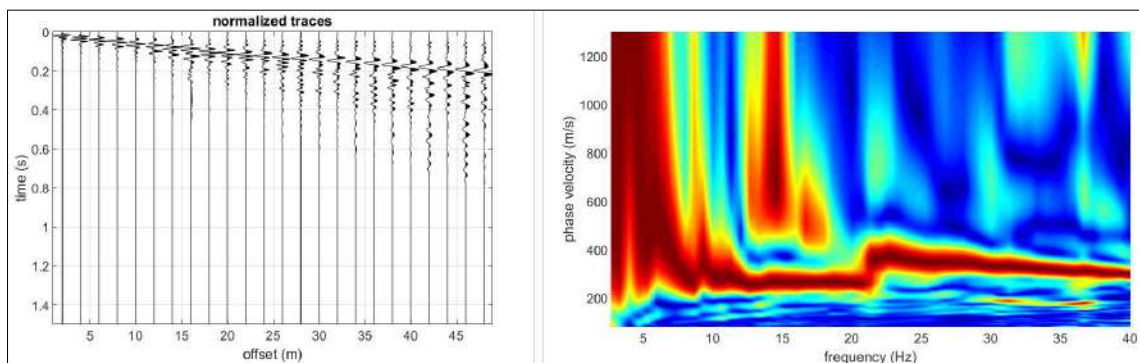


Persistenza del segnale

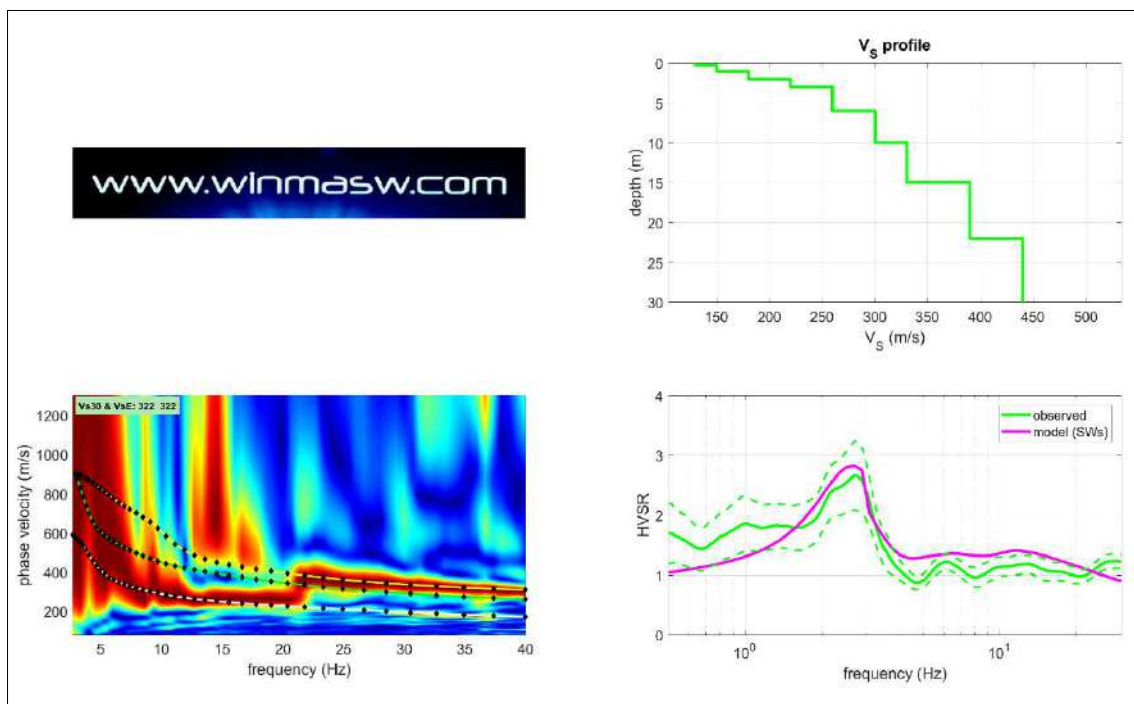


Direttività

TAVOLA 2



Componente di Rayleigh - dati acquisiti (a sinistra), spettro di velocità calcolato (a destra).



Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi congiunta di dati MASW-HVSR.

In alto: profilo verticale V_s identificato dall'inversione.

In basso a sinistra: spettro di velocità osservato con sovrapposte le curve di dispersione (componente di Rayleigh);

In basso a destra: Risultati dell'analisi congiunta MASW – HVSR a partire dal modello di V_s utilizzato per la dispersione delle onde di superficie, secondo la formulazione basata sulle onde di superficie (Albarello & Lunedei, 2009). La curva magenta ottenuta dalla modellazione approssima quella misurata empiricamente (curva verde).



Laboratorio analisi chimiche ambientali e industriali



ARS CHIMICA s.a.s.
Via F. Parri, 3 - Loc. Moiano
06062 - Città della Pieve (PG)
web site: www.arschimica.it
e-mail: info@arschimica.it
Tel. 0578.21629 – Fax 0578.21824
P.Iva 02731210544



LAB N° 1676 L

Città della Pieve, 20/01/2023

RAPPORTO DI PROVA CHIMICA

COMMITTENTE: GEOGNOSTICA FIORENTINA SRL - VIA DI PORTO,11-13 FI

RAPPORTO DI PROVA N° 1011/23 DEL 20/01/2023

REFERENTE: Sig. Silvio Brenna

DATA CONSEGNA CAMPIONE: 04/01/2023

DENOMINAZIONE DEL CAMPIONE: (ϕ) GEOGNOSTICA FIORENTINA SRL / Terra e rocce da scavo

MATRICE: (ϕ) Terra e rocce da scavo

SCOPO DELL'ANALISI: (ϕ) Analisi ai sensi del D.Lgs 152/06 e s.m.i., DPR n. 120 del 13/06/2017 set completo

DATA CAMPIONAMENTO : 22/12/2022

LUOGO DI CAMPIONAMENTO : (ϕ) Rio del Riolo - Arezzo (AR)

CAMPIONAMENTO EFFETTUATO DA : (ϕ) Committente (nota1)





LAB N° 1676 L

CAMPIONE N° 1**CONTRASSEGNO DEL CAMPIONE:** (ϕ) GEOGNOSTICA FIORENTINA SRL / Terra e rocce da scavo - Campione C1**PROFONDITA':** (ϕ) circa - 0,60 m**COORDINATE PUNTO DI PRELIEVO:** (ϕ) 43.420598°; 11.850304°**SCOPO ATTIVITA':** (ϕ) Analisi chimiche su campioni di terre per "Sistemazione idraulica del Rio di Riolo e Rio della Ripa siti nel Comune di Arezzo"**PROVENIENZA/CANTIERE:** (ϕ) Rio del Riolo - Arezzo (AR)**CONTENITORE UTILIZZATO:** Sacchetto in plastica**QUANTITA' CONSEGNATA:** 2 kg**DATA INIZIO PROVE:** 03/01/2023**DATA FINE PROVE:** 16/01/2023**Parametri chimico-fisici**

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
* Residuo secco a 105 °C	% (m.m.)	84,90	0,1	---	---	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. II.2
* Scheletro	g/Kg	345,2	0,01	---	---	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. II.1

Caratterizzazione - Metalli

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
Cadmio	mg/kg s.s.	< 0,50	0,5	2	15	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Cobalto	mg/kg s.s.	15,17	0,5	20	250	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Cromo totale	mg/kg s.s.	101,07	0,5	150	800	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
* Cromo VI	mg/kg s.s.	< 0,005	0,005	2	15	EPA 3050A 1996+ EPA 6030B 2014
Rame	mg/kg s.s.	26,24	0,5	120	600	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
* Mercurio	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	1	5	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016
Nichel	mg/kg s.s.	109,99	0,5	120	500	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Piombo	mg/kg s.s.	23,33	0,5	100	1.000	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Arsenico	mg/kg s.s.	5,44	0,5	20	50	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Zinco	mg/kg s.s.	56,90	0,5	150	1.500	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009

Idrocarburi - olii e grassi

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
Idrocarburi Pesanti C > 12	mg/kg s.s.	18,08	5	50	750	ISO 16703:2004

Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
* Acenaftilene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Naftalene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Fluorene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018



LAB N° 1676 L

Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
* Acenaftene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Fluorantene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Antracene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Fenantrene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(e)pirene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Benzo(e)acefenantrilene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(a)antracene (25)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(a)pirene (26)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(b)fluorantene (27)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(k)fluorantene (28)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(g,h,i)perilene (29)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Crisene (30)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	5	50	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Dibenzo(a,e)pirene (31)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Dibenzo(a,l)pirene (32)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Dibenzo(a,i)pirene (33)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Dibenzo(a,h)pirene (34)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Dibenzo(a,h)antracene (35)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Indenopirene (36)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018

Composti Organici Aromatici

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
* Benzene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	2	EPA 5035A 2002 + EPA 8260B 2006
* Etilbenzene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	50	EPA 5035A 2002 + EPA 8260B 2006
* Stirene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	50	EPA 5035A 2002 + EPA 8260B 2006
* Toluene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	50	EPA 5035A 2002 + EPA 8260B 2006
* Xileni (somma isomeri o-, m-, p-)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	50	EPA 5035A 2002 + EPA 8260B 2006

Amianto

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
* Amianto	mg/kg s.s.	n.r.	1.000	1.000	1.000	Metodo interno FT-IR

(*) Prova non accreditata da ACCREDIA

(e) Prova affidata in subappalto

(ϕ) Informazioni fornite dal Cliente

U : Incertezza estesa calcolata utilizzando un fattore di copertura K=2 ; un livello di fiducia del 95%

(1) Limite Legislativo : Concentrazioni soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo ai sensi del D.Lgs. n. 152/2006 - Parte IV - Allegato 5 - Tabella 1 colonna A (aree verdi residenziali pubbliche/private)

(2) Limite Legislativo : Concentrazioni soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo ai sensi del D.Lgs. n. 152/2006 - Parte IV - Allegato 5 - Tabella 1 colonna B (aree commerciali / industriali)

**LAB N° 1676 L**

L.O.Q. = limite di quantificazione.

n.r. = non rilevato = minore del limite di quantificazione della tecnica strumentale utilizzata (FT-IR): < 1.000 mg/kg.

Tecniche utilizzate e normative di riferimento:

Il campione è stato analizzato mediante spettroscopia di assorbimento infrarosso (FT-IR). L'analisi è stata eseguita seguendo le linee guida e le richieste dei D.M. 6/9/94 e D.M. 7/7/97.

Laboratorio inserito nelle liste accreditate del Ministero della Sanità per il controllo e monitoraggio fibre amianto aerodisperso (MOCF) e in massa (FT-IR) al n. 518UMB13.

(nota 1) Quando il campionamento è effettuato dalla Committenza, il laboratorio non si assume la responsabilità della rappresentatività dei dati analitici ottenuti i quali sono riferibili esclusivamente ai campioni consegnati e sottoposti ad analisi. La Committenza dichiara sotto la propria responsabilità il luogo di prelievo, la modalità, i tempi di campionamento e conservazione del campione.

VALUTAZIONE DEI RISULTATI

Visti i risultati analitici si conclude che il materiale da scavo sottoposto a caratterizzazione chimica ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e del DPR n. 120 del 13/06/2017 rispetta le soglie limite di concentrazione sia per le aree destinate ad uso verde pubblico, privato e residenziale che ad uso commerciale/industriale.

Regola decisionale: la regola decisionale applicata dal laboratorio per la dichiarazione di conformità prevede che il confronto con i limiti riportati non tenga conto dell'incertezza di misura (regola di "accettazione semplice").



LAB N° 1676 L

CAMPIONE N° 2**CONTRASSEGNO DEL CAMPIONE:** (ϕ) GEOGNOSTICA FIORENTINA SRL / Terra e rocce da scavo - Campione C2**PROFONDITA':** (ϕ) circa - 0,60 m**COORDINATE PUNTO DI PRELIEVO:** (ϕ) 43.421271°; 11.847872°**SCOPO ATTIVITA':** (ϕ) Analisi chimiche su campioni di terre per "Sistemazione idraulica del Rio di Riolo e Rio della Ripa siti nel Comune di Arezzo"**PROVENIENZA/CANTIERE:** (ϕ) Rio del Riolo - Arezzo (AR)**CONTENITORE UTILIZZATO:** Sacchetto in plastica**QUANTITA' CONSEGNATA:** 2 kg**DATA INIZIO PROVE:** 03/01/2023**DATA FINE PROVE:** 16/01/2023**Parametri chimico-fisici**

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
* Residuo secco a 105 °C	% (m.m.)	82,16	0,1	---	---	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. II.2
* Scheletro	g/Kg	217,7	0,01	---	---	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. II.1

Caratterizzazione - Metalli

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
Cadmio	mg/kg s.s.	< 0,50	0,5	2	15	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Cobalto	mg/kg s.s.	13,12	0,5	20	250	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Cromo totale	mg/kg s.s.	102,72	0,5	150	800	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
* Cromo VI	mg/kg s.s.	< 0,005	0,005	2	15	EPA 3050A 1996+ EPA 6030B 2014
Rame	mg/kg s.s.	75,33	0,5	120	600	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
* Mercurio	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	1	5	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016
Nichel	mg/kg s.s.	105,41	0,5	120	500	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Piombo	mg/kg s.s.	25,11	0,5	100	1.000	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Arsenico	mg/kg s.s.	5,60	0,5	20	50	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Zinco	mg/kg s.s.	79,54	0,5	150	1.500	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009

Idrocarburi - olii e grassi

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
Idrocarburi Pesanti C > 12	mg/kg s.s.	13,76	5	50	750	ISO 16703:2004

Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
* Acenaftilene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Naftalene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Fluorene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018



LAB N° 1676 L

Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
* Acenaftene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Fluorantene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Antracene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Fenantrene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(e)pirene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Benzo(e)acefenantrilene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(a)antracene (25)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(a)pirene (26)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(b)fluorantene (27)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(k)fluorantene (28)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(g,h,i)perilene (29)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Crisene (30)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	5	50	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Dibenzo(a,e)pirene (31)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Dibenzo(a,l)pirene (32)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Dibenzo(a,i)pirene (33)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Dibenzo(a,h)pirene (34)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Dibenzo(a,h)antracene (35)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Indenopirene (36)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018

Composti Organici Aromatici

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
* Benzene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	2	EPA 5035A 2002 + EPA 8260B 2006
* Etilbenzene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	50	EPA 5035A 2002 + EPA 8260B 2006
* Stirene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	50	EPA 5035A 2002 + EPA 8260B 2006
* Toluene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	50	EPA 5035A 2002 + EPA 8260B 2006
* Xileni (somma isomeri o-, m-, p-)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	50	EPA 5035A 2002 + EPA 8260B 2006

Amianto

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
* Amianto	mg/kg s.s.	n.r.	1.000	1.000	1.000	Metodo interno FT-IR

(*) Prova non accreditata da ACCREDIA

(e) Prova affidata in subappalto

(ϕ) Informazioni fornite dal Cliente

U : Incertezza estesa calcolata utilizzando un fattore di copertura K=2 ; un livello di fiducia del 95%

(1) Limite Legislativo : Concentrazioni soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo ai sensi del D.Lgs. n. 152/2006 - Parte IV - Allegato 5 - Tabella 1 colonna A (aree verdi residenziali pubbliche/private)

(2) Limite Legislativo : Concentrazioni soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo ai sensi del D.Lgs. n. 152/2006 - Parte IV - Allegato 5 - Tabella 1 colonna B (aree commerciali / industriali)

**LAB N° 1676 L**

L.O.Q. = limite di quantificazione.

n.r. = non rilevato = minore del limite di quantificazione della tecnica strumentale utilizzata (FT-IR): < 1.000 mg/kg.

Tecniche utilizzate e normative di riferimento:

Il campione è stato analizzato mediante spettroscopia di assorbimento infrarosso (FT-IR). L'analisi è stata eseguita seguendo le linee guida e le richieste dei D.M. 6/9/94 e D.M. 7/7/97.

Laboratorio inserito nelle liste accreditate del Ministero della Sanità per il controllo e monitoraggio fibre amianto aerodisperso (MOCF) e in massa (FT-IR) al n. 518UMB13.

(nota 1) Quando il campionamento è effettuato dalla Committenza, il laboratorio non si assume la responsabilità della rappresentatività dei dati analitici ottenuti i quali sono riferibili esclusivamente ai campioni consegnati e sottoposti ad analisi. La Committenza dichiara sotto la propria responsabilità il luogo di prelievo, la modalità, i tempi di campionamento e conservazione del campione.

VALUTAZIONE DEI RISULTATI

Visti i risultati analitici si conclude che il materiale da scavo sottoposto a caratterizzazione chimica ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e del DPR n. 120 del 13/06/2017 rispetta le soglie limite di concentrazione sia per le aree destinate ad uso verde pubblico, privato e residenziale che ad uso commerciale/industriale.

Regola decisionale: la regola decisionale applicata dal laboratorio per la dichiarazione di conformità prevede che il confronto con i limiti riportati non tenga conto dell'incertezza di misura (regola di "accettazione semplice").



LAB N° 1676 L

CAMPIONE N° 3**CONTRASSEGNO DEL CAMPIONE:** (ϕ) GEOGNOSTICA FIORENTINA SRL / Terra e rocce da scavo - Campione C3**PROFONDITA':** (ϕ) circa - 0,60 m**COORDINATE PUNTO DI PRELIEVO:** (ϕ) 43.419573°; 11.843383°**SCOPO ATTIVITA':** (ϕ) Analisi chimiche su campioni di terre per "Sistemazione idraulica del Rio di Riolo e Rio della Ripa siti nel Comune di Arezzo"**PROVENIENZA/CANTIERE:** (ϕ) Rio del Riolo - Arezzo (AR)**CONTENITORE UTILIZZATO:** Sacchetto in plastica**QUANTITA' CONSEGNATA:** 2 kg**DATA INIZIO PROVE:** 03/01/2023**DATA FINE PROVE:** 16/01/2023**Parametri chimico-fisici**

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
* Residuo secco a 105 °C	% (m.m.)	83,27	0,1	---	---	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. II.2
* Scheletro	g/Kg	218,7	0,01	---	---	DM 13/09/1999 SO n° 185 GU n° 248 21/10/1999 Met. II.1

Caratterizzazione - Metalli

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
Cadmio	mg/kg s.s.	< 0,50	0,5	2	15	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Cobalto	mg/kg s.s.	16,52	0,5	20	250	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Cromo totale	mg/kg s.s.	92,23	0,5	150	800	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
* Cromo VI	mg/kg s.s.	< 0,005	0,005	2	15	EPA 3050A 1996+ EPA 6030B 2014
Rame	mg/kg s.s.	39,60	0,5	120	600	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
* Mercurio	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	1	5	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 17294-2:2016
Nichel	mg/kg s.s.	104,57	0,5	120	500	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Piombo	mg/kg s.s.	25,91	0,5	100	1.000	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Arsenico	mg/kg s.s.	5,56	0,5	20	50	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009
Zinco	mg/kg s.s.	58,52	0,5	150	1.500	UNI EN 13657:2004 + UNI EN ISO 11885:2009

Idrocarburi - olii e grassi

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
Idrocarburi Pesanti C > 12	mg/kg s.s.	< 5,00	5	50	750	ISO 16703:2004

Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
* Acenaftilene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Naftalene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Fluorene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018



LAB N° 1676 L

Idrocarburi policiclici aromatici (IPA)

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
* Acenafte	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Fluorantene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Antracene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Fenantrene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(e)pirene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Benzo(e)acefenantrilene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	---	---	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(a)antracene (25)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(a)pirene (26)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(b)fluorantene (27)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(k)fluorantene (28)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Benzo(g,h,i)perilene (29)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Crisene (30)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	5	50	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Dibenzo(a,e)pirene (31)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Dibenzo(a,l)pirene (32)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Dibenzo(a,i)pirene (33)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
* Dibenzo(a,h)pirene (34)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Dibenzo(a,h)antracene (35)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018
Indenopirene (36)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	10	EPA 3545 A 2007 + EPA 8270E 2018

Composti Organici Aromatici

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
* Benzene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,1	2	EPA 5035A 2002 + EPA 8260B 2006
* Etilbenzene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	50	EPA 5035A 2002 + EPA 8260B 2006
* Stirene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	50	EPA 5035A 2002 + EPA 8260B 2006
* Toluene	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	50	EPA 5035A 2002 + EPA 8260B 2006
* Xileni (somma isomeri o-, m-, p-)	mg/kg s.s.	< 0,01	0,01	0,5	50	EPA 5035A 2002 + EPA 8260B 2006

Amianto

Parametro	Unita' di misura	Risultato	L.O.Q.	Limite (1)	Limite (2)	Metodo analitico applicato
* Amianto	mg/kg s.s.	n.r.	1.000	1.000	1.000	Metodo interno FT-IR

(*) Prova non accreditata da ACCREDIA

(e) Prova affidata in subappalto

(ϕ) Informazioni fornite dal Cliente

U : Incertezza estesa calcolata utilizzando un fattore di copertura K=2 ; un livello di fiducia del 95%

- (1) Limite Legislativo : Concentrazioni soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo ai sensi del D.Lgs. n. 152/2006 - Parte IV - Allegato 5 - Tabella 1 colonna A (aree verdi residenziali pubbliche/private)
- (2) Limite Legislativo : Concentrazioni soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo ai sensi del D.Lgs. n. 152/2006 - Parte IV - Allegato 5 - Tabella 1 colonna B (aree commerciali / industriali)

**LAB N° 1676 L**

L.O.Q. = limite di quantificazione.

n.r. = non rilevato = minore del limite di quantificazione della tecnica strumentale utilizzata (FT-IR): < 1.000 mg/kg.

Tecniche utilizzate e normative di riferimento:

Il campione è stato analizzato mediante spettroscopia di assorbimento infrarosso (FT-IR). L'analisi è stata eseguita seguendo le linee guida e le richieste dei D.M. 6/9/94 e D.M. 7/7/97.

Laboratorio inserito nelle liste accreditate del Ministero della Sanità per il controllo e monitoraggio fibre amianto aerodisperso (MOCF) e in massa (FT-IR) al n. 518UMB13.

(nota 1) Quando il campionamento è effettuato dalla Committenza, il laboratorio non si assume la responsabilità della rappresentatività dei dati analitici ottenuti i quali sono riferibili esclusivamente ai campioni consegnati e sottoposti ad analisi. La Committenza dichiara sotto la propria responsabilità il luogo di prelievo, la modalità, i tempi di campionamento e conservazione del campione.

VALUTAZIONE DEI RISULTATI

Visti i risultati analitici si conclude che il materiale da scavo sottoposto a caratterizzazione chimica ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e del DPR n. 120 del 13/06/2017 rispetta le soglie limite di concentrazione sia per le aree destinate ad uso verde pubblico, privato e residenziale che ad uso commerciale/industriale.

Regola decisionale: la regola decisionale applicata dal laboratorio per la dichiarazione di conformità prevede che il confronto con i limiti riportati non tenga conto dell'incertezza di misura (regola di "accettazione semplice").

Firmato digitalmente da

Luca Cuce'**RESPONSABILE LABORATORIO
ANALISI CHIMICHE****Dott. Chim. Luca Cucè**

O = Ordine dei Chimici Lazio,
Umbria, Abruzzo e Molise
OU = Numero di
iscrizione: 003332
T = Chimico
C = IT

- in caso di alterazione del campione il laboratorio declina ogni responsabilità sui risultati che possono essere influenzati dallo scostamento nel caso in cui il cliente chieda comunque l'esecuzione dell'analisi
- Nel caso di campionamento effettuato dal Cliente i risultati ottenuti si considerano riferiti al campione così come ricevuto e il Laboratorio declina ogni responsabilità sui risultati calcolati sulla base di dati di campionamento forniti dal Cliente
- Il Laboratorio declina ogni responsabilità per tutte le informazioni fornite dal cliente.
- Opinioni ed interpretazioni non sono oggetto dell'accreditamento ACCREDIA

----- Fine Rapporto di Prova -----

DOCUMENTO VALIDO A TUTTI GLI EFFETTI DI LEGGE ai sensi dell'art. 16 R.D. 1-3-1928 n° 842 - art. 16 e 18
Legge 19-7-1957 n° 679 - art. 8 D.M. 25.3.1986.

I risultati del presente rapporto sono riferibili esclusivamente ai campioni provati e si declina ogni responsabilità relativamente a campionamento, conservazione e trasporto del campione se non effettuato dal laboratorio.

E' vietata la riproduzione parziale del presente documento salvo approvazione scritta della ARS Chimica s.a.s.

Nel caso di contestazione la copia valida è quella conservata presso l'archivio della ARS Chimica s.a.s.