

- ❖ Valutazione rischio sismico, idrogeologico ed ambientale
- ❖ Indagini geofisiche
- ❖ Prove geotecniche in sito e di laboratorio
- ❖ Rilievi geomeccanici
- ❖ Sondaggi geognostici
- ❖ Consolidamenti
- ❖ Monitoraggio geotecnico e strutturale
- ❖ Verifiche di stabilità pendii e fronti di scavo
- ❖ Bonifiche movimenti franosi
- ❖ Idrogeologia
- ❖ Pozzi per acqua
- ❖ Opere sotterranee
- ❖ Cave
- ❖ Dighe
- ❖ Caratterizzazioni, bonifiche e recuperi ambientali
- ❖ Consulenze geologico - ambientali
- ❖ Pianificazioni territoriali
- ❖ Valutazione d'Impatto Ambientale (VIA) e Valutazione Ambientale Strategica (VAS)



STUDIO GEOLOGICO - AMBIENTALE

Dott. Geol. MARCO TERNENZI

OGGETTO: Indagine geologico, geotecnica e sismica a supporto di un progetto per realizzazione di centro fisioterapico, sito nel Comune di Fossano (CN) – Viale della Repubblica.

RELAZIONE GEOLOGICA – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA – MODELLIZZAZIONE SISMICA

Committente	Spett.le Comune di FOSSANO		
Indirizzo	Via Roma, 91 – 12045 FOSSANO (CN)		
Progettista strutturale	Spett.le Studio CURTI & SAFFIRIO Ingegneri Associati		
Indirizzo	Corso Isoardi, 40/A – 12038 SAVIGLIANO (CN)		
Tecnico	Dott. Geol. Marco TERNENZI		
Indirizzo	Via Leonardo Cocito, 5/A – 12042 BRA (CN)		
Normativa di riferimento nazionale	<ul style="list-style-type: none"> ❖ D.M. 14.01.2008 ❖ O.P.C.M. 3274 del 20.03.2003 ❖ R.D. n. 3267 del 30.12.1923 	Dati catastali	Foglio: 122 Mappali: 1317-1319
Normativa di riferimento regionale	<ul style="list-style-type: none"> ❖ P.A.I. - Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po P.R.G.C. ❖ L.R. n. 56 del 05.12.1977 ❖ L.R. n. 45 del 09.08.1989 ❖ D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011 	Comune	FOSSANO
		Provincia	CUNEO
		Codice documento: 18.FOSS.COMUNE3	
<p>12042 BRA (CN) - Via Leonardo Cocito n. 5/A Tel. 331.7715309 E-mail : geoterenzi@tiscali.it PEC: marco.terenzi@pec.geologipiemonte.it</p>			

INDICE

1	PREMESSA.....	Pag.	3
2	LOCALIZZAZIONE AREA DI INTERESSE.....	Pag.	4
3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	Pag.	5
4	CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE.....	Pag.	5
5	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE-IDROLOGICHE.....	Pag.	7
6	RISULTANZE DELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA.....	Pag.	8
7	RISULTANZE DELLA PROVA SISMICA ATTIVA MASW.....	Pag.	11
8	MODELLAZIONE SISMICA/EFFETTI DI SITO.....	Pag.	17
9	MODELLO GEOTECNICO.....	Pag.	20
10	OPERE DI FONDAZIONE ED OPERE DI SOSTEGNO.....	Pag.	22
11	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	Pag.	24
12	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	Pag.	26
13	ALLEGATI.....	Pag.	27
	- Inquadramento topografico (scala 1: 5.000)		
	- Elaborato fotografico (foto aerea)		
	- Elaborato geologico-tecnico (con elementi geomorfologici ed idrogeologici, scala 1:2.500)		
	- Sezione stratigrafica (prospetto nord di progetto modificato, scala 1:100)		
	- Documentazione fotografica		
	- Istogramma della prova penetrometrica eseguita in data 03.03.2018		
	- Caratteristiche del penetrometro medio dinamico DPM30		

1. PREMESSA

La presente relazione geologico, geotecnica e sismica a supporto di un progetto per realizzazione di centro fisioterapico, sito nel Comune di Fossano (CN) – Viale della Repubblica, fa seguito ad un sopralluogo e ad un'indagine geologico-tecnica eseguita in sito, su incarico conferito allo scrivente dal Comune di Fossano, committente dell'intervento.

Le indagini svolte, estese ad un significativo intorno dell'area interessata dagli interventi, in ottemperanza alle Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.2008), sono state finalizzate alla definizione delle condizioni geologico-geomorfologiche del sito e delle proprietà geotecniche dei materiali presenti, con l'obiettivo di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all'assetto territoriale, traendo le opportune valutazioni sulla compatibilità dell'intervento con la situazione litotecnica, geomorfologica, sismica ed idrogeologica locale.

La finalità degli elementi sopra citati è di fornire al Progettista utili indicazioni di portanza dei depositi in sito, nonché di valutare e definire eventuali problematiche geologico-geotecniche ed idrogeologiche, definendo così un programma di eventuali ulteriori indagini sui terreni.

In dettaglio secondo la normativa vigente è stato definito un modello geologico-geotecnico del volume di sottosuolo interagente con l'opera, determinando le proprietà geotecniche e geomeccaniche dei diversi litotipi con riferimento al volume significativo, al fine di permettere la corretta caratterizzazione del sottosuolo e le cui risultanze sono riportate nel presente elaborato tecnico.

Il terreno interessato dall'intervento, ubicato in un'area mediamente urbanizzata, risulta essere occupato allo stato attuale da un complesso sportivo caratterizzato da un'ampia area pertinenziale. La fase esecutiva prevede la realizzazione, nel settore centrale, di un nuovo fabbricato adibito a centro fisioterapico. L'intervento in progetto, come indicato negli elaborati progettuali, richiederà l'esecuzione di scavi e movimenti terra, per i quali dovranno essere previste opere di sostegno di tipo ordinario.

Preliminarmente all'esecuzione dell'indagine in sito, è stata condotta una ricerca dei dati bibliografici e della cartografia tecnica disponibili riguardanti l'area in oggetto, nonché degli elaborati geologico - tecnici allegati al vigente P.R.G.C. ed al Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del bacino del fiume Po.

La presente indagine è eseguita ai sensi della seguente normativa di riferimento:

Normativa Nazionale	Normativa Regionale
O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003 e s.m.i	L.R. n. 56 del 05.12.1977
D.M. 14.01.2008	P.A.I. - Piano per l'Assetto Idrogeologico del fiume Po
R.D. n. 3267 del 30.12.1923	P.R.G.C. - Piano Regolatore Generale Comunale
	L.R. n. 45 del 09.08.1989
	D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011

Si rappresenta che la zona in esame non ricade in area sottoposta a vincolo per scopi idrogeologici, ai sensi del R.D. n. 3267 del 30.12.1923 e della L.R. n. 45 del 09.08.1989.

La metodologia di studio utilizzata nel presente lavoro, di seguito descritta, è stata strutturata secondo una serie di fasi così riassunte:

- ❖ Ricerca bibliografica e cartografica di tutti gli elaborati geologici l.s. ed ambientali allegati al vigente P.R.G.C. (Piano Regolatore Generale Comunale) di Fossano, al Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del bacino del fiume Po ed al P.T.C. (Piano Territoriale di Coordinamento) della Provincia di Cuneo, nonché della cartografia geologica ufficiale (Foglio

n. 80 “Cuneo” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000) e del materiale informativo di supporto (Carta Tecnica Regionale della Regione Piemonte);

- ❖ Esecuzione di un rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio del sito in oggetto e di un suo intorno significativo per una superficie totale di circa 10.000 m² circa;
- ❖ Assistenza nelle fasi esecutive delle indagini dirette realizzate nella zona interessata dall’opera in progetto;
- ❖ Raccolta ed organizzazione dei dati derivanti dalle indagini geologico-tecniche svolte nel lotto di terreno;
- ❖ Elaborazione ed analisi di un modello geologico-geotecnico in grado di interpretare i parametri ottenuti dalle indagini effettuate con i dati desunti dalla ricerca bibliografica e cartografica dell’area oggetto di studio.

Nei successivi capitoli saranno espone alcune note riguardo le caratteristiche topografiche, geomorfologiche, geolitologiche, sismiche, idrogeologiche ed idrologiche dell’area interessata dagli interventi.

2. LOCALIZZAZIONE AREA DI INTERESSE

L’area oggetto d’indagine risulta censita con riferimento catastale “Foglio 122 – Mappali 1317, 1319” e ricade nel territorio comunale di Fossano (CN). Essa è compresa nella cartografia ufficiale del Foglio n. 80 “Cuneo” dell’Istituto Geografico Militare (I.G.M.) alla scala 1:100.000 ed è caratterizzata dal punto di vista geomorfologico da un ambiente di pianura (Figura 2.1).

La zona è ubicata in corrispondenza di viale della Repubblica, alla quota di circa 372 m s.l.m., nel concentrico comunale. Il sito di studio si colloca in un settore sub-pianeggiante, caratterizzato da un medio grado di antropizzazione.

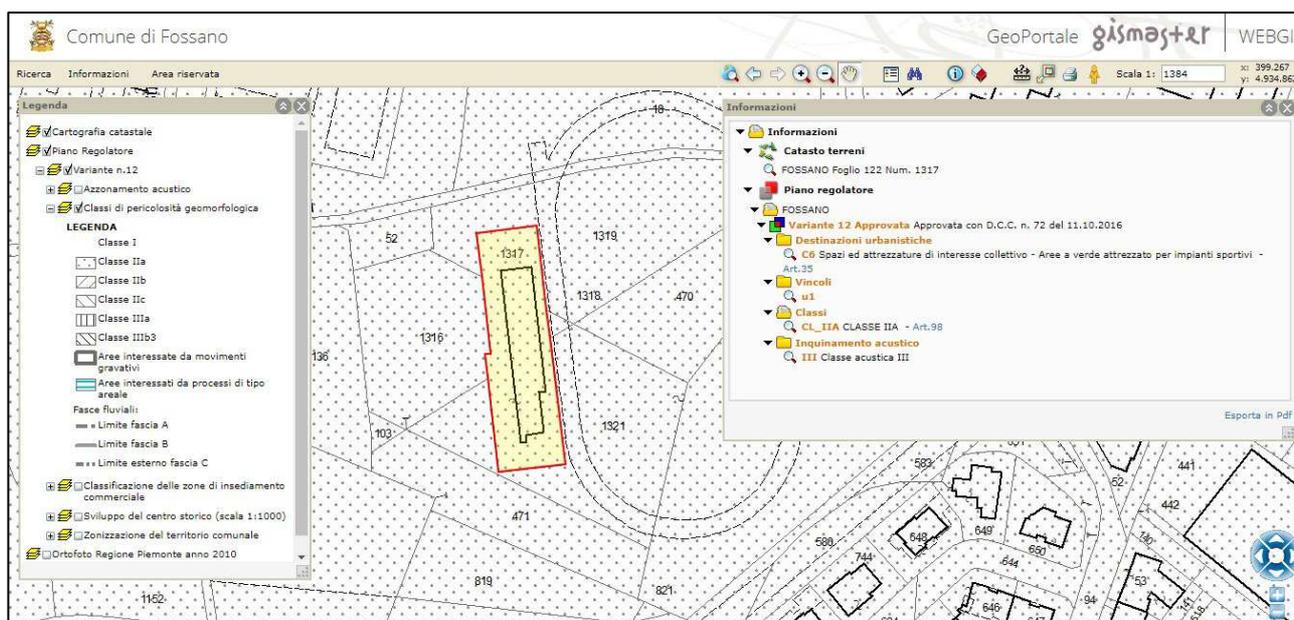


Figura 2.1 – Estratto cartografico del Comune di Fossano, con evidenziato il sito oggetto di studio (da GeoPortale: Comune di Fossano - mod.).

3. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Con riferimento agli strumenti urbanistici comunali e sovracomunali vigenti, l'area oggetto di intervento si colloca in zona C6 (spazi ed attrezzature di interesse collettivo - Aree a verde attrezzato per impianti sportivi). In termini di pericolosità geomorfologica ed idraulica, l'analisi è stata effettuata tenendo presente quanto riportato nella cartografia allegata al P.A.I. (Piano di Assetto Idrogeologico del fiume Po), al SIFraP (Sistema Informativo Fenomeni Franosi in Piemonte) ed alla carta geomorfologica e dei dissesti allegata al vigente P.R.G.C. (Piano Regolatore Generale Comunale). I rilievi svolti in sito non hanno evidenziato la presenza, data la disposizione sub-pianeggiante, di fenomeni di instabilità in atto o potenziali. La verifica dei manufatti presenti nei settori limitrofi dell'area in oggetto non hanno mostrato anch'essi delle lesioni significative e la presenza di piccoli dissesti in alcuni fabbricati è, probabilmente, attribuibile ad assestamenti strutturali delle opere stesse. Alla luce di quanto rilevato il lotto di terreno interessato dallo studio risulta complessivamente stabile, escludendo, al momento dell'indagine, la presenza di dissesti geomorfologici ed idrogeologici in atto o potenziali di entità rilevante. Il sito in esame, come riportato nella Tavola AG7-a "Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica" del P.R.G.C., risulta essere ubicato in un settore del territorio comunale inserito nella Classe IIa. La Classe IIa individua "Aree interessate da problematiche geotecniche superabili nell'ambito del progetto relativo alle fondazioni e caratterizzate da acclività da moderata a sensibile (5°-20°) in assenza di elementi geologici intrinseci tali originare propensione al dissesto".

In conclusione, dal confronto con la cartografia di Piano, l'intervento in oggetto è risultato compatibile con la Normativa Generale.

4. CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE

L'evoluzione geologica dell'area è associata sia alla regressione marina, che dal Pliocene ha interessato il Golfo di Cuneo, sia alla presenza di neofornati corsi d'acqua che durante il Pleistocene, in prossimità delle coste, iniziarono a depositare ghiaie e sabbie grossolane, nonché ai conseguenti cicli deposizionali/erosionali fluvio-glaciali con successive divagazioni dei corsi d'acqua principali (durante l'Olocene). La pianura cuneese, nel Quaternario, è stata caratterizzata dalla deposizione di una coltre alluvionale costituita da depositi fluviali prevalentemente grossolani nel settore occidentale (provenienti dallo smantellamento della catena alpina) e sabbioso-limosi nel settore orientale (provenienti dai depositi costituenti i rilievi collinari delle Langhe e della collina di Torino). Le singolari condizioni morfologiche dell'area sono il risultato della poderosa azione erosiva del Torrente Stura di Demonte e dei suoi tributari; tale azione, anomala rispetto a quella degli altri corsi d'acqua che scorrono in pianura (Torrenti Grana-Mellea, Maira, Varaita, Fiume Po), è da ricercarsi nel fortissimo ringiovanimento del reticolo idrografico del corso d'acqua conseguente al fenomeno di cattura del Fiume Tanaro nei pressi di Bra, attribuibile all'interglaciale Riss-Wurm (tra 75.000 e 125.000 anni fa). La diversione del Tanaro e un sensibile innalzamento tettonico della porzione pianeggiante della pianura tuttora in atto sono stati i fattori responsabili della morfologia del settore meridionale della pianura cuneese, caratterizzata dalla presenza di numerosi altopiani.

Dal punto di vista litologico, sulla base di quanto riportato nel Foglio n. 80 "Cuneo" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1.100.000 (Figura 4.1), nonché nella Tavola AG1-a "Carta geolitologica" allegata al P.R.G.C., in corrispondenza dell'area in esame affiora una sequenza sedimentaria costituita da un livello superficiale di coltre a tessitura fine limoso-argillosa, al di sotto della quale si ritrovano i termini asseribili ai depositi alluvionali caratterizzati da ghiaie a pezzatura centimetrica, molto alterate, con livelli a concrezioni di ossidi di Fe e Mn (denominate Ghiaie ferrettizzate del sistema dei terrazzi di Fossano).

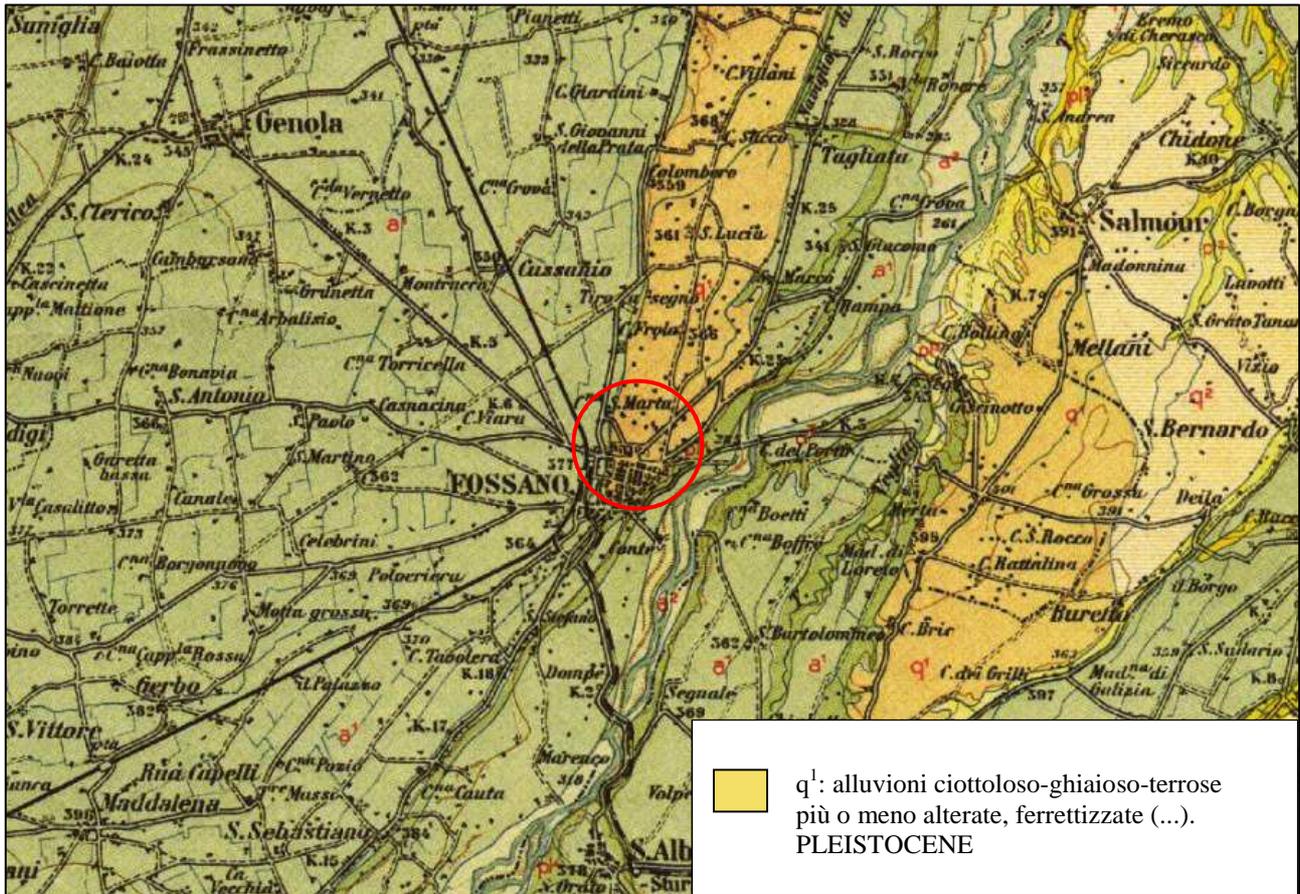


Figura 4.1 – Estratto del Foglio n. 80 “Cuneo” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1.100.000 (da ISPRA-mod.).

In base all’indagine eseguita ed all’analisi di alcune sezioni naturali è emerso che, nel settore interessato dall’intervento in progetto, la potenza del livello superficiale limoso-argilloso ha valore di 3,6 m circa, al di sotto del quale è presente un materiale ghiaioso-sabbioso appartenente a depositi alluvionali (Ghiaie ferrettizzate del sistema dei terrazzi di Fossano).

In particolare, come desunto dalle risultanze della n. 1 prova penetrometrica dinamica (DPM 30) eseguita in sito, spinta fino alla profondità massima di 4,2 m da p.c., l’assetto litostratigrafico locale risulta essere il seguente:

P1)

- da 0,0 a 3,6 m è presente una coltre poco addensata a granulometria prevalentemente limoso-argillosa;
- a partire da 3,6 m di profondità è presente un materiale moderatamente addensato, asseribile a depositi alluvionali, caratterizzato da ghiaie-sabbiose molto alterate.

Profondità (m da p.c.)	Legenda litostratigrafica
0,0 – 3,6	Coltre limoso-argillosa poco addensata.
> 3,6	Depositi alluvionali ghiaioso-sabbiosi molto alterati.

All’interno del litotipo naturale il grado di compattazione e di addensamento, superficialmente poco marcato, risulta essere crescente con la profondità.

5. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE-IDROLOGICHE

Dal punto di vista idrogeologico, l'indagine eseguita non ha evidenziato, nell'area e nella zona circostante, la presenza di emergenze idriche (sorgenti), mentre si segnalano alcuni punti di captazione delle acque sotterranee (pozzi).

Dall'analisi degli studi di CIVITA et al. (2000) "Le risorse idriche sotterranee del territorio cuneese (Piemonte meridionale)" e di DE LUCA et al. (2004) "Studio idrogeologico finalizzato alla caratterizzazione dell'acquifero superficiale nel territorio di pianura della Provincia di Cuneo" sono stati riconosciuti, per l'area di Fossano, i seguenti complessi alluvionali ospitanti diverse tipologie di acquifero:

- Complesso alluvionale attuale (serie quaternaria);
- Complesso alluvionale terrazzato (serie quaternaria);
- Complesso alluvionale principale (serie quaternaria);
- Complesso alluvionale antico (serie quaternaria);
- Complessi sabbioso-ghiaioso e marnoso-argilloso (serie pliocenica);
- Complesso marnoso-argilloso (serie miocenica).

Nel dettaglio il sito di studio è risultato essere caratterizzato da una base dell'acquifero, posta dalla Regione Piemonte ad una profondità di circa 49,0 da m piano campagna. Per tali considerazioni sarà interessato il seguente complesso:

- il Complesso alluvionale antico (serie quaternaria), ospitante un acquifero libero definito sospeso, che affiora in corrispondenza degli areali sub-pianeggianti terrazzati rispetto alla Pianura Principale denominati "Altopiano di Famolasco" ed "Altopiano di Loreto-Salmour" e coincide con le unità geologiche presumibilmente appartenenti al fluvioglaciale e fluviale Mindel. Si tratta di termini alluvionali grossolani ghiaiosi antichi in matrice sabbiosa, eterogenei, poggiati direttamente sulle formazioni sabbioso-marnoso-argillose plioceniche. Le ghiaie mostrano una copertura locale di un paleosuolo limoso-argilloso ferrettizzato, potente mediamente 1,0÷2,0 metri. Al di sopra dell'"Altopiano di Loreto-Salmour", è presente una coltre superficiale di depositi argillosi e limosi di potenza variabile (2,0÷5,0 m): la permeabilità è molto bassa in superficie, con un aumento progressivo in profondità. Entrambi gli altopiani relitti si raccordano con la pianura sottostante attraverso scarpate più o meno acclivi costituendo, in pratica, un sistema acquifero isolato, sospeso ed avulso dagli altri acquiferi liberi della pianura. L'alimentazione risulta legata prevalentemente al regime delle precipitazioni atmosferiche dirette e la direzione di deflusso sotterraneo è condizionata dalla geometria del substrato impermeabile inferiore, di norma la Serie Pliocenica.

Il sito di studio risulta caratterizzato dalla seguente classe di permeabilità:

- Complessi poco permeabili: ghiaie eterometriche in matrice sabbiosa, localmente cementate, fortemente alterate, coperte da una spessa coltre di limi argillosi. Sono presenti locali coperture di limi argilloso-sabbiosi (loess eolico). Appartengono a tale complesso i depositi alluvionali antichi afferenti alle Ghiaie "ferrettizzate" dei sistemi dei terrazzi di Fossano e di Salmour, e le locali coperture di limi argilloso-sabbiosi. Rischio di inquinamento basso (da Carta geoidrologica del P.R.G.C. di Fossano).

Durante l'esecuzione della prova di profondità (03.03.2018) non è stata riscontrata la presenza della falda freatica fino alla profondità massima raggiunta (4,2 m da p.c.).

Dal punto di vista idrologico, si evidenzia l'assenza di possibili fenomeni d'inondazione che possano coinvolgere il lotto in esame ed un intorno significativo di questo, ponendosi quest'area ad una opportuna distanza di sicurezza rispetto ai principali corsi d'acqua del territorio comunale ed essendo presente, in un intorno significativo, un reticolo idrografico secondario di modesta entità.

Infine si rammenta come l'opera prevista da progetto sia ubicata all'esterno della Fascia Fluviale C di pertinenza del T. Stura di Demonte e dalle delimitazioni di pericolosità definite dal PAI.

6. RISULTANZE DELLA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA

I caratteri geotecnici indicativi dei litotipi superficiali presenti nell'area d'indagine sono stati ottenuti, come si è detto, mediante l'elaborazione delle risultanze di n. 1 prova penetrometrica dinamica, eseguita nell'area d'intervento in data 03.03.2018, con penetrometro DPM 30 medio (peso massa battente 30 kg), le cui caratteristiche tecniche sono di seguito descritte. Tale prova è stata spinta fino a rifiuto nel substrato sufficientemente addensato, ad una profondità massima di circa 4,2 m dal piano campagna. L'elaborazione dei dati ottenuti ha portato alla visualizzazione, sia sottoforma di diagramma che di tabella, del numero dei colpi (N) di penetrazione della punta (avanzamento) e della resistenza dinamica alla punta stessa (Rpd), entrambi in rapporto alla profondità. Il parametro caratteristico dello stato di addensamento e/o consistenza ottenibile con l'attrezzatura descritta è la Rd (resistenza di rottura dinamica alla punta) ricavabile con la formula degli olandesi:

$$Rpd = M^2H / [A e (M+P)] = M^2HN / [A\delta (M+P)] \quad (\text{Equazione 6.1})$$

dove:

- Rpd = resistenza dinamica alla punta [area A]
- M = peso della massa battente = 30 kg
- e = infissione per colpo = δ/N ;
- P = peso totale delle aste del sistema battuta (dipende dal numero di aste utilizzate durante la l'esecuzione prova)
- δ = avanzamento punta = 10 cm
- H = Altezza di caduta libera = 0,2 m
- N = N° di colpi punta relativo ad un avanzamento di 10 cm
- A = Area base punta conica = 10 cm

Dai grafici ottenuti dalle prove effettuate, riportate in allegato, è stato possibile valutare la locale resistenza dei terreni e a seconda dell'andamento degli istogrammi individuare i tipi di terreno incontrati. Successivamente è stata eseguita una elaborazione statistica delle prove penetrometriche dinamiche effettuate, che ha permesso una correlazione dei valori di N penetrometrico con i corrispondenti valori di Nspt. Questi ultimi risultano essere più facilmente interpretabili, essendo disponibile una notevole e specifica bibliografia relativa ad essi. Poiché non esiste una standardizzazione delle procedure di esecuzione di tali prove, i valori sono stati convertiti in valori equivalenti di SPT, attraverso un coefficiente di correlazione fornito dai produttori della strumentazione penetrometrica utilizzata. Tale coefficiente, definito β_t (Coefficiente Teorico di Energia), viene calcolato nel seguente modo:

$$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,77 \quad (\text{Equazione 6.2})$$

dove:

- Q_{spt} = 7,83 kg/cm³ (ottenuto dai valori di letteratura)
- Q = Energia specifica per colpo = $MH/A\delta = 6,00$ kg/cm³
- M = peso della massa battente = 30 kg
- δ = avanzamento punta = 10 cm
- H = Altezza di caduta libera = 0,2 m

Un'ulteriore e più approfondita elaborazione ha permesso la stesura della tavola d'interpretazione geotecnica della prova effettuata indicante, dopo una preliminare differenziazione a seconda della natura granulare o coesiva del terreno in esame, i valori dei principali parametri, definiti per ogni differente strato, dedotti da note correlazioni con quelli del numero dei colpi (N) di penetrazione della punta (avanzamento).

Si riportano, di seguito, i parametri geotecnici, da attribuire ai vari terreni, desunti indirettamente dall'elaborazione delle prove eseguite dallo scrivente nell'area indagata e confermati da valori tabellari, nonché dall'analisi del materiale bibliografico disponibile. Si rappresenta che i valori di seguito riportati sono stati ricavati mediando i valori ottenuti dall'elaborazione delle prove di profondità all'interno degli stessi livelli, ed escludendo quei valori che si discostavano eccessivamente dalla media di ogni singolo strato.

PROVA P1

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
 Prova eseguita in data 03/03/2018
 Profondità prova 4,20 m
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	2	0,857	5,72	6,68	0,29	0,33
0,20	2	0,855	5,71	6,68	0,29	0,33
0,30	6	0,853	17,09	20,04	0,85	1,00
0,40	13	0,801	34,76	43,41	1,74	2,17
0,50	13	0,799	34,68	43,41	1,73	2,17
0,60	7	0,847	19,80	23,38	0,99	1,17
0,70	7	0,845	19,76	23,38	0,99	1,17
0,80	6	0,843	16,90	20,04	0,84	1,00
0,90	8	0,842	21,33	25,35	1,07	1,27
1,00	10	0,840	26,61	31,69	1,33	1,58
1,10	10	0,838	26,56	31,69	1,33	1,58
1,20	9	0,836	23,85	28,52	1,19	1,43
1,30	10	0,835	26,45	31,69	1,32	1,58
1,40	12	0,833	31,67	38,03	1,58	1,90
1,50	11	0,831	28,97	34,86	1,45	1,74
1,60	14	0,780	34,59	44,37	1,73	2,22
1,70	15	0,778	36,98	47,54	1,85	2,38
1,80	10	0,826	26,19	31,69	1,31	1,58
1,90	6	0,825	14,92	18,09	0,75	0,90
2,00	7	0,823	17,37	21,11	0,87	1,06
2,10	6	0,822	14,86	18,09	0,74	0,90
2,20	5	0,820	12,36	15,08	0,62	0,75
2,30	5	0,819	12,34	15,08	0,62	0,75
2,40	6	0,817	14,78	18,09	0,74	0,90
2,50	9	0,816	22,13	27,14	1,11	1,36
2,60	8	0,814	19,64	24,12	0,98	1,21
2,70	8	0,813	19,61	24,12	0,98	1,21
2,80	8	0,811	19,57	24,12	0,98	1,21
2,90	9	0,810	20,96	25,88	1,05	1,29
3,00	9	0,809	20,93	25,88	1,05	1,29
3,10	8	0,807	18,57	23,00	0,93	1,15
3,20	8	0,806	18,54	23,00	0,93	1,15
3,30	9	0,805	20,82	25,88	1,04	1,29
3,40	11	0,803	25,41	31,63	1,27	1,58
3,50	10	0,802	23,06	28,75	1,15	1,44
3,60	13	0,751	28,07	37,38	1,40	1,87
3,70	20	0,750	43,11	57,51	2,16	2,88

3,80	20	0,748	43,04	57,51	2,15	2,88
3,90	18	0,747	36,96	49,47	1,85	2,47
4,00	45	0,596	73,71	123,66	3,69	6,18
4,10	48	0,595	78,47	131,91	3,92	6,60
4,20	50	0,594	81,58	137,40	4,08	6,87

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[1] - Strato 1	6,55	3,60	Shioi - Fukui (1982)	0,10

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato 1	6,55	3,60	6,55	Gibbs & Holtz 1957	25,75
[2] - Strato 2	22,98	4,10	22,98	Gibbs & Holtz 1957	46,17

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato 1	6,55	3,60	6,55	Shioi-Fukuni (1982)	24,91
[2] - Strato 2	22,98	4,10	22,98	Owasaki & Iwasaki	36,44

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato 1	6,55	3,60	6,55	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - Strato 2	22,98	4,10	22,98	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m ³)
[1] - Strato 1	6,55	3,60	6,55	Meyerhof ed altri	1,60
[2] - Strato 2	22,98	4,10	22,98	Meyerhof ed altri	2,05

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m ³)
[1] - Strato 1	6,55	3,60	6,55	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90
[2] - Strato 2	22,98	4,10	22,98	Terzaghi-Peck 1948-1967	2,46

7. RISULTANZE DELLA PROVA SISMICA ATTIVA MASW

La presente sezione illustra e descrive l'indagine geofisica di tipo sismico (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves) realizzata nel territorio comunale di Fossano, relativamente ai lavori per la realizzazione di un centro fisioterapico.

Scopo dell'indagine è di definire il parametro V_{S30} per la classificazione sismica dei suoli (in accordo al D.M. 14.01.2008) e successivi aggiornamenti.

L'acquisizione dei dati sismici è stata realizzata con un sismografo Echo 12/24 della Ambrogeo a 12 canali. Lo strumento è fornito di una connessione di rete standard per la comunicazione con un computer portatile su cui è installato un apposito programma che gestisce la visualizzazione, l'analisi e la memorizzazione delle forme d'onda registrate.

I geofoni utilizzati possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5 Hz con distorsione inferiore allo 0,2%. L'energizzazione si è ottenuta con massa battente da 8 kg su piastra metallica. Per l'innesco (trigger) si è utilizzato uno "shock sensor" collegato alla mazza battente e connesso via cavo al sismografo.

Cenni sulla metodologia MASW

La propagazione delle onde di Rayleigh in un mezzo verticalmente eterogeneo è un fenomeno multi-modale: data una determinata stratigrafia, in corrispondenza di una certa frequenza, possono esistere diverse lunghezze d'onda. Di conseguenza, ad una determinata frequenza possono corrispondere diverse velocità di fase, ad ognuna delle quali corrisponde un modo di propagazione e differenti modi di vibrazione possono esibirsi simultaneamente.

La curva di dispersione ottenuta elaborando i dati derivanti dalle indagini sismiche col metodo SWM (surface waves multichannel) è una curva apparente derivante dalla sovrapposizione delle curve relative ai vari modi di vibrazione, e che per i limiti indotti dal campionamento non necessariamente coincide con singoli modi nei diversi intervalli di frequenza campionati.

Il processo di caratterizzazione basato sul metodo delle onde superficiali, in sintesi, può essere suddiviso in tre fasi (Figura 7.1):

1. Acquisizione;
2. Elaborazione;
3. Inversione.

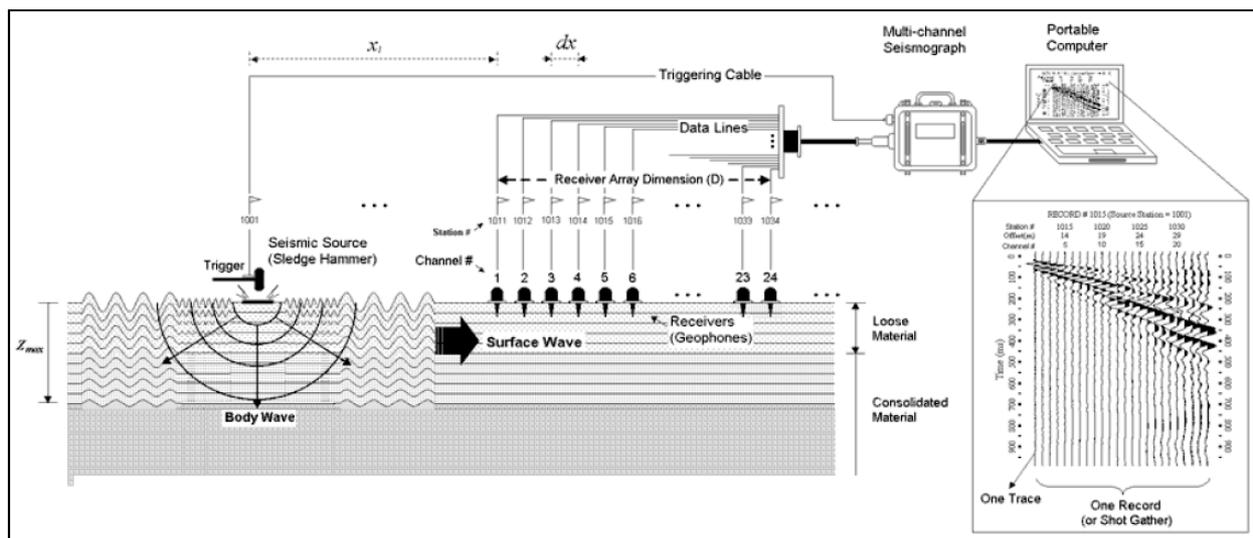


Figura 7.1 – Schema di acquisizione di un'indagine MASW.

I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto ovvero, la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (il codice di calcolo utilizzato è Easy MASW della Geostru).

Esistono diverse tecniche di processing per estrarre dai sismogrammi le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale in dominio f-k (frequenza-numero d'onda). I dati sismici registrati vengono sottoposti a una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal dominio x-t (spazio tempo) al dominio f-k.

Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggiore contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh, e se le caratteristiche del sito sono tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse.

Si dimostra infatti che la velocità delle onde di Rayleigh è associata ai massimi dello spettro f-k; si può ottenere facilmente una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza il picco spettrale, al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh V_R , determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$V_R(f) = 2\pi f/k \quad (\text{Equazione 7.1})$$

Riportando le coppie di valori (V_R, f) in un grafico, si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione. La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo viscoelastico a strati piano-paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati.

Il processo di inversione è iterativo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, ed eventualmente delle informazioni note a priori riguardo la stratigrafia, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza fra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Usualmente, algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati vengono utilizzati per automatizzare la procedura.

Ubicazione dell'indagine, acquisizione ed elaborazione dei dati

Come indicato nell'introduzione, l'indagine ha previsto la realizzazione di una prova MASW che, compatibilmente con gli spazi disponibili in sito, è stata ubicata in corrispondenza del lotto in oggetto con andamento circa N-S. Lo stendimento è stato realizzato posizionando 12 geofoni a 4.5 Hz equispaziati di 2,0 m, per un totale di 24,0 m lineari di stendimento (Figura 7.2).

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un punto di energizzazione posto a un'estremità dello stendimento, alla distanza (offset) di 3,0 m dal primo geofono. In corrispondenza del punto di energizzazione sono stati generati complessivamente n. 5 impulsi sismici.

Le coordinate geografiche assolute (gradi, minuti, secondi) del punto di riferimento del profilo MASW (per il calcolo V_{S30}) sono:

44°33'35.474" N Latitudine
7°43'50.898" E Longitudine



Figura 7.2 – Vista dello stendimento S1 impiegato per l’acquisizione della prova MASW.

I dati acquisiti sono stati elaborati con il software Easy MASW della Geostru software, che analizza la curva di dispersione sperimentale per le onde di Rayleigh. L’inversione numerica della curva, secondo un processo iterativo ai minimi quadrati, consente di ottenere un profilo di velocità delle onde di taglio nel sottosuolo (Figura 7.3-4-5).

Ai fini della definizione della azione sismica di progetto, come riportato nel D.M. delle Infrastrutture 14.01.2008, punto 3.2.2 “Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche”, si definiscono le seguenti categorie di profilo stratigrafico del suolo di fondazione (Tabella 3.2.II - le profondità si riferiscono al piano di posa delle fondazioni superficiali, oppure alla quota di testa dei pali nel caso di fondazioni speciali):

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo (da N.T.C del 2008).

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s,30} > 800$ m/s).

A tali categorie, vengono indicate altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare (Tabella 3.3.III):

Tabella 3.3.III – *Categorie di sottosuolo speciali (da N.T.C del 2008).*

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Nelle definizioni precedenti $V_{s,30}$ è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio e viene calcolata con la seguente espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]} \quad \text{(Equazione 7.1)}$$

La resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$ è definita dall'espressione:

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}} \quad \text{(Equazione 7.2)}$$

La resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ è definita dall'espressione:

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}} \quad \text{(Equazione 7.3)}$$

L'analisi del profilo stratigrafico, riportato nella successiva figura 7.5, evidenzia un assetto sismostratigrafico caratterizzato dalla presenza dei seguenti livelli:

1. un sismostrato superiore, fino alla profondità di circa 4,0 m, composto da terreni incoerenti poco addensati (V_s inferiore a 200 m/s circa);
2. un sismostrato inferiore, la cui base è posta a profondità da p.c. non definita, caratterizzato da terreni da addensati a molto addensati e con grado d'addensamento crescente in funzione della profondità (V_s passante da 380 a 850 m/s circa).

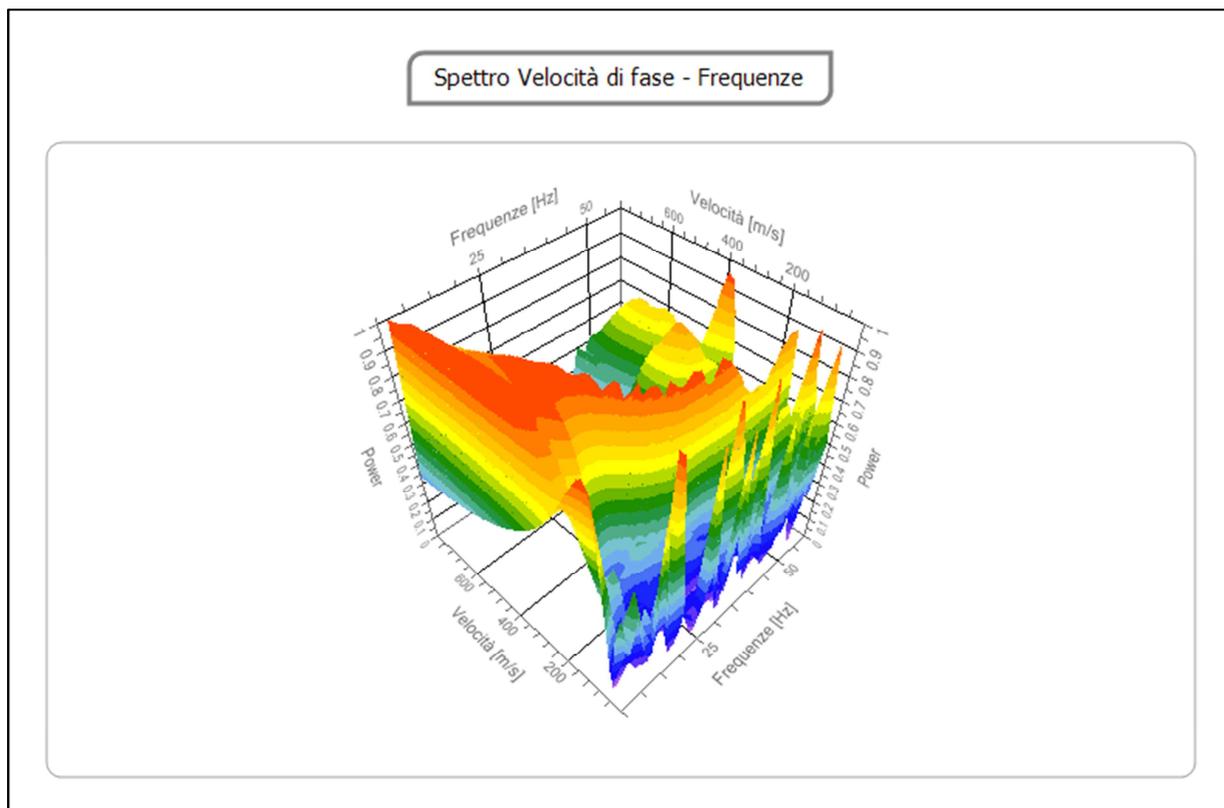


Figura 7.3 – Spettro velocità di fase-frequenza, ottenuto dall'elaborazione della prova MASW.

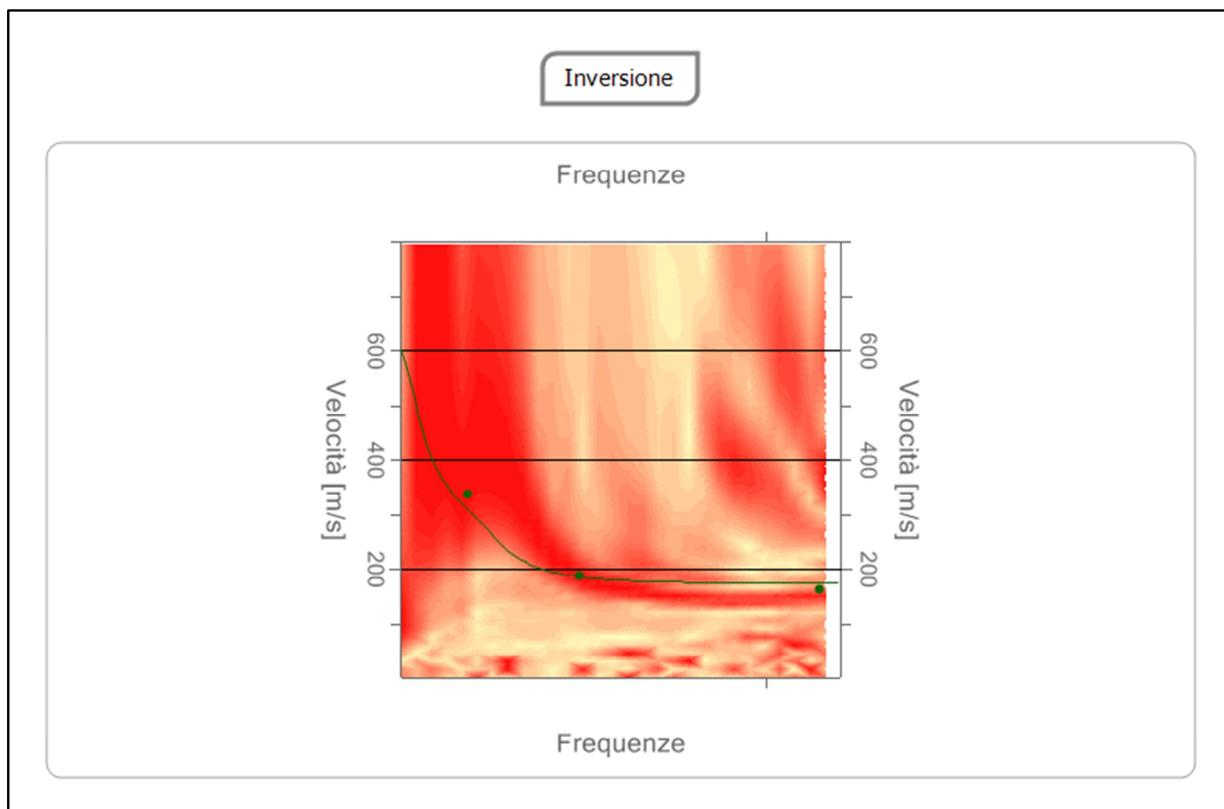


Figura 7.4 – Traccia della curva di dispersione, ottenuta dall'elaborazione della prova MASW.

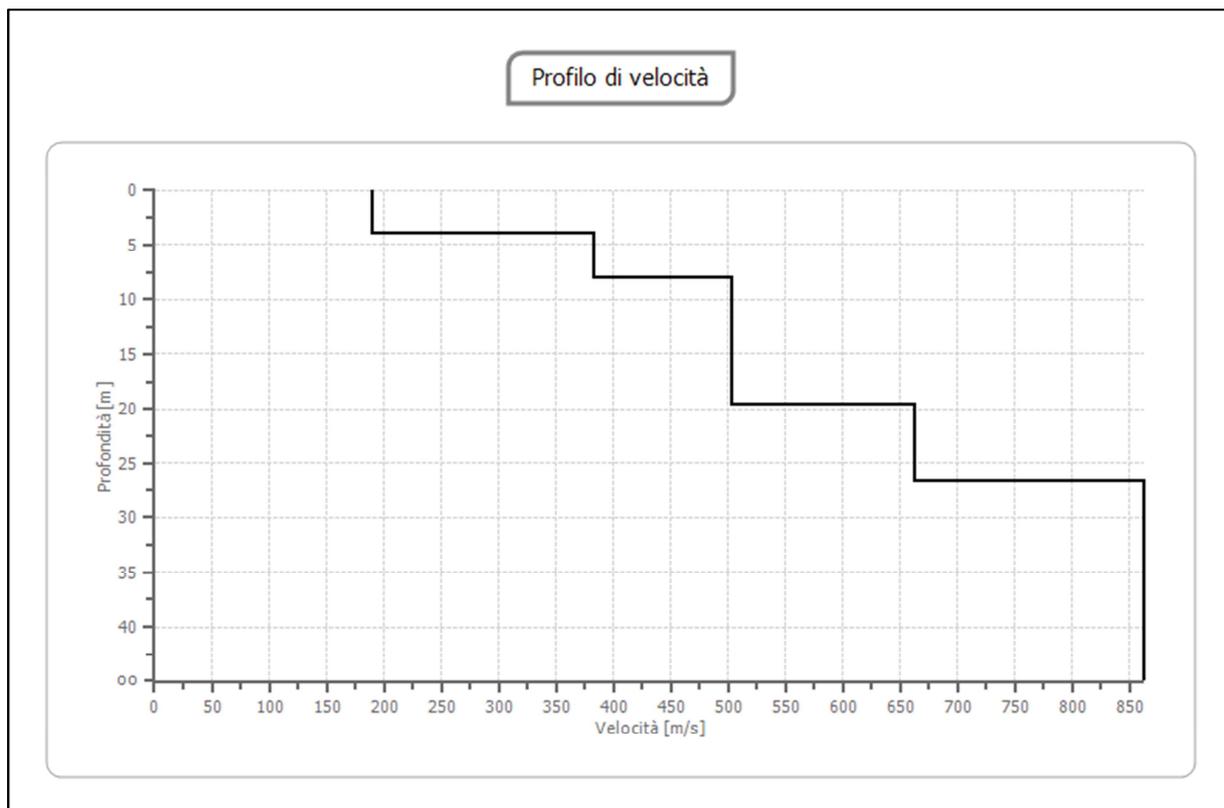


Figura 7.5 – Profilo della velocità delle onde S in funzione della profondità.

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	4.00	4.00	309.6	189.6
2	8.00	4.00	624.2	382.2
3	13.00	5.00	821.8	503.2
4	19.67	6.67	821.8	503.2
5	26.67	7.00	1081.7	662.4
6	29.77	3.10	1408.7	862.7
7	34.17	4.40	1408.7	862.7
8	36.73	2.56	1408.7	862.7
9	40.84	4.11	1408.7	862.7
10	∞	∞	1408.7	862.7

Applicando la formula riportata nelle pagine precedenti (Equazione 7.1), si ottiene per il sito in esame, a partire dalla quota ove è stata realizzata la prova MASW, un valore di:

$$V_{s30} = 434 \text{ m/s}$$

Il profilo sismico di riferimento per l'opera in esame è di tipo B:

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).

8. MODELLIZZAZIONE SISMICA/EFFETTI DI SITO

Con l'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003, aggiornata ai sensi dei D.P.R. forniti dalle Regioni viene introdotta la nuova classificazione sismica dell'intero territorio nazionale. La quale è articolata in 5 zone a diverso grado di sismicità espresso dal parametro A_g (accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A). I valori convenzionali di A_g sono espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g , da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale e sono riferiti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (A_g/g). Per ogni classe sismica i valori convenzionali di A_g assumono i valori riportati nella tabella sottostante.

Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [A_g/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [A_g/g] (da Norme Tecniche)	Zona
> 0,25	0,35	1
0,25 – 0,18	0,25	2
0,18 – 0,15	0,18	3S
0,15 – 0,05	0,15	3
< 0,05	0,05	4

Il Comune di Fossano, interessato dall'intervento studiato, ricade nella classificazione sismica dei Comuni italiani in **Zona 3**. Tale zona corrisponde a:

- Accelerazione orizz. con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [A_g/g] = 0,15 – 0,05
- Accelerazione orizz. di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [A_g/g] = 0,15

Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti S_s e C_c valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_o e T_{c^*} relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.V del D.M., nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo T_{c^*} è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c (da NTC del 2008).

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot a_g / g \geq 1,20$	$1,10 \cdot (T_{c^*})^{-0,20}$

C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1,50$	$1,25 \cdot (Tc^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1,80$	$1,05 \cdot (Tc^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1,60$	$1,15 \cdot (Tc^*)^{-0,40}$

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- Tc^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_r considerati dalla pericolosità sismica, i 3 parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica;
- F_o e Tc^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

Sempre in merito alle indicazioni fornite nel suddetto punto 3.2.2 del D.M. 14.01.2008, si rappresenta che la risposta sismica locale di un sito, oltre che dalle caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo, dipende anche dalla conformazione morfologica dei luoghi. Pertanto, qualora le caratteristiche topografiche dei luoghi non risultino particolarmente complesse (caso nel quale è necessario prevedere una modellizzazione particolare del sito, necessaria per identificare correttamente le caratteristiche di risposta sismica locale), vengono individuate 4 diverse categorie topografiche, rappresentative di altrettante configurazioni superficiali semplici, riportate nella successiva tabella (Tabella 3.2.IV).

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche (da N.T.C del 2008).*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Come riportato nel Decreto, le categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. L'area d'intervento, secondo quanto verificato dai rilevamenti eseguiti in sito, ricade in una zona sub-pianeggiante: pertanto, tale area risulta essere compresa nella categoria topografica T1 = "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

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". Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende quindi necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale per mezzo di specifiche analisi, o in loro assenza, tramite un approccio semplificato, basato sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento. A seguito della

caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, l'identificazione della categoria di sottosuolo viene svolta in base ai valori del parametro velocità equivalente V_{s30} , ottenuto attraverso il rilievo della propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. I rilievi geofisici costituiscono la procedura più affidabile, e fortemente raccomandata, di definizione della categoria di sottosuolo, in alternativa la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) N_{SPT30} nei terreni prevalentemente a granulometria grossolana e della resistenza non drenata equivalente Cu_{30} nei terreni prevalentemente a granulometria fine. Pertanto la stima dei parametri spettrali, necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto, viene effettuata utilizzando come riferimento le coordinate geografiche (o l'indirizzo ove disponibile) riportate nel reticolo di riferimento.

Ai fini della determinazione della pericolosità sismica il primo passo consiste nella determinazione di a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido). Per tale determinazione è necessario conoscere, come anticipato, le coordinate geografiche dell'opera da verificare. Le coordinate geografiche dovranno essere trasformate da gradi sessagesimali a decimali. Si determina, quindi, la maglia di riferimento in base alle tabelle dei parametri spettrali fornite dal ministero e, sulla base della maglia interessata, si determinano i valori di riferimento del punto come media pesata dei valori nei vertici della maglia moltiplicati per le distanze dal punto. Di seguito si riportano i parametri sismici di riferimento validi per il sito in esame:

Tipo di elaborazione: stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame

latitudine: 44,560824
 longitudine: 7,73188
 Classe: 2
 Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 16012	Lat: 44,5425	Lon: 7,6671	Distanza: 5522,107
Sito 2	ID: 16013	Lat: 44,5459	Lon: 7,7371	Distanza: 1708,210
Sito 3	ID: 15791	Lat: 44,5958	Lon: 7,7323	Distanza: 3888,188
Sito 4	ID: 15790	Lat: 44,5924	Lon: 7,6623	Distanza: 6535,275

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B
 Categoria topografica: T1
 Periodo di riferimento: 50anni
 Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO): Probabilità di superamento: 81 % Tr: 30 [anni] ag: 0,028 g Fo: 2,512 Tc*: 0,194 [s]		Danno (SLD): Probabilità di superamento: 63 % Tr: 50 [anni] ag: 0,035 g Fo: 2,562 Tc*: 0,209 [s]	
Salvaguardia della vita (SLV): Probabilità di superamento: 10 % Tr: 475 [anni] ag: 0,073 g Fo: 2,676 Tc*: 0,287 [s]		Prevenzione dal collasso (SLC): Probabilità di superamento: 5 % Tr: 975 [anni] ag: 0,089 g Fo: 2,737 Tc*: 0,296 [s]	

Coefficienti Sismici

SLO: Ss: 1,200 Cc: 1,530 St: 1,000 Kh: 0,007 Kv: 0,003 Amax: 0,325 Beta: 0,200	SLD: Ss: 1,200 Cc: 1,500 St: 1,000 Kh: 0,008 Kv: 0,004 Amax: 0,406 Beta: 0,200
SLV: Ss: 1,200 Cc: 1,410 St: 1,000 Kh: 0,018 Kv: 0,009 Amax: 0,863 Beta: 0,200	SLC: Ss: 1,200 Cc: 1,400 St: 1,000 Kh: 0,021 Kv: 0,011 Amax: 1,049 Beta: 0,200

9. MODELLO GEOTECNICO

Le indagini eseguite hanno evidenziato la presenza in sito di una coltre superficiale in matrice limoso-argillosa poco addensata fino a circa 3,6 m dal piano campagna. A partire da 3,6 m di profondità è presente un materiale ghiaioso-sabbioso molto alterato e moderatamente addensato (Ghiaie ferrettizzate del sistema dei terrazzi di Fossano).

Al fine della ricostruzione del modello geotecnico dell'area d'intervento, finalizzato a fornire tutti i dati geotecnici necessari per il progetto e le verifiche delle fondazioni, nonché per l'impostazione delle successive attività di monitoraggio, sulla base della stratigrafia ottenuta dalle indagini eseguite, è stato possibile individuare le seguenti unità litologiche aventi caratteristiche geotecniche omogenee:

Unità litologica	Litologia	Profondità massima [m da p.c.]	Tipo	Classif. A.G.I.	VALORI MEDI		
					γ_m [t/m ³]	φ'_m [°]	c'_m [kg/cm ²]
1	Coltre limoso-argillosa	0,0 – 3,6	Incoerente Coesivo	Poco addensato	1,6	25	0,1
2	Depositi ghiaioso-sabbiosi	> 3,6	Incoerente	Moderatamente addensato	2,0	36	-

dove:

Nspt: numero colpi riferibili ad una prova SPT;

γ_m : peso di volume secco;

φ'_m : angolo di attrito interno;

c'_m : coesione efficace.

Lo schema geotecnico valido per l'area d'intervento, dedotto dalle indagini eseguite è il seguente:

- ❖ piano campagna di riferimento locale: sub-orizzontale;
- ❖ volume significativo: Unità litologica 1+2;
- ❖ valori medi parametri: vedasi tabella precedente.

Di seguito si riportano i valori caratteristici coincidenti con i valori medi da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M1, ai sensi del D.M. 14.01.2008.

					VALORI CARATTERISTICI		
Unità litologica	Litologia	Profondità massima [m da p.c.]	Tipo	Classif. A.G.I.	γ_k [t/m ³]	φ'_k [°]	c'_k [kg/cm ²]
1	Coltre limoso-argillosa	0,0 – 3,6	Incoerente Coesivo	Poco addensato	1,6	25	0,1
2	Depositi ghiaioso-sabbiosi	> 3,6	Incoerente	Moderatamente addensato	2,0	36	-

dove:

Nspt: numero colpi riferibili ad una prova SPT;

γ_k : peso di volume secco;

φ'_k : angolo di attrito interno;

c'_k : coesione efficace.

I valori di progetto da adottare nei calcoli ove vengano previste Combinazioni contenenti M2, dovranno essere ottenuti dividendo i valori caratteristici per un coefficiente riduttivo parziale secondo quanto indicato nell'Eurocodice 7 e nel D.M. 14.01.2008 – NTC. Tali parametri vengono ottenuti dividendo i valori caratteristici per i seguenti coefficienti di riduzione:

- $\gamma_d = \gamma_k/1$;
- $\varphi'_d = \varphi'_k/1,25$;
- $C_d = C_k/1,4$.

					VALORI DI PROGETTO		
Unità litologica	Litologia	Profondità massima [m da p.c.]	Tipo	Classif. A.G.I.	γ_d [t/m ³]	φ'_d [°]	c'_d [kg/cm ²]
1	Coltre limoso-argillosa	0,0 – 3,6	Incoerente Coesivo	Poco addensato	1,6	20	0,07
2	Depositi ghiaioso-sabbiosi	> 3,6	Incoerente	Moderatamente addensato	2,0	29	-

dove:

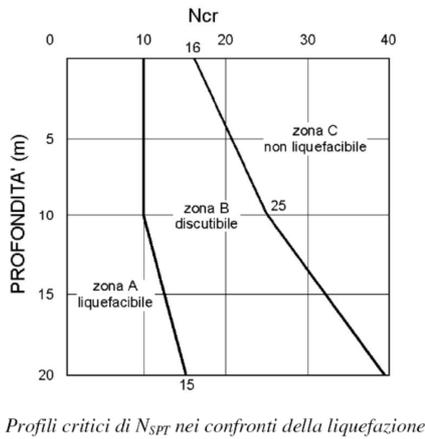
Nspt: numero colpi riferibili ad una prova SPT;

γ_d : peso di volume secco;

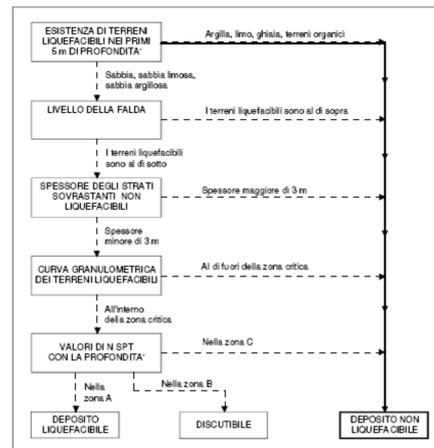
φ'_d : angolo di attrito interno;

c'_d : coesione.

Per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione in fase sismica del deposito in esame, si fa ricorso alla procedura proposta da *Sherif & Ishibashi* (1978); dall'abaco sottostante si rileva che il deposito in esame non rientra tra quelli passibili di liquefazione in fase sismica, per assenza dei seguenti fattori predisponenti: granulometria.



PROCEDURA SEMPLIFICATA PER LA VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIVITA' ALLA LIQUEFAZIONE DI UN DEPOSITO (Sheriff & Ishibashi, 1978).



Dall'analisi effettuata è emerso che i terreni presenti in sito, al di sotto del piano di appoggio delle opere fondazionali, non risultano liquefacibili.

10. OPERE DI FONDAZIONE

Premessa

Visti i predetti valori caratteristici e di progetto ottenuti, da utilizzarsi nelle varie tipologie di verifiche da parte del Progettista, tutte le opere e le componenti strutturali dovranno essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione al fine di consentirne la prevista utilizzazione in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalla normativa vigente.

Il superamento di uno stato limite ultimo (SLU) ha carattere irreversibile e si definisce collasso. Il superamento di uno stato limite di esercizio (SLE) può avere carattere reversibile o irreversibile.

Il superamento di uno stato limite di esercizio (SLE) ha carattere reversibile nel caso che si esamini una situazione in cui la deformazione o il danno cessino con l'estinguersi della causa che ha determinato il superamento dello stato limite. Se, pur non avendosi il collasso, l'opera subisce dissesti tali da renderla inutilizzabile, in quest'ultimo caso siamo in presenza di danni irreversibili o di deformazioni permanenti inaccettabili. Ad esempio, nel caso di una fondazione superficiale ciò può verificarsi quando i cedimenti del terreno superano una soglia critica, provocando delle distorsioni angolari non accettabili negli elementi della sovrastruttura.

Per le opere esistenti è possibile fare riferimento a livelli di sicurezza diversi da quelli delle nuove opere ed è anche possibile considerare solo gli stati limite ultimi (SLU).

La verifica della sicurezza nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) di resistenza si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti parziali" di sicurezza tramite l'equazione:

$$R_d > E_d \quad \text{(Equazione 10.1)}$$

con:

R_d = resistenza di progetto, valutata in base ai valori di progetto della resistenza dei materiali e ai valori nominali delle grandezze geometriche interessate (di pertinenza del geotecnico e dello strutturista);

Ed = valore di progetto dell'effetto delle azioni, valutato in base ai valori di progetto nelle varie combinazioni di carico (di pertinenza dello strutturista).

Disponendo dei carichi indotti dalle strutture in progetto, nonché dei parametri caratteristici e di progetto forniti, dovranno essere effettuate dal Progettista le verifiche ai diversi stati limite del sistema geotecnico per le combinazioni A1+M1+R1, A2+M2+R2 e A1+M1+R3, suddivise nei 2 approcci previsti, applicando i coefficienti parziali sui parametri del D.M. 14.01.2008 indicati nella tabella seguente.

Tabella 10.1 – Coefficienti parziali e relativi parametri (da N.T.C del 2008).

PARAMETRO		COEFFICIENTE PARZIALE		
		A1	A2	
Carichi permanenti		$\gamma_G = 1,3$	$\gamma_G = 1,0$	
Carichi variabili		$\gamma_Q = 1,5$	$\gamma_Q = 1,3$	
PARAMETRO		COEFFICIENTE PARZIALE		
		M1	M2	
Angolo di attrito	$\tan \Phi'$	$\gamma_{\Phi'} = 1,00$	$\gamma_{\Phi'} = 1,25$	
Coesione	c'	$\gamma_{c'} = 1,00$	$\gamma_{c'} = 1,25$	
Resistenza non drenata	C_u	$\gamma_{C_u} = 1,00$	$\gamma_{C_u} = 1,40$	
Peso di volume	γ	$\gamma_{\gamma} = 1,00$	$\gamma_{\gamma} = 1,0$	
PARAMETRO		COEFFICIENTE PARZIALE		
		R1	R2	R3
Carico limite		$\gamma_R = 1,0$	$\gamma_R = 1,8$	$\gamma_R = 2,3$

Opere di fondazione

Sulla base del modello geologico e geotecnico locale si evince come le opere fondazionali del manufatto in progetto trasferiranno le azioni ai depositi sufficientemente addensati.

Non disponendo, allo stato attuale, dei valori dei carichi ed azioni indotti dal manufatto in oggetto per le verifiche di tali opere si rimanda alla Relazione sulle opere fondazionali a firma del Progettista delle strutture.

Nel caso il Progettista delle verifiche delle opere fondazionali nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzi i seguenti approcci: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 1: (A1+M1+R1) e DA1.2 - Approccio 2 - Combinazione 1: (A1+M1+R3) i parametri di riferimento che dovranno essere utilizzati saranno quelli caratteristici ($\gamma_k, C_{u_k}, \phi'_k$). Nel caso venga invece utilizzato il seguente approccio: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), i parametri da utilizzare saranno quelli di progetto ($\gamma_d, C_{u_d}, \phi'_d$).

Opere di sostegno

Le operazioni di scavo e sbancamento previste da progetto, a seguito delle indagini superficiali eseguite, dovranno essere precedute dalla realizzazione di opere di contenimento temporanee, in modo da confinare la zona soggetta al detensionamento indotto dalle operazioni di scavo.

La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno - terreno dovrà essere effettuata secondo l'approccio: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), utilizzando i parametri di progetto ($\gamma_d, C_{u_d}, \phi'_d$).

Le rimanenti verifiche dovranno essere effettuate secondo almeno uno dei seguenti approcci: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 1: (A1+M1+R1) (STRU) utilizzando i parametri di progetto ($\gamma_k, C_{u_k}, \phi'_k$) e DA1.2 - Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2) (GEO) utilizzando i parametri di progetto ($\gamma_d, C_{u_d}, \phi'_d$) oppure DA1.2 - Approccio 2 - Combinazione 1: (A1+M1+R3) utilizzando i parametri di progetto ($\gamma_k, C_{u_k}, \phi'_k$).

11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

- ❖ La presente relazione geologico, geotecnica e sismica a supporto di un progetto per realizzazione di centro fisioterapico, sito nel Comune di Fossano (CN) – Viale della Repubblica, fa seguito ad un sopralluogo e ad un'indagine geologico-tecnica eseguita in sito, su incarico conferito allo scrivente dal Comune di Fossano, committente dell'intervento. Le indagini svolte, estese ad un significativo intorno dell'area interessata dagli interventi, in ottemperanza alle Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.2008), sono state finalizzate alla definizione delle condizioni geologico-geomorfologiche del sito e delle proprietà geotecniche dei materiali presenti, con l'obiettivo di definirne le potenzialità di fruizione in relazione all'assetto territoriale, traendo le opportune valutazioni sulla compatibilità dell'intervento con la situazione litotecnica, geomorfologica, sismica ed idrogeologica locale. La finalità degli elementi sopra citati è di fornire al Progettista utili indicazioni di portanza dei depositi in sito, nonché di valutare e definire eventuali problematiche geologico-geotecniche ed idrogeologiche, definendo così un programma di eventuali ulteriori indagini sui terreni.
- ❖ Il sito in esame, come riportato nella Tavola AG7-a “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica” del P.R.G.C., risulta essere ubicato in un settore del territorio comunale inserito nella Classe IIa. La Classe IIa individua “Aree interessate da problematiche geotecniche superabili nell'ambito del progetto relativo alle fondazioni e caratterizzate da acclività da moderata a sensibile (5°-20°) in assenza di elementi geologici intrinseci tali originare propensione al dissesto”.
- ❖ Dal punto di vista litologico, sulla base di quanto riportato nel Foglio n. 80 “Cuneo” della Carta Geologica d'Italia alla scala 1.100.000, nonché nella Tavola AG1-a “Carta geolitologica” allegata al P.R.G.C., in corrispondenza dell'area in esame affiora una sequenza sedimentaria costituita da un livello superficiale di coltre a tessitura fine limoso-argillosa, al di sotto della quale si ritrovano i termini asseribili ai depositi alluvionali caratterizzati da ghiaie a pezzatura centimetrica, molto alterate, con livelli a concrezioni di ossidi di Fe e Mn (denominate Ghiaie ferrettizzate del sistema dei terrazzi di Fossano).
- ❖ Il terreno esaminato, in base alle caratteristiche geotecniche dei litotipi presenti in sito nonché da quanto emerso dalle indagini eseguite, rientra all'interno della categoria B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).
- ❖ La modellazione sismica sito dipendente del Comune di Fossano, interessato dall'intervento in esame, ricade nella classificazione sismica dei Comuni italiani in Zona 3.
- ❖ Dal punto di vista idrogeologico, l'indagine eseguita non ha evidenziato, nell'area e nella zona circostante, la presenza di emergenze idriche (sorgenti), mentre si segnalano alcuni punti di captazione delle acque sotterranee (pozzi). Durante l'esecuzione della prova di profondità (03.03.2018) non è stata riscontrata la presenza della falda freatica fino alla profondità massima raggiunta (4,2 m da p.c.).
- ❖ Dal punto di vista idrologico, si evidenzia l'assenza di possibili fenomeni d'inondazione che possano coinvolgere il lotto in esame ed un intorno significativo di questo, ponendosi quest'area ad una opportuna distanza di sicurezza rispetto ai principali corsi d'acqua del territorio comunale ed essendo presente, in un intorno significativo, un reticolo idrografico secondario di modesta entità. Infine si rammenta come l'opera prevista da progetto sia ubicata all'esterno

della Fascia Fluviale C di pertinenza del T. Stura di Demonte e dalle delimitazioni di pericolosità definite dal PAI.

- ❖ Sulla base del modello geologico e geotecnico locale si evince come le opere fondazionali del manufatto in progetto trasferiranno le azioni ai depositi sufficientemente addensati. Non disponendo, allo stato attuale, dei valori dei carichi ed azioni indotti dal manufatto in oggetto per le verifiche di tali opere si rimanda alla Relazione sulle opere fondazionali a firma del Progettista delle strutture. Nel caso il Progettista delle verifiche delle opere fondazionali nei confronti dei diversi Stati Limite strutturali (STR) e geotecnici (GEO) utilizzi i seguenti approcci: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 1: (A1+M1+R1) e DA1.2 - Approccio 2 - Combinazione 1: (A1+M1+R3) i parametri di riferimento che dovranno essere utilizzati saranno quelli caratteristici ($\gamma_k, C_{u,k}, \phi'_k$). Nel caso venga invece utilizzato il seguente approccio: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), i parametri da utilizzare saranno quelli di progetto ($\gamma_d, C_{u,d}, \phi'_d$).
- ❖ Le operazioni di scavo e sbancamento previste da progetto, a seguito delle indagini superficiali eseguite, dovranno essere precedute dalla realizzazione di opere di contenimento temporanee, in modo da confinare la zona soggetta al detensionamento indotto dalle operazioni di scavo. La verifica di stabilità globale del complesso opera di sostegno - terreno dovrà essere effettuata secondo l'approccio: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 2: (A2+M2+R2), utilizzando i parametri di progetto ($\gamma_d, C_{u,d}, \phi'_d$). Le rimanenti verifiche dovranno essere effettuate secondo almeno uno dei seguenti approcci: DA1.1 - Approccio 1 - Combinazione 1: (A1+M1+R1) (STRU) utilizzando i parametri di progetto ($\gamma_k, C_{u,k}, \phi'_k$) e DA1.2 - Approccio 1 Combinazione 2: (A2+M2+R2) (GEO) utilizzando i parametri di progetto ($\gamma_d, C_{u,d}, \phi'_d$) oppure DA1.2 - Approccio 2 - Combinazione 1: (A1+M1+R3) utilizzando i parametri di progetto ($\gamma_k, C_{u,k}, \phi'_k$).

In base a quanto ottenuto dalle indagini geologico-geotecniche e sismiche di dettaglio, realizzate nel sito oggetto di studio, si conclude positivamente l'attività svolta, ritenendo il lotto di terreno idoneo alla realizzazione dell'opera in progetto e attestando la fattibilità geologica-geotecnica dell'intervento progettuale.

La presente relazione costituisce adempimento alle Norme Tecniche di cui al D.M. 14.01.2008.

Si rimane a disposizione per eventuali chiarimenti in merito.

Bra, 14 Marzo 2018



Dott. Geol. Marco TEREZI

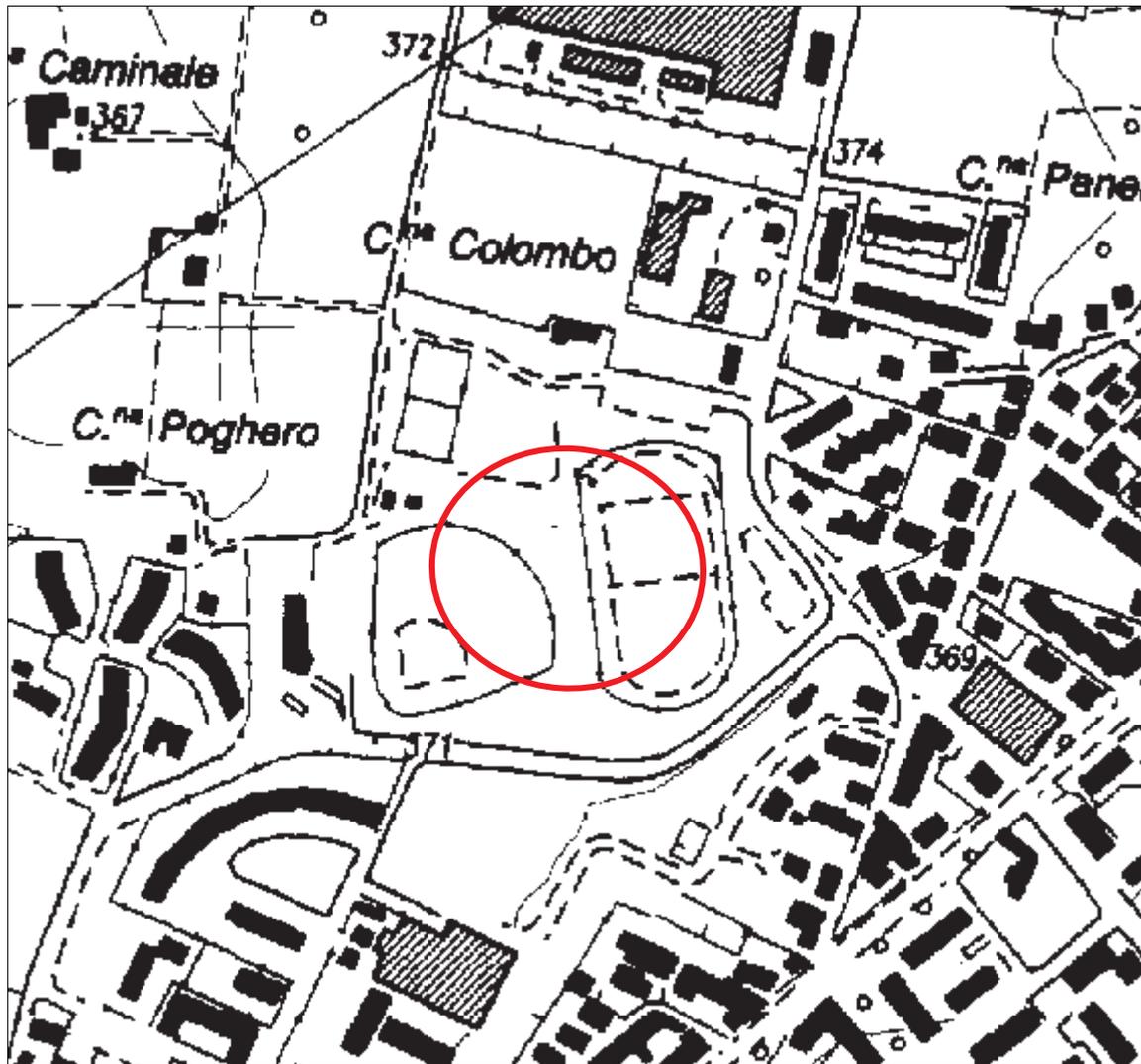
12. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- ❖ ANSALDI G. & MAFFEO B. (1981) “Le acque sotterranee della pianura cuneese. Parte VI. In: Inventario delle risorse idriche della Provincia di Cuneo, Amm. Prov. di Cuneo, Quaderno n. 33, pp. 118-120.
- ❖ CASADIO M. & ELMI C. (2006) “Il manuale del geologo”, Ed. Pitagora, pp. 760, Bologna.
- ❖ CESTARI F. (1990) “Prove geotecniche in sito” Ed. Geo-Graph snc. Segrate (MI).
- ❖ CELICO P. (2003) “Elementi di idrogeologia”, Ed. Liguori, pp. 145, Napoli.
- ❖ CHERUBINI C. & ORR T.L.L. (1999) “Considerations on applicability of semiprobabilistic bayesian methods to geotechnical design”, XX Convegno Nazionale di Geotecnica, Parma.
- ❖ CIVITA M., FIORUCCI A., OLIVERO G. & VIGNA B. (2000) “Schema idrogeologico della Pianura Cuneese alla scala 1:200.000, Tav. 1, Torino.
- ❖ DECRETO MINISTERIALE 14.01.2008 “Norme tecniche per le costruzioni”.
- ❖ D. MINISTERO LL.PP. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate (...)" Suppl. Ord. alla Gazzetta Ufficiale n. 4 del 1.06.1988.
- ❖ D. MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI 14.09.2005 “Testo Unitario delle Norme Tecniche per le costruzioni” Suppl. Ord. n. 159 alla Gazzetta Ufficiale n. 222 del 23.09.2005.
- ❖ DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA REGIONALE n. 4-3084 del 12 .12.2011 “Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attivita' urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico (...)” Bollettino Ufficiale della Regione Piemonte ai sensi dell’articolo 61 dello statuto e dell’art. 5 della L.R. n. 22/2010.
- ❖ EN 1998-1 (rev. 2003) “Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance” CEN/TC250/SC-8.
- ❖ LUPINI J.F., SKINNER A.E., VAUGHAN P.R. (1981) “The Drained Residual Strength of Cohesive Soils” Geotechnique 31, n. 2, pp 181-213.
- ❖ ORDINANZA DELLA PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI n. 3274 del 20 marzo 2003 – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche”.
- ❖ ORDINANZA DELLA PRESIDENZA DEL CONSIGLIO DEI MINISTRI n. 3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" Gazzetta Ufficiale n. 108 del 11.05.2006.
- ❖ P.R.G.C.
- ❖ REGIONE PIEMONTE “Piano di tutela delle acque”.
- ❖ YOUD T. L. & PERKINS D. M. (1978) “Mapping of liquefaction induced ground failure potential”, Journal of Geotechnical Engineering, ASCE, Vol. 104, n. 4, pp. 433-446.

13. ALLEGATI

INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Scala 1:5.000



Legenda



Ubicazione area d'indagine

ELABORATO FOTOGRAFICO

(Foto aerea dell'area in esame)



Legenda



Ubicazione area d'indagine

CARTA GEOLOGICO - TECNICA

(con elementi geomorfologici ed idrogeologici)

Scala 1:2.500



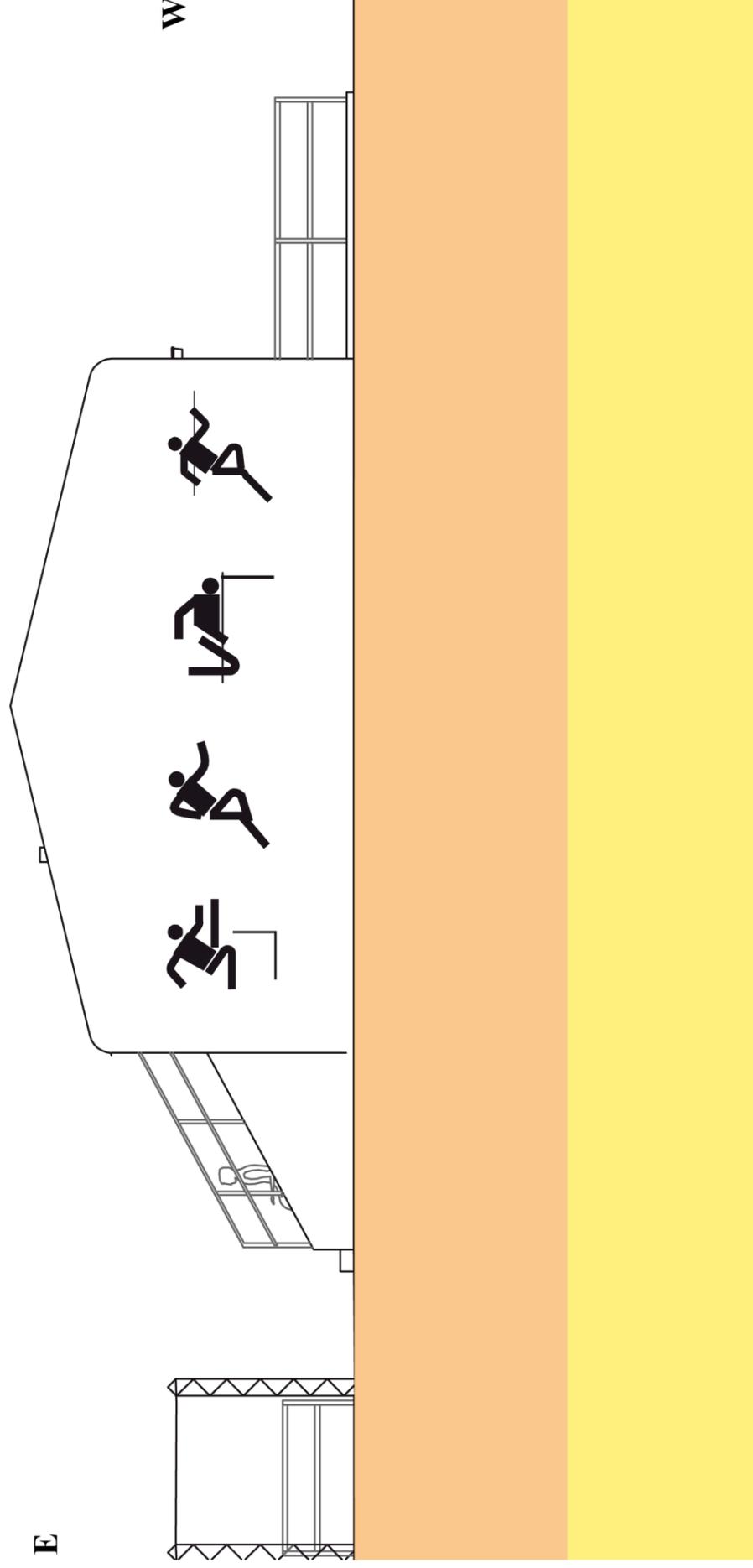
LEGENDA

-  Ghiaie ferrettizzate del sistema dei terrazzi di Fossano: Sequenza sedimentaria costituita da un livello superficiale di coltre a tessitura fine limoso-argillosa, al di sotto della quale si ritrovano i termini asseribili ai depositi alluvionali caratterizzati da ghiaie a pezzatura centimetrica, molto alterate, con livelli a concrezioni di ossidi di Fe e Mn (estratto della Tavola AG1-a “Carta geolitologica” del P.R.G.C., mod.).
-  Classe IIa: Aree interessate da problematiche geotecniche superabili nell'ambito del progetto relativo alle fondazioni e caratterizzate da acclività da moderata a sensibile (5°-20°) in assenza di elementi geologici intrinseci tali originare propensione al dissesto (estratto della Tavola AG7-a “Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica” del P.R.G.C., mod.).
-  Ubicazione della prova penetrometrica dinamica eseguita.
-  Ubicazione della prova sismica MASW eseguita.

SEZIONE STRATIGRAFICA

(Prospetto *NORD modificato*)

Scala 1:100



LEGENDA

-  Coltre poco addensata a granulometria prevalentemente limoso-argillosa.
-  Ghiaie ferretizzate del sistema dei terrazzi di Fossano: Materiale moderatamente addensato caratterizzato da ghiaie-sabbiose molto alterate.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

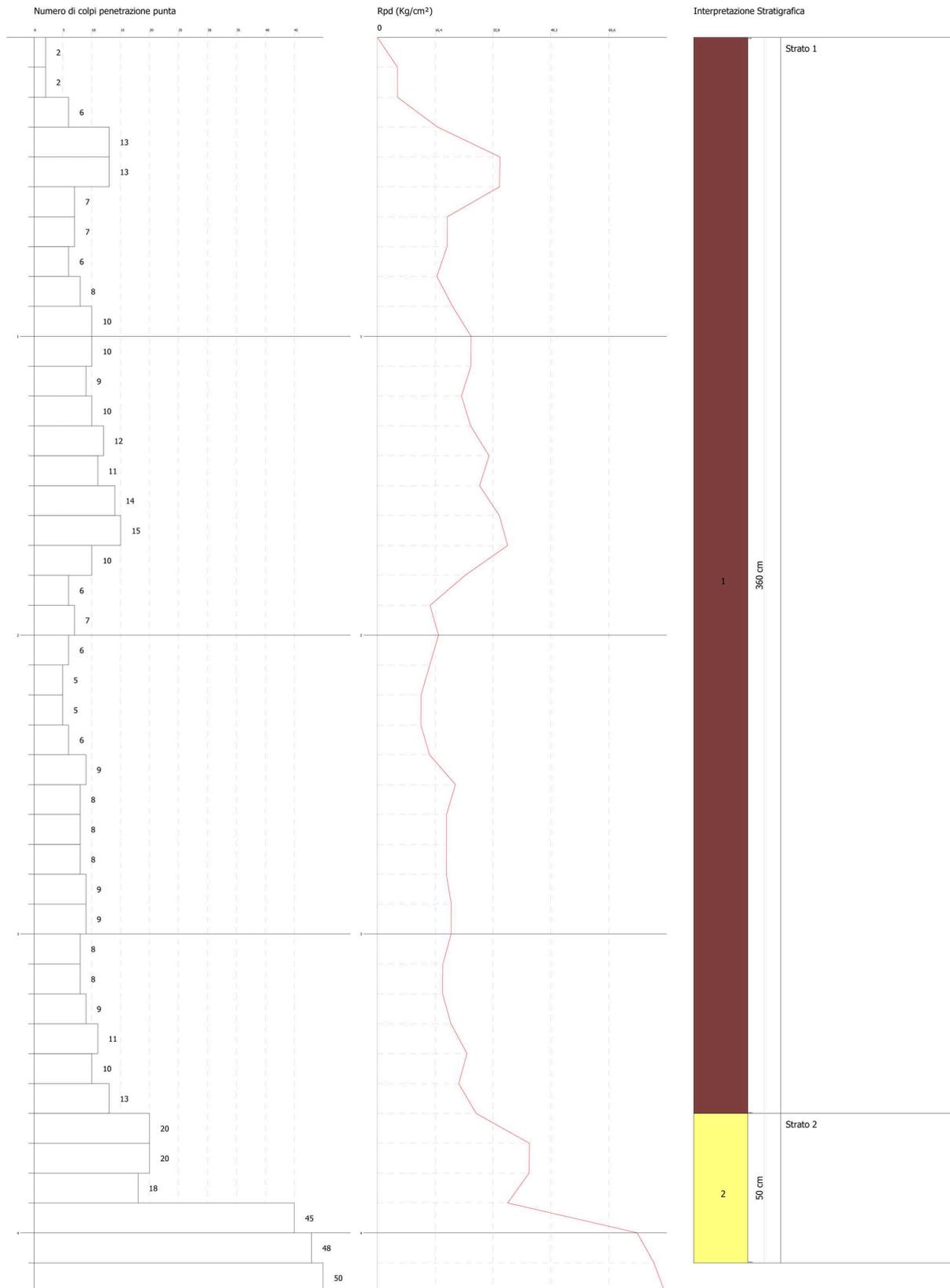
(indagine geologica)



Foto 1: Prova penetrometrica dinamica P1.



Foto 2: Prova sismica MASW S1.



CARATTERISTICHE DEL PENETROMETRO MEDIO DINAMICO

Penetrometro dinamico in uso: **DPM (30)**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
LEGGERO	DPL (light)	$M \leq 10$
MEDIO	DPM (medium)	$10 < M < 40$
PESANTE	DPH (heavy)	$40 \leq M < 60$
SUPER PESANTE	DPSH (super heavy)	$M \geq 60$

Caratteristiche tecniche: **DPM (30)**

PESO MASSA BATTENTE	$M = 30,00 \text{ kg}$
ALTEZZA CADUTA LIBERA	$H = 0,20 \text{ m}$
PESO SISTEMA BATTUTA	$M_s = 14,00 \text{ kg}$
DIAMETRO PUNTA CONICA	$D = 35,70 \text{ mm}$
AREA BASE PUNTA CONICA	$A = 10,00 \text{ cm}^2$
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	$L_a = 1,00 \text{ m}$
PESO ASTE PER METRO	$M_a = 2,40 \text{ kg}$
PROF. GIUNZIONE 1 ^a ASTA	$P_1 = 0,90 \text{ m}$
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,10 \text{ m}$
NUMERO DI COLPI PUNTA	$N = N(10)$ relativo ad avanzamento 10 cm
RIVESTIMENTO/FANGHI	SI
ENERGIA SPEC. PER COLPO	$Q = (MH)/(A\delta) = 6,00 \text{ kg/cm}^2$ (prova SPT: $Q_{spt} = 7,83 \text{ kg/cm}^2$)
COEFF. TEOR. DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,766$ (teoricamente: $N_{spt} = \beta_t N$)

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd} [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE)

$$R_{pd} = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

R_{pd} = resistenza dinamica punta [area A]
 e = infissione per colpo = δ/N

M = peso massa battente (altezza caduta H)
 P = peso totale aste e sistema battuta

UNITA' DI MISURA	
1 kg/cm^2	$0,098067 \text{ Mpa}$
$1 \text{ Mpa} = 1 \text{ MN/m}^2$	$10,197 \text{ kg/cm}^2$
$1 \text{ bar} = 1,0197 \text{ kg/cm}^2$	$0,1 \text{ Mpa}$
$1 \text{ kN} = 0,001 \text{ MN}$	$101,97 \text{ kg}$