



DIREZIONE DELLE POLITICHE MOBILITA'
INFRASTRUTTURE E TRASPORTO
PUBBLICO LOCALE


S.R. n° 69 "Di Val d'Arno" Variante in riva destra d'Arno LOTTO 5

*Provincia di Firenze e Arezzo
Comune di Figline e Incisa Valdarno, Castelfranco
Piandiscò e San Giovanni Valdarno*



PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA PONTE TORRENTE FAELLA

C.U.P. D31B1800053002		EL. N.	
R.U.P.: Ing. Antonio De Crescenzo		DB0103_0	Data revisione elaborato: 29/07/2021
PROGETTISTA: Ing. Alessio Gensini	COLLABORATORI:	 GEOTecno Geologia Tecnica e Ambientale Firenze, via Nino Bixio 9 Dott. Geol. Marco Vanacore	

SETTORE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE VIABILITA' REGIONALE
FIRENZE - PRATO - PISTOIA



DIREZIONE DELLE POLITICHE MOBILITA'
INFRASTRUTTURE E TRASPORTO
PUBBLICO LOCALE

Comuni di Incisa - Figline Valdarno e Castelfranco di Sopra - Pian di Scò

S.R. 69 L.5

PONTE SUL TORRENTE FAELLA

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOGNOSTICA SULLE INDAGINI

FIRENZE, dicembre 2020

INDICE

1. PREMESSA	4
2. QUADRO GEOLOGICO GENERALE.....	8
2.1. Quadro geologico locale.....	11
2.2. Condizioni geomorfologiche	12
2.3. Modello idrogeologico generale.....	15
3. PERICOLOSITÀ DAGLI STRUMENTI URBANISTICI	17
3.1. Pericolosità geologica	17
3.2. Pericolosità sismica.....	18
3.3. Pericolosità idraulica	19
3.3.1. Comune di Figline-Incisa.....	19
3.3.2. Comune di Castelfranco-Piandiscò	19
3.4. Pericolosità idraulica da PGRA	22
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE	24
5. MODELLO STRATIGRAFICO LOCALE	28
5.1. Condizioni piezometriche	37
6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO.....	41
6.1. Prova down-hole	41
6.2. Distribuzione delle Vs30.....	44
6.3. Misura di rumore sismico a stazione singola	45
7. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI MATERIALI NATURALI	47
7.1. Prove con Dilatometro Piatto Marchetti (DMT)	47
7.2. Prove penetrometriche statiche (CPT)	49
7.3. Prove penetrometriche dinamiche (DP).....	50
7.4. Prove SPT in foro di sondaggio.....	51
7.5. Analisi geotecniche di laboratorio.....	52
7.6. Distribuzione delle principali proprietà geotecniche	54

8.	CRITERI PER LA DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO	61
8.1.	Elementi principali del progetto preliminare del ponte sul Faella	61
8.2.	Spalla lato Firenze	61
8.2.1.	Depositi fluviali	65
8.2.2.	Depositi fluvio-lacustri	69
8.2.3.	Sinesi del modello geotecnico di progetto per la spalla lato Firenze	75
8.3.	Spalla lato Arezzo	76
8.3.1.	Depositi fluviali	78
8.3.2.	Depositi fluvio-lacustri	79
8.3.3.	Sinesi del modello geotecnico di progetto per la spalla lato Arezzo.....	79
9.	COMPRESSIBILITÀ DEI MATERIALI	80
9.1.	Modello geometrico di riferimento per la stima dei cedimenti.....	81

1. PREMESSA

*Il presente rapporto è stato redatto in supporto al progetto del nuovo ponte sul Torrente Faella ricadente nel lotto 5 Variante Urbinese della S.R.T. n.69 ed interessa, con le opere connesse, porzione dei territori dei comuni di Incisa - Figline Valdarno e Castelfranco di Sopra - Pian di Scò (vedi planimetria in **figura 1**).*

*In corrispondenza dell'attraversamento del torrente (**figure 2 e 3**) il progetto prevede una quota minima della pavimentazione stradale a 132,90 m. s.l.m., con l'intradosso dell'impalcato ad una quota di 131,20 m; questa risulta ampiamente superiore a quella degli argini del corso d'acqua (130 m in dx idraulica e 130,50 m in sx idraulica), e compatibile con le quote minime da garantire in caso di piena duecentennale del Faella, come si può evincere anche dagli approfondimenti di tipo idraulico riguardanti il corso d'acqua.*

Planimetricamente il tracciato è stato spostato rispetto a quello della strada attuale per diminuire l'impatto dell'infrastruttura nei confronti del podere del Bernino (di particolare pregio architettonico). Tale posizionamento permette altresì il mantenimento del ponte ad arco in muratura esistente ed il recupero e restauro delle sue spallette e della piccola edicola votiva in muratura nella immediata prossimità di esse.

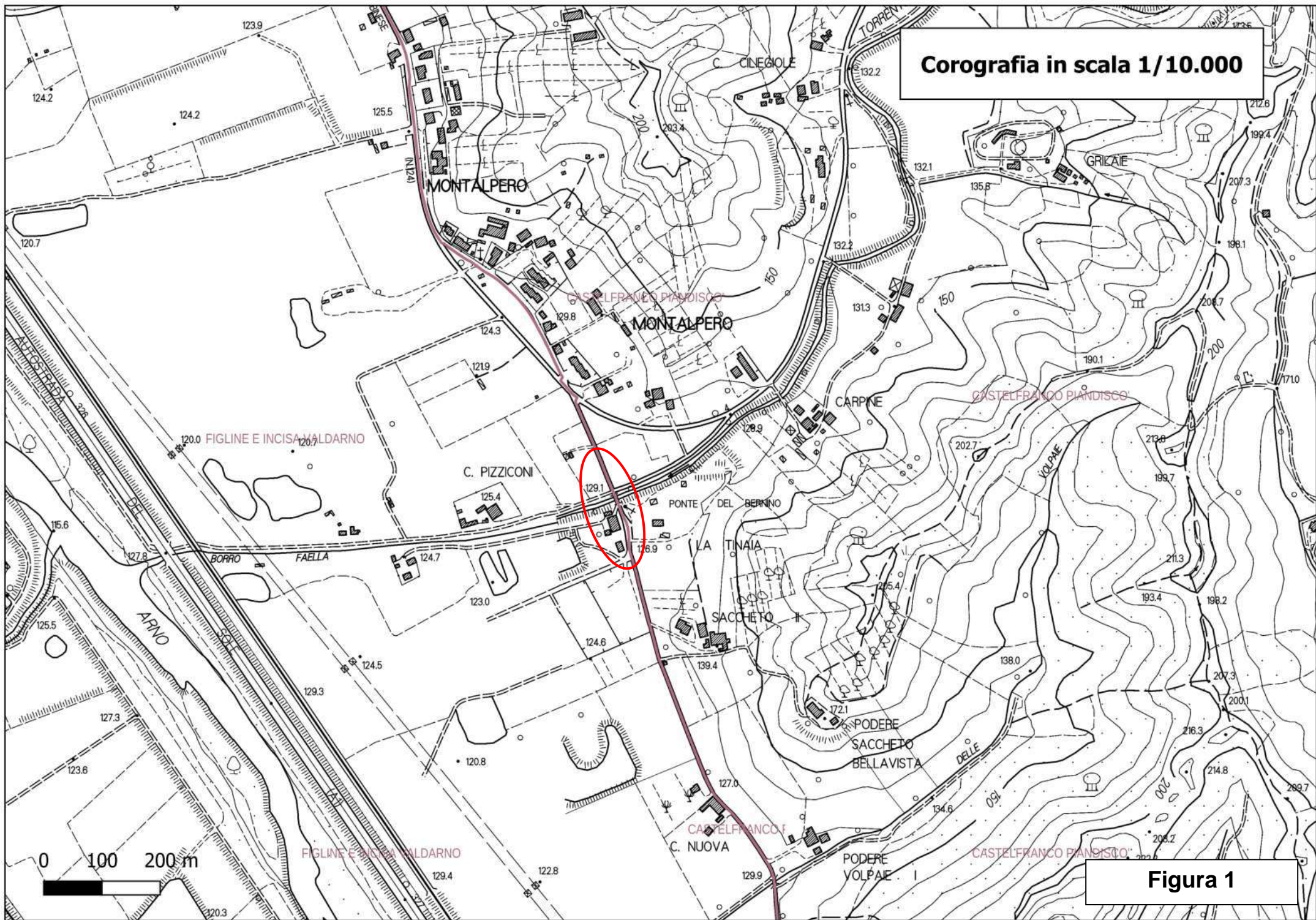
Il ponte avrà una luce netta di circa 27 m, e sarà realizzato senza che le spalle vadano ad interessare i corpi arginali.

La quota dell'infrastruttura è tale da permettere l'accesso all'impianto di recupero inerti esistente mediante un sottoattraversamento, esso viene realizzato per mezzo di una struttura indipendente (larghezza 6,0 m, altezza minima 5,0 m).

*Stante il quadro conoscitivo generale gli orientamenti progettuali prevedono il ricorso a fondazioni profonde mediante pali trivellati in c.a. (**figura 4**) attestati nel substrato locale riconducibile ai materiali coesivi del complesso lacustre.*

Lo studio si è avvalso dei risultati di una approfondita campagna geognostica dedicata, con indagini in sito ed in laboratorio;

Infine nel presente lavoro non sono trattati gli aspetti idrologici ed idraulici, oggetto di studio di altro professionista.



S.R.T. n.69 – Lotto 5 Variante Urbinese – Ponte sul torrente Faella:
relazione geologica e geotecnica sulle indagini.

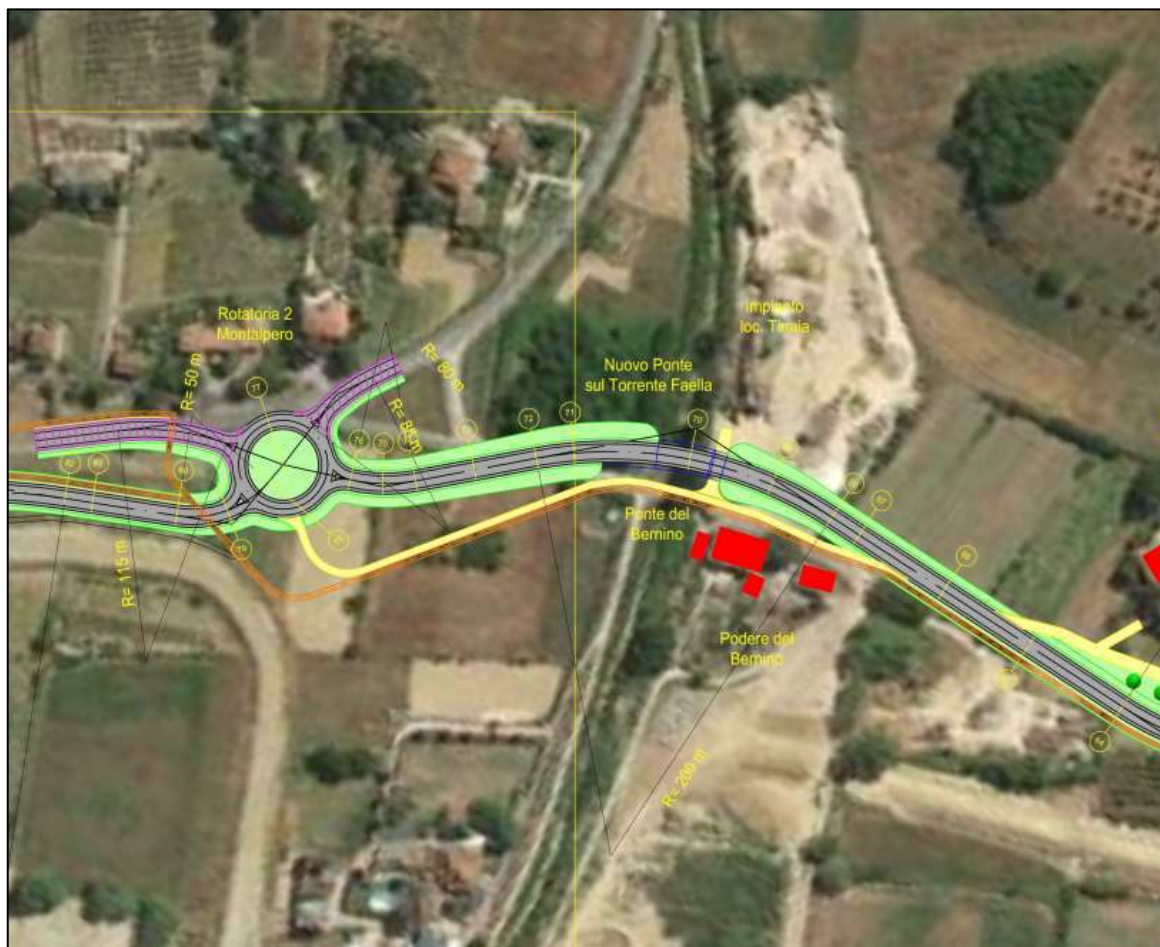


Figura 2 – Nuovo ponte sul Torrente Faella

S.R.T. n.69 – Lotto 5 Variante Urbinese – Ponte sul torrente Faella:
relazione geologica e geotecnica sulle indagini.

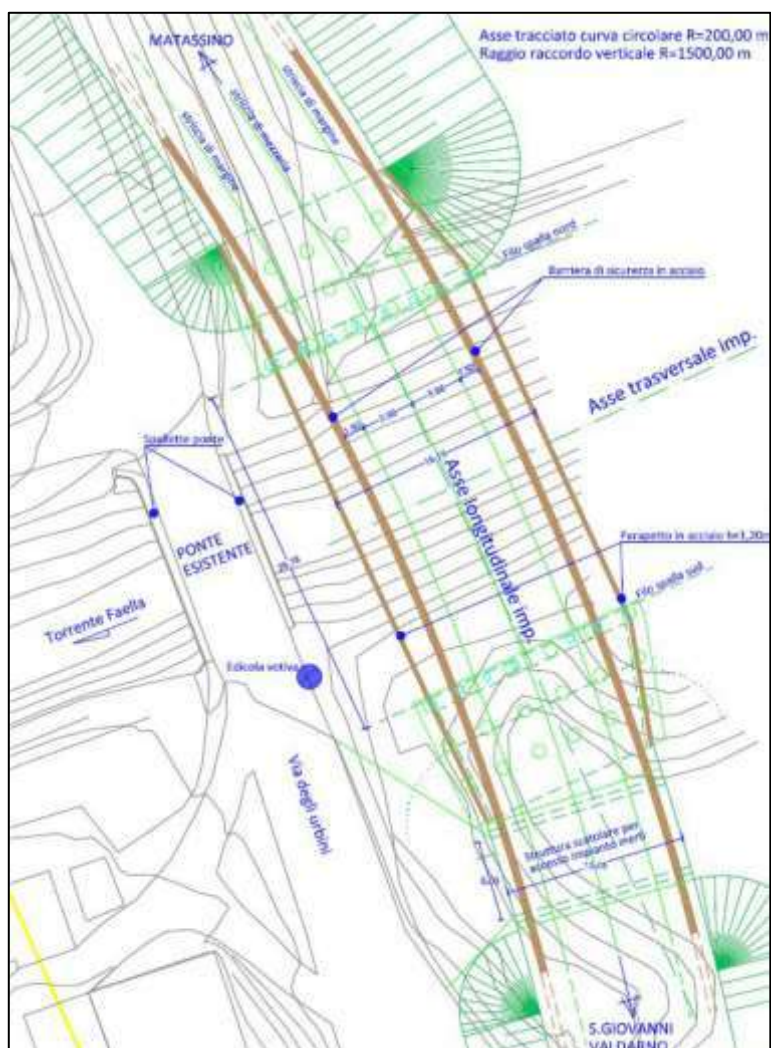


Figura 3 - Dettaglio tratto dal progetto preliminare

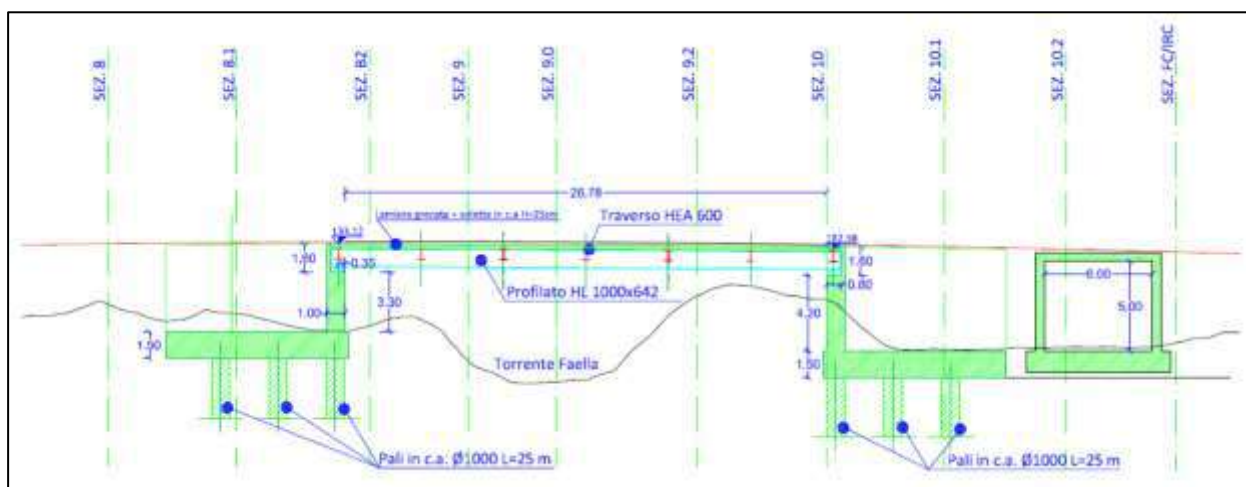


Figura 4 – Sezione tipo

2. QUADRO GEOLOGICO GENERALE

Il Valdarno fiorentino-aretino è frutto dell'attuale fase di evoluzione geologica e morfologica iniziata con la formazione di un bacino tettonico mio-pliocenico intermontano allungato fra le catene del Chianti e del Pratomagno.

Nell'intervallo temporale Pliocene superiore – Pleistocene inferiore, nella fossa endoreica in sprofondamento si sono depositati notevoli spessori di sedimenti argilloso-limoso-sabbiosi, con orizzonti torbosi alla base. La successione litologica nel tratto di bacino interessato dalla strada n.69 dal basso (Sub-sistema di Montevarchi) è caratterizzata dalle seguenti Formazioni:

- Limi di Terranova
- Argille del T. Ascione
- Limi e sabbie del T. Oreno

Tuttavia le eteropie tipiche dell'ambiente lacustre, l'alternanza e ripetitività dei litotipi e la pressoché continua copertura di rimaneggiamento gravitativo, rendono in molte situazioni difficile operare localmente una sicura differenziazione.

Ben distinguibili sono invece i termini della fase finale del ciclo lacustre rappresentati dai ciottolami e sabbie di conoide depositati al tetto del complesso lacustre. Poiché la giacitura si è mantenuta orizzontale essi occupano la parte sommitale dei rilievi collinari, oggi residuali degli intensi e tutt'ora in corso processi erosivi iniziati con l'apertura della soglia nord del bacino lacustre (Incisa). Fra Pleistocene superiore e Olocene si è andata così configurando una valle fluviale aperta dall'immissario aretino dopo complesse modifiche del reticolo idrografico del sistema Arno-Tevere. Il fondo è stato poi alluvionato dall'Arno nel frattempo raccordatosi con l'emissario della conca fiorentina, fino ad assumere l'attuale conformazione, con il corso fluviale reso artificiale a seguito delle rettificazioni iniziate nel XV secolo.

In generale il tracciato della S.R.T. n. 69 per l'intero lotto 5 e di cui l'intervento in esame comprende solo una ridotta porzione, interessa prevalentemente la **zona di fondovalle, impostata sui depositi alluvionali** del Fiume Arno e dei suoi affluenti minori, riferibili al Sintema del Fiume Arno; localmente intacca il piede dei **terreni collinari impostati sui depositi di ambiente fluvio-lacustre e palustre** che hanno riempito la depressione tettonica del Valdarno Superiore, costituenti il Sintema del Valdarno Superiore appartenente al Super-sintema dei Bacini Intermontani.

In **figura 5** viene riportata la carta geologica generale in scala 1/12.000, che tiene conto di:

- cartografia geologica regionale (Progetto CARG);
- carte geologiche degli strumenti urbanistici dei comuni di Figline e Incisa Valdarno (FI) e Castelfranco Piandiscò (AR);
- Piano di Bacino (PAI) redatto dall'Autorità Distretto Appennino Settentrionale.

I complessi direttamente interessati dal tracciato della variante del lotto 5 risultano essere i seguenti.

DEPOSITI DI FONDOVALLE

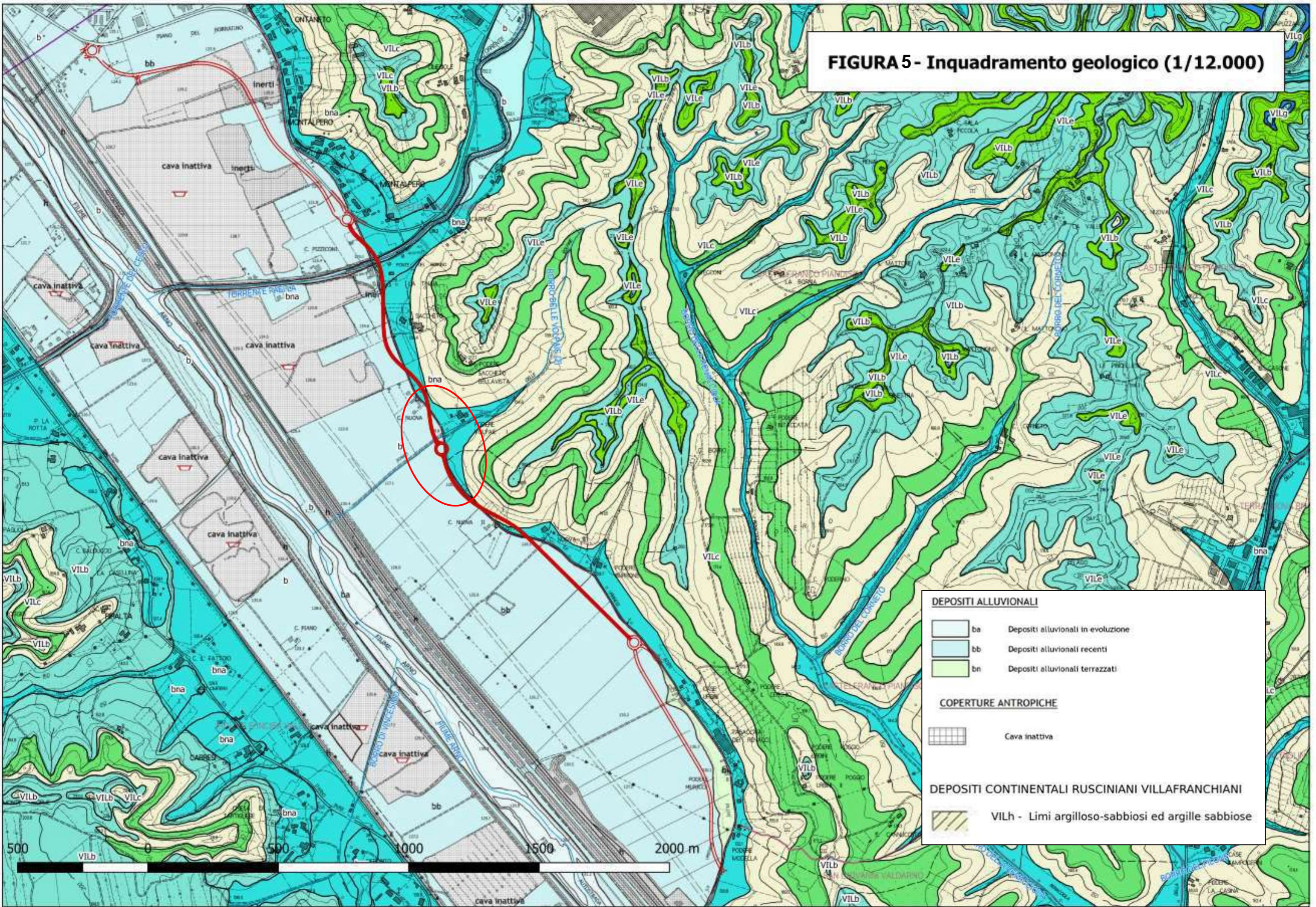
Depositi alluvionali terrazzati (bn)

I depositi alluvionali terrazzati sono in genere costituiti da ghiaie, sabbie e limi di colore bruno. Le ghiaie, poste alla base, sono eterometriche, embriciate, in matrice sabbiosa, talora moderatamente alterate. Le sovrastanti sabbie e limi sono generalmente massivi o grossolanamente laminati e sono interessati da paleosuoli da poco a moderatamente sviluppati. Questi depositi sono organizzati, in reazione alla loro genesi, in vari ordini; i depositi dei terrazzi più antichi sono da debolmente a mediamente alterati. Lo spessore massimo di questi depositi varia da 4 a 10 metri. L'età è Pleistocene superiore-Olocene.

Depositi alluvionali (bb, b, bna)

Depositi della piana inondabile degli attuali corsi fluviali e torrentizi, soggetti ad evoluzione durante le occasionali fasi di esondazione (alluvioni di fondovalle). Questi depositi, prodotti dall'Arno in tempi anche abbastanza recenti (la zona è stata interessata dalle divagazioni del corso dell'Arno almeno fino all'inizio del XVIII secolo), si appoggiano con contatto erosivo sui sedimenti lacustri e palustri pliocenici del sistema di Montevarchi. Costituiscono una tipica successione fluviale, il cui spessore può superare 10 metri, che a partire dal basso comprende 4-6 metri di ghiaie ad elementi calcarei e subordinatamente arenacei, eterometrici, ben embriciati, con matrice sabbiosa, e frequenti intercalazioni di sabbie e sabbie ghiaiose, con scarse lenti di limo e argilla che contengono una cospicua falda freatica. Seguono verso l'alto sabbie e sabbie limose con intercalati livelli di limi argillosi e/o sabbiosi, di colore bruno-giallastro, da poco a moderatamente pedogenizzate, di spessore variabile da 2 a 6 metri. Le ghiaie corrispondono ai depositi di fondo canale e di barra, depositi nei vecchi alvei del fiume. Le sabbie e i limi rappresentano invece i depositi della piana di esondazione e di argine naturale. L'età è Olocene.

FIGURA 5 - Inquadramento geologico (1/12.000)



DEPOSITI ALLUVIONALI

	ba	Depositi alluvionali in evoluzione
	bb	Depositi alluvionali recenti
	bn	Depositi alluvionali terrazzati

COPERTURE ANTROPICHE

		Cava inattiva
--	--	---------------

DEPOSITI CONTINENTALI RUSCINIANI VILLAGRANCHIANI

	VILh	Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose
--	------	---

Depositi alluvionali in evoluzione (ba)

Sono i depositi degli attuali alvei fluviali e torrentizi soggetti ad evoluzione degli ordinari processi fluviali. Sono costituiti da ghiaie, sabbie e subordinatamente da limi. L'età è Olocene.

COPERTURE ANTROPICHE

Cave inattive

Sono prevalentemente aree di colmata di vecchie cave di inerti dove i materiali di riporto erano costituiti prevalentemente da terra da scavo in aree agricole.

TERRENI COLLINARI IMPOSTATI SUI DEPOSITI DI AMBIENTE FLUVIO-LACUSTRE E PALUSTRE

Limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose (VILh)

Sono depositi continentali rusciniani e villafranchiani caratterizzati prevalentemente da limi argilloso-sabbiosi ed argille sabbiose.

2.1. Quadro geologico locale

L'elemento di maggior spicco sono i depositi fluviali recenti (quaternario, olocenici) del fondo valle del Torrente Faella che passano, indicativamente poco più a valle del percorso della SRT 69, ai depositi delle alluvioni del fiume Arno.

I rilievi collinari tipicamente sono caratterizzati da depositi continentali rusciniani e villafranchiani costituiti da alternanze di orizzonti costituiti da "*Limi argilloso sabbiosi ed argille sabbiose (VILh)*" con livelli di "*Argille ed argille sabbiose lignitifere lacustri e fluvio lacustri (VILC)*".

2.2. Condizioni geomorfologiche

L'area dell'intervento ricade ai piedi dei rilievi collinari, in zona semi-pianeggiante, a cavallo del torrente Faella. In sponda destra è presente una cassa di espansione, mai completata per intero, che è stata caratterizzata dalla realizzazione di rilevati arginali e di scavi al suo interno - peraltro modesti - per aumentarne la capacità.

L'attuale scavallamento del Faella da parte della SR 69 avviene mediante un ponte di luce modesta accompagnato da rampe in rilevato con altezza massima di poco inferiore ai due metri.

In sponda sinistra è presente un impianto di inerti in esercizio, accompagnato da attività di stoccaggio dei suddetti inerti, in posizioni variabili all'interno della proprietà ma posizionati comunemente sia sulla sinistra che sulla destra entrando, con altezze di alcuni metri (fino a circa 3 m riscontrati nel periodo delle indagini); tale situazione, assume carattere rilevante in quanto si configura come un precarico che ha agito nella zona in cui si interverrà con le nuove strutture in progetto.

Mediante l'esame di foto aeree si è pertanto proceduto ad una verifica circa la persistenza dell'attività di accumulo di inerti sull'area ed eventuali attività di coltivazione inerti mediante escavazione. Come riscontrabile dalla documentazione fotografica delle **figure 6 e 7**, documentazione tratta dagli archivi della fototeca della Regione Toscana, l'attività era assente nel 1971, mentre risulta già in essere nel 1975, per quanto con minore estensione verso ovest.

Dal 1978 raggiunge l'attuale configurazione areale.

Dalle foto storiche si rileva anche la vecchia strada comunale presente in sponda destra del Faella ed a questa parallela, nelle foto aeree almeno fino al 1978.

Nella foto del 2003 questa è completamente mascherata dalla vegetazione ma è tutt'ora riconoscibile in campo; è stata utilizzata per accedere alle posizioni delle indagini in sito di cui al presente rapporto, previo taglio preliminare dalla vegetazione spontanea.

dal 1967

S.R.T. n.69 – Lotto 5 Variante Urbinese – Ponte sul torrente Faella:
relazione geologica e geotecnica sulle indagini.

Zone con accumuli ciclici



2020



2017



2014



2003

Figura 6

dal 1967

S.R.T. n.69 – Lotto 5 Variante Urbinese – Ponte sul torrente Faella:
relazione geologica e geotecnica sulle indagini.

OFC 1978 10K propr. RT esec. volo Rossi Brescia



1978

Immagine: c0099_153_433_05ago1976 - Autorizzazione 184 del 1976/11/22

Proprietario: Regione Toscana - Deposito: Rossi Luigi-Firenze - Modulo richiesta corie
Camera: Zeiss 119053 - foc.153.07 - Certificato di calibrazione
Zona: FIGLINE VALDARNO; PIAN DI SCO *; REGGELLO



1976

Immagine: c0201_3_355_000001971 - Autorizzazione 78 del 1971/01/26
Proprietario: Regione Toscana e Provincia di Firenze - Deposito: Archivio - Modulo richiesta
Camera: Wild AG 9 - foc.152.35 - Certificato di calibrazione
Zona: CASTELFRANCO DI SOPRA; FIGLINE VALDARNO; PIAN DI SCO *; REGGELLO



1971

Figura 7



OFC 1965 10K propr. IGM-RT esec. volo Istituto Geografico Militari

2.3. Modello idrogeologico generale

La piana del Valdarno medio, al bordo della quale insiste l'intervento in progetto, è caratterizzata dalla presenza di depositi alluvionali recenti. Nella planimetria di **figura 8** viene riportata la carta piezometrica del fondo valle, tratta dalla carta idrogeologica del PS di Figline Valdarno (isofreatiche riferite al 2015); dalla sua lettura risulta evidente la funzione drenante esplicata nei suoi confronti dal fiume Arno.

In **figura 9** viene riportata la carta delle isofreatiche nell'intorno del torrente Faella tratta dal PS di Pian di Scò: dalla sua lettura risulterebbe che il torrente esplica una azione drenante nei confronti della falda e che la stessa falda si troverebbe a circa 2,5 m dal p.c. in corrispondenza ancora del torrente.

Gli studi di dettaglio eseguiti, hanno in realtà mostrato una situazione locale diversa, come verrà mostrato nel dettaglio al paragrafo 5.1.

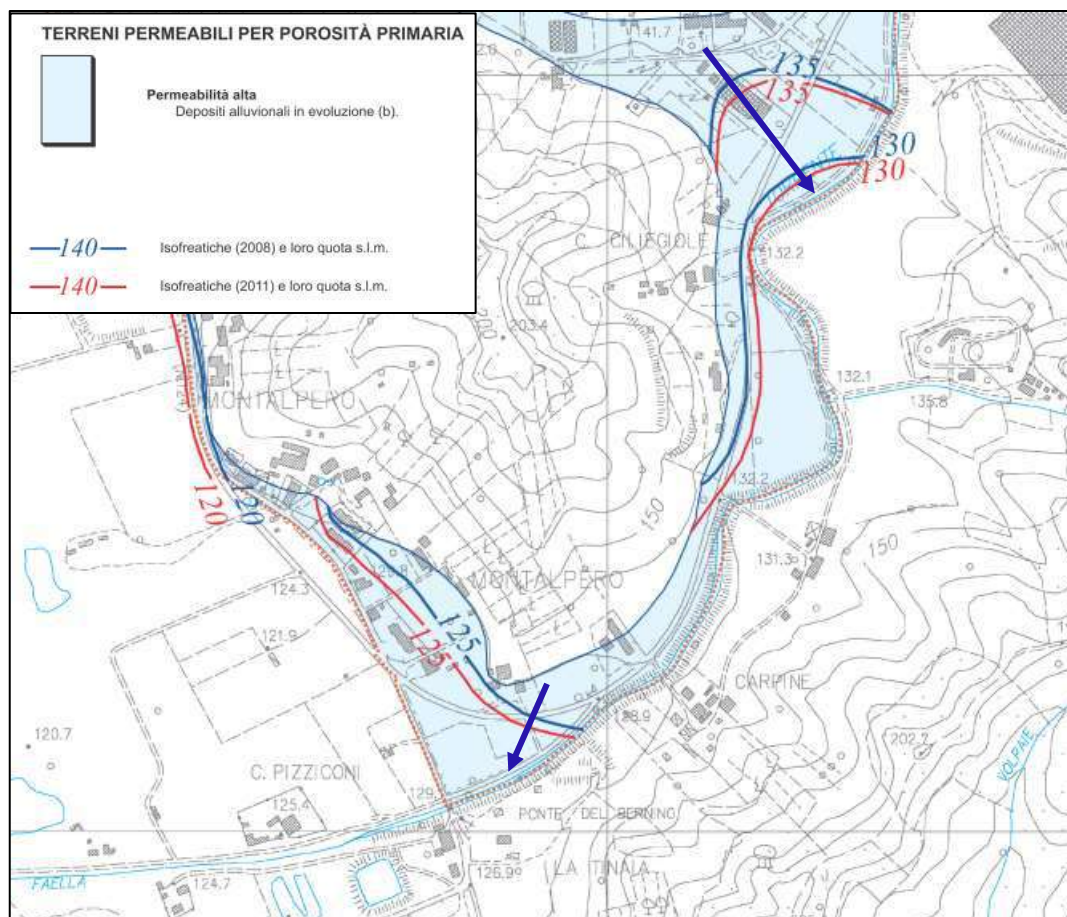


Figura 9 - Carta delle isofreatiche (dal PS di Pian di Scò)

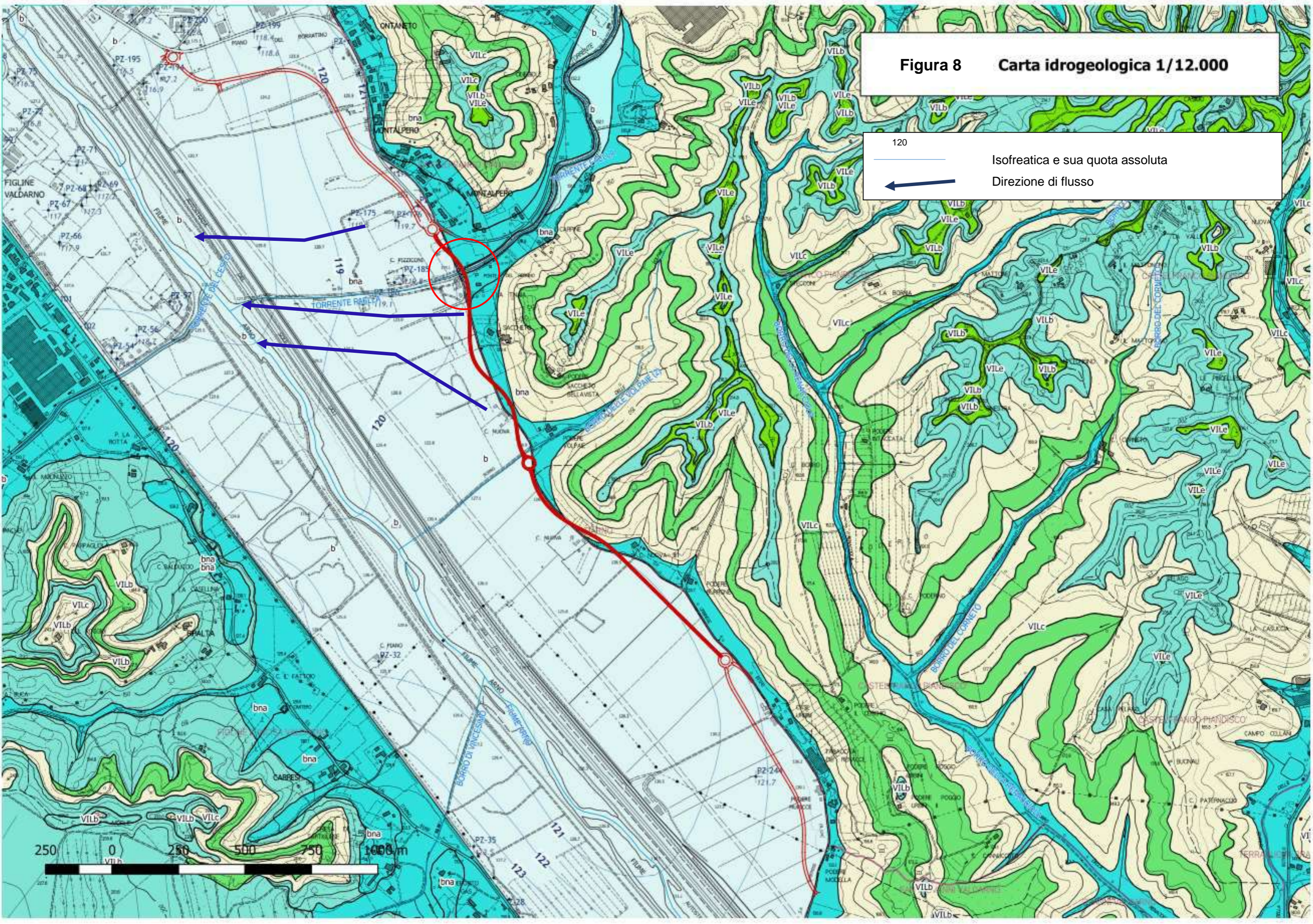
Figura 8 Carta idrogeologica 1/12.000

120

Isofreatica e sua quota assoluta



Direzione di flusso



3. PERICOLOSITÀ DAGLI STRUMENTI URBANISTICI

3.1. Pericolosità geologica

L'intervento in progetto coinvolge il territorio comunale dei comuni di Pian di Scò - Castelfranco di Sopra e di Figline - Incisa Valdarno; in tal senso in **figura 10** viene presentato l'estratto mosaicato della pericolosità geologica tratta da ciascun PS: tutti gli interventi un progetto ricadono in classe di pericolosità geologica media G.2.

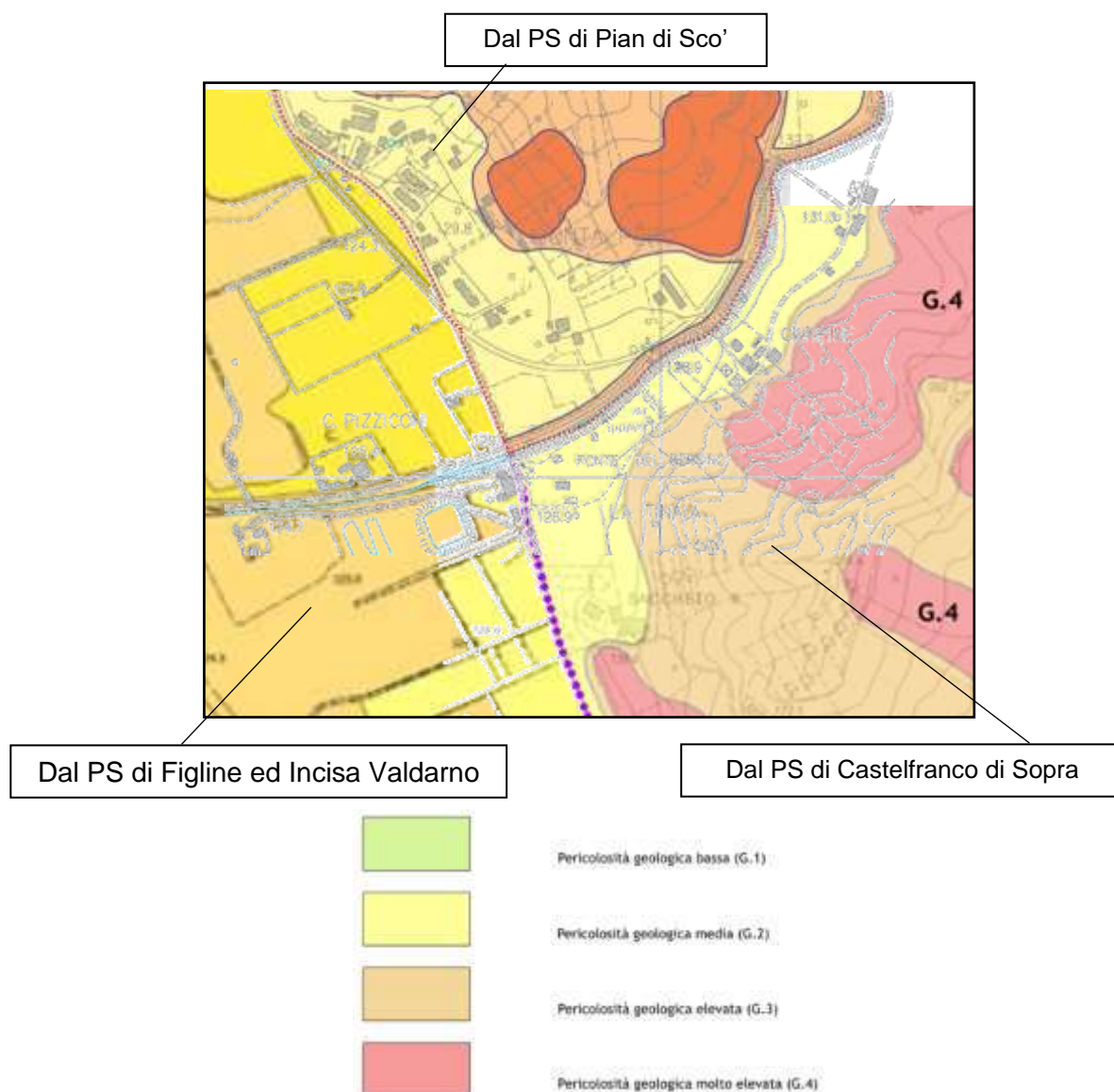


Figura 10 – Pericolosità geologica

3.2. Pericolosità sismica

Analogamente a quanto visto per la pericolosità geologica, in **figura 11** viene presentato l'estratto mosaicato della pericolosità sismica tratta da ciascun PS: tutti gli interventi un progetto ricadono in classe di Pericolosità Sismica media S.2.

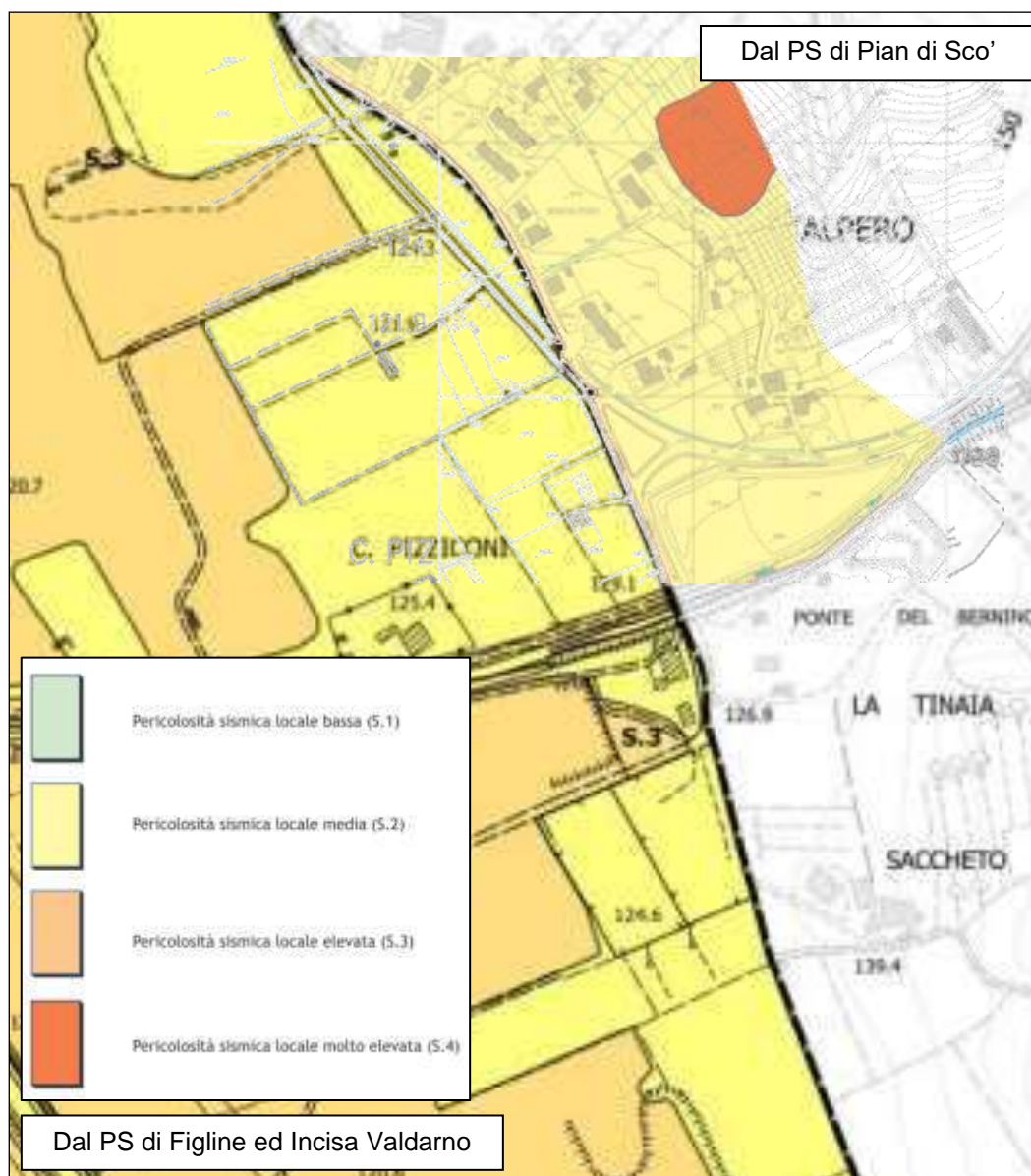


Figura 11 – Pericolosità sismica

3.3. Pericolosità idraulica

3.3.1. Comune di Figline-Incisa

Le figure seguenti riportano un estratto delle planimetrie di pericolosità idraulica che costituiscono il quadro conoscitivo del Piano Strutturale del comune di Figline e Incisa Valdarno adottato con Delibera C.C. n. 97 del 11.10.2017 ed approvato in data 31/07/2019.

In particolare nelle figure seguenti si riportano i seguenti estratti:

- “Tav. IS1.11.2 - Planimetria della Pericolosità idraulica Stato Attuale ai sensi del DPGR 53R/2011” - **figura 12.**
- “Tav. IS1.11.4 - Planimetria della Pericolosità idraulica Stato di Progetto ai sensi del DPGR 53R/2011” - **figura 13.**

Lo stato di progetto considera lo scenario post realizzazione del I° Lotto della Cassa di Espansione Pizziconi e la sistemazione del reticolo idraulico di pertinenza.

3.3.2. Comune di Castelfranco-Piandiscò

Si riportano di seguito alcuni estratti degli elaborati che compongono il quadro conoscitivo del Piano Strutturale adottato con Delibera C.C. n. 5 del 08/01/2019. In **figura 14** viene riportato un estratto della Tavola: QC.I.02S-Aree a Pericolosità idraulica – SUD.

S.R.T. n.69 – Lotto 5 Variante Urbinese – Ponte sul torrente Faella:
relazione geologica e geotecnica sulle indagini.

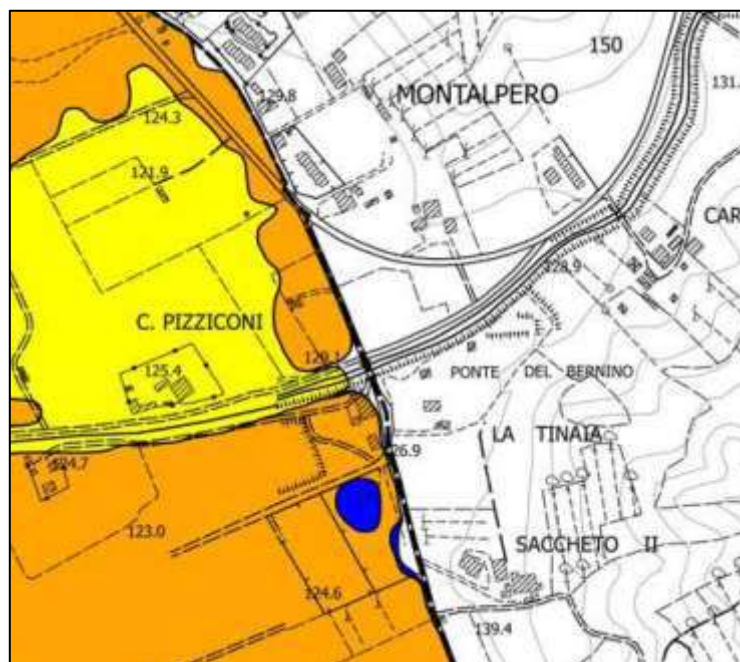


Figura 12 - Pericolosità idraulica Stato Attuale ai sensi del DPGR 53R/2011

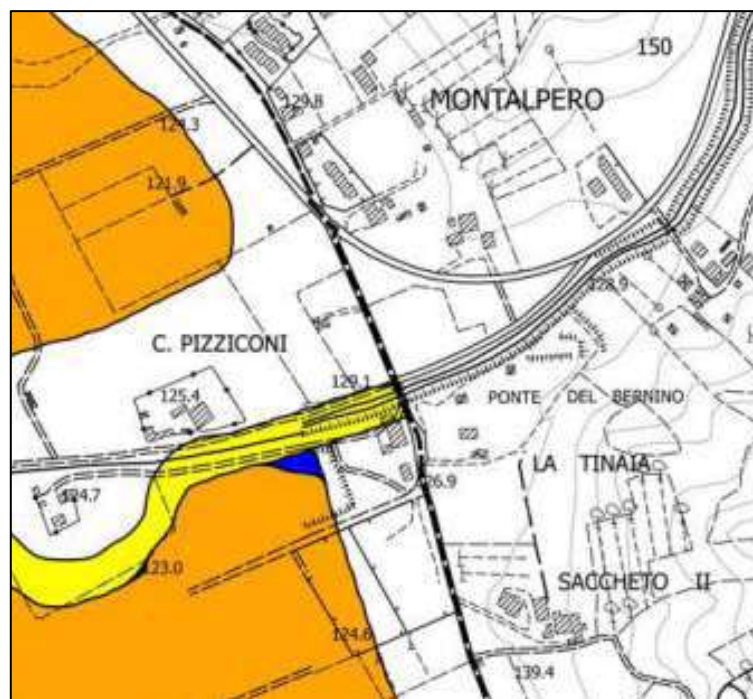


Figura 13 - Pericolosità idraulica Stato Progetto ai sensi del DPGR 53R/2011

Pericolosità Idraulica



Are e a Pericolosità Idraulica Media (32)



Are e a Pericolosità Idraulica Elevata (13)



Are e a Pericolosità Idraulica Molto Elevata (4)

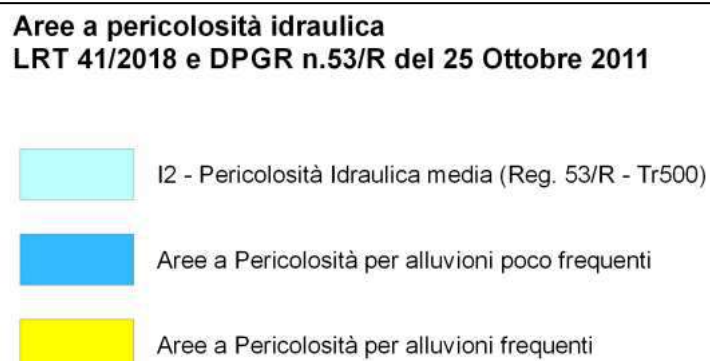
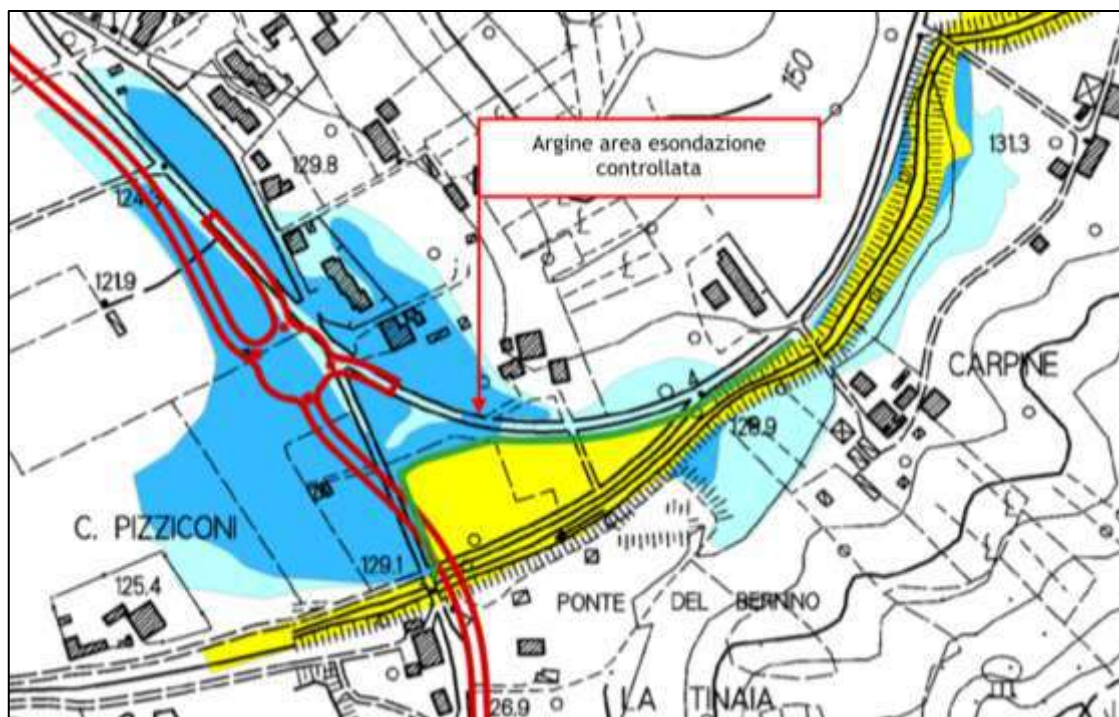


Figura 14 - Pericolosità idraulica – SUD – Comune di Castelfranco-Piandiscò.

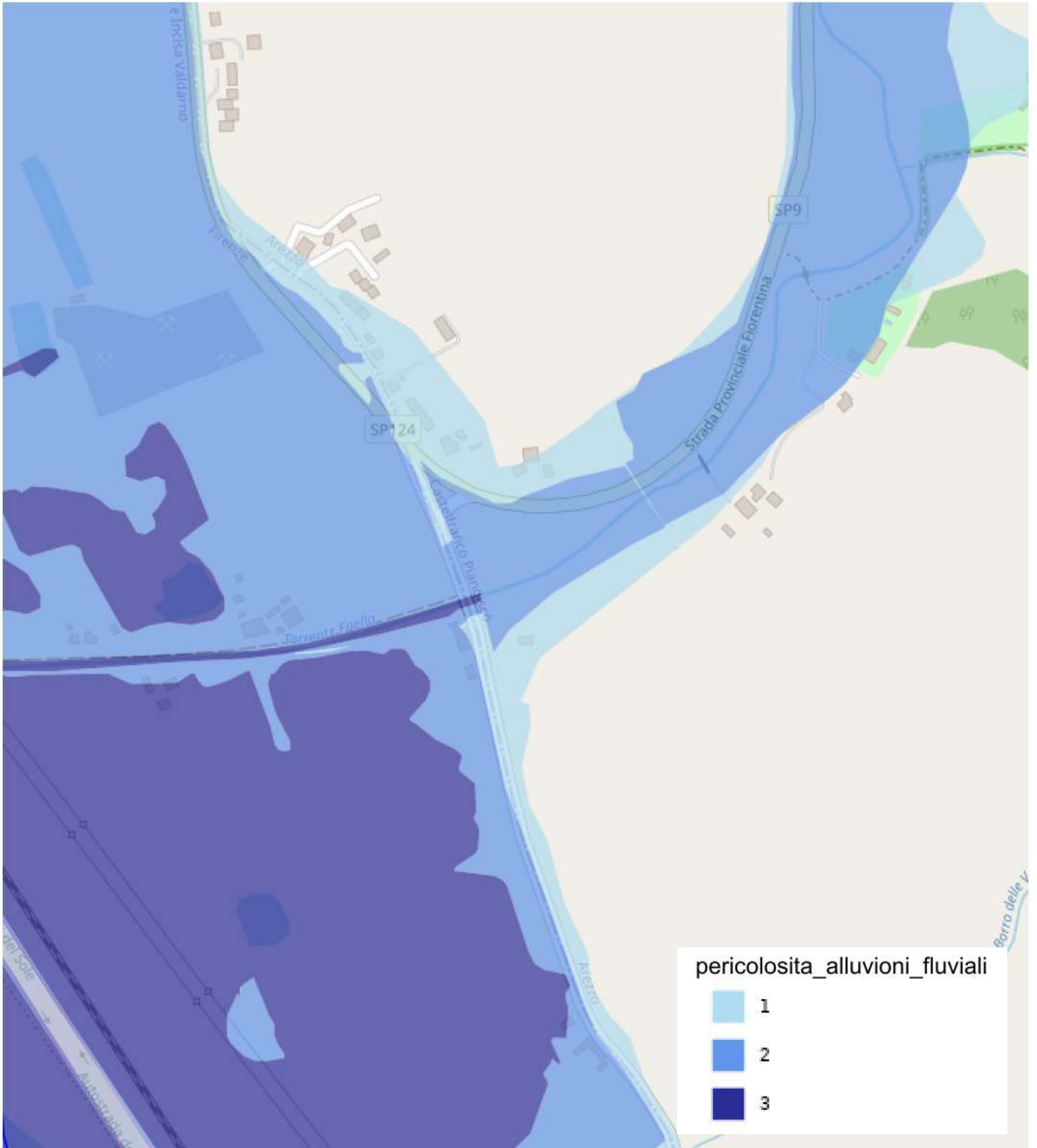
Si riscontra una interferenza del tracciato di progetto con la presenza di un'area di esondazione controllata in destra idraulica del Faella.

La rotonda e parte dei due bracci rispettivamente in direzione nord-ovest e sud est, ricadano in pericolosità per alluvione poco frequenti (allagamento per $Tr=200$ anni).

3.4. Pericolosità idraulica da PGRA

Facendo riferimento al PGRA, di cui all'estratto di **figura 15** l'intervento in progetto ricade:

- in parte in classe di pericolosità da alluvione bassa (P1) corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno superiore a 200 anni;
- in parte in classe di pericolosità da alluvione media (P2), corrispondenti ad aree inondabili da eventi con tempo di ritorno maggiore di 30 anni e minore/uguale a 200 anni;



4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Facendo riferimento alle planimetrie delle **figure 16 e 17**, sono state eseguite le seguenti tipologie e quantità d'indagine:

- n° 1 sondaggio geognostico realizzato a carotaggio continuo e spinto fino alla profondità di m 34 dal p.c., con prove in sito e prelievo di campioni indisturbati; la verticale è stata attrezzata con tubazione per prova down-hole (S1).
- n° 1 sondaggio geognostico realizzato a carotaggio continuo e spinto fino alla profondità di m 30 dal p.c., con prove in sito e prelievo di campioni indisturbati; la verticale è stata attrezzata con piezometro del tipo a tubo aperto con base a m 9,5 dal p.c. (S2)
- n° 1 sondaggio geognostico realizzato a distruzione di nucleo in adiacenza ad S2, spinto fino alla profondità di m 5,0 dal p.c. ed allestito con piezometro a tubo aperto con punta m 5,0 dal p.c.
- N° 3 prove con dilatometro piatto Marchetti (DMT) spinte fino alla condizione di rifiuto strumentale (raggiunta alla profondità di m 12,2 dal p.c.) con prove di dissipazione. Per l'esecuzione della prova è stato utilizzato un mezzo zavorrato con peso proprio da 20t (DMT da 1 a 3).
- N° 6 prove con penetrometro statico a punta meccanica (CPT) realizzate utilizzando un mezzo cingolato auto-ancorante atto a raggiungere posizioni non accessibili al mezzo zavorrato, tutte spinte fino alla condizione di rifiuto strumentale (CPT da 1 a 6).
- N° 4 prove con penetrometro dinamico superpesante (DP) realizzate con lo stesso mezzo delle CPT, nelle posizioni in cui la litologia non consentiva l'ulteriore avanzamento della prova statica (DP 2, 3, 5 e 6
- Analisi geotecniche di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati prelevati nei fori di sondaggio.
- Indagine sismica in foro di sondaggio mediante prova down-hole (in S1).
- Indagine di rumore sismico HVSR.

I sondaggi geognostici e le prove dilatometriche sono state eseguite dalla ditta SOILTEST srl di Arezzo.

Le analisi geotecniche sui campioni indisturbati e le prove penetrometriche sono state eseguite dalla ditta PANGEO SnC di Poggibonsi.

Le indagini geofisiche sono state eseguite dalla ditta TRIGEO di Arezzo.

Le relative certificazioni vengono riprodotte in allegato.

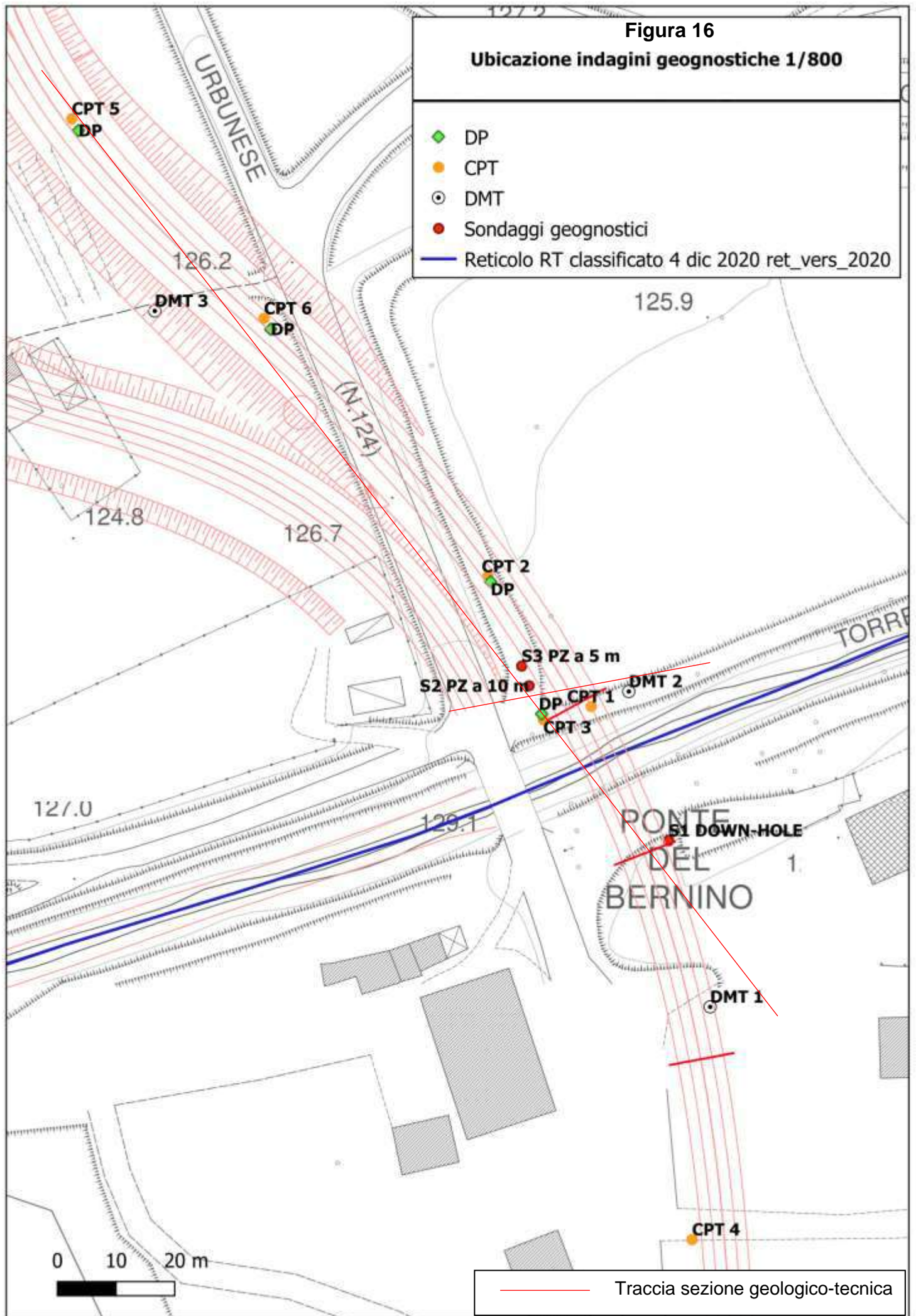


Figura 16
Ubicazione indagini geonostiche 1/800

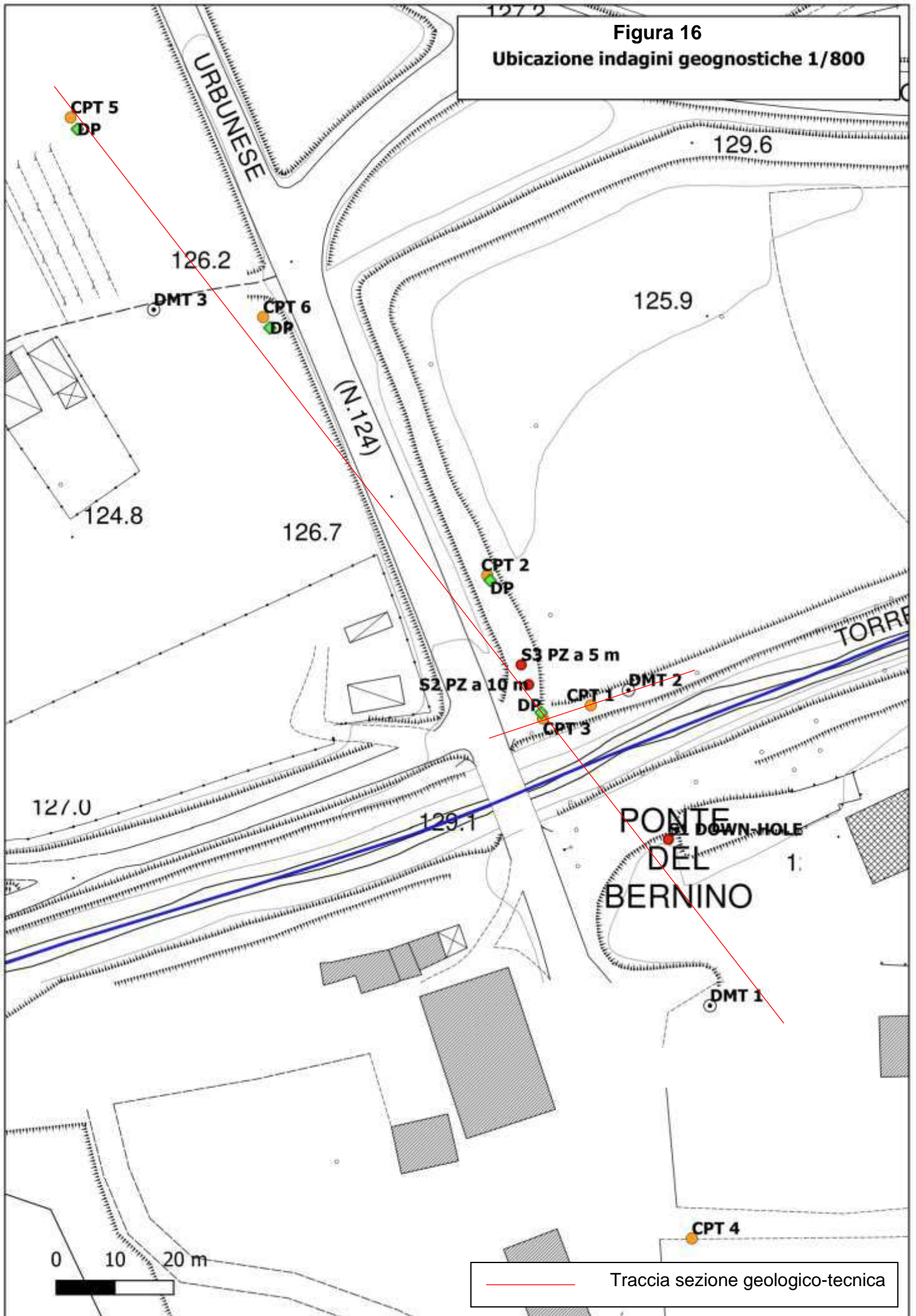
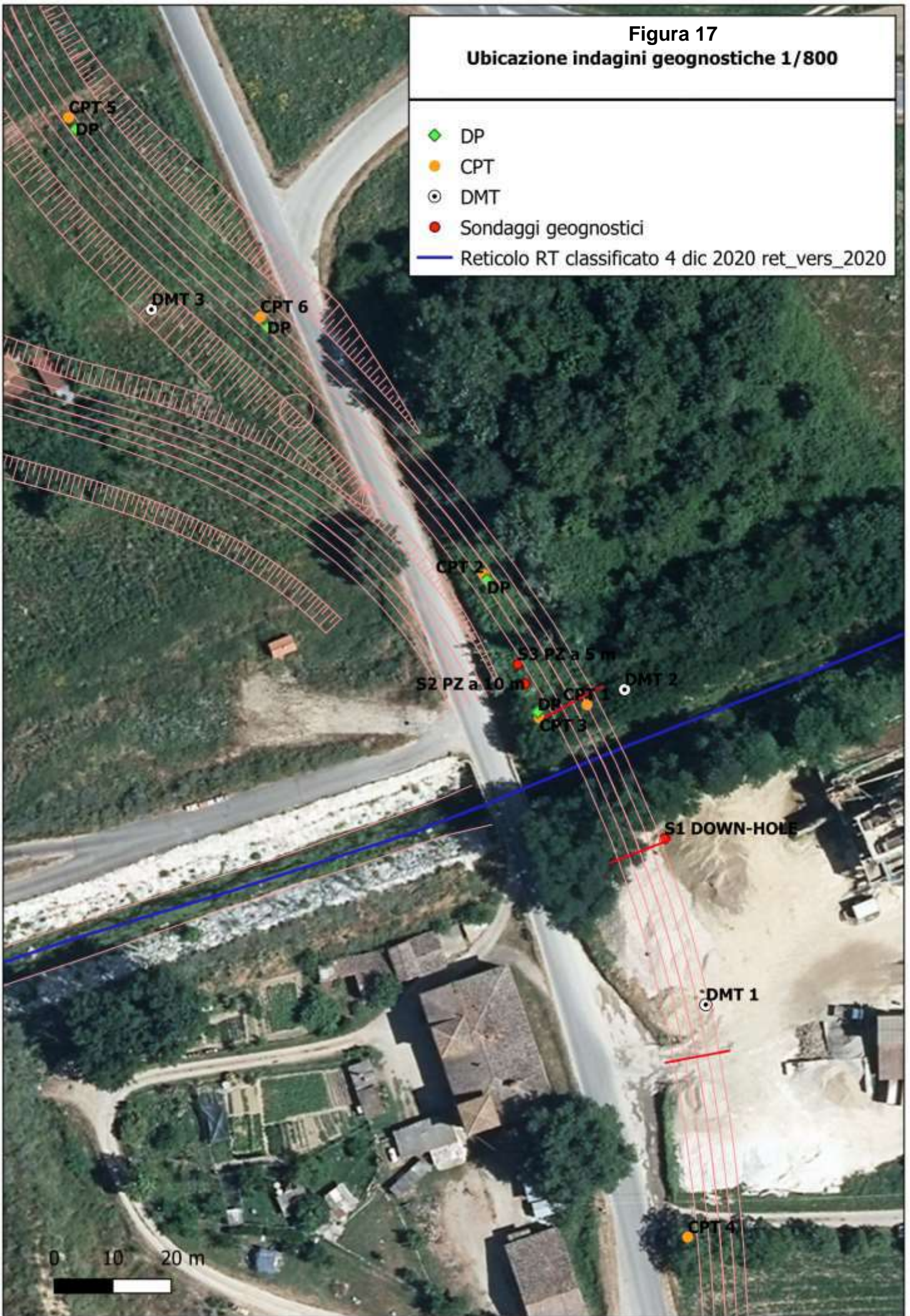


Figura 17
Ubicazione indagini geostatiche 1/800

- ◆ DP
- CPT
- ⊙ DMT
- Sondaggi geostatici
- Reticolo RT classificato 4 dic 2020 ret_vers_2020



Nella tabella seguente sono riportate le quote del terreno in corrispondenza di ciascuna delle prove eseguite.

Verticale	Quota
CPT 1	129,1
CPT -DP 2	129,4
CPT-DP 3	130,1
CPT 4	127,2
CPT - DP 5	124,8
CPT - DP 6	125,2
DMT 1	127,6
DMT 2	129,0
DMT 3	125,2
S1 - DH	127,7
S2 PZ5	130,1
S2 PZ10	130,1

Come dettagliatamente trattato nell'allegato A15 - Modellazione sismica, in posizione di coincidenza con la prova DMT2 è stata eseguita in una fase successiva un'ulteriore prova con penetrometro a punta elettrica (CPTE) dedicata all'approfondimento dell'aspetto liquefazione; si rimanda a tale allegato per gli aspetti relativi.

5. MODELLO STRATIGRAFICO LOCALE

Facendo riferimento alla planimetria di **figura 16** utilizzando:

- le stratigrafie dei sondaggi geognostici;
- i penetrogrammi (CPT e DP);
- l'andamento del modulo edometrico determinato nelle prove dilatometriche (DMT);
- i profili litologici di cui alle DMT.

sono state costruite le due sezioni geologico tecniche di cui alle **figure 18 e 19**

S.R.T. n.69 – Lotto 5 Variante Urbinese – Ponte sul torrente Faella:
relazione geologica e geotecnica sulle indagini.

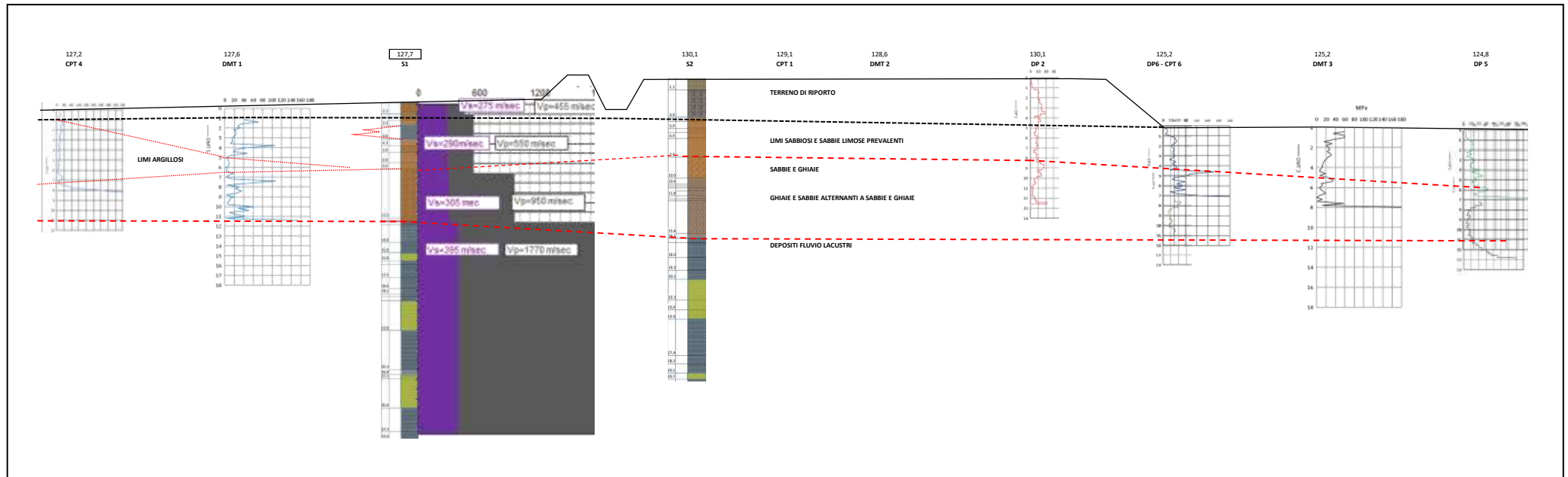


Figura 18 – Sezione geologico-tecnica longitudinale

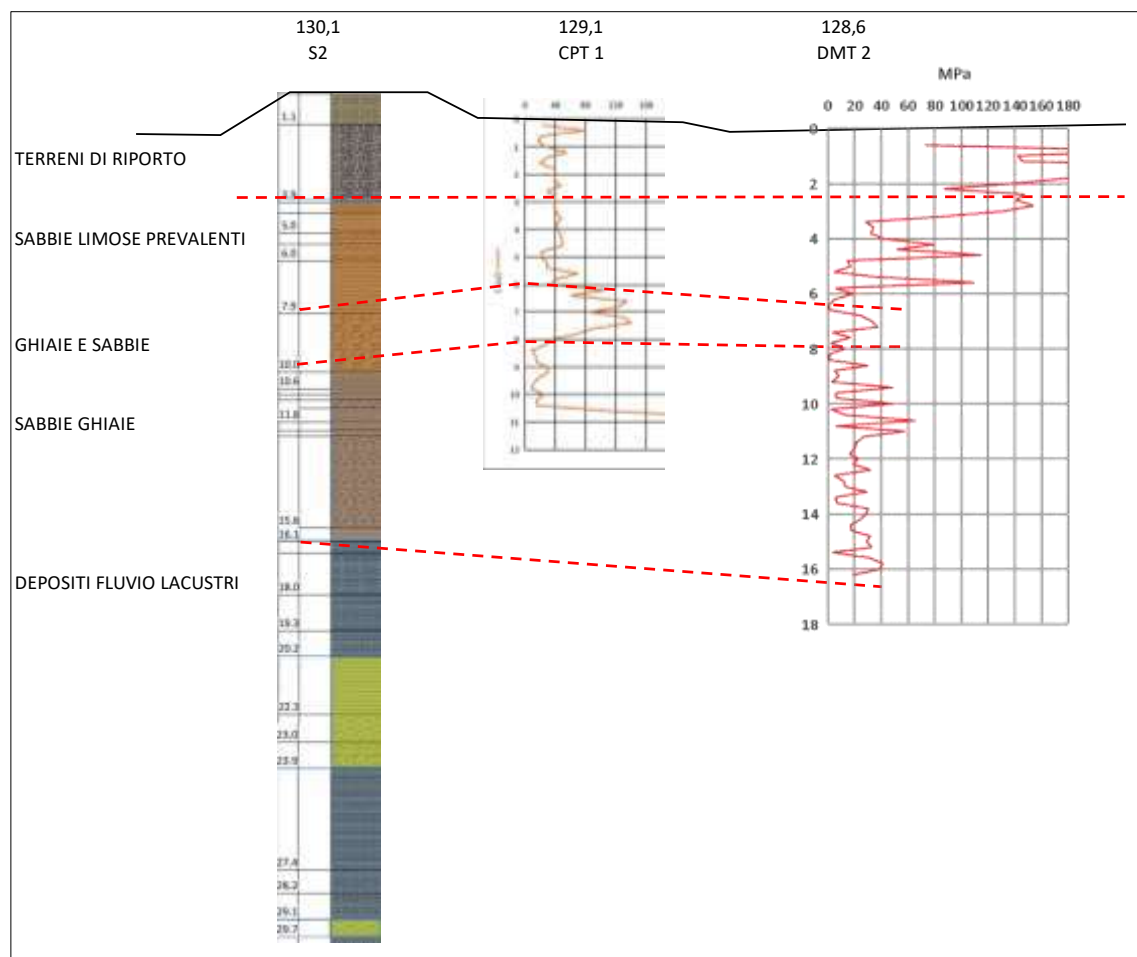


Figura 19 – Sezione geologico-tecnica trasversale

Il modello stratigrafico locale, oltre ai **materiali di riporto** che costituiscono prevalentemente il sistema arginale del Faella e relativa cassa di espansione, ha evidenziato la presenza di due complessi principali:

- i **depositi superficiali di origine fluviale**, riconducibili all'attività prevalente del torrente Faella, dal prevalente comportamento granulare, dal tipico colore marrone ed accompagnati da frequenti variazioni stratigrafiche laterali;
- i **depositi profondi, di origine fluvio-lacustre**, caratterizzati da alternanze irregolari di argille con limo debolmente sabbiose prevalenti, e sabbie medio fini con limo e limose, dal tipico colore azzurro, rinvenuti fino alla massima profondità d'indagine pari a 33 m dal p.c. naturale.

TERRENI DI RIPORTO, che costituiscono l'argine della cassa di espansione presente in sponda destra; facendo riferimento al sondaggio S2, questi materiali sono stati attraversati fino a 3,9 m di profondità dalla sommità dell'argine e sono risultati caratterizzati da una copertura limoso sabbiosa con spessore di 1,1 m passanti in basso a ghiaie in matrice sabbiosa ed addensate, come da figura seguente.

Profondità (m)	Quota (m.s.l.m)	Litologia	Descrizione litologica	Campioni	S.P.T.
1.1			Limo con sabbia e sabbioso, con resti vegetali nella parte alta, verdastro e grigio chiaro (Terreno rimaneggiato)		
3.9			Ghiaia eterometrica con ciottoli, con clasti eterogenei Dmed 3-5 cm, in matrice sabbiosa, avana e marrone-ocra, abbondante a tratti prevalente (Terreno rimaneggiato)	SPT	1.8 m 20-14-20

Figura 20

DEPOSITI DI ORIGINE FLUVIALE caratterizzati da frequenti variazioni stratigrafiche, funzione della posizione rispetto al torrente; procedendo verso il basso, da due orizzonti principali:

- **Limi sabbiosi e/o sabbie limose prevalenti**, con spessore risultato compreso fra 3 e 5 m circa, colore marrone; questi materiali presentano alla scala dell'orizzonte una permeabilità significativa, tipica dei materiali granulari, ma sono accompagnati da possibili variazioni stratigrafiche laterali, come in S1 da 2,3 a 3,6 dove si ha un passaggio limoso argilloso o come nella DMT 1 da 5,0 a 7,0 circa dove si ha un passaggio dapprima argilloso limoso e quindi limoso.

Questo orizzonte non è stato trovato spostandosi verso sud, nella verticale della CTP 4, che sembra pertanto essere esterna alla zona delle divagazioni più recenti del torrente Faella, in grado di dare luogo a depositi di tipo granulare.

- **Sabbie ghiaie e/o ghiaie e sabbie** con spessore mediamente di circa 5 - 7 m nell'intorno del Faella e progressivamente decrescente allontanandosi (vedi ad es. spostandosi verso la CPT 4 e la DMT 3), dal tipico colore marrone. Sono caratterizzate da orizzonti sfrangiati a volte con sottili intercalazioni limoso sabbiose e/o limoso argillose nella porzione inferiore (vedi ad es. S2).

Sono sede della falda freatica.

DEPOSITI DI ORIGINE FLUVIO LACUSTRE caratterizzati da alternanze irregolari di argille con limo debolmente sabbiose prevalenti, e sabbie medio fini con limo e limose, dal tipico colore azzurro, rinvenuti fino alla massima profondità d'indagine pari a 33 m dal p.c. naturale; il tetto di questo orizzonte è risultato mediamente collocato intorno alla quota di 115/116 m slm.

Nella figura seguente vengono posti a confronto gli indici di materiale delle tre diverse prove dilatometriche eseguite, indici che mostrano le situazioni tipiche che si incontrano spostandosi da sud verso nord, perpendicolarmente al torrente Faella (la diversa profondità è dovuta al raggiungimento della condizione di rifiuto strumentale sull'orizzonte delle ghiaie e sabbie): risultano bene evidenti i sopracitati "sfrangiamenti" del materiale granulare in prossimità del torrente Faella (DMT 2).

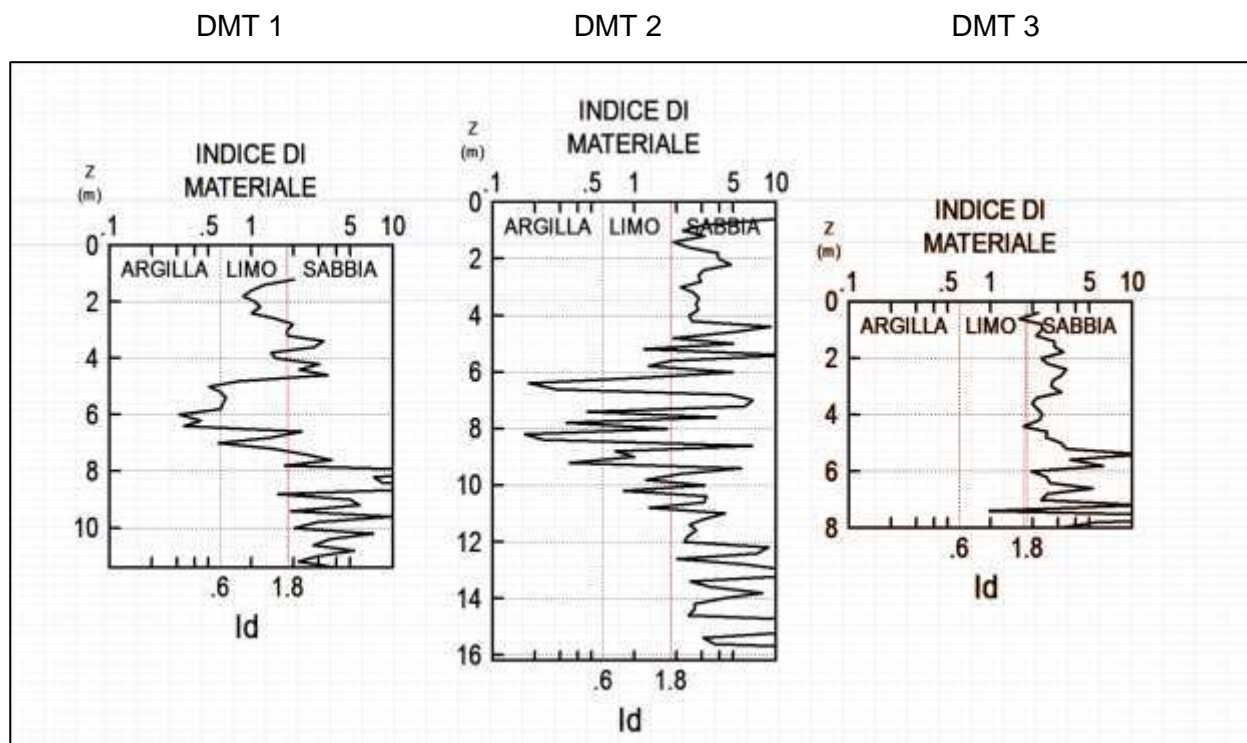


Figura 21

Nella tabella seguente vengono schematizzate le situazioni stratigrafiche riscontrate in corrispondenza di ciascuna delle spalle del ponte.

Orizzonte stratigrafico	Quota p.c. in S1 = 127,7			Quota p.c. in S2 = 130,1		
	Quota base (m dal p.c.)	Quota base (m slm)	Spessore (m)	Quota base (m dal p.c.)	Quota base (m slm)	Spessore (m)
Terreni di riporto	1,1	126,6	1,1	3,9	126,2	3,9
Depositi fluviali superficiali	11,9	115,8	10,8	15,6	114	12,2
Depositi fluvio lacustri	> 33	< 94,7	> 21,0	> 30	< 100,1	>13,9

In linea generale, confrontando le quote assolute, le profondità dei vari orizzonti sono fra loro sostanzialmente confrontabili, in accordo con un modello di divagazioni fluviali a scala ridotta, quale quello atteso per un torrente modesto quale il Faella.

Altro elemento particolare è la presenza, nei depositi fluvio lacustri, di orizzonti con elevata percentuale di materiale granulare alternante irregolarmente nei prevalenti materiali argilloso limosi e/o limoso argillosi; si è pertanto proceduto ad una stima percentuale dei relativi rapporti come da tabella seguente.

	Orizzonti sabbiosi nei dep. lacustri di S1	Spessore oriz.sabb. nei dep. lacustri di S1 (m)	Orizzonti sabbiosi nei dep. lacustri di S2	Spessore oriz.sabb. nei dep. lacustri di S2 (m)
	15,0-15,8	0,8	20,2-23,9	3,7
	19,1-19,4	0,3	29,1-29,7	0,6
	19,8-22,8	3		
	27,2-30	2,8		
	21,1		14,4	
m totali attraversati		6,9		4,3
m tot.oriz.granulari				
Perc. Mat. Granulare		32,70%		29,86%

Ovvero nei depositi fluvio-lacustri la percentuale di orizzonti dal prevalente comportamento granulare rispetto al coesivo è dell'ordine del 30%.

Per una valutazione del peso delle variazioni stratigrafiche laterali nella zona dell'intervento in **figura 22** vengono presentati una serie di grafici che mostrano l'involuppo di alcune delle principali proprietà geotecniche¹ ovvero:

- modulo edometrico dalle prove DMT
- andamento della resistenza alla punta R_p nelle prove penetrometriche statiche (CPT)
- numero di colpi nelle prove penetrometriche dinamiche (DP)
- distribuzione dell'NSPT, sia determinato direttamente in foro di sondaggio (in S1 ed S2) sia ricavato dall' N_{20} delle prove penetrometriche dinamiche (DP); i valori sono stati corretti per la presenza dell'acqua con la relazione $N_{1spt} = 15 + 0,5 * (N_{spt} - 15)$ se $N_{spt} > 15$

Nello stesso grafico sono stati evidenziati:

- il passaggio fra terreni di riporto e terreni naturali, indicativamente posto alla quota di 126 m slm;
- il passaggio fra terreni fra depositi fluviali e depositi fluvio-lacustri, mediamente posto alla quota di 114-115 m slm
- la profondità della falda freatica, mediamente posta alla quota di 121 m slm.

Elementi anomali risultano essere:

- **in S1** un orizzonte limoso argilloso da m 125,4 a m 124,1 (per uno spessore di 1,3 m);
- **nella CPT 3** - un orizzonte granulare fra 123,5 e 121,0 (ovvero per uno spessore di 2,5 m) assente nelle altre verticali d'indagine;
- **nella CPT 4** - assenza di depositi granulari fino circa 119,5 127,2, ovvero circa 7,7 m di coperture dal prevalente carattere limoso argilloso sabbioso.

¹ I grafici sono costruiti in quote assolute stante l'articolazione della morfologia superficiale.

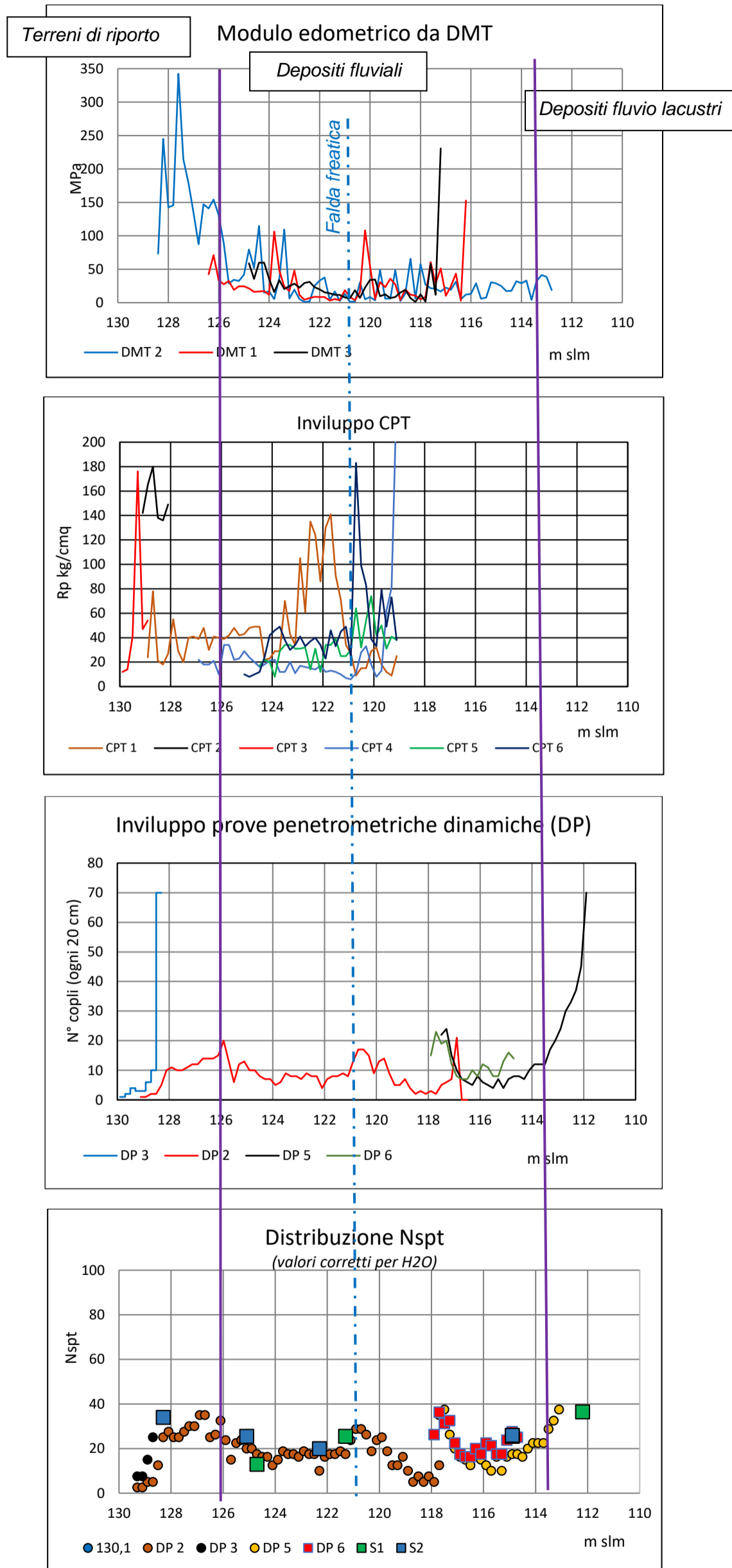


Figura 22

5.1. Condizioni piezometriche

Facendo riferimento alle planimetrie di cui alle figure 16 e 17, sono stati installati due piezometri a tubo aperto ovvero:

In S2 secondo il seguente schema di allestimento:

- foro colmato fino 11 m;
- posa in opera di tampone bentonitico da -11,0 a 10,0;
- posa in opera piezometro a tubo aperto con punta a 9,5 m dal p.c. e finestre da -9,0 a -3,0;
- posa in opera di ghiaietto selezionato fino -3,0 m dal p.c.
- posa in opera di tampone bentonitico da -3,0 a -2,0;
- cementazione bentonitica al p.c. e posa in opera di pozzetto carrabile.

In posizione immediatamente adiacente ad S2 secondo il seguente schema di allestimento:

- foro realizzato fino m 5,0 dal p.c.
- posa in opera piezometro a tubo aperto con punta a 5,0 m dal p.c. e finestre da -4,5 a -3,0;
- posa in opera di ghiaietto selezionato fino -3,0 m dal p.c.
- posa in opera di tampone bentonitico da -3,0 a -2,0;
- cementazione bentonitica al p.c. e posa in opera di pozzetto carrabile.

Nel periodo delle indagini sono state eseguite le misure di livello di cui alla tabella seguente

quota p.c. m slm	130,1		130,1		129		127,6		125,2	
DATA	S2 punta a 9,5 (m dal p.c.)	S2 punta a 9,5 (m slm)	S2 punta a 4,5 (m dal p.c.)	S2 - punta a 4,5 (m slm)	Faella (m da centro ponte)	Faella da centro ponte (m slm)	DMT 1 (m dal p.c.)	DMT 1 (m slm)	DMT 3 (m dal p.c.)	DMT 3 (m slm)
23/11/2020	9,49	120,61	> 5,0	< 125,1	4,55	124,45	6,20	121,40	4,78	120,42
17/12/2020	8,72	121,38	> 5,0	< 125,2	4,50	124,5	---	---	4,52	120,68
23/12/2020	8,68	121,42	> 5,0	< 125,3	4,49	124,51	---	---	4,50	120,70

Utilizzando le suddette misure di livello è stata ricostruita la sezione idrogeologica di **figura 23** dalla quale risulta che **il torrente Faella alimenta la falda freatica**, diversamente da quanto sembrava indicare la carta idrogeologica di **figura 9**, carta che tuttavia risente della mancanza di informazioni di dettaglio, invece ora disponibili grazie all'indagine geognostica eseguita.

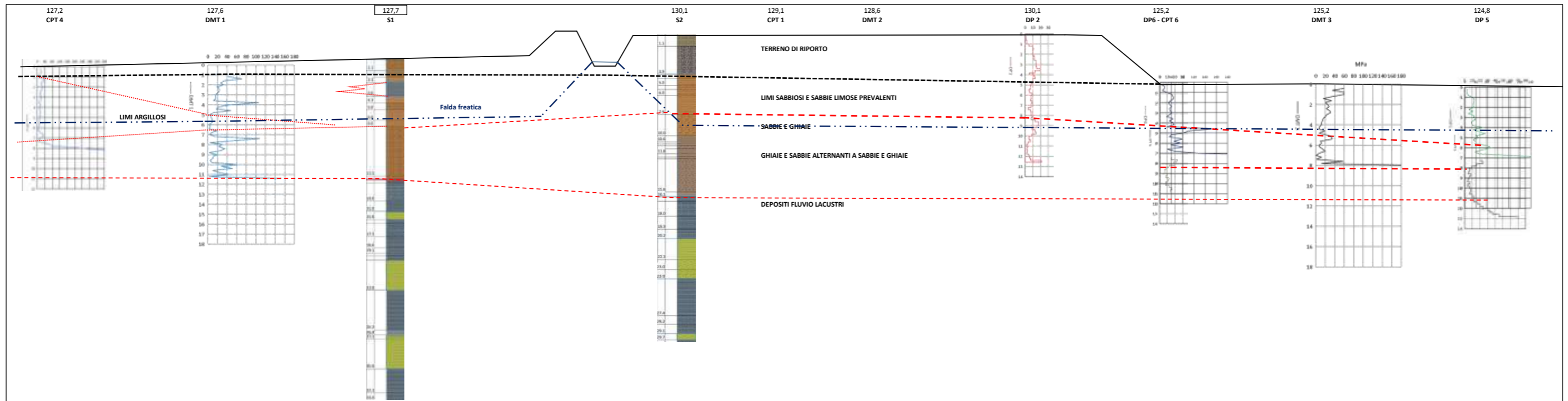


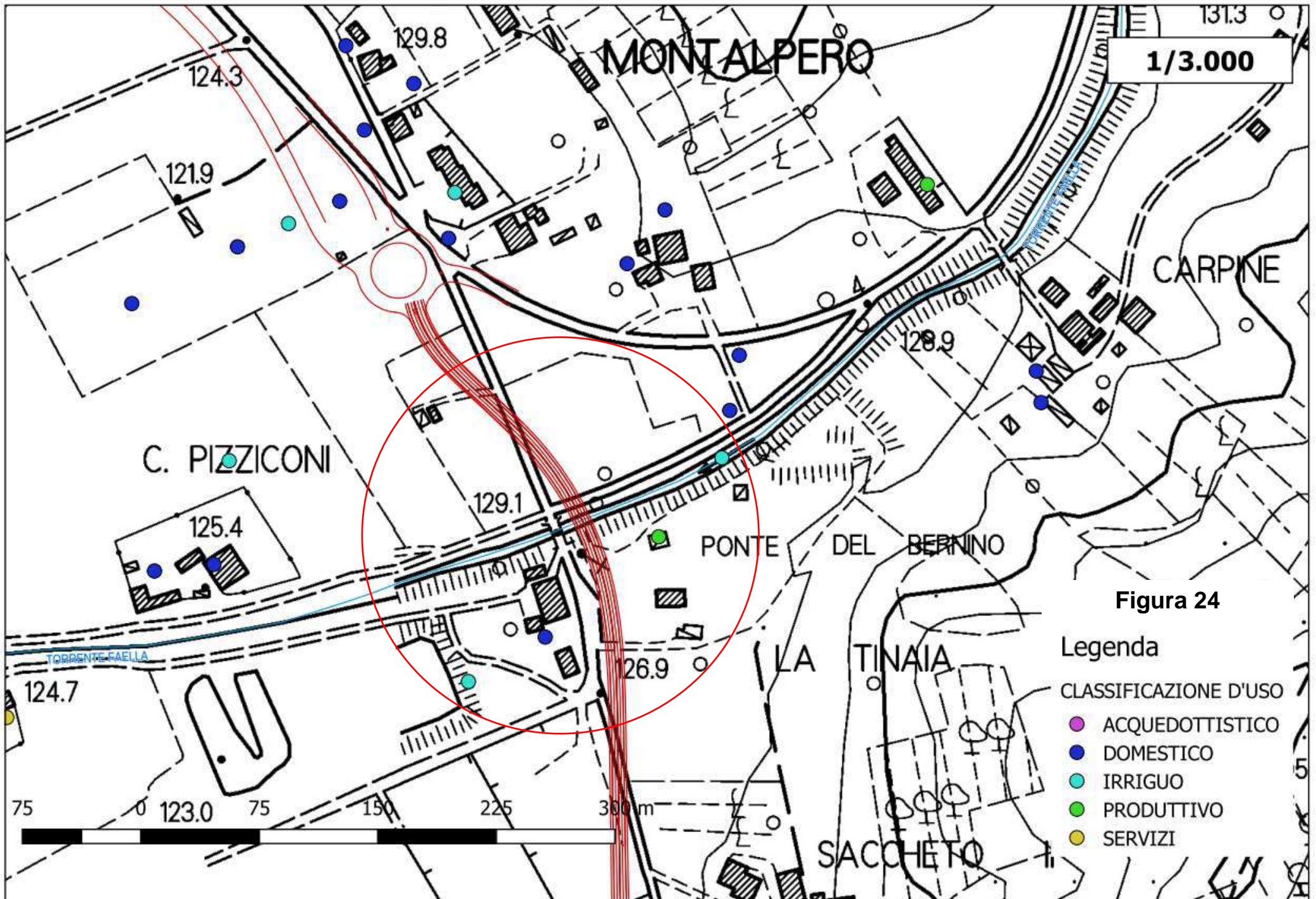
Figura 23 – Sezione idrogeologica

S.R.T. n.69 – Lotto 5 Variante Urbinese – Ponte sul torrente
Faella: relazione geologica e geotecnica sulle indagini.

Relativamente all'aspetto distribuzione di pozzi esistenti, è stato fatto riferimento all'archivio pozzi del Distretto di Bacino dell'Appennino Settentrionale di cui all'estratto riportato in figura seguente, dalla quale risulta non risulta essere presente alcun pozzo acquedottistico nel raggio di 200 metri.

Oltre ad un pozzo ad uso Produttivo presente all'interno dell'impianto di inerti, a valle idrogeologica del sistema si rilevano:

- un pozzo nel blocco edificato, ad uso Domestico
- un pozzo ad uso irriguo



6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Come indicato in precedenza, nell'area sono state realizzate le seguenti indagini geofisiche:

- Indagine sismica in foro mediante prova down-hole.
- n. 1 misure di rumore sismico a stazione singola.

6.1. Prova down-hole

Nel foro del sondaggio S1 è stata eseguita una prova down-hole; rimandando alla certificazione in allegato per gli aspetti specifici, nella seguente **tabella 4** viene riportata la distribuzione delle velocità V_p e V_s , rappresentate graficamente nelle **figure 25 e 26** (in quest'ultima unitamente alla distribuzione del coefficiente di Poisson), tratte dalla certificazione riportata in allegato.

Profondità in m	V_p (m/sec)	V_s (m/sec)
0.0-1.0	455	275
1.0-7.0	550	290
7.0-12.0	950	305
12.0-33.0	1770	395

Tabella 4

S.R.T. n.69 – Lotto 5 Variante Urbinese – Ponte sul torrente
Faella: relazione geologica e geotecnica sulle indagini.

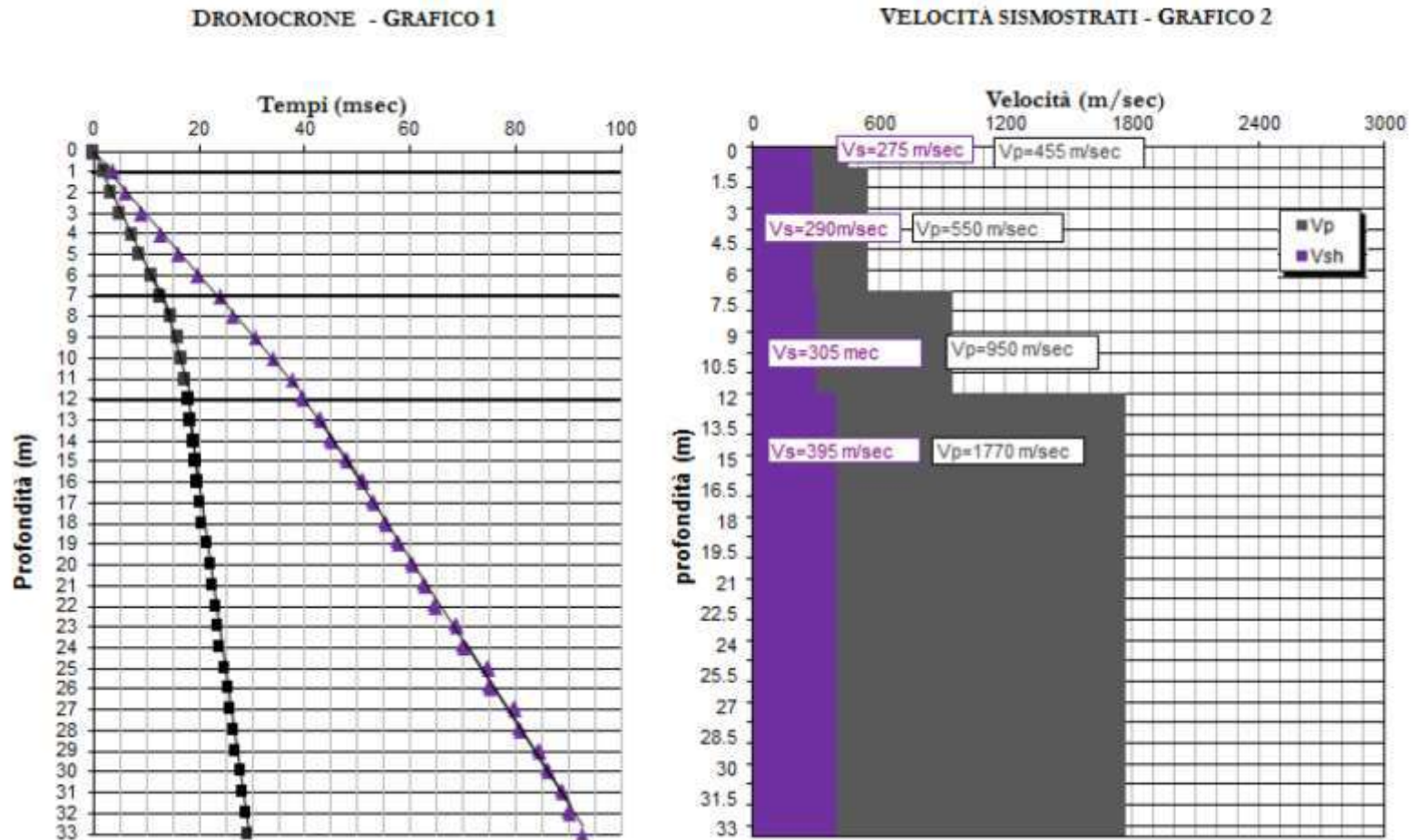


Figura 25

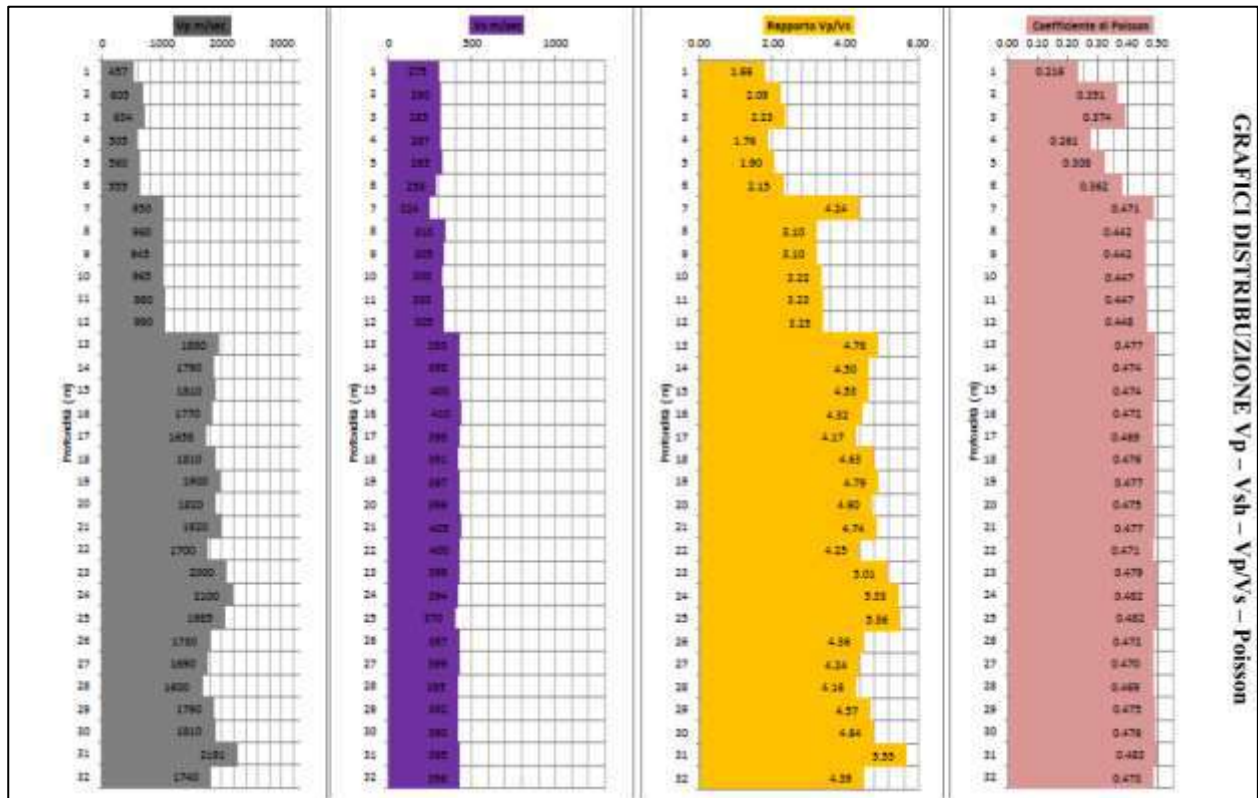


Figura 26

Sono stati osservate le seguenti situazioni:

- da 0.0 ad 1.0 m terreno rimaneggiato costituito da sabbie ghiaiose-limose e, con velocità delle onde P di ca. 455 m/s e delle Onde SH di ca. 275 m/s;
- da 1.0 a 7.0 m alternanze di sabbia fine con limo e limi sabbiosi, contano velocità delle onde P di ca. 550 m/s e delle onde SH di ca. 290 m/s;
- da 7.0 a 12.0 m, ghiaie eterometriche con clasti eterogenei, caratterizzate da velocità delle onde P di ca. 950 m/s e delle onde SH di ca. 305 m/s;
- da 12.0 ai 33.0 m, argille con limo riconducibili ai depositi fluvio lacustri, caratterizzate da velocità delle onde P di ca. 1770 m/s e delle onde SH di ca. 395 m/s.

6.2. Distribuzione delle Vs30

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

dove h_i e $V_{S,i}$ indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio SH (in m/sec.) dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti, da valutarsi per uno spessore di terreno H pari alla profondità del substrato sismico (roccia con $V_s > 800$ m/s).

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

La $V_{S,eq}$ **calcolata da p.c.** utilizzando la distribuzione di cui alla **prova down-hole**, in ottemperanza al D.M. 17/01/2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni", è risultata essere pari a:

$V_{S,eq} = 347$ m/s dal piano campagna
 $V_{S,eq} = 356$ m/s - 2.0 m dal piano campagna

I valori ottenuti con entrambe le tipologie di prova sono fra loro in accordo ed indicano la categoria di sottosuolo C secondo l'approccio semplificato delle NTC 2018, sia riferendosi al p.c. che con quota di appoggio a m 2,0 dal p.c. attuale (vedi **figura 27**).

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi 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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
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>

Figura 27

6.3. Misura di rumore sismico a stazione singola

In posizione adiacente alla verticale attrezzata per la prova down-hole (S1) è stata eseguita una misura di rumore sismico a stazione singola; nel rimandare alla certificazione in allegato per il dettaglio, la misura non ha evidenziato la presenza di picchi stratigrafici significativi (vedi figura 28 seguente).

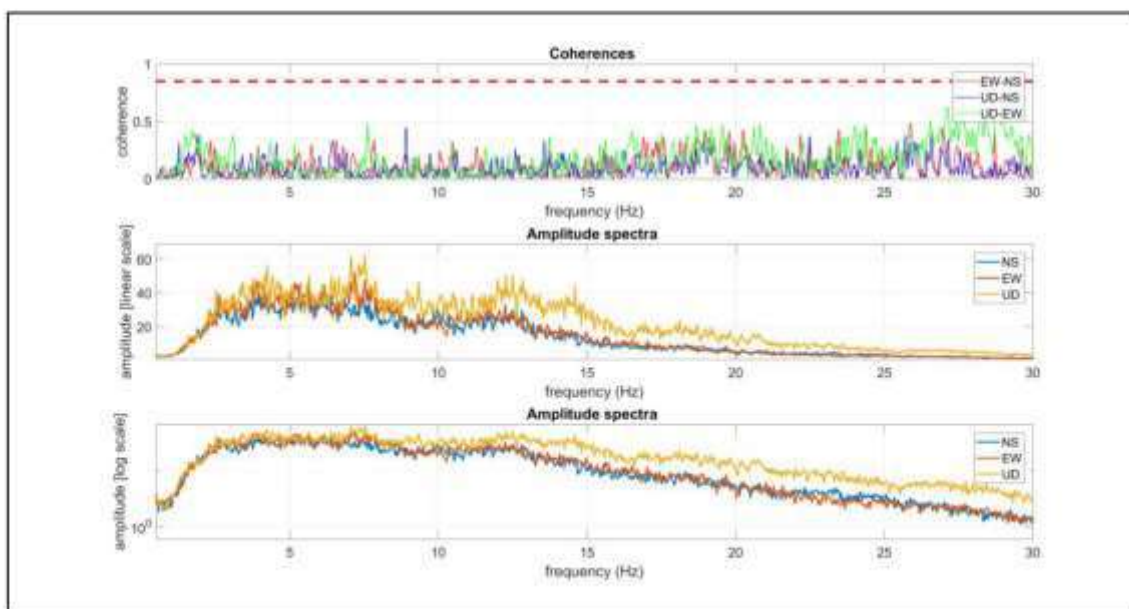
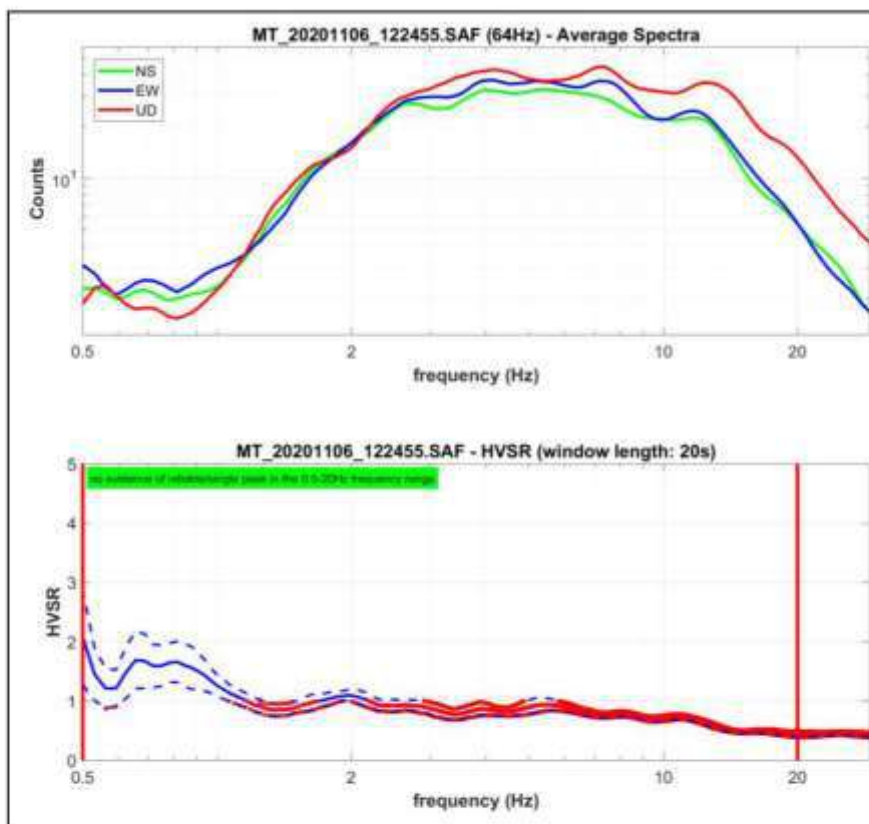


Figura 28

7. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI MATERIALI NATURALI

Come anticipato in precedenza, i materiali presenti nell'area di studio sono stati indagati mediante diverse tipologie di prove ed in particolare con prove con Dilatometro piatto Marchetti (DMT) ed esecuzione di prove di dissipazione in sito, prove penetrometriche sia statiche (CPT) che dinamiche (DP) laddove non era possibile l'infissione per la presenza di materiale granulare addensato, sondaggi geognostici a carotaggio continuo con prove in sito ed in laboratorio su campioni indisturbati.

7.1. Prove con Dilatometro Piatto Marchetti (DMT)

Sono state eseguite n° 3 prove DMT utilizzando un mezzo zavorrato con peso proprio da 20t; le prove sono state spinte fino al raggiungimento della condizione di rifiuto strumentale, raggiunta entro 13 m dal p.c. attuale.

In **figura 29** viene riportata una sintesi dei principali risultati ottenuti di cui alla certificazione della ditta, che non tiene conto delle differenze di quota fra le diverse verticali.

Rimandando ai paragrafi successivi per l'analisi di dettaglio e all'allegato per la relativa certificazione, si hanno i seguenti riscontri principali:

- una sola prova ha attraversato i depositi fluviali superficiali pervenendo alla profondità di m 16 dal p.c. mentre le altre due hanno raggiunto prima la condizione di rifiuto strumentale;
- il comportamento dei materiali fluvio lacustri è risultato essere di tipo prevalentemente granulare, con orizzonti coesivi di spessore limitato;
- il modulo edometrico, fatta eccezione di un orizzonte superficiale condizionato dalla presenza di materiali di riporto del sistema arginale, è risultato relativamente omogeneo.

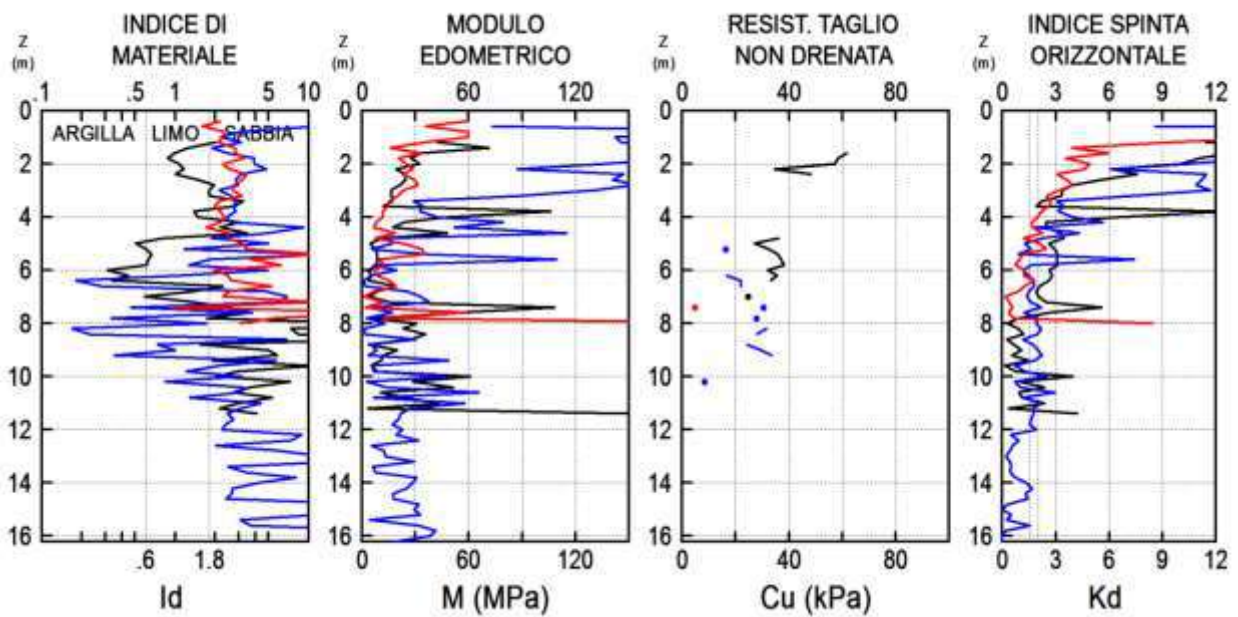


Figura 29

Le prove di dissipazione eseguite all'interno dei depositi fluviali, con i seguenti risultati:

DMT 1

Prova a 7,0 m $Ch_{oc} = 0,10$ cmq/sec

DMT 2

Prova a 6,8 m $Ch_{oc} = 0,059$ cmq/sec

hanno evidenziato permeabilità significative.

7.2. Prove penetrometriche statiche (CPT)

Sono state eseguite n° 6 prove penetrometriche statiche (CPT) utilizzando un mezzo cingolato auto-ancorante in grado di raggiungere le posizioni non accessibili al dilatometro a causa della morfologia del territorio; le prove sono state spinte fino al raggiungimento della condizione di rifiuto strumentale.

In **figura 30** viene riportata la curva involuppo della resistenza alla punta (R_p), espressa in m slm per tenere conto delle differenze di quota.

Rimandando ai paragrafi successivi per l'analisi di dettaglio e all'allegato per la relativa certificazione, si hanno i seguenti riscontri principali:

- le prove eseguite sul rilevato arginale della cassa di espansione (CPT 2 e 3) hanno raggiunto quasi subito la condizione di rifiuto strumentale a causa del marcato addensamento del materiale;
- la verticale CPT 1 ha incontrato una lente di poco più di due metri di materiale sabbioso, alla quota di circa 123 m slm, non rilevata né nelle altre CPT né nelle DMT;
- la verticale CPT 4 ha attraversato circa 7,7 m di materiale dalle scadenti caratteristiche geotecniche, non rilevato in altre verticali di indagini; come anticipato nel modello stratigrafico tale fatto viene ricondotto ad un ambiente deposizionale esterno ai depositi più recenti del Faella.

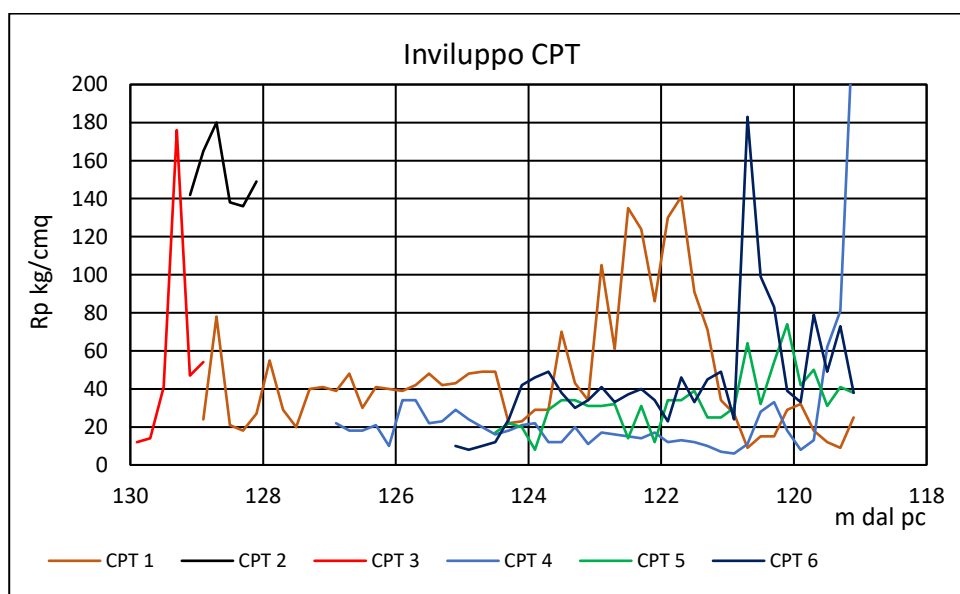


Figura 30

7.3. Prove penetrometriche dinamiche (DP)

Laddove la litologia e le condizioni di addensamento non hanno consentito l'esecuzione delle prove penetrometriche statiche (CPT) si è proceduto con lo stesso mezzo alla esecuzione di prove penetrometriche dinamiche (DP), per un numero complessivo di 4 verticali d'indagine.

In **figura 31** viene riportata la curva involuppo del numero di colpi ogni 20 cm espressa in m slm per tenere conto delle differenze di quota morfologiche.

Rimandando ai paragrafi successivi per l'analisi di dettaglio e all'allegato per la relativa certificazione, si hanno i seguenti riscontri principali:

- la prova DP 3 non è riuscita ad attraversare i materiali addensati del rilevato arginale;
- la DP 2 ha raggiunto la condizione di rifiuto strumentale pressoché alla base dei depositi fluviali, dove sono andate a rifiuto anche due delle prove dilatometriche;
- le prove 5 e 6 sono riuscite a superare la base dei materiali granulati di cui ai depositi fluviali superficiali, ad una quota di circa 114/115 m slm, ovvero a quote concordi con quelle verificate con le altre tipologie di indagine (sondaggi geognostici e prove DMT).

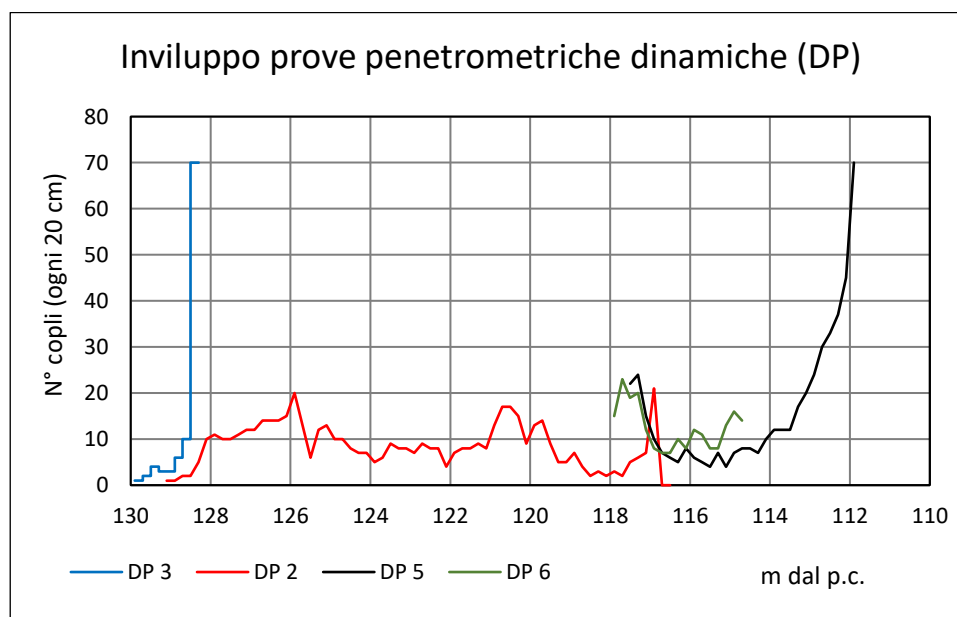


Figura 31

7.4. Prove SPT in foro di sondaggio

In corrispondenza di passaggi con abbondante contenuto in materiale granulare, stante l'impossibilità di prelevare campioni indisturbati, sono state eseguite prove SPT in foro di sondaggio; i relativi valori, non corretti per la presenza dell'acqua, sono riportati nella seguente **tabella** (si veda anche la certificazione stratigrafica in allegato) con evidenziati in giallo quelli che sono ricaduti all'interno di orizzonti granulari dei depositi fluvio-lacustri.

Sond	m dal p.c.	Nspt
1	3	13
	6,5	36
	12,8	36
	15,5	58
	22,5	68
2	1,8	34
	5	36
	7,9	25
	15,2	37

I suddetti valori sono stati utilizzati per le necessarie tarature di conversione da N20 delle prove DP ad Nspt, come verrà più dettagliatamente trattato in seguito.

In generale i valori di Nspt sono stati elaborati con le relazioni di cui alla tabella seguente, come verrà trattato più dettagliatamente in seguito.

Tabella 8

- **Angolo di attrito efficace (Yukitake Shioi e Jiro Fukuni, 1982)**

$$\phi = \sqrt{15Nspt} + 15^\circ$$

- **Correzione per la presenza della falda (se SPT > 15 - Terzaghi)**

$$Nspt_{\text{corretto}} = 15 + 0,5 * (Nspt - 15)$$

- **Densità relativa (Gibbs e Holtz, 1957)**

$$Dr = 21 \sqrt{\frac{Nspt}{(\sigma_v + 0,7)}}$$

dove σ_v = pressione verticale efficace in kg/cmq

- **Modulo elastico (Webb, 1970)**

$$7 * \sqrt{Nspt} \quad (\text{MPa})$$

7.5. Analisi geotecniche di laboratorio

Nel corso della perforazione dei sondaggi geognostici nei materiali coesivi sono stati prelevati campioni indisturbati successivamente sottoposti ad analisi geotecniche presso i laboratori della PANGEO s.n.c. di Poggibonsi, dotati della necessaria autorizzazione ministeriale.

Nel rimandare alla documentazione in allegato per la certificazione completa, nella tabella seguente sono sintetizzati i principali risultati.

Fra le varie tipologie di prove sono state eseguite prove triassiali di tipo CID, e di taglio lento consolidato drenato (LCD) laddove la litologia era prevalentemente granulare con elevata permeabilità (S1C4 da 22,0 a 22,5).

Almeno due delle prove di espansione laterale libera hanno pesantemente risentito della granulometria grossolana, fornendo ridotti valori della coesione non drenata peraltro non rappresentativi (S2C2 da 11,5 a 12,0 ed S2C4 da 21,0 a 21,5).

SIGLA	profondità	VA	Proprietà indici			Analisi Granulometrica				UNI EN 11531 Class. Terre	Limiti di Atterberg			Taglio diretto		ELL			Edometrica			Triassiale	
			W%	U	G	% Ghiaia	% Sabbia	% Limo	% Argilla		LL	LP	Ip	l'	c'	Su	Cu	E	e0	Cc	Cv	l'	c'
			Mg/m	Mg/m									q	Kpa	KN/m ²	KN/m ²	KN/m ²			cm ² /sec	°	Kpa	
S1C1	3-3,5	193	10,5	1,80	2,7	0,1	27,8	57,8	14,4	A-6(7)	34,4	20,5	13,9	-	-	448,52	224,26	45588	0,67	0,25	7,98E-03	27,5	19,1
S1C2	13,3-13,8	194	16,7	2,20	2,7	-	-	-	-	-	30,4	20	10,4	-	-	239,11	119,55	4455	-	-	-	33,01	7,29
S1C3	19,5-20	195	17,4	2,16	2,6	-	-	-	-	-	29	18	11	-	-	463,28	231,64	21425	0,45	0,09	2,65E-03	33,49	83,89
S1C4	22-22,5	196	23,4	1,98	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42,8	23,8	-	-	-	-	-	-	-	-
S1C5	26,5-27	197	20,1	2,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	206,8	103,4	9639	-	-	-	-	-
S2C2	11,5-12	200	34	1,92	2,2	-	-	-	-	-	33,2	25,8	7,4	-	-	23,62	11,81	468	0,59	0,24	2,42E-03	32,92	11,98
S2C3	16,8-17,5	201	17	2,20	2,7	-	-	-	-	-	31,8	15,5	16,3	-	-	434,11	217,05	22503	-	-	-	27,92	21,39
S2C4	21-21,5	202	19,6	2,06	2,4	-	-	-	-	-	24,9	22	2,9	-	-	89,57	44,78	3080	0,46	0,16	1,40E-03	29,15	67,79
S2C5	25-25,4	203	17,4	2,11	-	-	-	-	-	-	35,6	18,9	16,7	-	-	352,82	176,41	19594	-	-	-	-	-
S1spt2	6-6,2	205	-	-	-	8,6	71,4	15,2	4,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
S2spt3	9-9,5	213	-	-	-	6,4	70,4	16,3	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Principali risultati delle analisi geotecniche di laboratorio

7.6. Distribuzione delle principali proprietà geotecniche

Il modello stratigrafico locale, oltre ai materiali di riporto che costituiscono prevalentemente il sistema arginale del Faella e relativa cassa di espansione, ha evidenziato la presenza di due complessi principali:

- i depositi superficiali di origine fluviale, riconducibili all'attività prevalente del torrente Faella, dal prevalente comportamento granulare e tipico colore marrone ed accompagnati da frequenti variazioni stratigrafiche laterali;
- i depositi profondi, di origine fluvio-lacustre, caratterizzati da alternanze irregolari di argille con limo debolmente sabbiose prevalenti, e sabbie medio fini con limo e limose, dal tipico colore azzurro, rinvenuti fino alla massima profondità d'indagine pari a 33 m dal p.c. naturale.

Tenendo conto del suddetto modello, di seguito vengono riportate le distribuzioni delle principali proprietà geotecniche in funzione della profondità espressa in quota assoluta per tenere conto della variabilità della superficie topografica.

In **figura 32** vengono preliminarmente riproposti gli indici di materiale determinati nelle DMT e che si riferiscono sostanzialmente ai depositi superficiali di origine fluviale.

Nel diagramma di plasticità di Casagrande di **figura 33** i campioni ricadono in prossimità della linea di separazione dei campi di bassa e plasticità per entrambi i tipi di depositi.

Il grafico di **figura 34** pone in evidenza il minore peso di volume presentato dai depositi fluviali superficiali (fra 1,80 ed 1,9 1 Mg/mc) e da quelli fluvio-lacustri (prossimi a 2,1 Mg/mc).

In **figura 35** viene riportata la distribuzione granulometrica all'interno dei depositi fluviali, determinata mediante analisi granulometriche.

In **figura 36** viene riportata la distribuzione della coesione non drenata determinata mediante:

- analisi geotecniche di laboratorio (S1 ed S2)
- prove dilatometriche (DMT 1 e 2)
- prove con vane test sul materiale carotato (valori che consentono di aumentare la casistica nei materiali profondi di cui ai depositi fluvio-lacustri);
- da SPT nei materiali profondi di cui ai depositi fluvio-lacustri;

Bene evidente la modesta casistica nei ridotti spessori intercalati irregolarmente nei depositi fluviali fra 119 e 123 m s.l.m., con bassi valori mediamente pari a 30 kPa, e quelli ben più elevati determinati all'interno dei depositi fluvio-lacustri accompagnati tuttavia da un notevole grado di dispersione legato in modo significativo verosimilmente soprattutto alla distribuzione irregolare della litologia spesso caratterizzata da limi grossolani.

In **figura 37** viene riportata la distribuzione dell'angolo di attrito efficace determinato mediante:

- analisi geotecniche di laboratorio con prove triassiali tipo CID e taglio LCD (S1 ed S2 lab)
- prove SPT in foro di sondaggio (Nspt 1 e 2)
- prove con dilatometro Marchetti (DMT 1, 2 e 3)
- prove con penetrometro meccanico, correlando N20 ad Nspt (DP 2, 3, 5 e 6; fattore di correlazione risultante dalle tarature con Nspt = 2,5).

In **figura 38** viene riportata la distribuzione della coesione efficace (c') determinata mediante prove triassiali (CID); la casistica è limitata, purtuttavia si riscontra un aumento dei valori nel passaggio dai depositi fluviali superficiali (peraltro prevalentemente granulari) ai depositi fluvio-lacustri.

In **figura 39** viene riportata la distribuzione della densità relativa (D_r) determinata dalle prove SPT eseguite in foro di sondaggio, con valori non inferiori ad un minimo del 60%.

In **figura 40** è riportata la distribuzione del modulo edometrico determinato sia mediante prove di laboratorio su campioni indisturbati che con prove DMT, dalla quale risulta un'ottima correlazione.

In **figura 42** viene riportata la distribuzione del modulo elastico (E) determinata mediante:

- prova SPT eseguita in foro di sondaggio;
- da DP correlata a N_{spt} (ottenendo una buona correlazione);
- da prova ad espansione laterale libera eseguita su campioni indisturbato (modulo tangente iniziale).

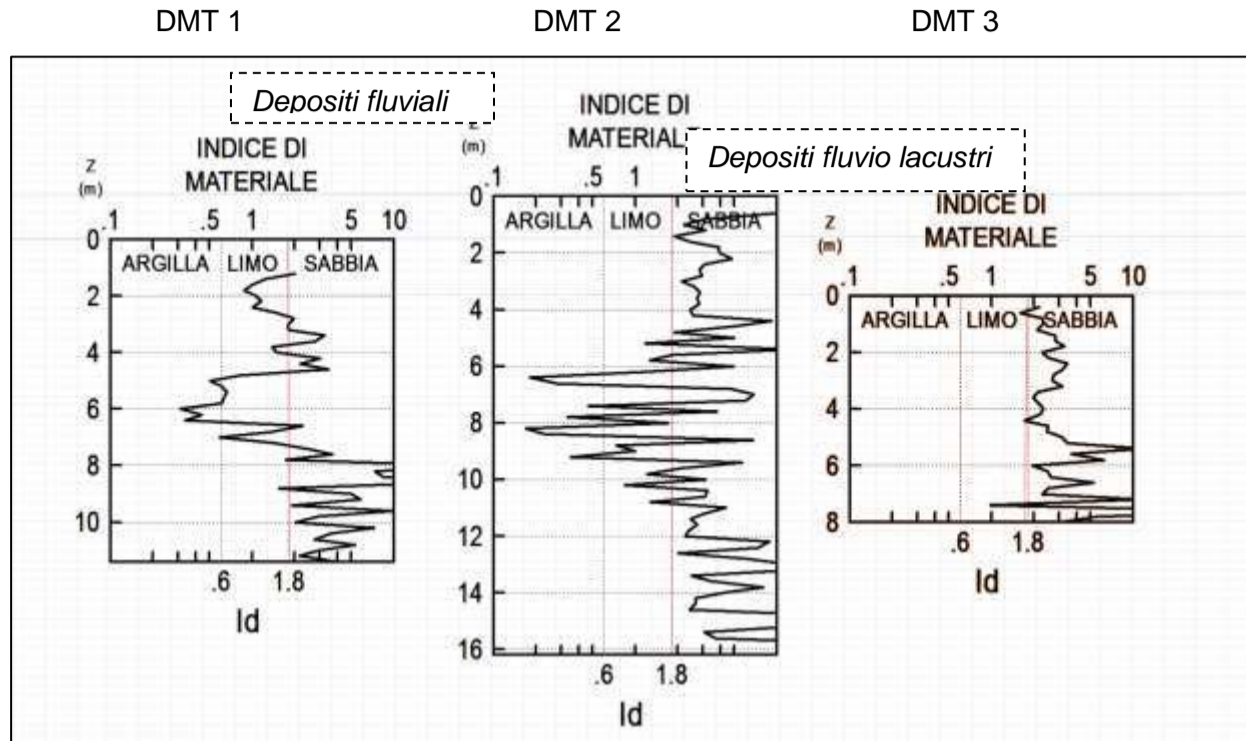


Figura 32

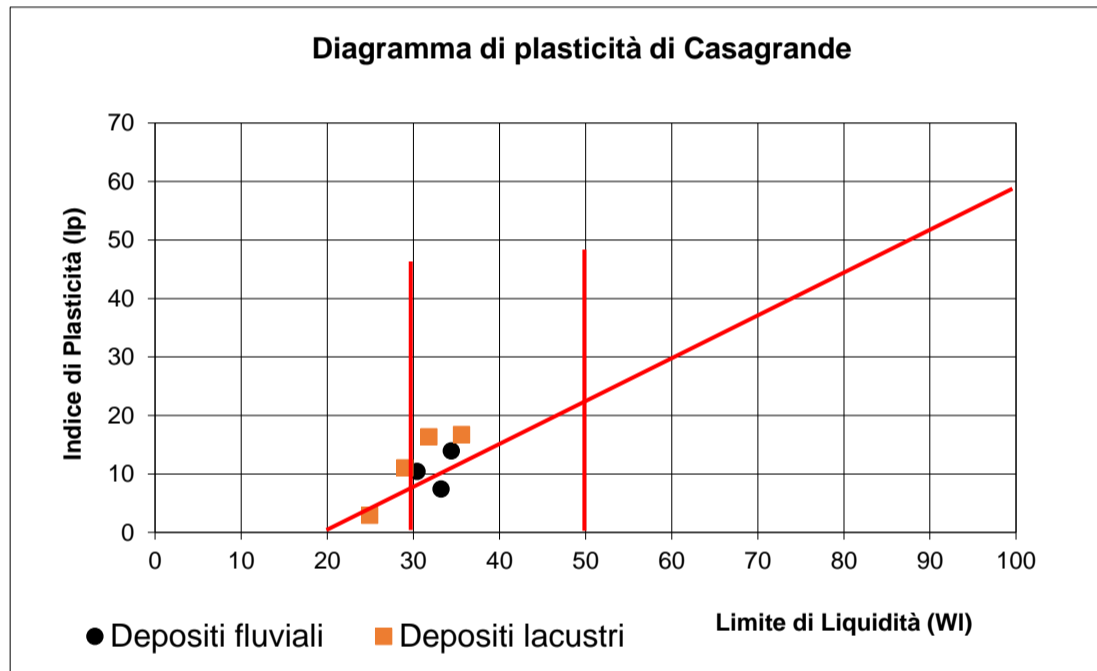


Figura 33

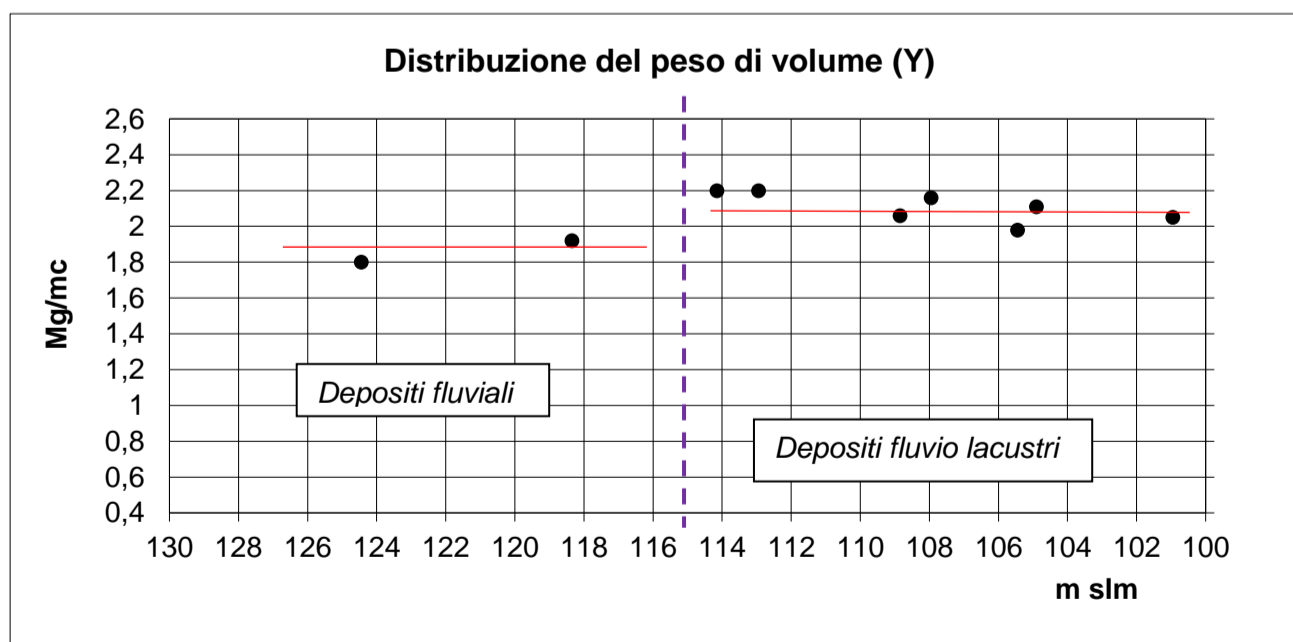


Figura 34

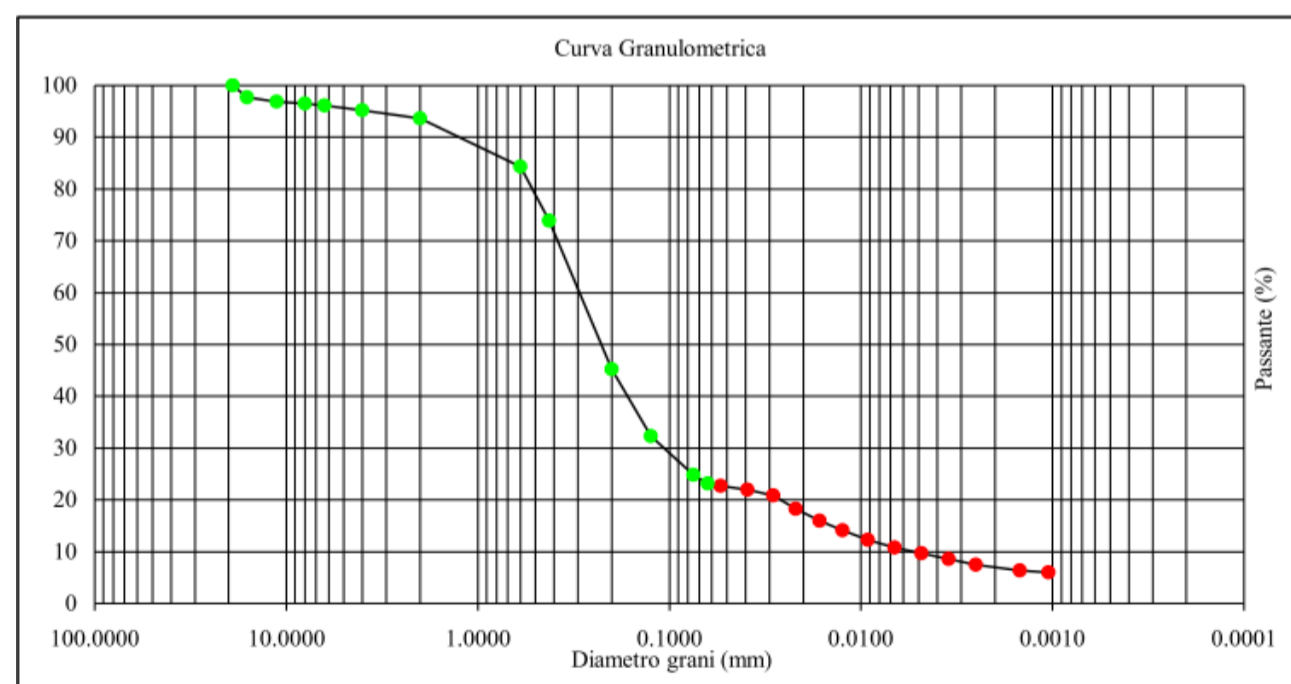
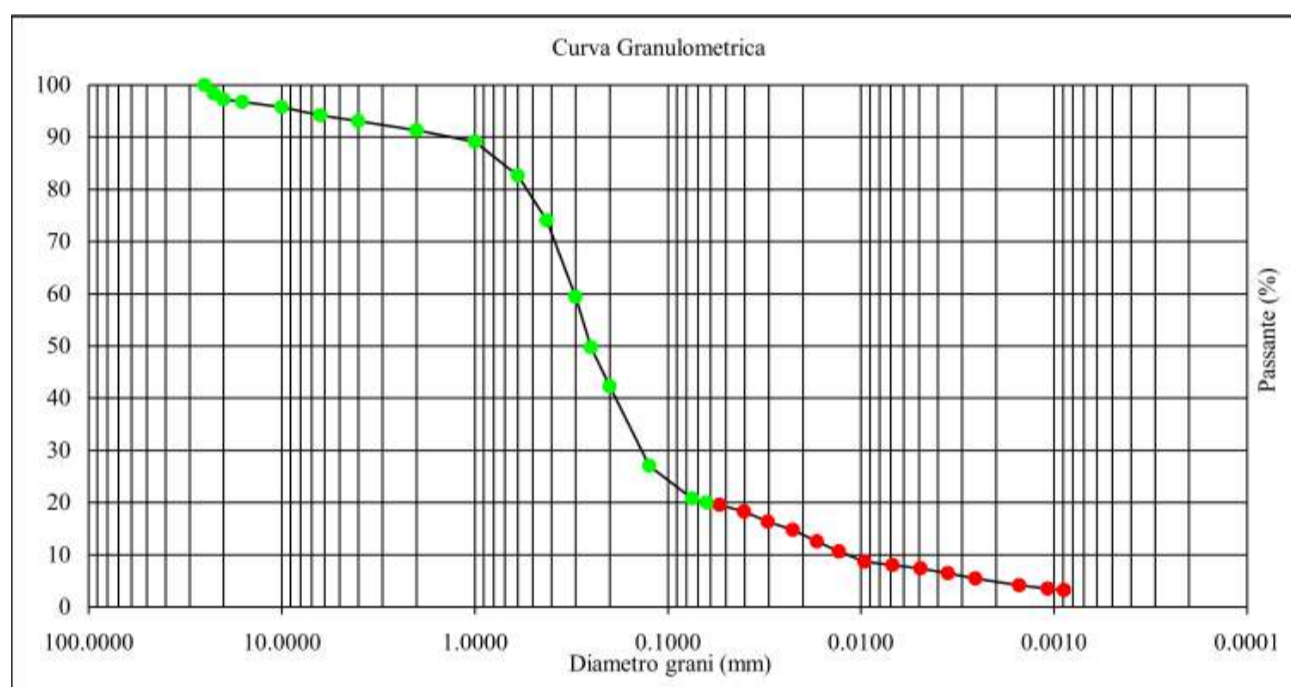
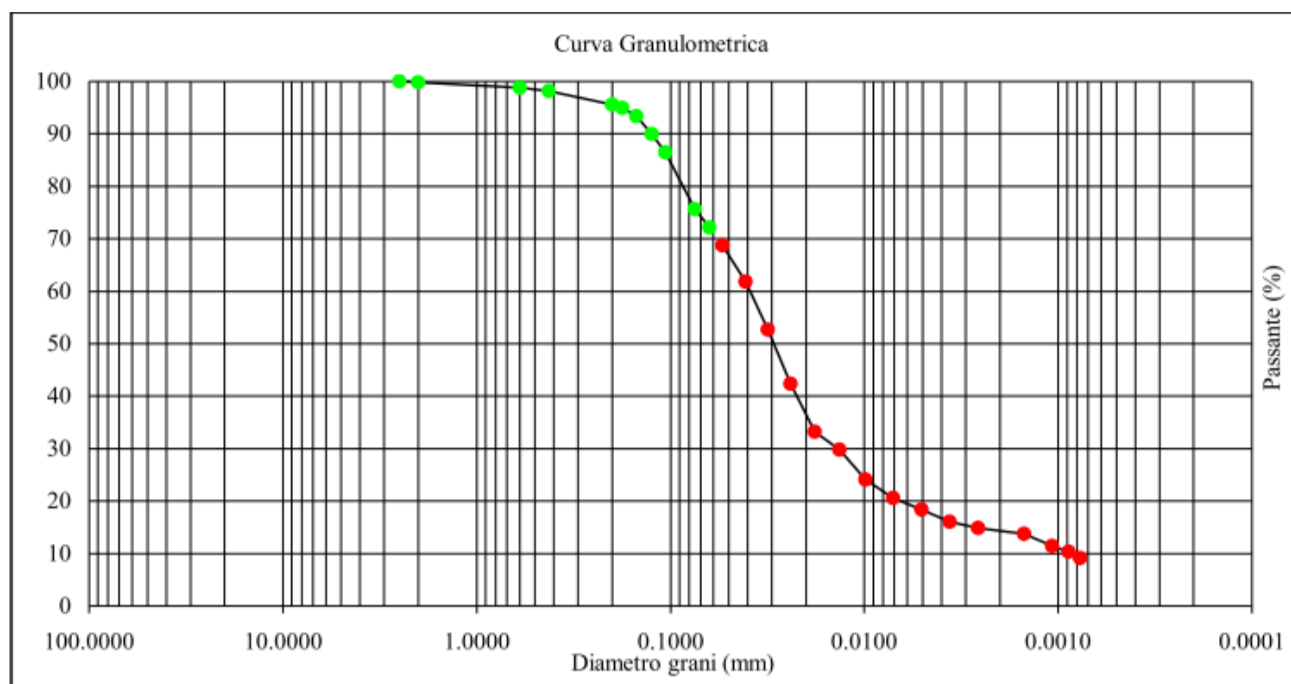


Figura 35 – Distribuzioni granulometriche nei depositi fluviali del torrente Faella

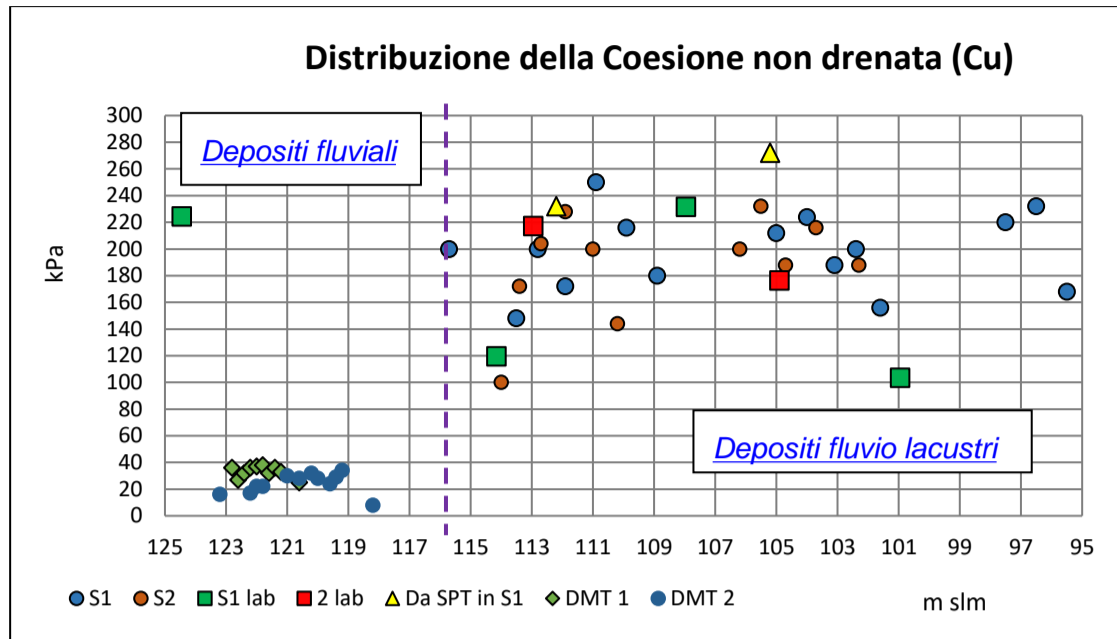


Figura 36

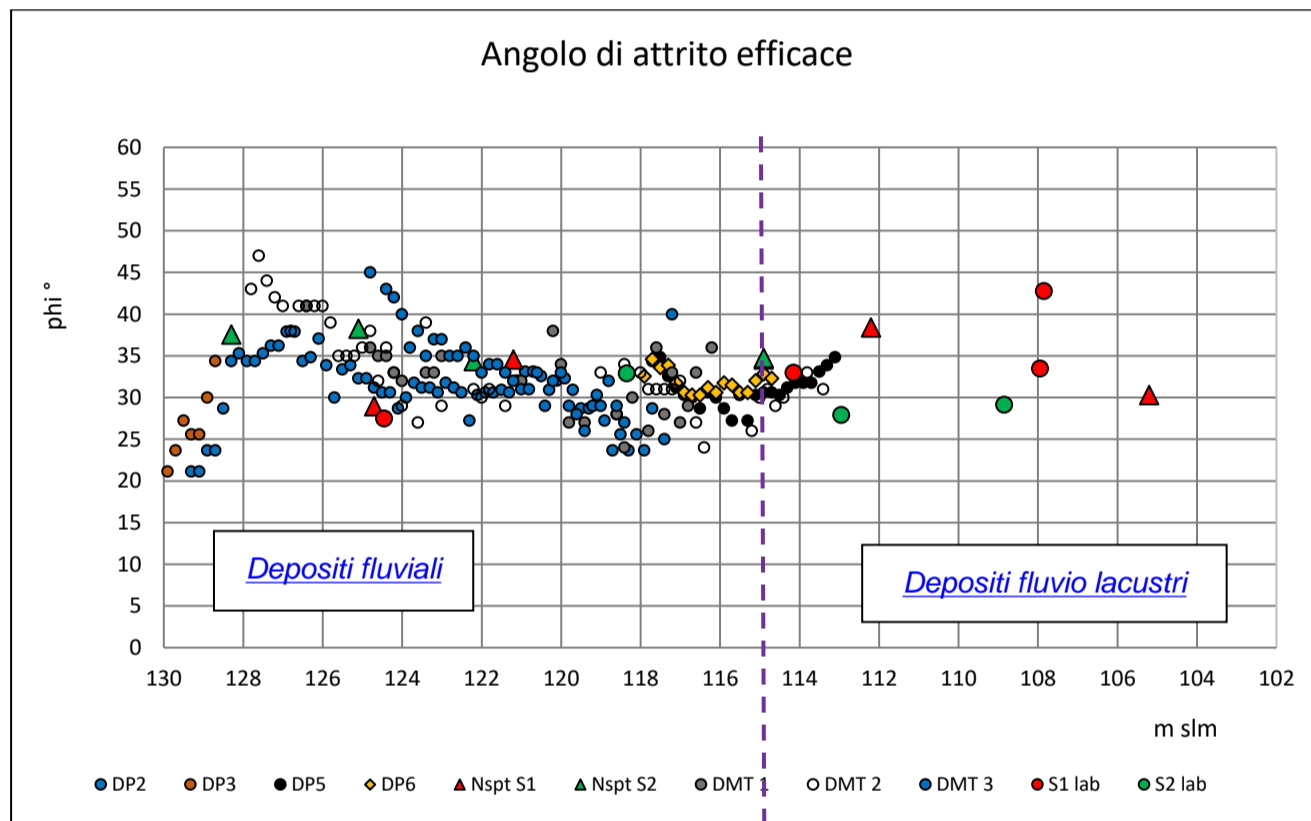


Figura 37

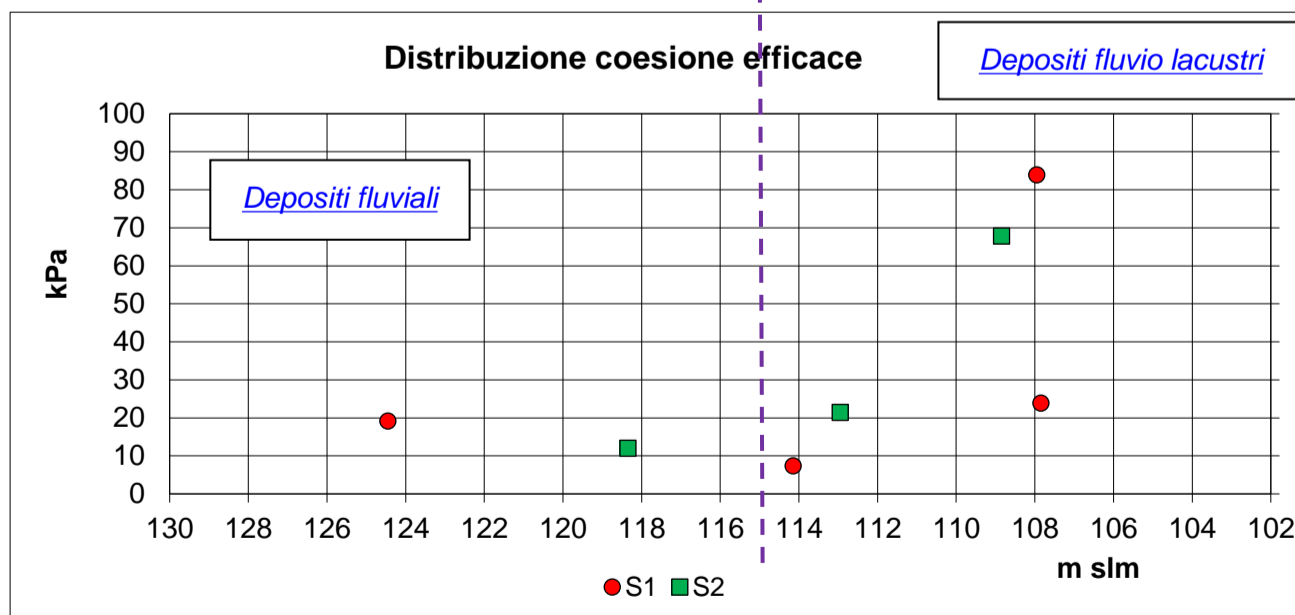


Figura 38

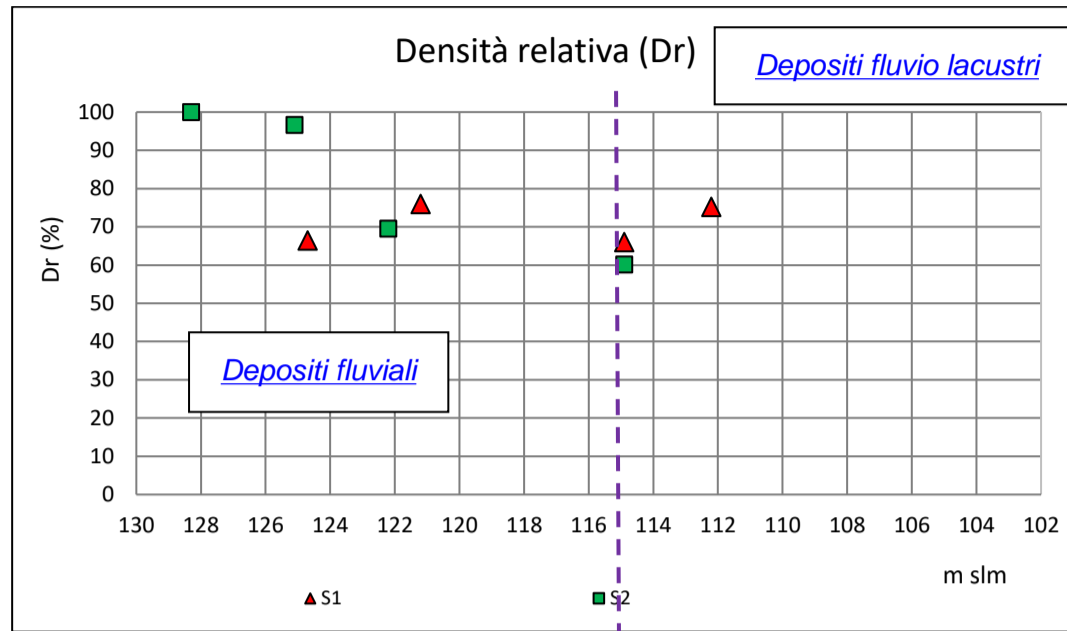


Figura 39

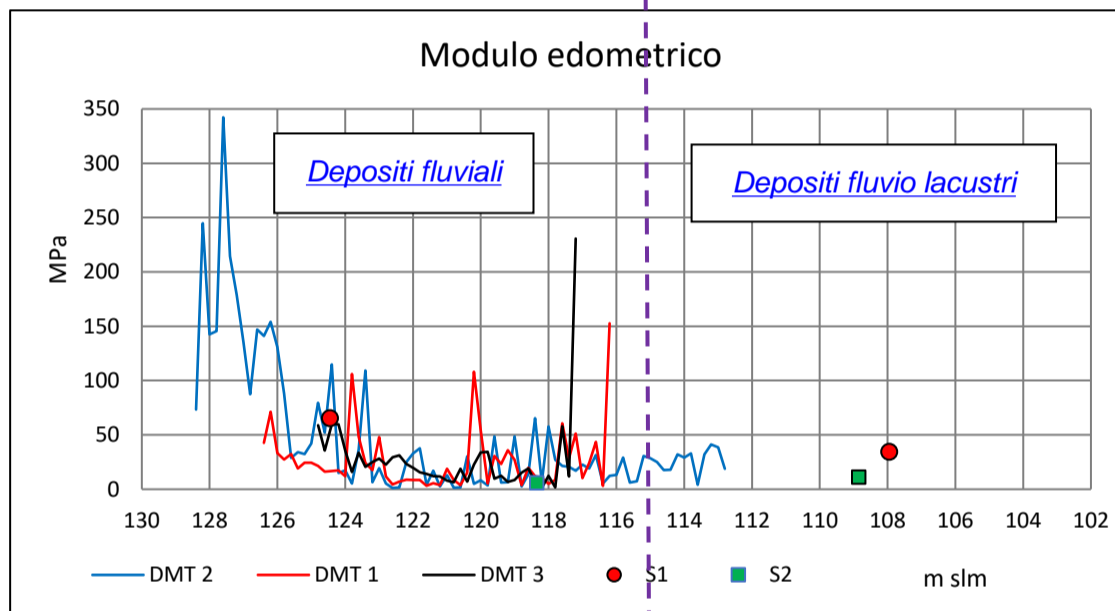


Figura 40

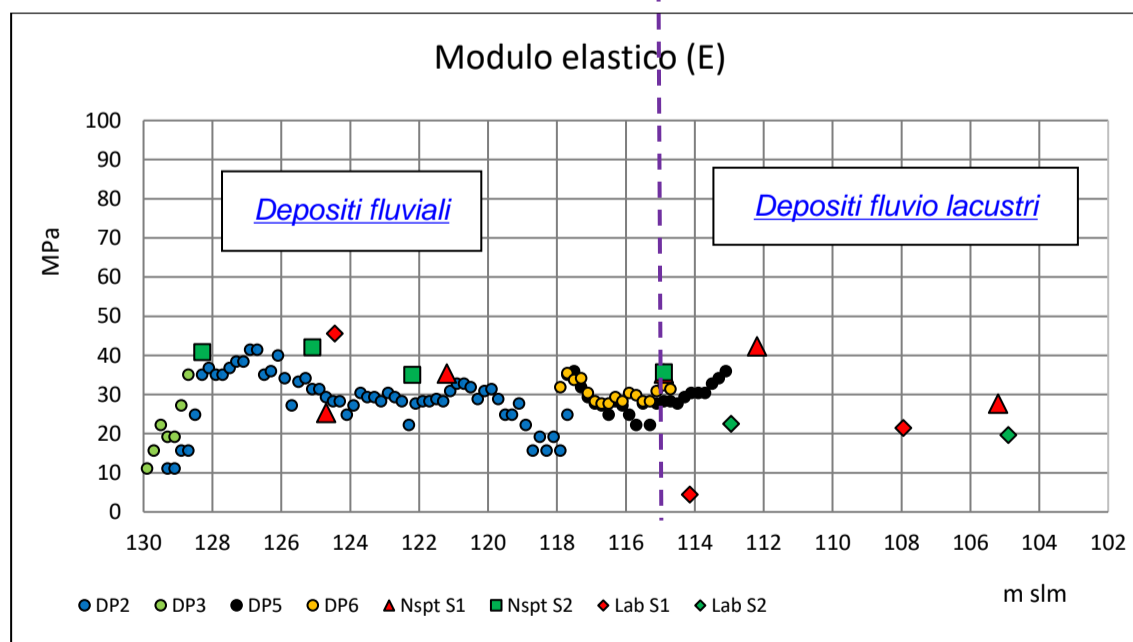


Figura 41

8. CRITERI PER LA DEFINIZIONE DEI PARAMETRI DI PROGETTO

8.1. *Elementi principali del progetto preliminare del ponte sul Faella*

Nella planimetria di **figura 42** vengono riportati i principali elementi del progetto in esame, ed in particolare:

- il filo spalla lato Firenze;
- il filo spalla lato Arezzo;
- l'asse di uno scatolare che consentirà l'accesso all'esistente impianto di inerti.

In **figura 43** viene riportato un estratto del profilo di progetto dal quale risulta che il rilevato stradale:

- lato Arezzo, avrà altezze fino circa 5,8 m dal p.c. attuale
- lato Firenze, presenterà altezze fino circa 5,0 m dal p.c. attuale

Il suddetto rilevato presenterà una larghezza in sommità di circa 16 metri, e di circa 22 m alla base.

8.2. *Spalla lato Firenze*

I terreni presenti nella zona della spalla lato Firenze sono stati indagati mediante il Sondaggio S2, la CPT 1 e la DMT 2. Allo scopo di garantire il completo incastro della platea di fondazione, ipotizzata nel progetto preliminare con spessore di 2,0 m, si assume come quota dell'estradosso quella di 128,2 m slm ovvero la minore quota topografica dettata dall'attuale fondo della cassa di espansione; pertanto la quota di appoggio della platea ricade alla quota di 126,2 m slm.

La falda, di tipo freatico, è risultata collocata alla quota di 121,4 m slm.

Sulla base del modello stratigrafico di progetto ed analizzata la distribuzione delle proprietà geotecniche dei materiali, è stata definita la stratigrafia di progetto ritenuta rappresentativa delle condizioni della spalla lato Firenze (vedi **figura 44**), sintetizzata nella tabella seguente dove sono evidenziati gli orizzonti con stesso comportamento geotecnico.



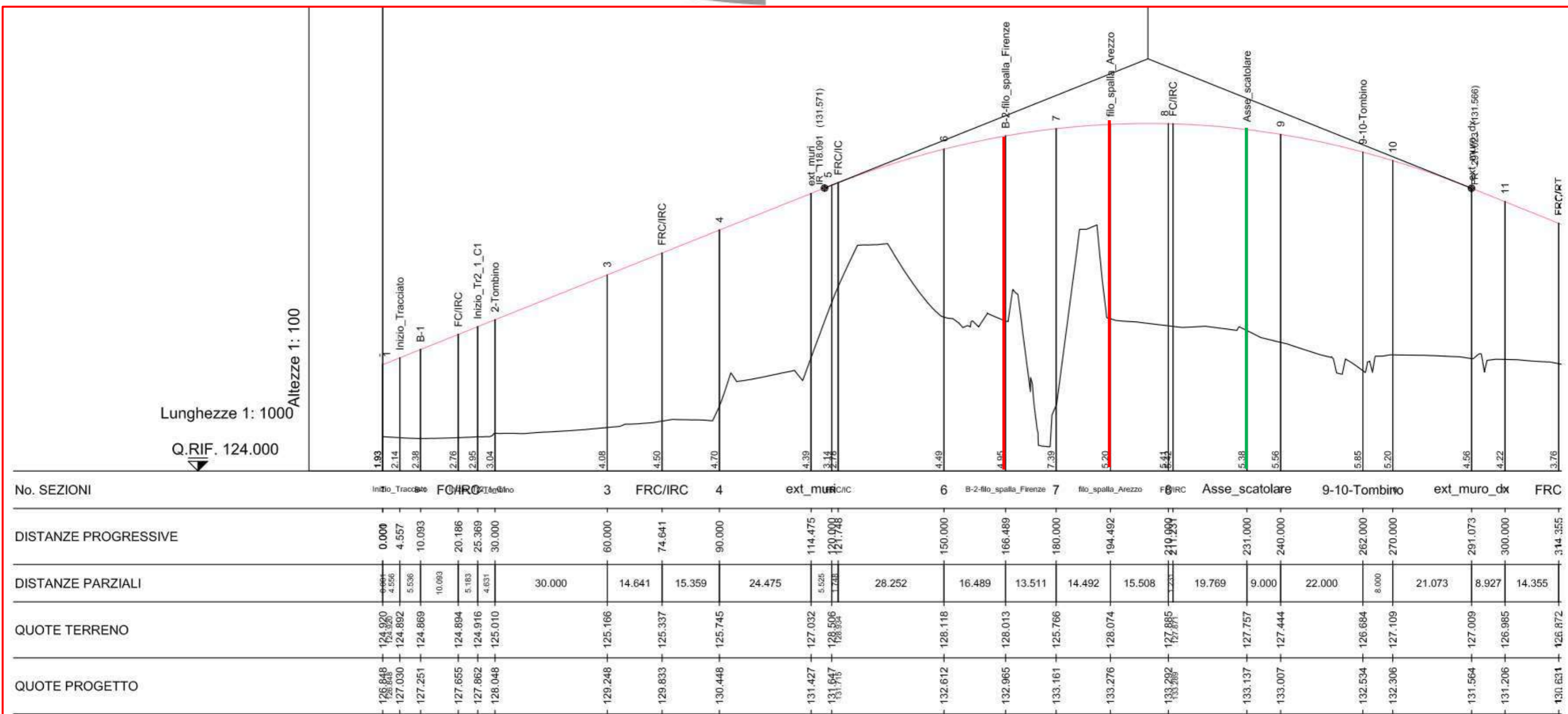


Figura 43 – Profilo di progetto

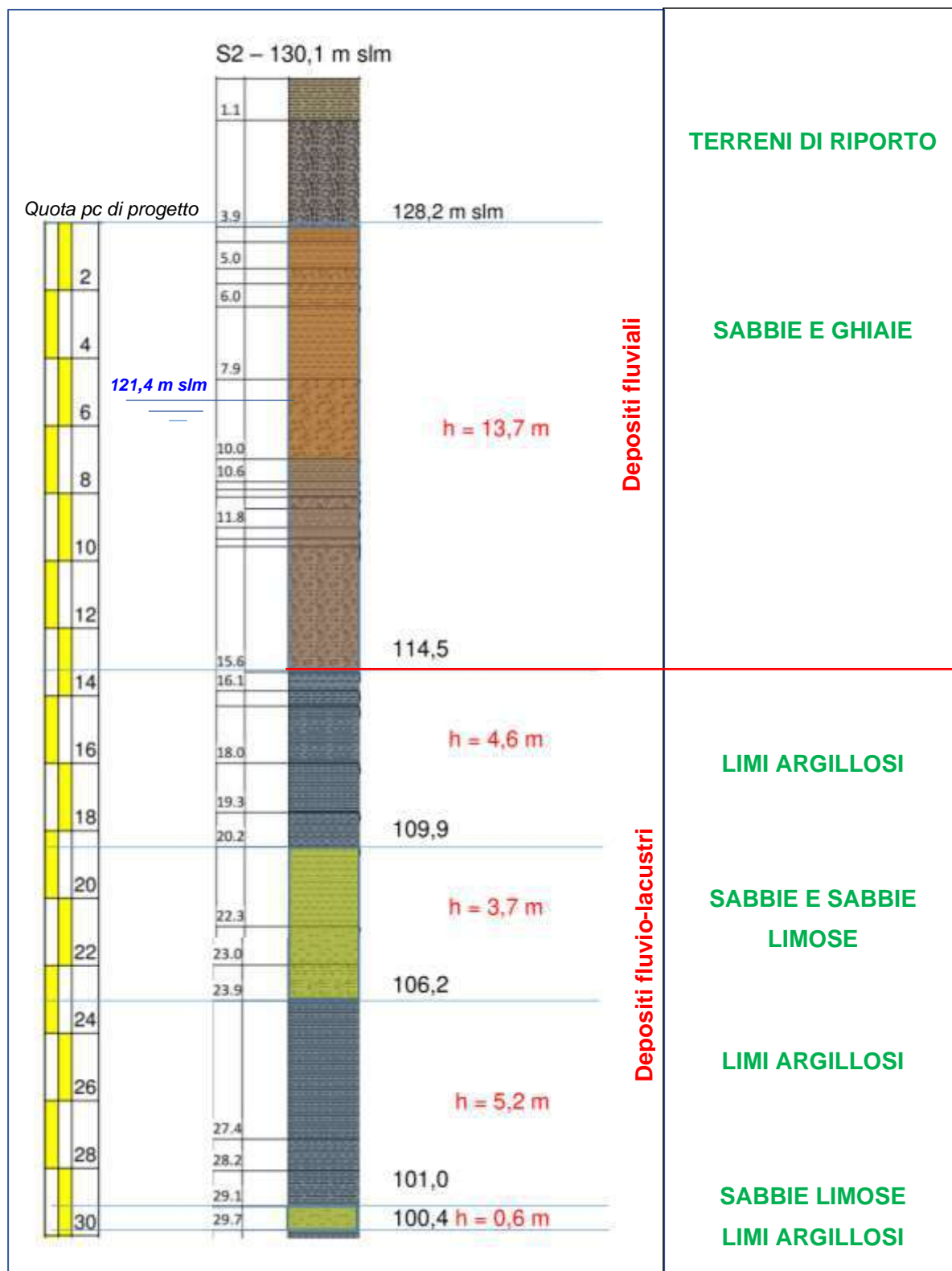


Figura 44 - Stratigrafia di progetto spalla lato Firenze

S2 – Schema di progetto (rispetto alla quota di progetto del p.c.)

	Quote orizzonte	Spessore	Litologia
	<i>m slm</i>	<i>m</i>	
Depositi fluviali	128,2 - 114,5	13,7	Sabbie e ghiaie
Depositi fluvio-lacustri	114,5 - 109,9	4,6	Limi argillosi
	109,9 - 106,2	3,7	Sabbie e sabbie limose
	106,2 - 101,0	5,2	Limi argillosi
	101,0 - 100,4	0,6	Sabbie limose
	100,4 - 100,1	0,3	Limi argillosi

In accordo a quanto evidenziato nel modello stratigrafico i materiali sono stati accorpati in funzione dei depositi di origine ovvero Depositi fluviali superficiali e Depositi fluvio-lacustri profondi.

Di seguito per ciascun orizzonte sono stati definiti i parametri geotecnici di riferimento procedendo dall'alto verso il basso e trascurando i materiali dei riporti arginali,

8.2.1. Depositi fluviali

In corrispondenza della spalla posta in riva destra del Faella ed all'interno dei depositi fluviali si è riscontrato un comportamento di tipo granulare prevalente, riconoscendo in termini geotecnici un orizzonte unico costituito da sabbie e ghiaie; si riportano di seguito i valori dei principali parametri geotecnici.

Da 128,2 (quota di progetto del p.c.) a 114,5 per uno spessore di 13,7 m:

Peso di volume (Y)

$$Y = 1,86 \text{ gr/cmc}$$

Coesione non drenata (Cu)

$$Cu = 0$$

Angolo di attrito efficace (phi')

Per la definizione dei valori rappresentativi dell'angolo di attrito efficace è stato fatto riferimento alle distribuzioni di cui alla figura seguente

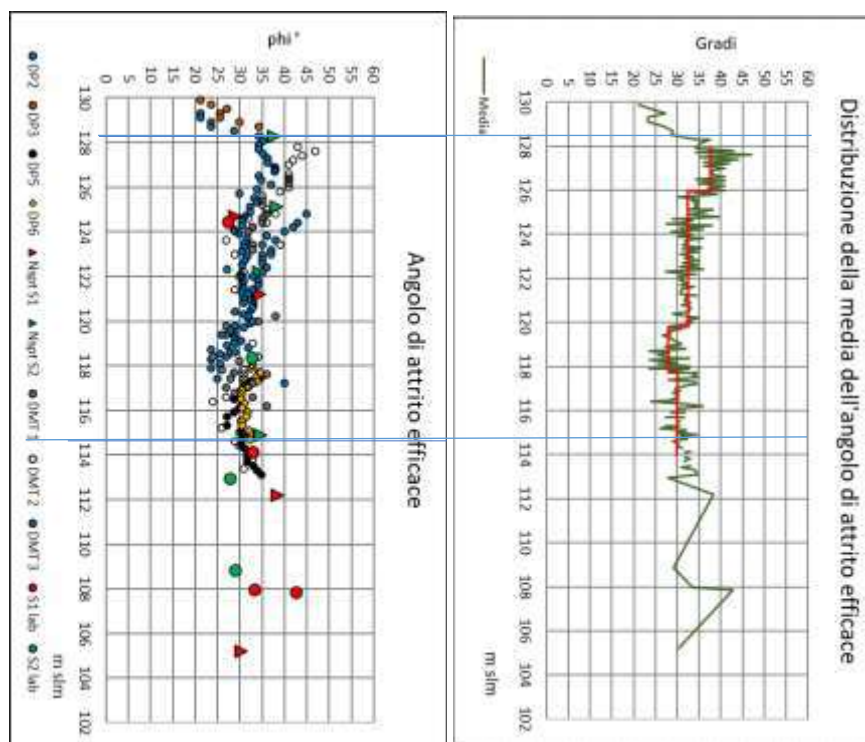


Figura 45 – Angolo di attrito efficace

Tali distribuzioni consentono di individuare quattro intervalli principali ai quali, stante la numerosa popolazione, per l'individuazione dei valori caratteristici è stata applicata la metodologia statistica proposta da Schneider (1999):

$$X_k = \text{media} - \text{dev.st.}$$

da cui è risultato

phi' (°)

128 - 126	Media	38,81
	Dev.st	3,58
	Kk	35,24

120 - 126	Media	33,25
	Dev.st	3,45
	Kh	29,80

118 - 120	Media	29,08
	Dev.st	3,01
	Kh	26,07

114,5 - 118	Media	30,80
	Dev.st	2,90
	Kh	27,90

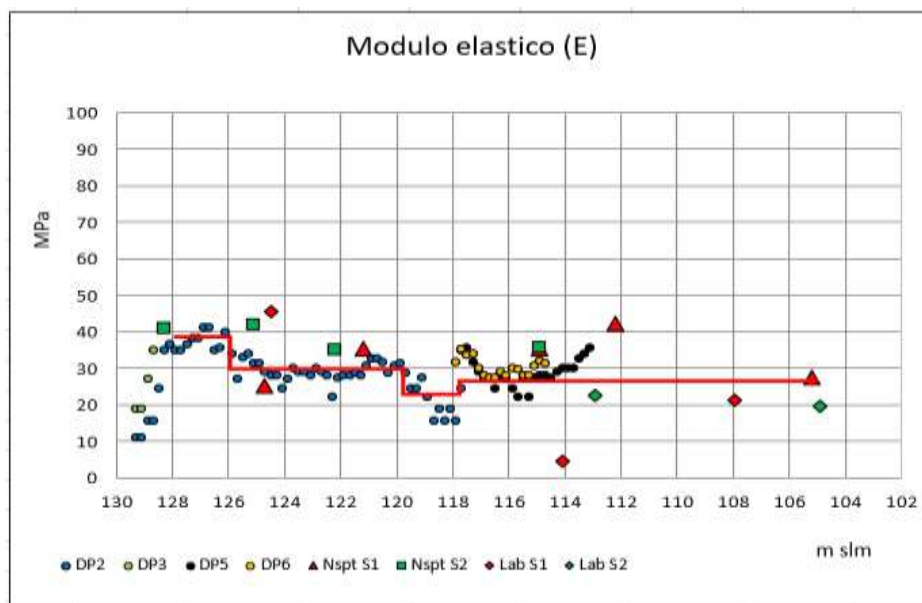
Coesione efficace (c')

Stante il comportamento granulare di questo orizzonte si ritiene corretto assumere

$$c' = 0$$

Modulo elastico (E)

Per la definizione dei valori rappresentativi del modulo elastico è stato fatto riferimento alle distribuzioni di cui alla figura seguente.

**Figura 46 – Modulo elastico**

Anche in questo caso, utilizzando gli stessi intervalli di riferimento di cui al grafico della distribuzione dell'angolo di attrito efficace, per l'individuazione dei valori caratteristici è stata applicata la metodologia statistica proposta da Schneider (1999) dalla quale è risultata la seguente casistica:

Valori espressi in MPa

128 - 126	Media	37,61
	Dev.st	2,46
	Xk	35,15

120 - 126	Media	30,50
	Dev.st	4,47
	Xk	26,02

118 - 120	Media	23,62
	Dev.st	5,70
	Xk	17,92

114 - 118	Media	28,49
	Dev.st	5,57
	Xk	22,92

8.2.2. Depositi fluvio-lacustri

Il modello stratigrafico ha posto in evidenza che i depositi fluvio lacustri profondi presentano una litologia prevalentemente argilloso limosa e/o limoso argillosa (comportamento coesivo), con intercalazioni irregolari di orizzonti sabbiosi e sabbioso-limosi (comportamento granulare); il tetto di questi materiali in corrispondenza di S2 è risultato essere alla quota di 114,5 m slm.

Si riportano di seguito i valori dei principali parametri geotecnici.

Peso di volume (Y)

$$Y = 2,10 \text{ Mg/mc}$$

Coesione non drenata (Cu)

La coesione non drenata è stata determinata all'interno degli orizzonti con comportamento coesivo; come risulta bene evidente dal grafico della distribuzione dei valori della coesione non drenata questi risultano considerevolmente dispersi (vedi il grafico successivo che viene riproposto per semplificare la lettura).

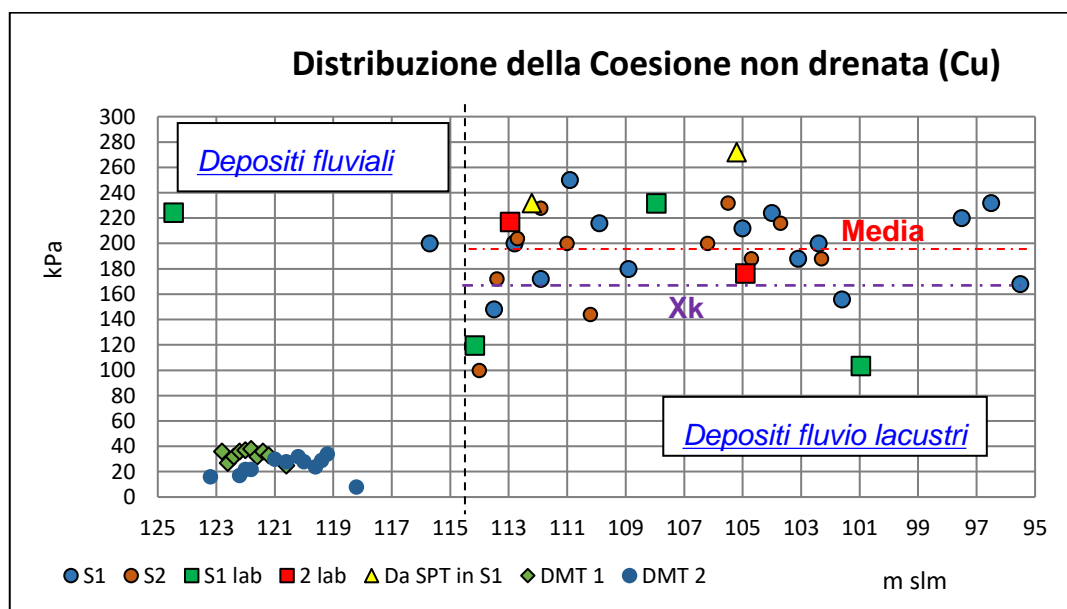


Figura 47

Applicando un trattamento statistico ai dati suddetti, una volta eliminati gli outlier, si è ottenuta la distribuzione di **figura 48**, che mostra una curva con asimmetria negativa; stante l'assenza di pattern di distribuzione il valore medio risulta essere

Cu medio = 197 kPa, St.Dev. = 36.

valore che è accompagnato evidentemente da una elevata deviazione standard.



Figura 48 – Distribuzione dei valori della coesione non drenata (Cu)

Nella tabella successiva sono riportati i valori della Cu in funzione dei percentili principali.

General Statistics on Uncensored Full Data												
Date/Time of Computation:	ProUCL 5.127/12/2020 18:21:11											
User Selected Options												
From File:	WorkSheet.xls											
Full Precision:	OFF											
From File: WorkSheet.xls												
General Statistics for Uncensored Dataset												
Variable	NumObs	# Missing	Minimum	Maximum	Mean	Geo-Mean	SD	SEM	MAD/0.675	Skewness	CV	
Cu	33,00	0	103,4	272,0	197,4	193,7	36,40	6,337	35,58	-0,617	0,184	
Percentiles for Uncensored Dataset												
Variable	NumObs	# Missing	10% ile	20% ile	25% ile(Q1)	50% ile(Q2)	75% ile(Q3)	80% ile	90% ile	95% ile	99% ile	
Cu	33,00	0	149,6	172,0	176,4	200,0	224,0	226,5	232,0	239,2	265,0	

Facendo riferimento, per la definizione del valore caratteristico alla metodologia statistica proposta da Schneider (1999):

$$X_k = \text{media} - \text{dev.st.} = 161 \text{ kPa}$$

Il valore che si ottiene corrisponde indicativamente al 15° percentile, valore che si ritiene rappresentativo per questi materiali.

Angolo di attrito efficace (phi')

Per la definizione dei valori rappresentativi dell'angolo di attrito efficace è stato fatto riferimento alle distribuzioni di cui alla figura seguente, dove sono stati separati i valori determinati negli orizzonti dal prevalente comportamento coesivo (sinistro) da quelli di tipo granulare (a destra).

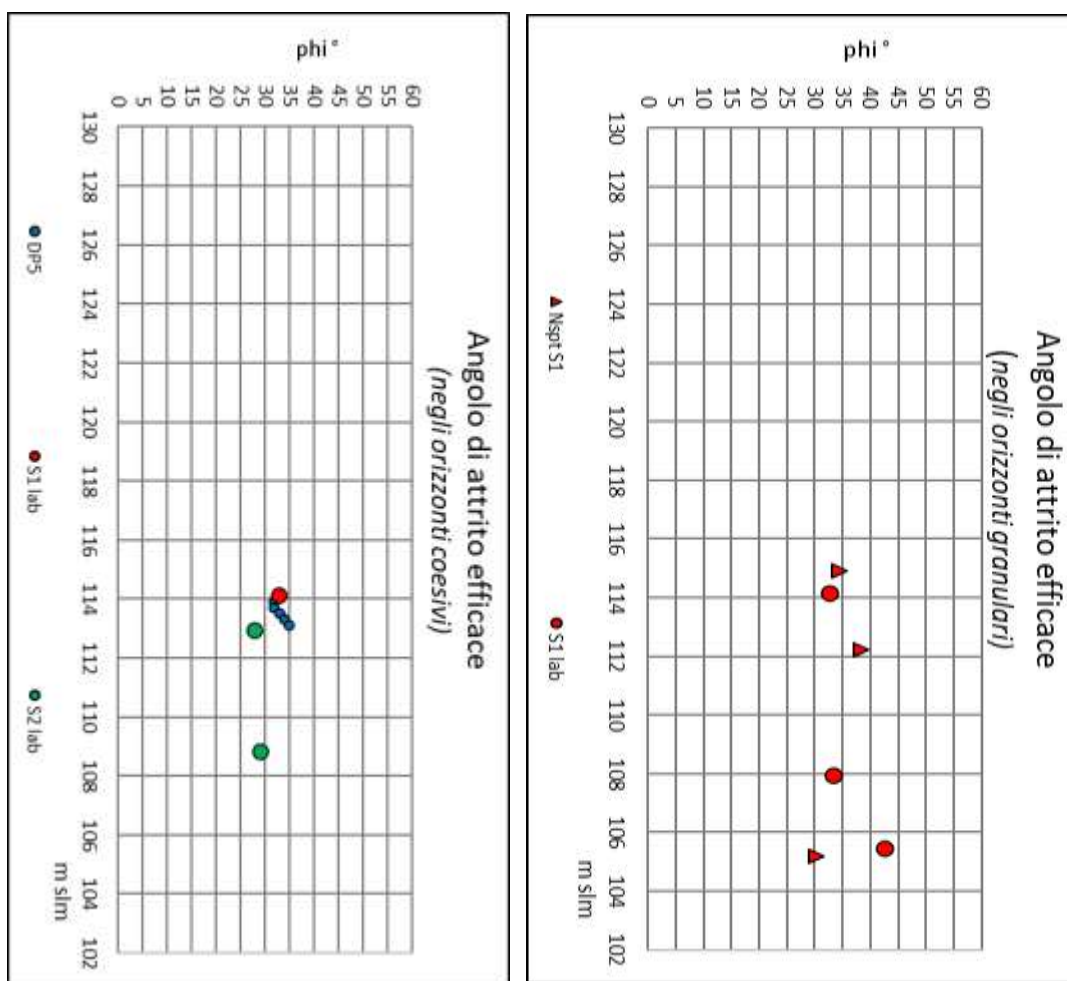


Figura 49 – Angolo di attrito efficace nei depositi fluvio-lacustri

Stante il modesto numero di campioni si è utilizzato l'approccio bayesiano di Cherubini e Orr (1999):

$$x_k = x_m * (1 - CV / 2)$$

dove:

$$x_m = (a + 4b + c) / 6$$

$$CV = (c - a) / (a + 4b + c)$$

a = valore minimo

b = valore più probabile

c = valore massimo

phi'(2) (°)		phi'(3) (°)	
Orizzonti coesivi		Orizzonti granulari	
a	27,92	a	30,31
b	27	b	30
c	29,15	c	38,4
xm	27,51167	xm	31,45167
CV	0,007451	CV	0,04287
xk	27,4	xk	30,8

Coesione efficace (c')

Nella tabella seguente sono riportati i valori della coesione efficace divisi per orizzonte di appartenenza

		m dal p.c.	m slml	c' (kPa)	
S1C2	13,3-13,8	13,55	114,15	7,29	Depositi fluvio-lacustri granulari
S1C3	19,5-20	19,75	107,95	83,89	
S2C3	16,8-17,5	17,15	112,95	21,39	Depositi fluvio lacustri coesivi
S2C4	21-21,5	21,25	108,85	67,79	
S1C4	22-22,5	22,25	107,85	23,8	

Tutti i risultati sono stati ottenuti da prove triassiali di tipo CID ad eccezione di quelli relativi al campione S1C4 ottenuti con prova di taglio in scatola di Casagrande; essendo quest'ultimi particolarmente elevati, operando a favore della sicurezza non ne è stato tenuto conto.

² Operando a favore della sicurezza sono stati considerati solo i risultati delle prove triassiali

³ Operando a favore della sicurezza è stato scartato il valore massimo, ottenuto da prova di taglio in scatola di Casagrande

Anche in questo caso, stante il modesto numero di campioni si è utilizzato l'approccio bayesiano di Cherubini e Orr (1999) ottenendo

c' (KPa)		c' (KPa)	
Orizzonti coesivi		Orizzonti granulari	
a	0	a	11,98
b	10	b	5
c	67,79	c	19,1
xm	17,965	xm	8,513333
CV	0,628908	CV	0,139389
xk	12,3	xk	7,9

Modulo elastico (E)

Per la definizione dei valori rappresentativi del modulo elastico è stato fatto riferimento alla distribuzione di cui alla figura seguente, in cui sono riportati i valori determinati all'interno dei depositi fluvio-lacustri.

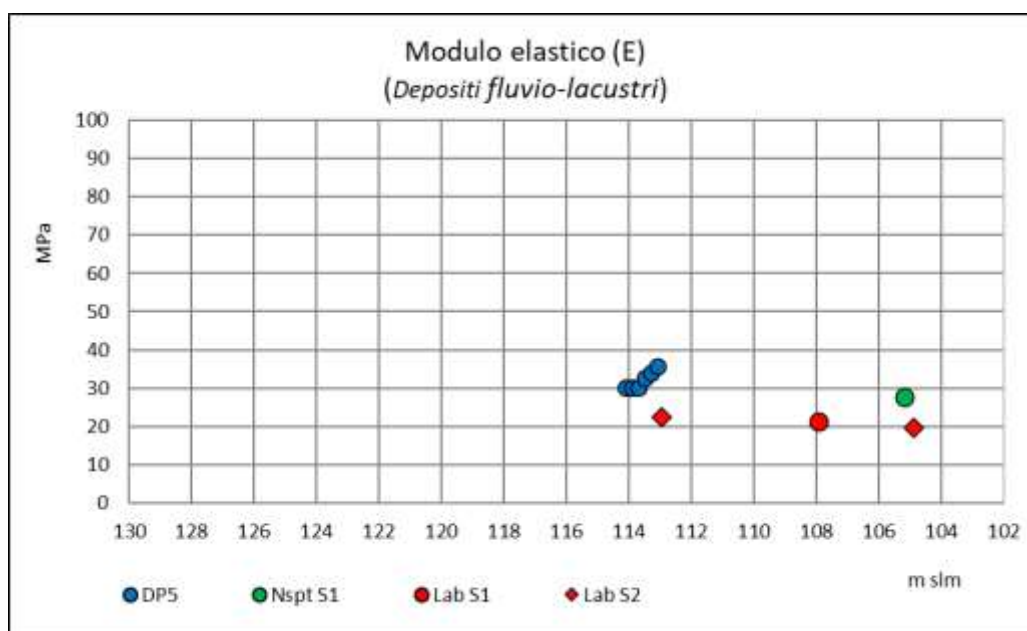


Figura 50

Alla scala dell'indagine eseguita non si rilevano variazioni significative fra il modulo elastico degli orizzonti dal prevalente coesivo, rispetto a quelli granulari.

Anche in questo caso, stante il modesto numero di campioni si è utilizzato l'approccio bayesiano di Cherubini e Orr (1999), trascurando i valori ottenuti da penetrometri dinamico (scelta cautelativa) ottenendo

E (MPa)	
a	19,59
b	25
c	27,67
xm	24,54
CV	0,05
xk	23,9

8.2.3. Sinesi del modello geotecnico di progetto per la spalla lato Firenze

Il modello geotecnico relativo alla spalla lato Firenze ed analizzato nei punti precedenti, viene sintetizzato nella tabella seguente.

	Quote orizzonte	Spessore	Litologia	Mg/m	kPa	Mpa	°	Kpa
	<i>m slm</i>	<i>m</i>		<i>Y</i>	<i>Cu</i>	<i>E</i>	<i>phi'</i>	<i>c'</i>
Depositi fluviali	128 - 126	2	Sabbie e ghiaie	1,86	0	35,15	35,24	0
	126 - 120	6	Sabbie e ghiaie	1,86	0	26,02	29,80	0
	120 - 118	2	Sabbie e ghiaie	1,86	0	17,92	26,07	0
	118 - 114	3,5	Sabbie e ghiaie	1,86	0	22,92	27,90	0
Depositi fluvio-lacustri	114,0 - 109,9	4,6	Limi argillosi	2,1	161	23,9	27,40	12,30
	109,9 - 106,2	3,7	Sabbie e sabbie limose	2,1	0	23,9	30,80	7,90
	106,2 - 101,0	5,2	Limi argillosi	2,1	161	23,9	27,40	12,30
	101,0 - 100,4	0,6	Sabbie limose	2,1	0	23,9	30,80	7,90
	100,4 - 100,1	0,3	Limi argillosi	2,1	161	23,9	27,40	12,30

Modello geotecnico in corrispondenza della spalla lato Firenze

8.3. Spalla lato Arezzo

I terreni presenti nella zona della spalla lato Arezzo sono stati indagati mediante il Sondaggio S1. La platea di fondazione viene ipotizzata nel progetto preliminare con spessore di 2,0 m; assumendo come quota minima dal p.c. attuale 127,6 m slm, la quota di appoggio della platea risulta essere 125,6 m slm.

La falda, di tipo freatico, è risultata collocata alla quota di 121,4 m slm (circa 6 m dal p.c.).

Sulla base del modello stratigrafico di progetto ed analizzata la distribuzione delle proprietà geotecniche dei materiali, è stata dapprima la stratigrafia di progetto ritenuta rappresentativa delle condizioni della spalla lato Arezzo (vedi **figura 51**), sintetizzata nella tabella seguente dove sono evidenziati gli orizzonti con stesso comportamento geotecnico.

	Quote orizzonte	Spessore	Litologia
	<i>m slm</i>	<i>m</i>	
Depositi fluviali	127,6 - 126,6	1	Terreno rimaneggiato
	126,6 - 125,4	1,2	Sabbie limose
	125,4 - 124,1	1,3	Limi argillosi
	124,1 - 118,0	6,1	Sabbie e ghiaie
	118,0 - 115,8	2,2	Sabbie e ghiaie
Depositi fluvio-lacustri	115,8 - 112,7	3,1	Limi argillosi
	112,7 - 111,9	0,8	Sabbie limose
	111,9 - 107,9	4	Limi argillosi
	107,9 - 104,9	3	Sabbie e sabbie limose
	104,9 - 100,9	4	Limi argillosi
	100,9 - 97,7	3,2	Sabbie e sabbie limose
	97,7 - 94,7	3	Limi argillosi

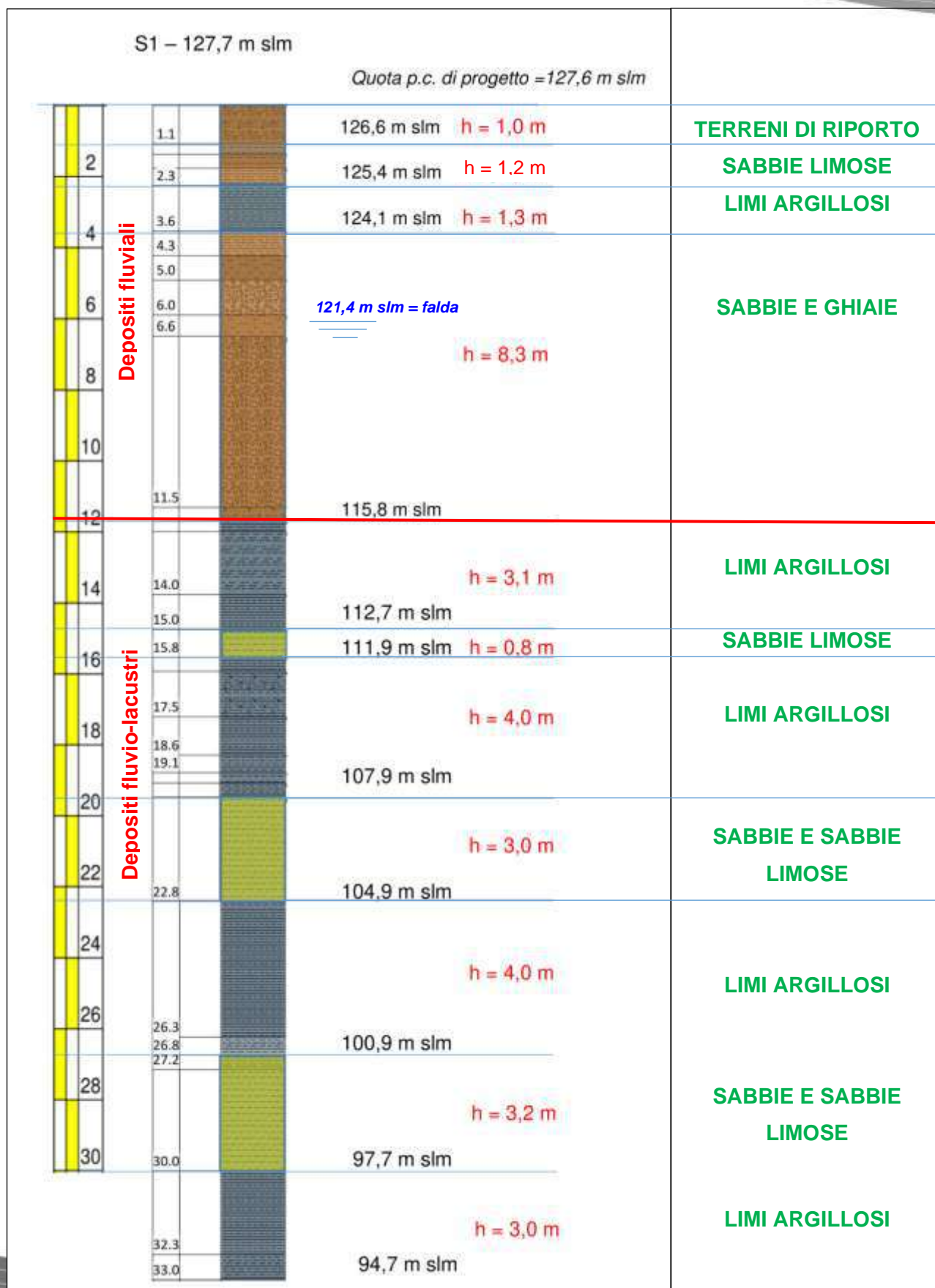


Figura 51 - Stratigrafia di progetto spalla lato Arezzo

8.3.1. Depositi fluviali

I depositi riscontrati in sponda sinistra del torrente Faella sono risultati sovrapponibili a quelli della sponda destra ad eccezione di un ridotto orizzonte limoso argilloso incontrato in S1 da m 2,3 a m 3,6 (da 125,4 a 124,1 m slm), orizzonte peraltro confermato anche nella DMT 1.

In questo orizzonte è stato prelevato un campione indisturbato sottoposto ad analisi geotecniche di laboratorio ed i cui risultati principali sono riportati nella tabella seguente:

		ELL			Triassiale	
		Y	Cu	E	phi'	c'
		Mg/m	KN/m ²	KN/m ²	°	Kpa
S1C1	3-3,5	1,80	224,3	45588	27,5	19,1
	Xk	1,8	179,4	36470	22	11,5

Stante la ridotta presenza di questo orizzonte nell'area e la conseguente altrettanto ridotta caratterizzazione, per la definizione dei valori caratteristici si sono ridotti del 20% i valori di Coesione non drenata (Cu), modulo elastico (E) ed angolo di attrito efficace (phi'); la coesione efficace, che fornisce in generale valori molto dispersi ed il cui peso è rilevante, è stata ridotta del 40%.

Per tutti gli altri parametri è stato fatto riferimento al modello geotecnico definito nel paragrafo precedente per la spalla lato Firenze, sintetizzando i valori dei parametri caratteristici nella tabella seguente che ricomprende quelli della tabella sopra riportata.

Quote orizzonte	Spessore	Litologia	Mg/m	KN/m ²	Mpa	°	Kpa
m slm	m		Y	Cu	E	phi'	c'
127,6 - 126,6	1	Terreno rimaneggiato	1,8	0			
126,6 - 125,4	1,2	Sabbie limose	1,86	0	26,02	29,8	0
125,4 - 124,1	1,3	Limi argillosi	1,8	179,4	36,47	22,0	11,5
124,1 - 118,0	6,1	Sabbie e ghiaie	1,86	0	17,92	26,1	0
118,0 - 115,8	2,2	Sabbie e ghiaie	1,86	0	22,92	27,90	0

8.3.2. Depositi fluvio-lacustri

Il modello stratigrafico in corrispondenza della spalla lato Arezzo corrisponde sostanzialmente a quello lato Firenze, differenziandosi unicamente per gli spessori delle intercalazioni dal comportamento granulare nei prevalenti materiali limoso argillosi.

Pertanto per la definizione dei parametri caratteristici viene fatto riferimento alla trattazione vi cui al paragrafo precedente, riportandone i relativi valori nella tabella seguente, che contiene gli intervalli di profondità e di spessore misurati in corrispondenza della spalla lato Arezzo.

	Quote orizzonte	Spessore	Litologia	Mg/m	KN/m ²	Mpa	°	Kpa
	<i>m slm</i>	<i>m</i>		<i>Y</i>	<i>Cu</i>	<i>E</i>	<i>phi'</i>	<i>c'</i>
Depositi fluvio-lacustri	115,8 - 112,7	3,1	Limi argillosi	2,1	161	23,9	27,40	12,30
	112,7 - 111,9	0,8	Sabbie limose	2,1	0	23,9	30,80	7,90
	111,9 - 107,9	4	Limi argillosi	2,1	161	23,9	27,40	12,30
	107,9 - 104,9	3	Sabbie e sabbie limose	2,1	0	23,9	30,80	7,90
	104,9 - 100,9	4	Limi argillosi	2,1	161	23,9	27,40	12,30
	100,9 - 97,7	3,2	Sabbie e sabbie limose	2,1	0	23,9	30,80	7,90
	97,7 - 94,7	3	Limi argillosi	2,1	161	23,9	27,40	12,30

8.3.3. Sinesi del modello geotecnico di progetto per la spalla lato Arezzo

Il modello geotecnico relativo alla spalla lato Arezzo ed analizzato nei punti precedenti, viene sintetizzato nella tabella seguente.

	Quote orizzonte	Spessore	Litologia	Mg/m	KN/m ²	Mpa	°	Kpa
	<i>m slm</i>	<i>m</i>		<i>Y</i>	<i>Cu</i>	<i>E</i>	<i>phi'</i>	<i>c'</i>
Depositi fluviali	127,6 - 126,6	1	Terreno rimaneggiato	1,8	0			
	126,6 - 125,4	1,2	Sabbie limose	1,86	0	26,02	29,8	0
	125,4 - 124,1	1,3	Limi argillosi	1,8	179,4	36,47	22,0	11,5
	124,1 - 118,0	6,1	Sabbie e ghiaie	1,86	0	17,92	26,1	0
	118,0 - 115,8	2,2	Sabbie e ghiaie	1,86	0	22,92	27,90	0
Depositi fluvio-lacustri	115,8 - 112,7	3,1	Limi argillosi	2,1	161	23,9	27,40	12,30
	112,7 - 111,9	0,8	Sabbie limose	2,1	0	23,9	30,80	7,90
	111,9 - 107,9	4	Limi argillosi	2,1	161	23,9	27,40	12,30
	107,9 - 104,9	3	Sabbie e sabbie limose	2,1	0	23,9	30,80	7,90
	104,9 - 100,9	4	Limi argillosi	2,1	161	23,9	27,40	12,30
	100,9 - 97,7	3,2	Sabbie e sabbie limose	2,1	0	23,9	30,80	7,90
	97,7 - 94,7	3	Limi argillosi	2,1	161	23,9	27,40	12,30

9. COMPRESSIBILITÀ DEI MATERIALI

Il modello stratigrafico locale è risultato caratterizzato da circa 15/16 metri di depositi fluviali, riconducibili prevalentemente all'attività del Torrente Faella, riposanti sul substrato fluvio-lacustre di buona consistenza.

Le caratteristiche di compressibilità dei materiali sono state indagate sia mediante prove dilatometriche eseguite in corrispondenza delle spalle del viadotto, che mediante prove edometriche su campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi geognostici.

Nel grafico della figura seguente vengono riproposte le distribuzioni dei valori del modulo edometrico già visti in precedenza.

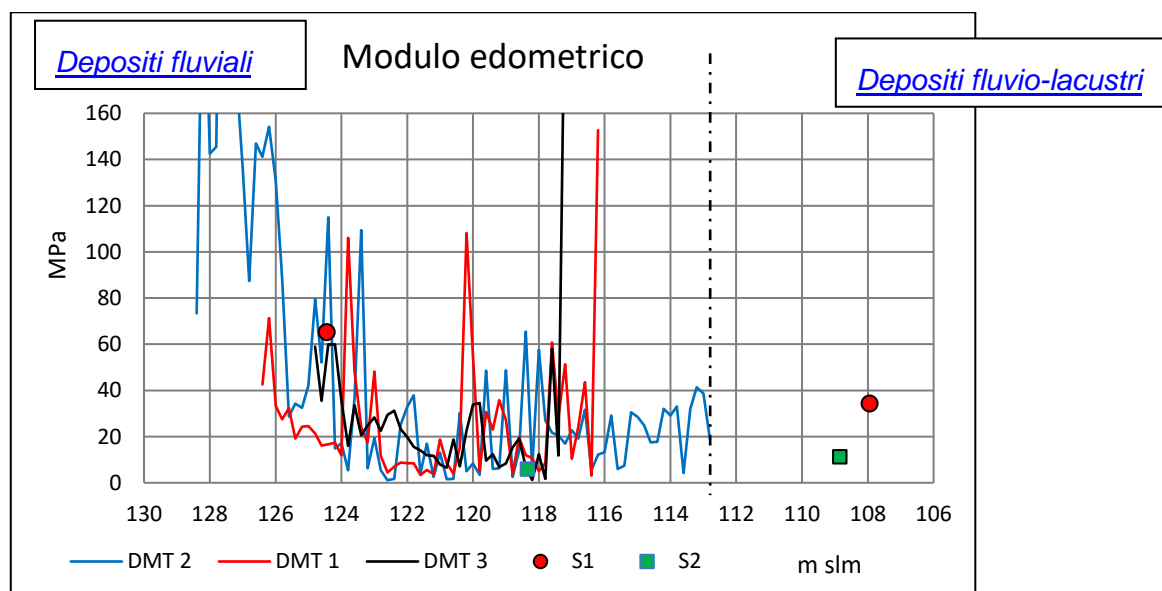


Figura 52

Dei due campioni che hanno interessato i depositi fluvio-lacustri profondi, il secondo è ricaduto in un orizzonte risultato particolarmente granulare (in S2) e pertanto dei due quello più rappresentativo si ritiene essere quello determinato in S1 (vedi certificati delle analisi geotecniche di laboratorio)

9.1. Modello geometrico di riferimento per la stima dei cedimenti

Per la stima dei cedimenti è stato utilizzato il software “DMT Settlements” dello studio del prof. Marchetti, che esegue il calcolo dei cedimenti convenzionali unidimensionali al di sotto delle superfici caricate uniformemente con carichi flessibili utilizzando i risultati DMT.

Il software è progettato per importare da file .UNI di una prova DMT, il modulo del terreno e la tensione efficace verticale fornendo i seguenti input:

- carico espresso in termini di peso e geometria;
- parametri del suolo espressi in termini di modulo e tensione efficace verticale.

Gli incrementi delle tensioni verticali vengono valutati secondo la teoria dell'elasticità di Boussinesq per semispazio elastico omogeneo.

E' stato fatto riferimento alle due situazioni significative, spalla lato Arezzo – DMT1 – e spalla lato Firenze – DMT 3⁽⁴⁾ -, trattando un elemento del rilevato schematizzato in un prisma rettangolare (19 x 80 m, dove 19 è la media fra larghezza in sommità ed alla base).

Spalla lato Arezzo - DMT1

Modulo edometrico da DMT fino alla base dei depositi fluviali (-11,9 m dal p.c.), quindi modulo costante da edometria nei depositi fuvio-lacustri antichi.

Altezza rilevato = 5,6 m; Y di progetto = 1,9, cui corrisponde un incremento di carico = 104 kPa

Dai calcoli si sono ottenuti i risultati di cui agli output della figura seguente.

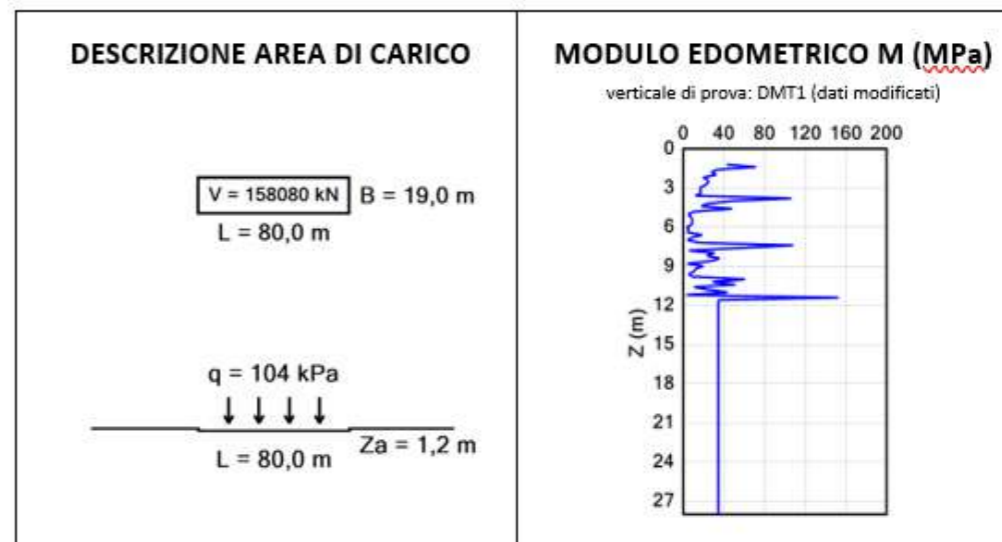
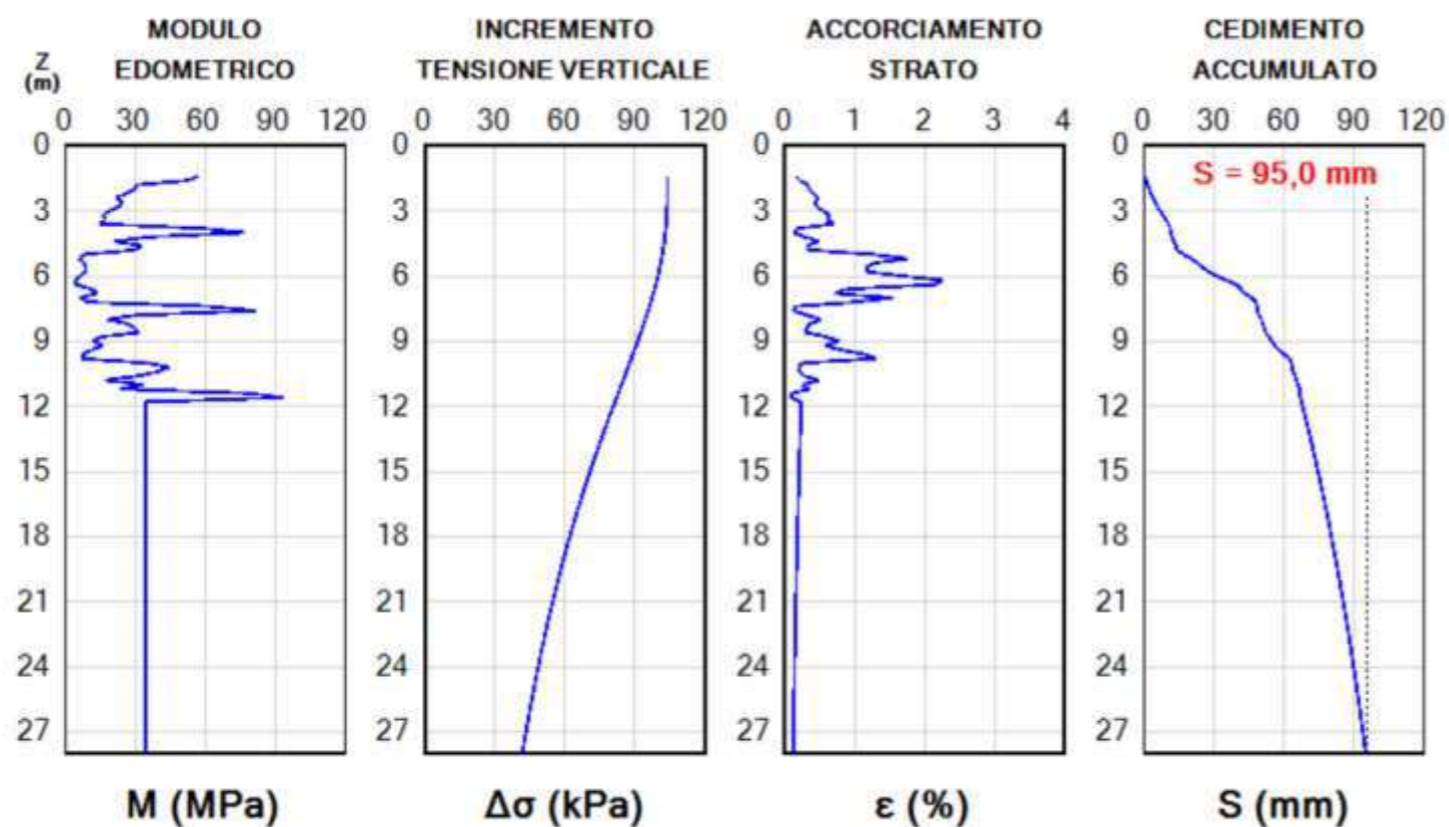
⁴ In corrispondenza della DMT2 la situazione è meno rappresentativa stante la presenza dei rilevati arginali, che agiscono come precarichi, e il sistema di fondazione della spalla, caratterizzato da platea su pali.

CALCOLO DEI CEDIMENTI - sotto il centro

Soil Test s.r.l.

Regione Toscana

SR 69 Faella - DMT 1



OPZIONI DI CALCOLO

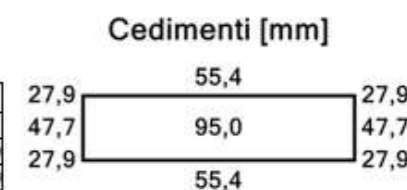
Valore minimo del Modulo Edometrico utilizzato nel calcolo 0,70 MPa
Spessore strato di Calcolo 0,20 m
Arresto del calcolo Z = 28,00 m

CALCOLO CEDIMENTI

(metodo mono-dimensionale convenzionale)

$$S = \sum \frac{\Delta\sigma_v}{M} \Delta z$$

Punto di calcolo	Cedimenti [mm]	Z Stop [m]
sotto il centro	95,0	28,00
sotto lo spigolo	27,9	28,00
sotto il punto medio del lato corto	47,7	28,00
sotto il punto medio del lato lungo	55,4	28,00



I cedimenti sono calcolati con le formule di interpretazione e il metodo di calcolo raccomandati nel Rapporto TC16 (2001). E' responsabilità del progettista utilizzare procedure alternative ove le ritenga preferibili.

Figura 53

Rimandando ai tabulati in appendice, per i calcoli analitici, la tabella seguente sintetizza quanto ottenuto:

Ced. (mm)	Ced. (mm)	Ced. (mm)
Depositi fluviali	Depositi lacustri	Totali
67	28	95
70,5%	29,5%	

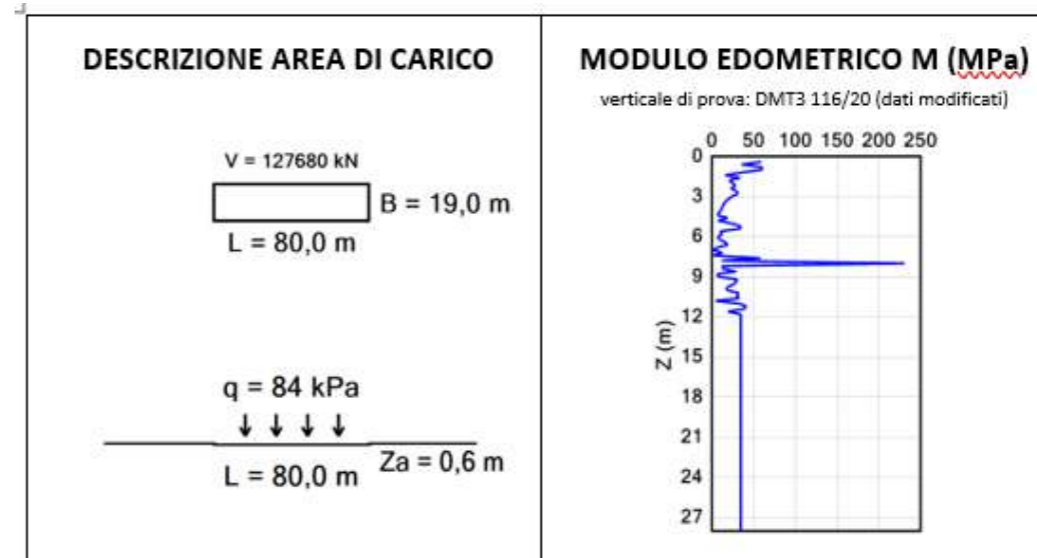
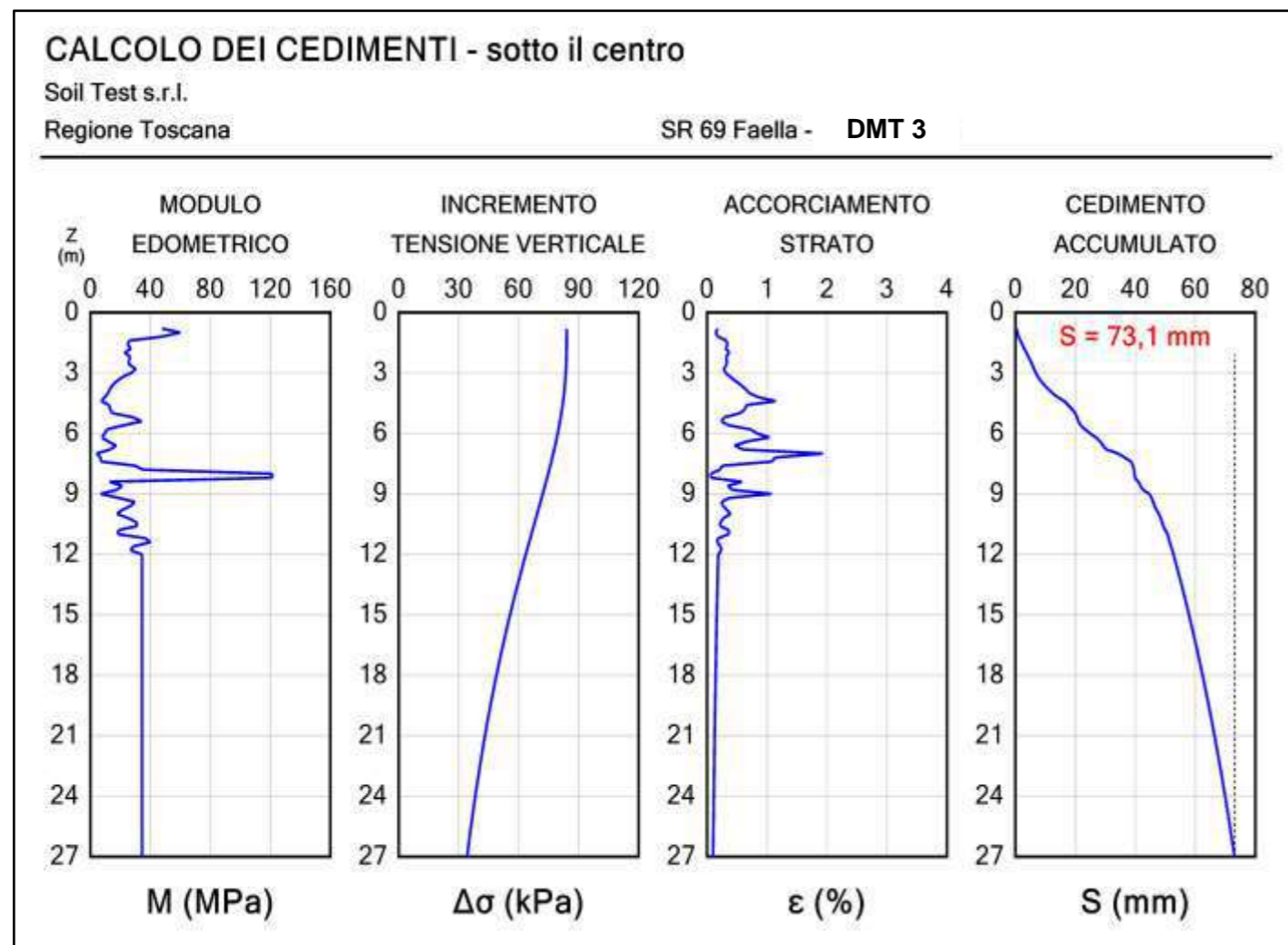
Ovvero il 70% del cedimento atteso si realizzerà nei materiali prevalentemente granulari dei depositi fluviali, dalla permeabilità significativa e pertanto su tempi confrontabili con quelli di realizzazione, mentre il restante 30% circa si avrà su tempi molto più lunghi, essendo legati ai depositi fluvio lacustri dalla generale ridotta permeabilità.

Spalla lato Firenze – DMT3

Modulo edometrico da DMT3 fino base prova di 8 m; poi modulo da DMT 2 fino 11,5 (come ricavabile dal modello stratigrafico, vedi sezione di figura 19). Segue modulo costante da edometria nei depositi fluvio-lacustri antichi.

Altezza rilevato = 4,5 m ; Y di progetto = 1,9, cui corrisponde un incremento di carico = 84 kPa

Dai calcoli si sono ottenuti i risultati di cui agli output della figura seguente.



OPZIONI DI CALCOLO

Valore minimo del Modulo Edometrico utilizzato nel calcolo	0,70 MPa
Spessore strato di Calcolo	0,20 m
Arresto del calcolo	Z = 27,00 m

CALCOLO CEDIMENTI

(metodo mono-dimensionale convenzionale)

$$S = \sum \frac{\Delta\sigma_v}{M} \Delta z$$

Punto di calcolo	Cedimenti [mm]	Z Stop [m]
sotto il centro	73,1	27,00
sotto lo spigolo	21,6	27,00
sotto il punto medio del lato corto	36,7	27,00
sotto il punto medio del lato lungo	42,8	27,00

Cedimenti [mm]

21,6	42,8	21,6
36,7	73,1	36,7
21,6	42,8	21,6

I cedimenti sono calcolati con le formule di interpretazione e il metodo di calcolo raccomandati nel Rapporto TC16 (2001). E' responsabilità del progettista utilizzare procedure alternative ove le ritenga preferibili.

Figura 54

Rimandando ai tabulati in appendice, per i calcoli analitici, la tabella seguente sintetizza quanto ottenuto:

Ced. (mm)	Ced. (mm)	Ced. (mm)
Depositi fluviali	Depositi lacustri	Totali
52,7	20,4	73,1

72,1%	27,9%
-------	-------

Ovvero il 72% del cedimento atteso si realizzerà nei materiali prevalentemente granulari dei depositi fluviali, dalla permeabilità significativa e pertanto su tempi confrontabili con quelli di realizzazione, mentre il restante 28% circa si avrà su tempi molto più lunghi, essendo legati ai depositi fluvio lacustri dalla generale ridotta permeabilità.

ALLEGATI

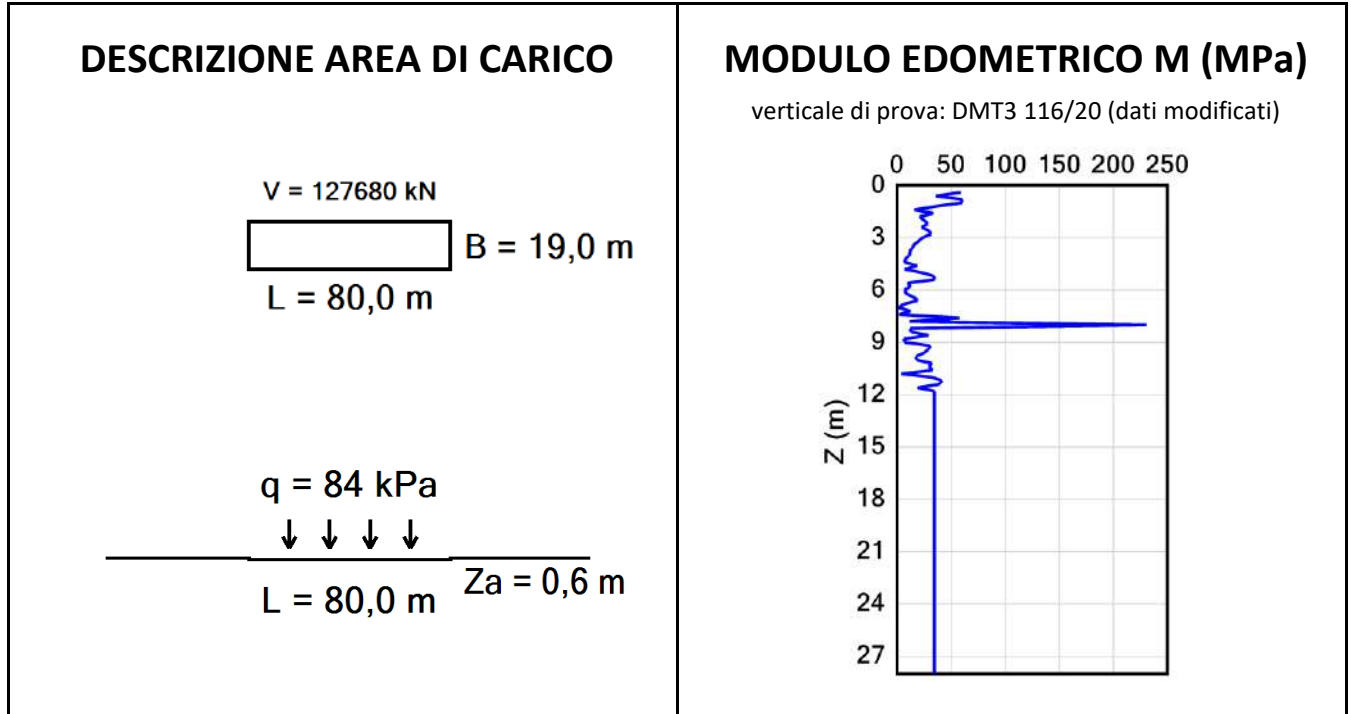
Tabulati relativi alla stima dei cedimenti

CALCOLO DEI CEDIMENTI

Soil Test s.r.l.

Regione Toscana

SR 69 Faella – DMT 3



OPZIONI DI CALCOLO	
Valore minimo del Modulo Edometrico utilizzato nel calcolo	0,70 MPa
Spessore strato di Calcolo	0,20 m
Arresto del calcolo	Z = 27,00 m

CALCOLO CEDIMENTI				
(metodo mono-dimensionale convenzionale)				
$S = \sum \frac{\Delta\sigma_v}{M} \Delta z$				
	Cedimenti [mm]			
	42,8			
21,6	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">73,1</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">73,1</td> </tr> </table> </div>	73,1	73,1	21,6
73,1	73,1			
36,7	73,1	36,7		
21,6	42,8	21,6		
sotto il centro	73,1	27,00		
sotto lo spigolo	21,6	27,00		
sotto il punto medio del lato corto	36,7	27,00		
sotto il punto medio del lato lungo	42,8	27,00		

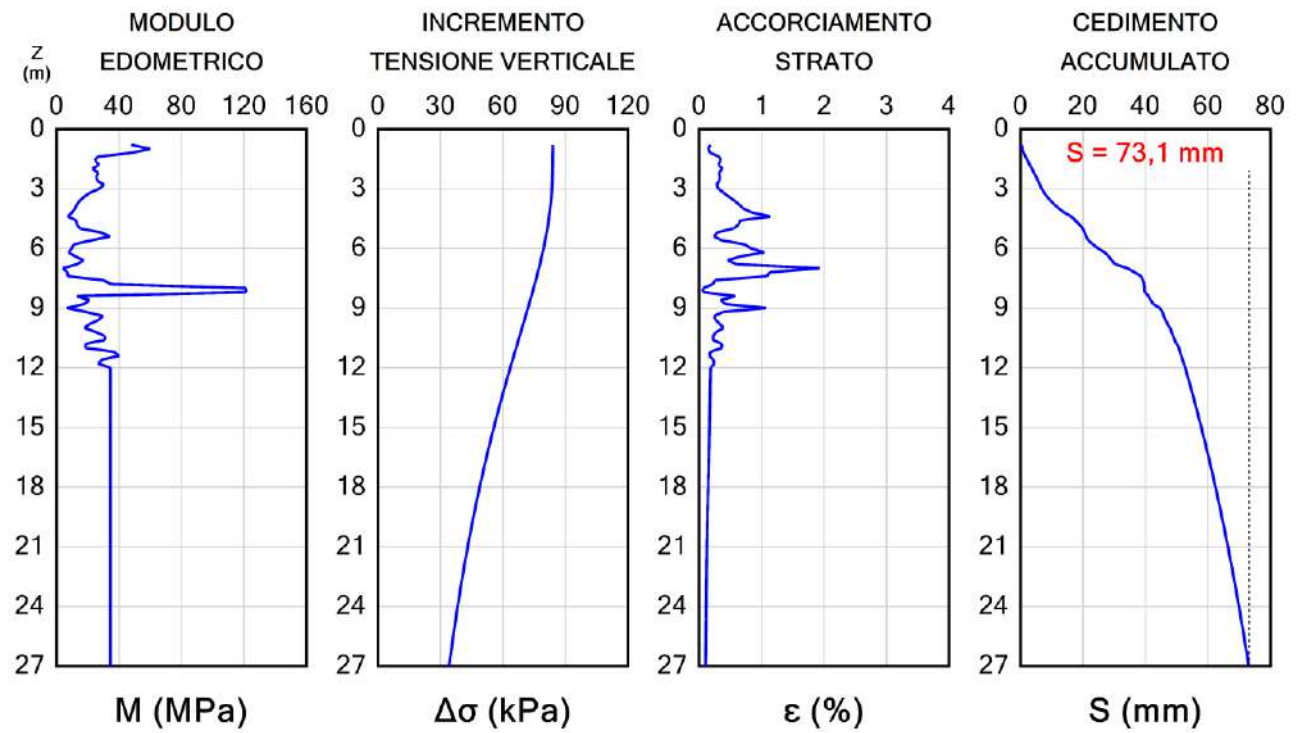
I cedimenti sono calcolati con le formule di interpretazione e il metodo di calcolo raccomandati nel Rapporto TC16 (2001). E' responsabilità del progettista utilizzare procedure alternative ove le ritenga preferibili.

CALCOLO DEI CEDIMENTI - sotto il centro

Soil Test s.r.l.

Regione Toscana

SR 69 Faella - Castelfranco



Cedimento sotto il centro

Z	M	$\sigma'v$	$\Delta\sigma$	ϵ	ΔS	S
[m]	[MPa]	[kPa]	[kPa]	[%]	[mm]	[mm]
0,80	47,7	12	84,00	0,176	0,35	0,4
1,00	59,9	16	84,00	0,140	0,28	0,6
1,20	47,8	19	83,99	0,176	0,35	1,0
1,40	25,8	23	83,99	0,326	0,65	1,6
1,60	24,8	27	83,97	0,339	0,68	2,3
1,80	27,1	30	83,95	0,310	0,62	2,9
2,00	22,7	34	83,91	0,370	0,74	3,7
2,20	26,6	37	83,86	0,315	0,63	4,3
2,40	25,4	41	83,80	0,330	0,66	5,0
2,60	26,0	44	83,73	0,323	0,65	5,6
2,80	30,3	48	83,64	0,276	0,55	6,2
3,00	27,3	51	83,53	0,307	0,61	6,8
3,20	21,5	55	83,40	0,388	0,78	7,6
3,40	17,7	58	83,25	0,472	0,94	8,5
3,60	14,8	62	83,09	0,561	1,12	9,6
3,80	13,0	65	82,90	0,640	1,28	10,9
4,00	11,8	69	82,69	0,704	1,41	12,3
4,20	9,8	72	82,46	0,846	1,69	14,0
4,40	7,2	76	82,22	1,142	2,28	16,3
4,60	12,6	79	81,95	0,650	1,30	17,6
4,80	12,9	83	81,66	0,633	1,27	18,8
5,00	14,9	86	81,35	0,548	1,10	19,9
5,20	28,3	89	81,02	0,287	0,57	20,5
5,40	34,2	90	80,67	0,236	0,47	21,0
5,60	22,1	92	80,30	0,364	0,73	21,7
5,80	11,0	94	79,92	0,727	1,45	23,2
6,00	9,6	95	79,52	0,828	1,66	24,8
6,20	7,6	96	79,10	1,041	2,08	26,9
6,40	11,8	98	78,67	0,667	1,33	28,2
6,60	17,2	99	78,22	0,455	0,91	29,1
6,80	13,0	101	77,76	0,598	1,20	30,3
7,00	4,0	102	77,28	1,932	3,86	34,2
7,20	6,8	104	76,80	1,129	2,26	36,5
7,40	7,1	105	76,30	1,082	2,16	38,6
7,60	29,9	106	75,79	0,254	0,51	39,1
7,80	34,9	108	75,27	0,216	0,43	39,6
8,00	121,3	109	74,75	0,062	0,12	39,7
8,20	121,5	111	74,21	0,061	0,12	39,8
8,40	12,7	112	73,67	0,580	1,16	41,0
8,60	21,2	114	73,13	0,346	0,69	41,7
8,80	17,6	115	72,57	0,414	0,83	42,5
9,00	6,7	116	72,02	1,075	2,15	44,6
9,20	19,0	118	71,46	0,377	0,75	45,4
9,40	29,6	119	70,90	0,240	0,48	45,9
9,60	26,8	121	70,33	0,263	0,53	46,4
9,80	21,2	122	69,76	0,329	0,66	47,1
10,00	17,7	124	69,19	0,392	0,78	47,8
10,20	25,0	125	68,62	0,275	0,55	48,4
10,40	30,7	126	68,06	0,222	0,44	48,8
10,60	31,1	128	67,49	0,217	0,43	49,3
10,80	18,6	129	66,92	0,360	0,72	50,0

11,00	18,2	131	66,35	0,366	0,73	50,7
11,20	36,7	132	65,78	0,179	0,36	51,1
11,40	40,0	132	65,22	0,163	0,33	51,4
11,60	28,8	134	64,66	0,225	0,45	51,9
11,80	26,7	136	64,10	0,241	0,48	52,3
12,00	34,4	138	63,54	0,185	0,37	52,7
12,20	34,4	139	62,99	0,183	0,37	53,1
12,40	34,4	141	62,44	0,182	0,36	53,4
12,60	34,4	142	61,89	0,180	0,36	53,8
12,80	34,4	143	61,35	0,178	0,36	54,2
13,00	34,4	145	60,81	0,177	0,35	54,5
13,20	34,4	146	60,27	0,175	0,35	54,9
13,40	34,4	148	59,74	0,174	0,35	55,2
13,60	34,4	149	59,21	0,172	0,34	55,6
13,80	34,4	151	58,69	0,171	0,34	55,9
14,00	34,4	152	58,18	0,169	0,34	56,2
14,20	34,4	153	57,66	0,168	0,34	56,6
14,40	34,4	155	57,15	0,166	0,33	56,9
14,60	34,4	156	56,65	0,165	0,33	57,2
14,80	34,4	158	56,15	0,163	0,33	57,6
15,00	34,4	159	55,66	0,162	0,32	57,9
15,20	34,4	161	55,17	0,160	0,32	58,2
15,40	34,4	162	54,69	0,159	0,32	58,5
15,60	34,4	163	54,21	0,158	0,32	58,8
15,80	34,4	165	53,73	0,156	0,31	59,1
16,00	34,4	166	53,27	0,155	0,31	59,5
16,20	34,4	168	52,80	0,153	0,31	59,8
16,40	34,4	169	52,34	0,152	0,30	60,1
16,60	34,4	171	51,89	0,151	0,30	60,4
16,80	34,4	172	51,44	0,150	0,30	60,7
17,00	34,4	173	51,00	0,148	0,30	61,0
17,20	34,4	175	50,56	0,147	0,29	61,3
17,40	34,4	176	50,13	0,146	0,29	61,5
17,60	34,4	178	49,70	0,144	0,29	61,8
17,80	34,4	179	49,27	0,143	0,29	62,1
18,00	34,4	180	48,85	0,142	0,28	62,4
18,20	34,4	182	48,44	0,141	0,28	62,7
18,40	34,4	183	48,03	0,140	0,28	63,0
18,60	34,4	185	47,62	0,138	0,28	63,2
18,80	34,4	186	47,22	0,137	0,27	63,5
19,00	34,4	188	46,83	0,136	0,27	63,8
19,20	34,4	189	46,44	0,135	0,27	64,1
19,40	34,4	190	46,05	0,134	0,27	64,3
19,60	34,4	192	45,67	0,133	0,27	64,6
19,80	34,4	193	45,29	0,132	0,26	64,9
20,00	34,4	195	44,91	0,131	0,26	65,1
20,20	34,4	196	44,54	0,129	0,26	65,4
20,40	34,4	198	44,18	0,128	0,26	65,6
20,60	34,4	199	43,82	0,127	0,25	65,9
20,80	34,4	200	43,46	0,126	0,25	66,1
21,00	34,4	202	43,11	0,125	0,25	66,4
21,20	34,4	203	42,76	0,124	0,25	66,6
21,40	34,4	205	42,42	0,123	0,25	66,9
21,60	34,4	206	42,07	0,122	0,24	67,1
21,80	34,4	208	41,74	0,121	0,24	67,4
22,00	34,4	209	41,40	0,120	0,24	67,6

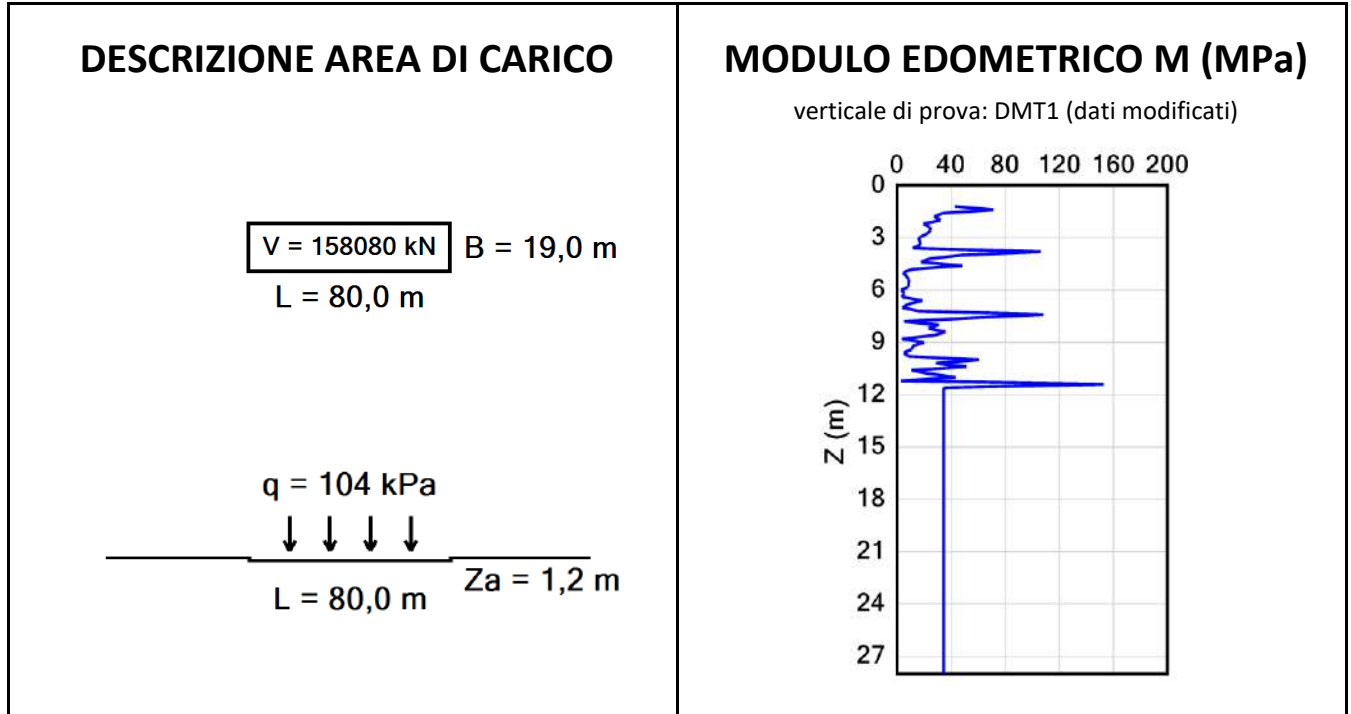
22,20	34,4	210	41,07	0,119	0,24	67,9
22,40	34,4	212	40,75	0,118	0,24	68,1
22,60	34,4	213	40,43	0,118	0,24	68,3
22,80	34,4	215	40,11	0,117	0,23	68,6
23,00	34,4	216	39,79	0,116	0,23	68,8
23,20	34,4	218	39,48	0,115	0,23	69,0
23,40	34,4	219	39,17	0,114	0,23	69,3
23,60	34,4	220	38,87	0,113	0,23	69,5
23,80	34,4	222	38,57	0,112	0,22	69,7
24,00	34,4	223	38,27	0,111	0,22	69,9
24,20	34,4	225	37,98	0,110	0,22	70,1
24,40	34,4	226	37,69	0,110	0,22	70,4
24,60	34,4	227	37,40	0,109	0,22	70,6
24,80	34,4	229	37,11	0,108	0,22	70,8
25,00	34,4	230	36,83	0,107	0,21	71,0
25,20	34,4	232	36,55	0,106	0,21	71,2
25,40	34,4	233	36,28	0,105	0,21	71,4
25,60	34,4	235	36,00	0,105	0,21	71,6
25,80	34,4	236	35,73	0,104	0,21	71,9
26,00	34,4	237	35,47	0,103	0,21	72,1
26,20	34,4	239	35,20	0,102	0,20	72,3
26,40	34,4	240	34,94	0,102	0,20	72,5
26,60	34,4	242	34,68	0,101	0,20	72,7
26,80	34,4	243	34,43	0,100	0,20	72,9
27,00	34,4	245	34,17	0,099	0,20	73,1

CALCOLO DEI CEDIMENTI

Soil Test s.r.l.

Regione Toscana

SR 69 Faella – DMT 1



OPZIONI DI CALCOLO	
Valore minimo del Modulo Edometrico utilizzato nel calcolo	0,70 MPa
Spessore strato di Calcolo	0,20 m
Arresto del calcolo	Z = 28,00 m

CALCOLO CEDIMENTI		
(metodo mono-dimensionale convenzionale)		
$S = \sum \frac{\Delta\sigma_v}{M} \Delta z$		
	Cedimenti [mm]	
	55,4	
27,9	95,0	27,9
47,7		47,7
27,9	55,4	27,9

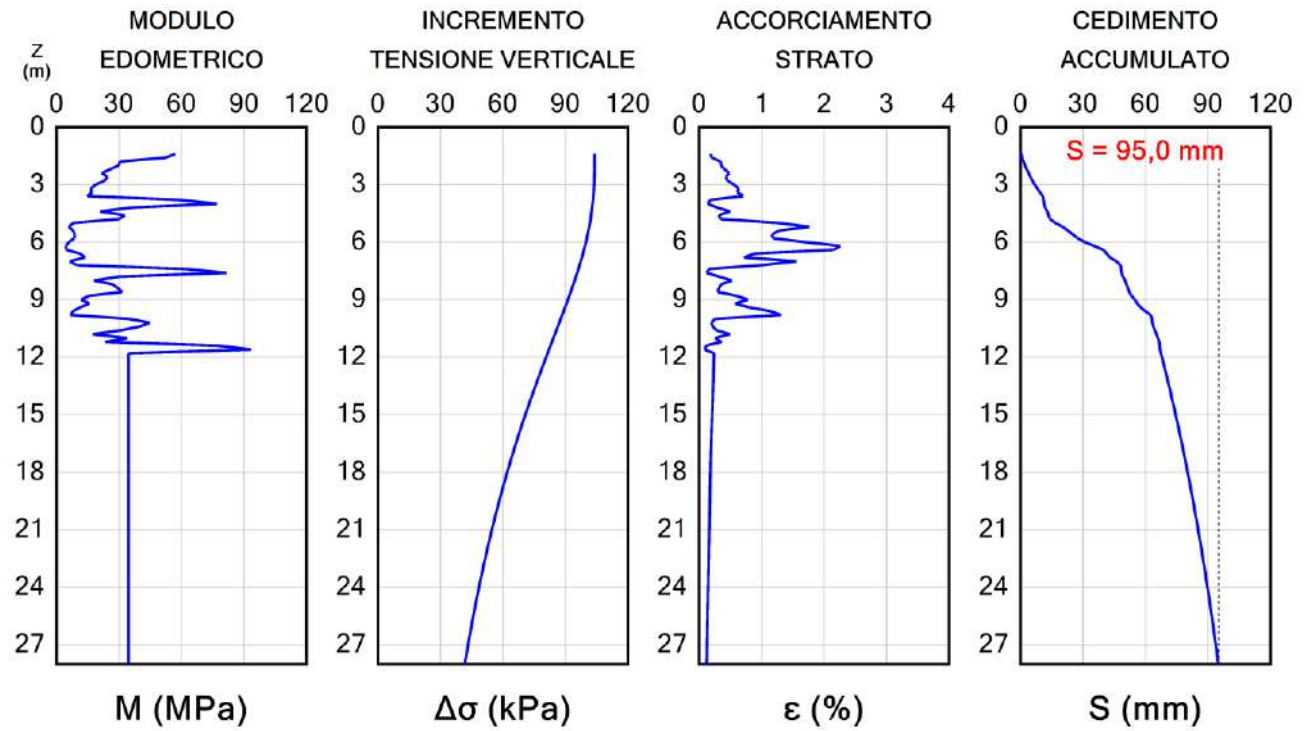
I cedimenti sono calcolati con le formule di interpretazione e il metodo di calcolo raccomandati nel Rapporto TC16 (2001). E' responsabilità del progettista utilizzare procedure alternative ove le ritenga preferibili.

CALCOLO DEI CEDIMENTI - sotto il centro

Soil Test s.r.l.

Regione Toscana

SR 69 Faella - Castelfranco



Cedimento sotto il centro

Z	M	$\sigma'v$	$\Delta\sigma$	ϵ	ΔS	S
[m]	[MPa]	[kPa]	[kPa]	[%]	[mm]	[mm]
1,40	57,0	22	104,00	0,183	0,37	0,4
1,60	52,3	26	104,00	0,199	0,40	0,8
1,80	30,4	30	103,99	0,343	0,69	1,4
2,00	29,9	33	103,98	0,348	0,70	2,1
2,20	25,8	37	103,96	0,404	0,81	3,0
2,40	21,8	40	103,93	0,478	0,96	3,9
2,60	24,4	44	103,89	0,426	0,85	4,8
2,80	23,0	47	103,83	0,452	0,90	5,7
3,00	18,8	50	103,76	0,553	1,11	6,8
3,20	16,4	54	103,66	0,632	1,26	8,0
3,40	17,0	58	103,55	0,609	1,22	9,3
3,60	14,6	61	103,41	0,708	1,42	10,7
3,80	59,0	64	103,26	0,175	0,35	11,0
4,00	77,2	68	103,07	0,134	0,27	11,3
4,20	36,1	72	102,87	0,285	0,57	11,9
4,40	20,8	75	102,64	0,495	0,99	12,8
4,60	32,8	79	102,38	0,312	0,62	13,5
4,80	29,9	82	102,10	0,342	0,68	14,2
5,00	8,1	86	101,79	1,264	2,53	16,7
5,20	5,8	89	101,46	1,764	3,53	20,2
5,40	7,9	93	101,10	1,280	2,56	22,8
5,60	8,7	96	100,72	1,164	2,33	25,1
5,80	8,5	99	100,31	1,180	2,36	27,5
6,00	5,9	103	99,88	1,693	3,39	30,8
6,20	4,4	105	99,42	2,260	4,52	35,4
6,40	4,6	106	98,95	2,151	4,30	39,7
6,60	11,2	108	98,45	0,879	1,76	41,4
6,80	13,7	109	97,93	0,717	1,43	42,9
7,00	6,3	111	97,40	1,558	3,12	46,0
7,20	9,7	112	96,84	1,004	2,01	48,0
7,40	61,8	114	96,27	0,156	0,31	48,3
7,60	81,5	115	95,68	0,117	0,23	48,5
7,80	30,1	117	95,08	0,316	0,63	49,2
8,00	18,0	119	94,46	0,526	1,05	50,2
8,20	26,9	120	93,83	0,349	0,70	50,9
8,40	29,5	122	93,19	0,316	0,63	51,5
8,60	31,5	123	92,54	0,294	0,59	52,1
8,80	15,5	125	91,88	0,595	1,19	53,3
9,00	11,7	126	91,21	0,780	1,56	54,9
9,20	15,8	127	90,54	0,573	1,15	56,0
9,40	11,3	129	89,85	0,795	1,59	57,6
9,60	7,9	130	89,17	1,136	2,27	59,9
9,80	6,8	132	88,47	1,311	2,62	62,5
10,00	34,7	133	87,78	0,253	0,51	63,0
10,20	44,7	135	87,08	0,195	0,39	63,4
10,40	39,9	137	86,37	0,216	0,43	63,8
10,60	30,9	138	85,67	0,278	0,56	64,4
10,80	17,3	140	84,96	0,491	0,98	65,4
11,00	33,9	142	84,26	0,249	0,50	65,9
11,20	23,3	143	83,55	0,359	0,72	66,6
11,40	77,9	145	82,85	0,106	0,21	66,8

11,60	93,6	146	82,15	0,088	0,18	67,0
11,80	34,4	148	81,45	0,237	0,47	67,5
12,00	34,4	150	80,75	0,235	0,47	67,9
12,20	34,4	151	80,05	0,233	0,47	68,4
12,40	34,4	153	79,36	0,231	0,46	68,9
12,60	34,4	154	78,67	0,229	0,46	69,3
12,80	34,4	156	77,98	0,227	0,45	69,8
13,00	34,4	158	77,30	0,225	0,45	70,2
13,20	34,4	159	76,63	0,223	0,45	70,7
13,40	34,4	161	75,95	0,221	0,44	71,1
13,60	34,4	162	75,29	0,219	0,44	71,5
13,80	34,4	164	74,62	0,217	0,43	72,0
14,00	34,4	165	73,97	0,215	0,43	72,4
14,20	34,4	167	73,31	0,213	0,43	72,8
14,40	34,4	169	72,67	0,211	0,42	73,3
14,60	34,4	170	72,03	0,209	0,42	73,7
14,80	34,4	172	71,39	0,208	0,42	74,1
15,00	34,4	173	70,76	0,206	0,41	74,5
15,20	34,4	175	70,14	0,204	0,41	74,9
15,40	34,4	177	69,52	0,202	0,40	75,3
15,60	34,4	178	68,91	0,200	0,40	75,7
15,80	34,4	180	68,31	0,199	0,40	76,1
16,00	34,4	181	67,71	0,197	0,39	76,5
16,20	34,4	183	67,12	0,195	0,39	76,9
16,40	34,4	185	66,53	0,193	0,39	77,3
16,60	34,4	186	65,95	0,192	0,38	77,7
16,80	34,4	188	65,37	0,190	0,38	78,0
17,00	34,4	189	64,81	0,188	0,38	78,4
17,20	34,4	191	64,25	0,187	0,37	78,8
17,40	34,4	193	63,69	0,185	0,37	79,2
17,60	34,4	194	63,14	0,184	0,37	79,5
17,80	34,4	196	62,60	0,182	0,36	79,9
18,00	34,4	197	62,06	0,180	0,36	80,3
18,20	34,4	199	61,53	0,179	0,36	80,6
18,40	34,4	201	61,00	0,177	0,35	81,0
18,60	34,4	202	60,48	0,176	0,35	81,3
18,80	34,4	204	59,97	0,174	0,35	81,7
19,00	34,4	205	59,46	0,173	0,35	82,0
19,20	34,4	207	58,96	0,171	0,34	82,4
19,40	34,4	209	58,47	0,170	0,34	82,7
19,60	34,4	210	57,98	0,169	0,34	83,0
19,80	34,4	212	57,49	0,167	0,33	83,4
20,00	34,4	213	57,01	0,166	0,33	83,7
20,20	34,4	215	56,54	0,164	0,33	84,0
20,40	34,4	217	56,07	0,163	0,33	84,4
20,60	34,4	218	55,61	0,162	0,32	84,7
20,80	34,4	220	55,15	0,160	0,32	85,0
21,00	34,4	221	54,70	0,159	0,32	85,3
21,20	34,4	223	54,25	0,158	0,32	85,6
21,40	34,4	225	53,81	0,156	0,31	85,9
21,60	34,4	226	53,37	0,155	0,31	86,3
21,80	34,4	228	52,94	0,154	0,31	86,6
22,00	34,4	229	52,51	0,153	0,31	86,9
22,20	34,4	231	52,09	0,151	0,30	87,2
22,40	34,4	232	51,67	0,150	0,30	87,5
22,60	34,4	234	51,26	0,149	0,30	87,8

22,80	34,4	236	50,85	0,148	0,30	88,1
23,00	34,4	237	50,45	0,147	0,29	88,4
23,20	34,4	239	50,05	0,146	0,29	88,6
23,40	34,4	240	49,66	0,144	0,29	88,9
23,60	34,4	242	49,27	0,143	0,29	89,2
23,80	34,4	244	48,88	0,142	0,28	89,5
24,00	34,4	245	48,50	0,141	0,28	89,8
24,20	34,4	247	48,13	0,140	0,28	90,1
24,40	34,4	248	47,75	0,139	0,28	90,3
24,60	34,4	250	47,38	0,138	0,28	90,6
24,80	34,4	252	47,02	0,137	0,27	90,9
25,00	34,4	253	46,66	0,136	0,27	91,2
25,20	34,4	255	46,30	0,135	0,27	91,4
25,40	34,4	256	45,95	0,134	0,27	91,7
25,60	34,4	258	45,60	0,133	0,27	92,0
25,80	34,4	260	45,26	0,132	0,26	92,2
26,00	34,4	261	44,91	0,131	0,26	92,5
26,20	34,4	263	44,58	0,130	0,26	92,8
26,40	34,4	264	44,24	0,129	0,26	93,0
26,60	34,4	266	43,91	0,128	0,26	93,3
26,80	34,4	268	43,59	0,127	0,25	93,5
27,00	34,4	269	43,26	0,126	0,25	93,8
27,20	34,4	271	42,94	0,125	0,25	94,0
27,40	34,4	272	42,62	0,124	0,25	94,3
27,60	34,4	274	42,31	0,123	0,25	94,5
27,80	34,4	276	42,00	0,122	0,24	94,8
28,00	34,4	277	41,69	0,121	0,24	95,0