

COMUNE DI SPOTORNO (SV)

Area Baxie - via Giuseppe Verdi

“COSTRUZIONE NUOVA SEDE SCUOLA PRIMARIA PRESSO POLO SCOLASTICO LOC.
BAXIE”

Documenti allegati al bando PNRR :

- Relazione geologica

Premessa

Lo Studio Associato di Architettura Micheli-Ballabio di Lecco sta predisponendo, per conto dell'Echinacea srl e dell'Amministrazione Comunale di Spotorno, il progetto di *Ampliamento scuola primaria in Loc. Baxie*.

In tal senso lo scrivente è stato incaricato dalla Soc. Echinacea srl di svolgere le prescritte indagini di carattere geologico-tecnico imposte dal D.M.11/03/88 di applicazione della L. n°64/74 e dalle Circ. LL.PP. 21597/81 e 30483/88 e delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al C.S.LL.PP. Del 30/03/05 - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008 e relative circolari applicative del 09/02/09.

Il territorio del Comune di Spotorno è inserito in Zona 3B ($p_g = 0,10g$) della Classificazione Sismica dei Comuni Italiani (Ordinanza O.P.C.M. n. 3519/2006 e D.G.R. Liguria n° 1308 del 24/10/2008)

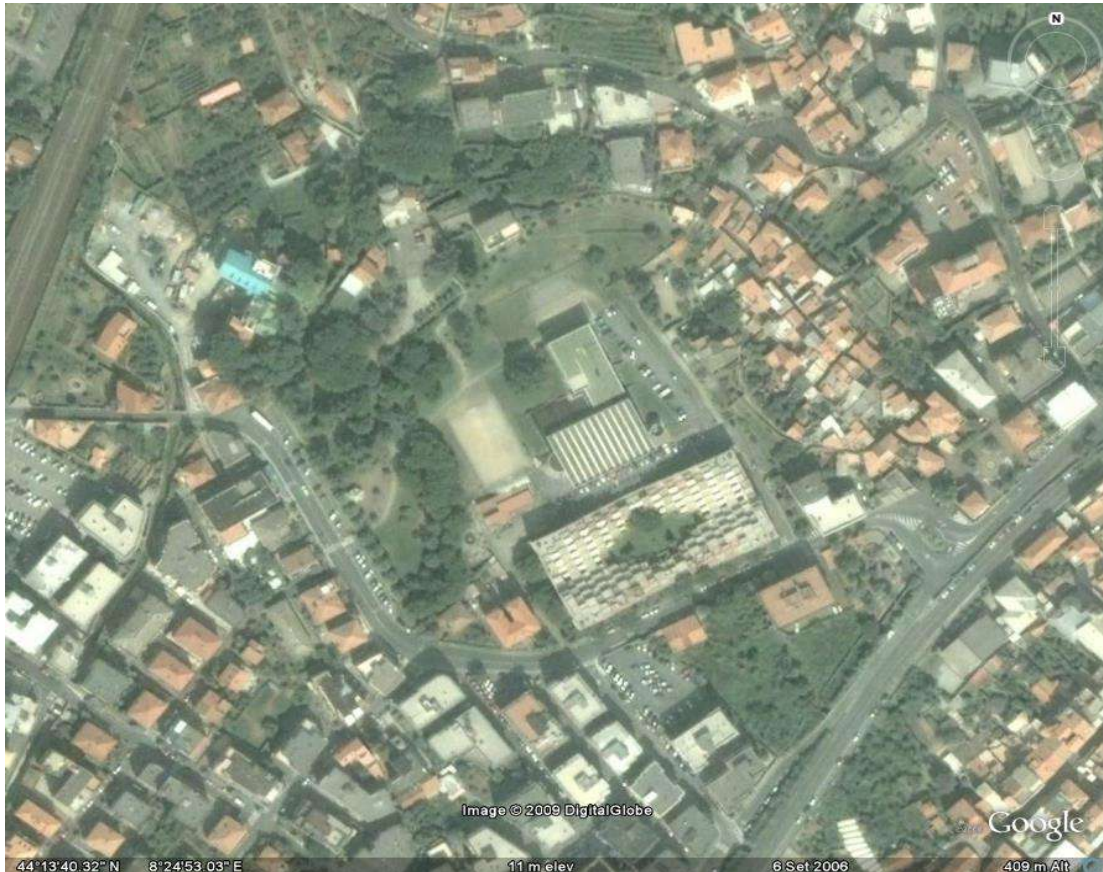
La presente relazione geologico-tecnica intende fornire un quadro dettagliato delle problematiche di natura geologico-tecnica ed idrogeologica rilevabili nell'area in esame.

In particolare vengono approfonditi i seguenti temi:

- Inquadramento geologico, strutturale, geomorfologico ed idrogeologico dell'area interessata dall'intervento e del suo intorno significativo.
- Definizione della stratigrafia del sito e caratterizzazione geotecnica-geomeccanica dei terreni interessati;
- Indicazione delle tipologie d'intervento più appropriate ed indicazioni di natura geologico-tecnica da seguire nel corso della progettazione esecutiva e realizzazione dei lavori.

1. Inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico del sito

L'area interessata dall'intervento è rappresentata da una porzione di terreno subpianeggiante, compreso tra la nuova palestra, la scuola media Giovanni XXIII ed il campo da calcio, ricade lungo la porzione orientale del Parco del Monticello ad una quota pari a circa 12m slm.



Sotto il profilo morfologico l'area in esame ricade in corrispondenza dei primi contrafforti del pendio, direttamente affacciato alla piana costiera, costituente un anfiteatro delimitato a NW dalla dorsali del Castello-Canin e ad Est da quella del Monte.

Tale area, peraltro rimodellata nel corso dei lavori di realizzazione del parco e della scuola con conseguente parziale obliterazione delle forme geomorfologiche originarie, è caratterizzata da sistemazione a scarpate poco acclivi ($\beta < 15^{\circ}-20^{\circ}$) raccordate da muri a girocolle in pietrame a secco, muratura mista o cls d'altezza variabile; il rilievo geologico di superficie, esteso ad un intorno sufficientemente ampio rispetto all'area d'intervento, ha localmente evidenziato la presenza di substrato roccioso di natura calcareo-dolomitica

lungo la dorsale del Castello-Canin e c/o la Chiesa di S.Caterina mentre lungo la dorsale del Monte è localmente affiorante substrato roccioso metavulcanitico.

Il contatto tra le due formazioni, verosimilmente ubicato tra l'edificio scolastico esistente e la dorsale del Monte, è di natura tettonica

Lungo il pendio delimitato dalle citate dorsali, a valle di S. Caterina, sono presenti coperture detritiche sciolte eterogenee, con riporti superficiali, la cui potenza e natura sono variabili anche in ambiti ristretti - sia in senso orizzontale che verticale; i rapporti reciproci, specie nella zona di transizione morfologica piana costiera-pendio (zona Baxie) sono ulteriormente complicati da fenomeni di interdigitazioni di depositi sciolti dei due distinti domini.

Sotto il profilo geologico/stratigrafico, anche sulla scorta di quanto emerso nel corso degli scavi per la realizzazione della nuova palestra, è possibile riconoscere come in corrispondenza della zona delle Baxie-Acquedotto-Palestra (q.ta +8m slm) siano presenti prevalenti potenti depositi limoso-sabbiosi sciolti di genesi alluvionale-marina localmente interdigitati a depositi fini continentali mentre nella zona del parco ss, compresa tra il muro di sostegno (+11m slm) in c.a. e S. Caterina (+20m slm) sia presente una sottile copertura detritica colluviale costituita da coltre detritica e “terre rosse” con abbondante frazione clastica del sottostante substrato roccioso di natura calcareo dolomitico.

Quest'ultimo, localmente affiorante/subaffiorante nell'immediato intorno dell'area d'intervento (zona di S.Caterina - Salita sup. al Castello) è costituito da rocce sedimentarie calcareo-dolomiche d'età triassica ascrivibili alla Formazione delle Dolomie di San Pietro ai Monti e tettonicamente connesse all'Unità di Monte Mao.

Per quanto attiene gli aspetti idrogeologici è necessario sottolineare come l'oggettiva complicatezza ed eterogeneità stratigrafica dell'area ne condizioni fortemente anche il quadro idrogeologico: in corrispondenza del parco non è rilevabile alcuna rete di deflusso superficiale +/- organizzata e pertanto i deflussi sono da considerarsi prevalentemente di tipo ipodermico o addirittura profondi come d'altro canto indurrebbe pensare la presenza e profondità del pozzo dell'acquedotto al margine W dell'area.

Per la ricostruzione dello schema dei deflussi subsuperficiali sono stati utilizzati sia i dati puntuali (livello temporaneo della falda e posizione della frangia capillare) delle indagini del settembre 1998, dicembre 2001 e aprile 2009 nonché le osservazioni dirette

delle tracce d'umidità in corrispondenza dei volumi interrati dell'edificio scolastico, del complesso Baxie (autorimesse interrate), nonché degli scavi della nuova palestra.

I risultati di dette indagini portano ad ipotizzare un comportamento idrogeologico totalmente diverso tra la zona bassa (zona Baxie) e quella alta (zona Monticello): nella prima zona è infatti presente una falda con tetto a circa -3÷4m p.c. e oscillazioni decisamente modeste, in quanto direttamente alimentata dalla tavola di piana costiera, mentre nella zona alta, caratterizzata da depositi eterogenei in terre rosse e coltre detritica, la falda, anche a causa della discreta permeabilità per fratturazione del substrato roccioso calcareo-dolomitico, è di tipo occasionale in quanto strettamente legata agli eventi meteorologici con locali fenomeni di impregnazione-ritenzione idrica. La direzione di deflusso subsuperficiale appare orientata da N verso S con bacino di approvvigionamento individuato e delimitato dallo spartiacque morfologico/idrogeologico rappresentato dall'allineamento delle dorsali del Monte-Castello-Canin.

Nel corso dei sondaggi geognostici eseguiti nell'aprile 2009, a seguito di periodo particolarmente piovoso, in corrispondenza dell'area di sedime della costruenda scuola il pelo libero della falda freatica è stato rilevato a -5,2 / -5,5m rispetto al p.c.

2. Considerazioni generali d'ordine progettuale

L'opera in progetto (v. allegati grafici) si articola nella costruzione in aderenza all'edificio scuole medie ed in parziale sopraelevazione agli spogliatoi della palestra di un edificio a due piani f.t. senza alcun livello interrato/seminterrato; l'intervento non comporterà quindi l'apertura di scavi di sbancamento fatto salvo quello necessario per la realizzazione delle fondazioni.

3. Caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati

La caratterizzazione geotecnica e definizione stratigrafica dei terreni interessati dall'intervento è avvenuta mediante l'esecuzione in sito di cinque prove penetrometriche dinamiche DL030 (indagine 2001), ad integrazione delle quattro eseguite nel 1998 per la realizzazione della palestra, unitamente a tre stese sismiche a rifrazione (indagine 2001) e due sondaggi geognostici a carotaggio continuo (indagine 2009) comprensivi di SPT. Inoltre in corrispondenza del centro dell'area di sedime dell'edificio a progetto, così come suggerito dal D.M. 14/01/2008, è stato eseguito un profilo sismico verticale Vs30.

Infine, in corrispondenza di affioramenti rocciosi (calcari-dolomitici) significativi, tutti esterni all'area d'intervento, è stato eseguito un rilievo geomeccanico di dettaglio.

3.1 Indagine su base penetrometrica

Le penetrometrie dinamiche, oltre a fornire puntuali indicazioni sulla stratigrafia del sito, hanno permesso di definire in continuo i parametri geotecnici caratteristici sotto elencati, ricavati sia in modo diretto (Nspt) che indiretto (angolo d'attrito ϕ e coesione C_u) o come stima (peso di volume saturo γ_t).

Per l'indagine penetrometrica è stata utilizzata un'attrezzatura DL030:

- peso del maglio = 30Kg
- altezza di caduta = 20cm
- peso delle aste = 2,4Kg/ml
- diametro aste = 20mm
- diametro punta = 36mm $\beta=60^\circ$
- sezione della punta = 10cmq
- correlazione penetrometro standard = NDL030 ~ NSPT
- $\phi = (15 \cdot N_{spt})^{0.5} + 15$ (RBS)

In prima approssimazione è necessario sottolineare la marcata differenza, e conseguente distinzione, tra le coperture sciolte del dominio di piana costiera-alluvionale (zona Baxie) e quelle di pendio (zona parco).

La stratigrafia della zona di piana, non significativamente interessata dagli interventi edilizi in progetto, è così riassumibile (v.P1 e P2):

<u>0,0÷4,6m</u> : coltre limoso-sabbiosa da sciolta a molto sciolta frammista a riporti superficiali fini; il comportamento è granulare a bassissima resistenza e la permeabilità è di tipo medio-bassa; $\gamma_t \sim 1,7t/m^3$ $Dr < 25\%$ $\Phi = 20^\circ - 24^\circ$ $C_u < 1t/mq$ $N_{spt} < 5$
<u>4,6÷10,5m</u> : coltre detritica colluviale sabbioso-limosa sciolta a comportamento granulare con lenti sabbioso-ghiaiose caratterizzata da media permeabilità e bassi valori di resistenza. $\gamma_t \sim 1,8t/m^3$ $25\% < Dr < 50\%$ $\Phi = 24^\circ - 28^\circ$ $C_u < 1,5t/mq$ $5 < N_{spt} < 15$
<u>>10,5m</u> : coltre detritica limosa da sciolta a molto sciolta a comportamento granulare e bassissimi valori di resistenza. $\gamma_t \sim 1,8t/m^3$ $Dr < 35\%$ $\Phi = 26^\circ$ $C_u < 1,5t/mq$ $N_{spt} < 6$

Viceversa la zona di piede pendio / parco (v. P3-P6) presenta una stratigrafia nel complesso sufficientemente omogenea, con riporti / terreni rimaneggiati ben rappresentati in prossimità della scuola o del campetto da calcio mentre appaiono decisamente più modesti in corrispondenza del parco; il rigetto nelle penetrometrie è attribuibile a livelli detritici grossolani molto addensati o eluvio clastico del substrato roccioso:

0,0-1,5m÷2,5m: terreni rimaneggiati / riporti e coltre detritica limoso-sabbiosa sciolta a comportamento granulare e nulla coesione della frazione fine:

$$\gamma_t \sim 1,7 \text{ t/m}^3 \quad Dr < 15 \quad 2 < N_{spt} < 10 \quad \phi = 24^\circ \quad Cu \approx 0 \text{ Kg/cm}^2$$

1,5-2,5÷3,5m: coltre detritica colluviale di natura limoso-sabbiosa (terre rosse) da poco a mediamente addensata con abbondante frazione clastica eterogranulare e minima coesione della frazione fine:

$$\gamma_t \sim 1,8 \text{ t/m}^3 \quad 35\% < Dr < 65\% \quad 10 < N_{spt} < 25 \quad \phi = 28^\circ - 32^\circ \quad Cu < 0,1 \text{ g/cm}^2$$

>2,5÷3,5m: eluvio detritico del substrato roccioso calcareo dolomitico-roccioso:

$$\gamma_t \sim 2,2 \text{ t/m}^3 \quad 65\% < Dr \quad 25 < N_{spt} \quad 34^\circ < \phi \quad Cu < 0,25 \text{ Kg/cm}^2$$

In nessuna delle prove 2001 è stata individuata falda freatica o tracce di d'umidità.

3.2 Indagine in prospezione sismica a rifrazione

Ad integrazione delle indagini puntuali (penetrometrie) sono state eseguite, a cura dello Studio Gea sas di Albisola, tre stese sismiche a rifrazione (S1, S2, S3) finalizzata a valutare lo spessore delle coperture detritiche al piede pendio e, approssimativamente, la qualità del sottostante substrato roccioso, mentre non è stato possibile discriminare tra livelli detritici grossolani o molto addensati ed eluvio clastico del substrato roccioso in quanto le velocità di propagazione caratteristiche sono risultate molto simili.

L'interpretazione mediante la tecnica del metodo reciproco generalizzato ha prodotto come risultato finale tre sezioni tra loro confrontabili. Infatti dalle onde P si ricava un profilo sismostratigrafico a tre strati:

- 1) Riporti artificiali, terreno areato e coltre detritica/terre rosse da molto sciolti a poco addensati $450 < V_p < 620 \text{ m/s}$ presente con potenza variabile da 1,5 a 3,5m

- 2) Eluvio clastico del substrato roccioso alterato e disarticolato con velocità di propagazione comprese tra $900 < V_p < 1.100 \text{ m/s}$; lo spessore dello strato è estremamente variabile da minimi di 2m a massimi di 6-7m
- 3) Substrato roccioso +/- fratturato (rifrattore principale) rappresentato da rocce di natura calcareo-dolomitica $1.900 < V_p < 2.200 \text{ m/s}$.

3.3 Sondaggi geognostici

Al fine di verificare direttamente la stratigrafia dell'areale significativamente interessato dall'intervento sono stati eseguiti nell'aprile 2009 due sondaggi geognostici a carotaggio continuo. Tali sondaggi hanno consentito una definizione delle caratteristiche geotecniche-idrogeologiche dei terreni mediante l'esecuzione in ciascun foro di serie di prove SPT a -2,5m pc / -4,5m pc / -6,5m pc unitamente a misure di tipo freaticometrico; sono inoltre state eseguite su carota prove di tipo speditivo (penetrometrie e scissometrie pocket). I sondaggi, approfonditi a -12m pc, hanno evidenziato una stratigrafia qualitativamente sufficientemente omogenea individuando un modello con buona approssimazione, ai fini del presente studio, suddivisibile nei seguenti tre strati (v. stratigrafie sondaggi allegate)

0,0 – 2,5m: riporti artificiali, coltre detritica sciolta e terre rosse

2,5 – 7,0m: cappellaccio d'alterazione del substrato roccioso costituito da sabbie ghiaiose

7,0 – 12m: substrato roccioso calcareo-dolomitico da fratturato a disarticolato

3.4 Caratterizzazione dell'ammasso roccioso

Per quanto concerne la caratterizzazione geomeccanica del substrato roccioso calcareo-dolomitico, ascrivibile alla Formazione d'età triassica delle Dolomie di S.Pietro ai Monti, sono state eseguite in corrispondenza di affioramenti significativi, tutti limitrofi ed esterni all'area, alcune Aree di Rilievo Strutturale.

In affioramento la roccia risulta complessivamente assai eterogenea con termini sia ben stratificati che compresi tra il massivo ed il cataclastico; il valore di block sizing è mediamente d'ordine decimetrico

Il rilievo geomeccanico, i cui risultati sono riportati in allegata tabella, ha evidenziato valori indicativi di resistenza a compressione semplice non inferiori ai 380 Kg/cm^2 mentre i

valori di JRC sono risultati compresi tra 10÷14 con aperture piuttosto serrate mentre il valore dell'indice RQD è risultato mediamente pari a 50 ÷75%

La metodica di rilevamento sopra descritta è stata opportunamente predisposta per consentire un'agevole ingresso nello schema di Classificazione geomeccanica dell'ammasso roccioso "Rmr system" (Bieniawski) basata sui seguenti sei parametri:

R1: resistenza a compressione uniassiale dell'A.R.

R2: RQD

R3: spaziatura delle discontinuità

R4: condizioni delle discontinuità

R5: condizioni idrauliche

R6: orientazione dei giunti rispetto al pendio

Nel complesso l'ammasso roccioso, caratterizzato da un Brmr pari a 65, è mediamente indicizzabile alla III Classe della Classificazione Rmr:

peso di volume saturo $\gamma_t \approx 27\text{KN/mc}$ ($2,7\text{ t/m}^3$)
$Co \approx 36\text{MPa}$ (360 Kg/cm^2) $RQD \approx 50\text{-}75\%$
Φ ammasso roccioso $\approx 38^\circ\text{-}42^\circ$ $V_p > 1.900\text{m/s}$
C ammasso roccioso = 325KPa ($3,25\text{ Kg/cm}^2$) $Em = 23.700\text{MPa}$

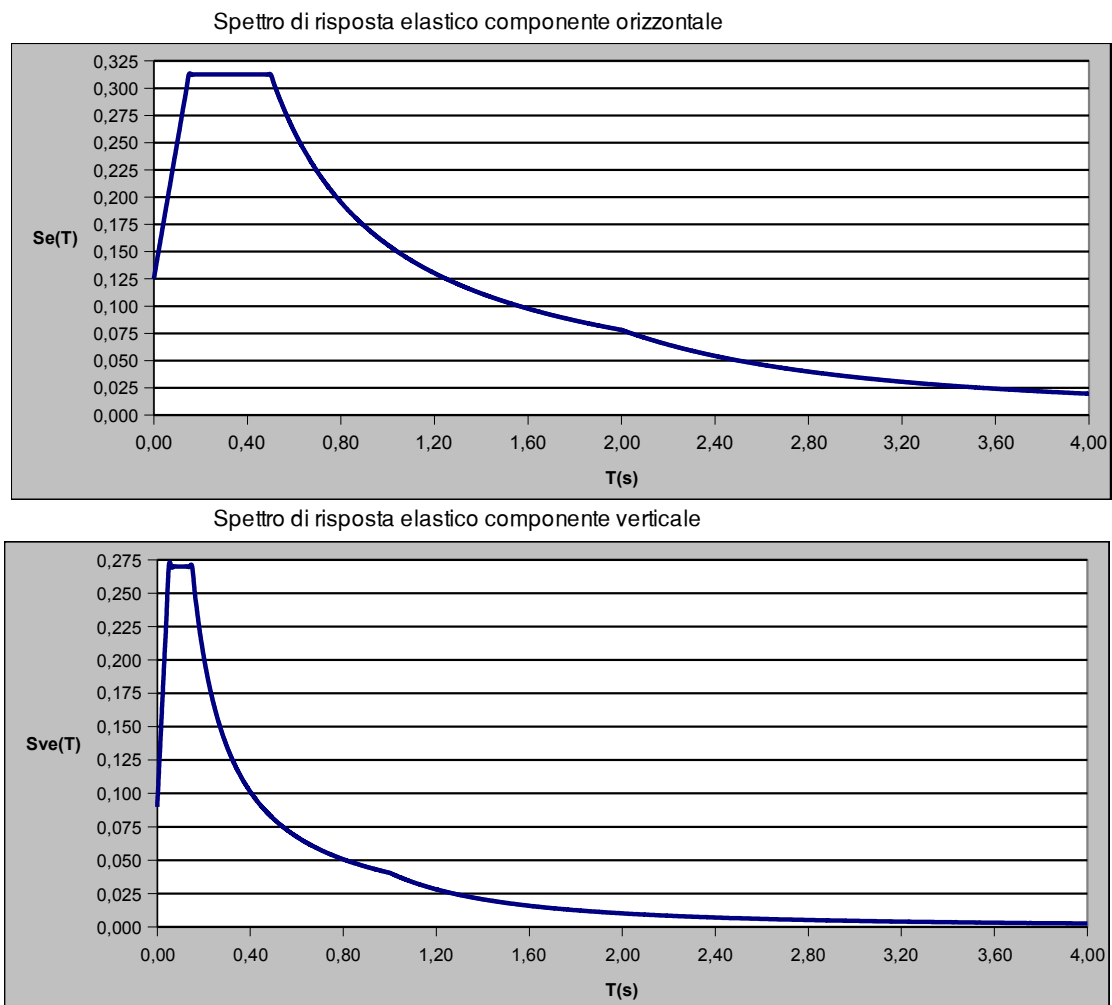
3.4 Profilo sismico verticale (Vs30)

Al fine della definizione dell'azione sismica di progetto e dell'effetto della risposta sismica locale è stato eseguito, così come raccomandato al §3.2.2 del D.M. 14/01/2008, un sondaggio sismico verticale (Sv) mediante onde di taglio S.

Il profilo sismico, con velocità Vs30=739m/s, individua una categoria di sottosuolo di tipo B (rocce tenere e depositi a grana grossa molto addensati o a grana fine molto consistenti $360\text{ms} < Vs < 800\text{ms}$)

Tale sottosuolo non appare esposto a rischio di liquefazione mentre per quanto attiene alle condizioni topografiche il terreno in esame è ascrivibile alla Categoria Topografica T1

Il territorio del Comune di Spotorno è inserito in Zona 3B ($pga = 0,10g$) mentre le coordinate del sito sono $8^\circ24'52''$ e $44^\circ13'40''$



4. Assetto del versante

L'assetto del tratto di versante oggetto d'intervento è allo stato attuale funzione di due distinti aspetti: il primo riguarda la stabilità della sottile coltre superficiale ed il secondo quella del sottostante substrato roccioso.

In prima approssimazione, trascurando il contributo della coesione del terreno, il grado di stabilità di un pendio illimitato è dato dal rapporto: $G_s = \tan \varnothing / \tan \beta \approx 1,64$

dove G_s = coefficiente di sicurezza, mentre \varnothing e β sono rispettivamente l'angolo d'attrito medio delle coperture sciolte superficiali e dell'eluvio del substrato roccioso (28°) e l'inclinazione media del pendio (15° - 18°). Il valore del coefficiente G_s così ricavato è indicativo di una condizione di sufficiente stabilità della copertura detritica superficiale.

Al fine della valutazione del grado di stabilità globale del tratto di pendio, diviene preponderante il comportamento del sottostante substrato roccioso tenace e competente: l'analisi delle discontinuità rilevate nell'ammasso roccioso individua nei soli giunti F3 e F5 una componente allo scivolamento attiva rispetto al pendio, orientato $150^{\circ}\text{N}/20^{\circ}$, e quindi potenzialmente in condizione di dare luogo a scoscendimenti di materiale roccioso.

In realtà si è in condizioni di ottima sicurezza in quanto le inclinazioni apparenti di tali giunti risultano decisamente maggiori rispetto all'inclinazione del pendio e pertanto non in condizioni di individuare prismi rocciosi.

In conclusione tale tratto di pendio è da ritenersi allo stato attuale stabile sia per quanto attiene la copertura sciolta che per il sottostante substrato roccioso e non presenta indizi di fenomenologie dissestive in atto di alcun tipo.

5. Considerazioni geologico-tecniche d'ordine progettuale

Le indicazioni di carattere geologico-tecnico da seguire nella fase di progettazione esecutiva e di esecuzione dei lavori discendono da considerazioni d'ordine geotecnico ed idrogeologico.

Per quanto attiene agli aspetti geologico-tecnici le problematiche connesse alla realizzazione dell'intervento sono fondamentalmente di natura fondazionale in quanto l'assenza di livelli interrati non comporterà significativi scavi di sbancamento mentre la suborizzontalità dell'area di sedime del fabbricato e la modesta acclività del pendio, nonché la presenza a modesta profondità di substrato roccioso, escludono problematiche legate all'assetto e stabilità del versante.

In considerazione della stratigrafia locale, a livello fondazionale, si ritengono ammissibili due soluzioni distinte alternative tra loro:

- fondazioni dirette mediante travi rovesce intelaiate tra loro con piano di posa a -2,5m p.c. omogeneamente poggianti su cappellaccio d'alterazione del substrato roccioso disarticolato, geotecnicamente equiparabile ad una ghiaia sabbiosa consistente.

Nei calcoli, a monte dell'applicazione dei coefficienti parziali per le verifiche demandati al Calcolatore, potranno essere usati i seguenti parametri geotecnici:

$\gamma_t=2,1\text{t/m}^3$	$32^{\circ}<\phi<36^{\circ}$	$C=0$	$40<N_{\text{spt}}<50$
----------------------------	------------------------------	-------	------------------------

- fondazioni indirette profonde su micropali opportunamente ammorsati in substrato roccioso calcareo-dolomitico tenace e competente.

In considerazione della stratigrafia locale tali pali dovranno presentare lunghezza non inferiore a 8 / 10m rispetto p.c. Attuale con portanza, ad esclusione dei primi 2,5m in coltre sciolta a contributo nullo, sia per attrito laterale che di base.

A livello orientativo, a monte dell'applicazione dei coefficienti parziali per le verifiche e delle geometrie di fondazione demandati al Calcolatore, nei calcoli poytranno essere usati i seguenti parametri geotecnici medi:

$\gamma_{base} \approx 2,7 \text{ t/m}^3$ $\phi_{lat} = 32^\circ$ $\phi_{base} = 38^\circ$ $C_{rbase} \approx 0,6 \text{ Kg/cm}^2$ $q_{obase} \approx 4,5 \text{ kg/cmq}$

Entrambe le soluzioni proposte consentono di trasferire in profondità, e cioè in corrispondenza di livelli scarsamente compressibili e più coerenti, i carichi del fabbricato senza particolari rischi legati a possibili cedimenti per consolidazione che si rivelerebbero di tipo differenziale rispetto all'edificio scolastico e palestra preesistenti posti a margine.

In tal senso è opportuno sottolineare come tali fabbricati presentino entrambi fondazioni di tipo diretto poggianti su cappellaccio d'alterazione del substrato roccioso e/o terre rosse ed in particolare l'edificio spogliatoi della palestra, oggetto di parziale sopraelevazione, presenta fondazioni dirette su travi rovesce intelaiate.

Un aspetto particolarmente importante per una buona realizzazione dell'intervento in progetto è rappresentato dalla sistemazione idrogeologica dell'areale ed in particolare delle acque di circolazione ipodermica provenienti dalla porzione sommitale dell'anfiteatro: in tal senso dovrà essere mantenuta l'efficienza dell'intercapedine perimetrale alla scuola.

Analisi del rischio idrogeologico

L'area ricade nel Piano Stralcio del Torrente Crovetto (Bac. 516), dall'analisi della cartografia redatta ai sensi del D.L. 180/98 e S.M. e I. approvati con D.C. n°43/2002 e S.M. E I. (Tav. 8 - 9 -12 - 13 del Fg. 229130-40) ha evidenziato:

- *carta della suscettività al dissesto di versante*: il progetto ricade in aree a suscettività al dissesto BASSA; il progetto non aggrava il grado di suscettività al dissesto dell'area e le condizioni di suscettività del territorio a contorno dell'area in oggetto non interferiscono negativamente sull'intervento stesso.

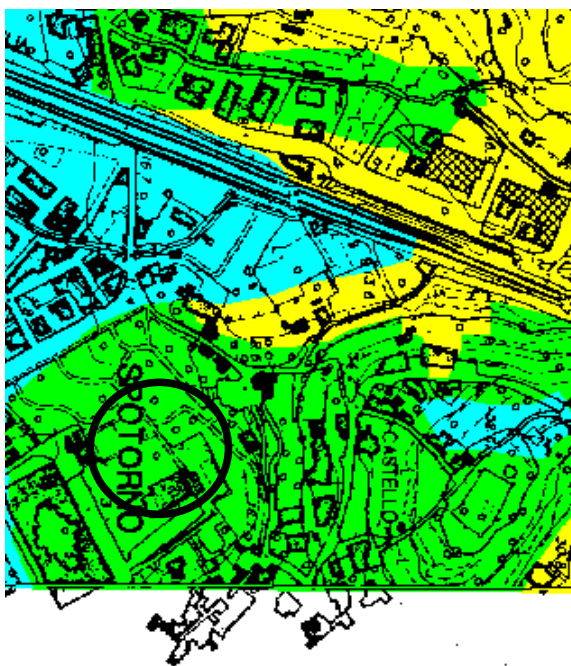
- *carta del reticolo idrografico*: l'area interessata dall'intervento è sita ad una distanza superiore a 40 metri rispetto al corso d'acqua demaniale Canin
- *carta degli interventi*: nell'area direttamente interessata dal progetto non sono previsti interventi *strutturali* e/o *non strutturali*.
- *carta delle fasce di inondabilità*: l'area d'intervento risulta investigata e non esposta ad alcun rischio esondativo

In base a quanto esposto sopra, le opere in progetto non sono in contrasto con il piano di Bacino e non incrementano il *rischio idrogeologico* dell'area in esame.

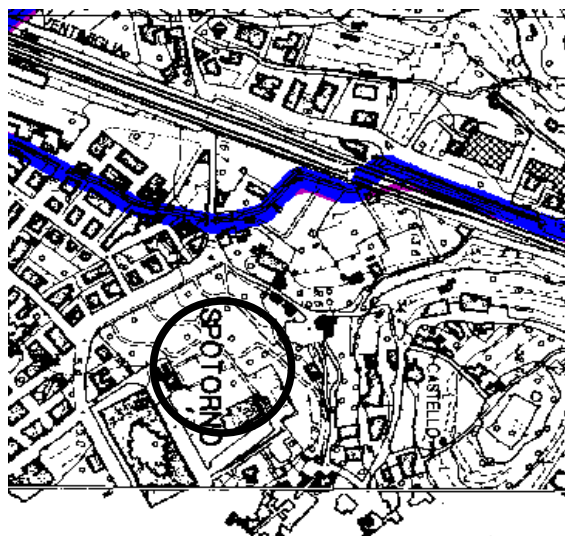
Noli, Maggio 2009

Allegati:

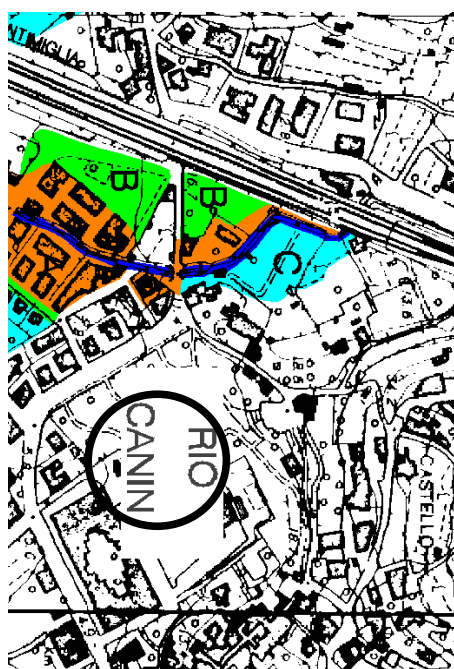
- Corografia scala 1:5.000
- Stralci cartografie Piani di Bacino
- Carta del rilevamento scala 1:500
- Tabelle e diagrammi penetrometrici Pp3 – Pp6 (2001)
- Profili sismici a rifrazione S1 - S2 (2001)
- Caratterizzazione Ammasso Roccioso
- Stratigrafie Sondaggi geognostici (2009)
- Sezioni Geologiche interpretative scala 1:300
- Fascicolo analisi sismica in NASW



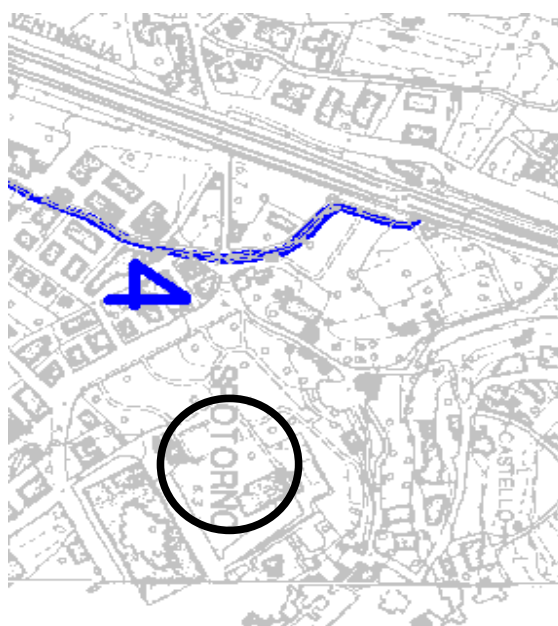
Tav. 8 - Carta suscettività al dissesto dei Versanti



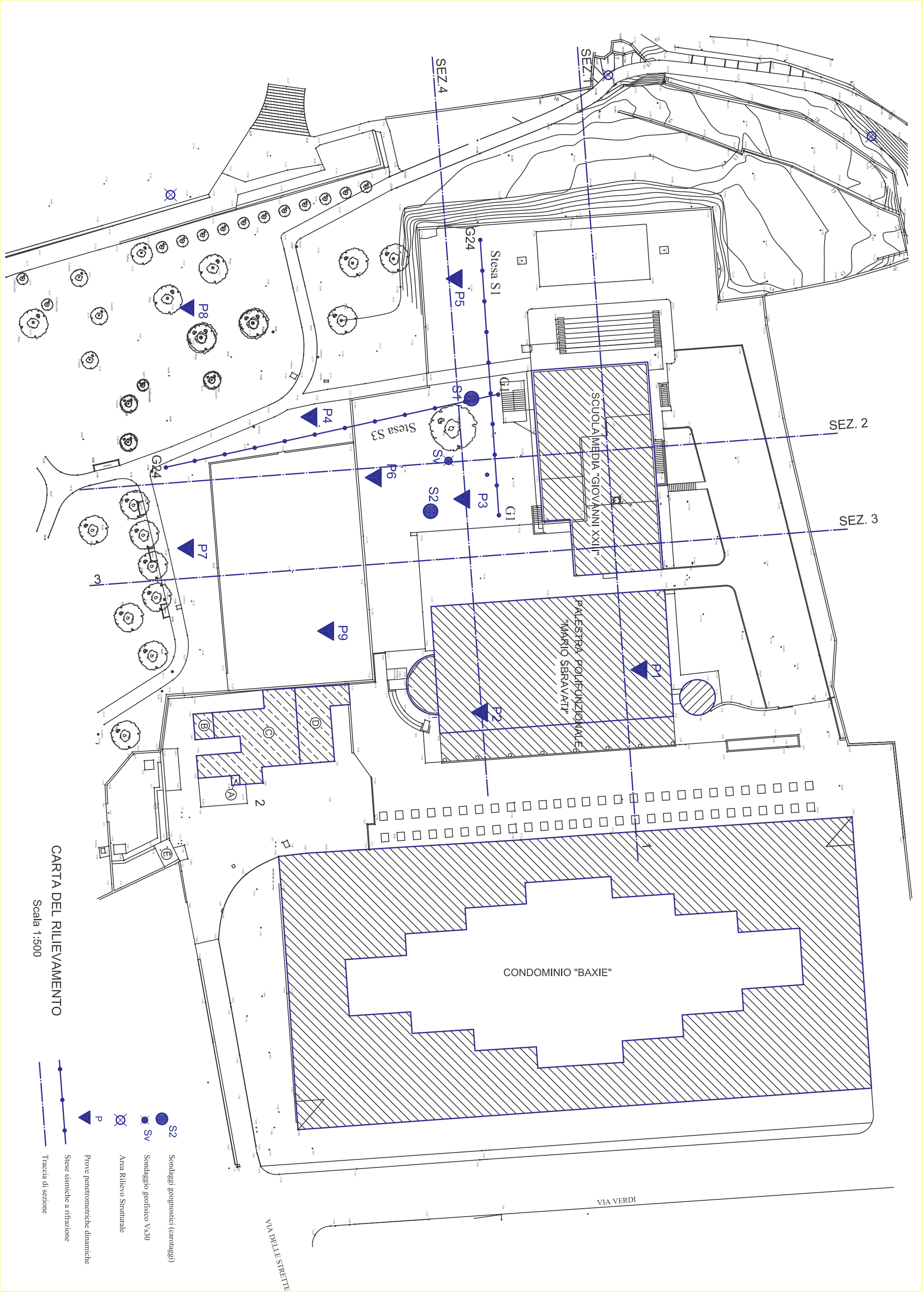
Tav. 13 Carta reticolo principale



Tav. 9 Carta delle fasce di inondabilità



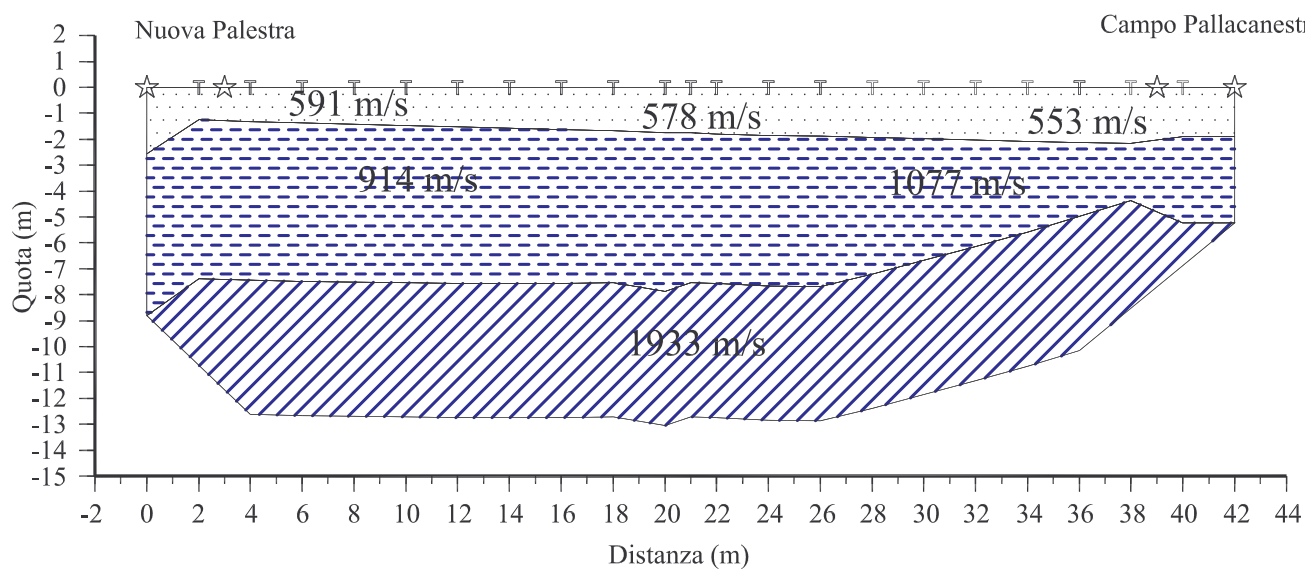
Tav. 12 Carta degli interventi



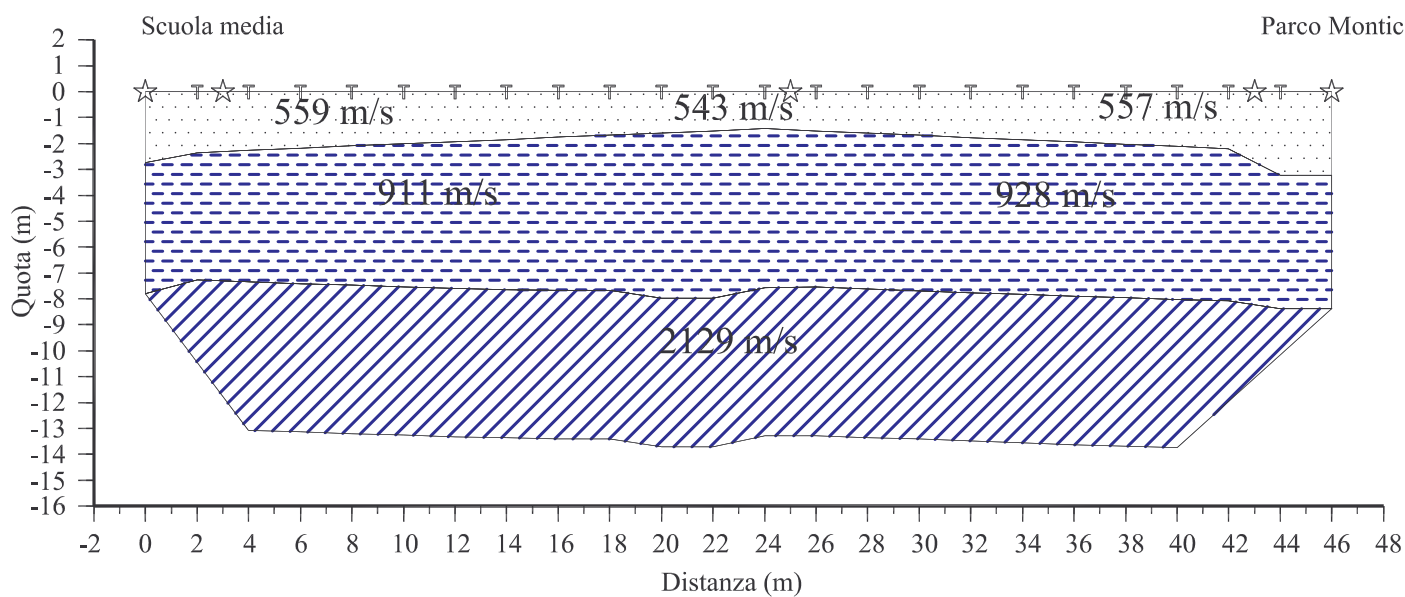
CARTA DEL RILIEVAMENTO
Scala 1:500

- S2 Sondaggi geognostici (carotaggi)
- Sv Sondaggio geofisico Vs30
- Area Rilievo Strutturale
- P Prove penetrometriche dinamiche
- Stese sismiche a rifrazione
- Traccia di sezione

Profilo sismico a rifrazione S1



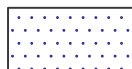
Profilo sismico a rifrazione S3



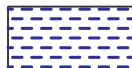
Shot



Geofoni



<600 m/s - Coltre detritica sciolta - riporti artificiali



900 - 1.000 m/s - Coltre detritica addensata +/- grossolana - eluvio detritico substrato roccioso




> 1.900 m/s - Substrato roccioso calcareo-dolomitico +/- fratturato

Lavoro: AMPLIAMENTO SCUOLA PRIMARIA
Localita': Loc. Baxie - SPOTORNO
Impresa esecutrice: GEA sas
Metodo perforazione: CAROTAGGIO CONTINUO
Diametro perforazione: 121mm
Quota inizio perforazione: +11,9m

Diametro rivestimento:

Data: Aprile 2009

Sondaggio
S1

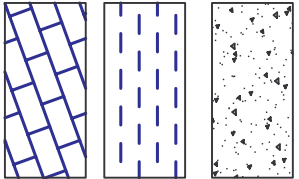
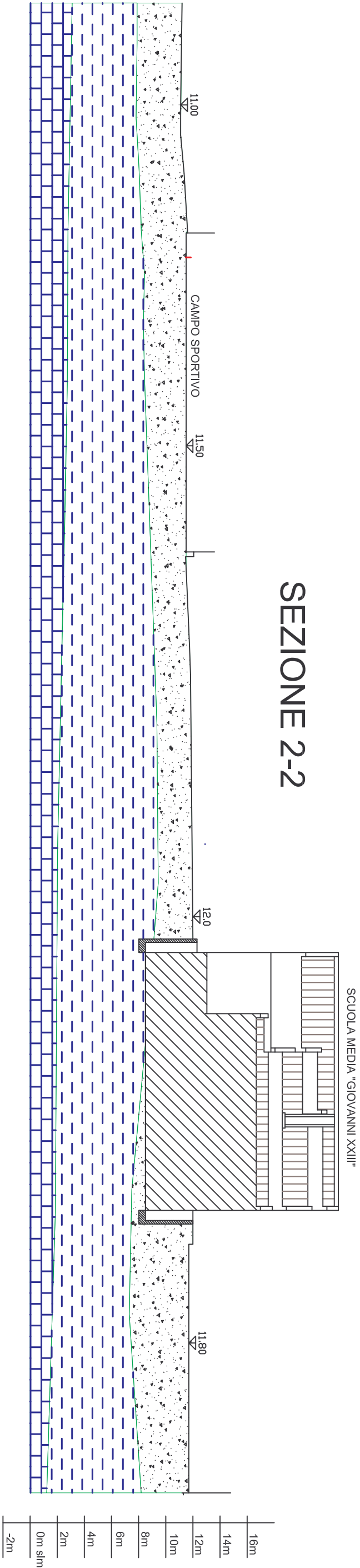
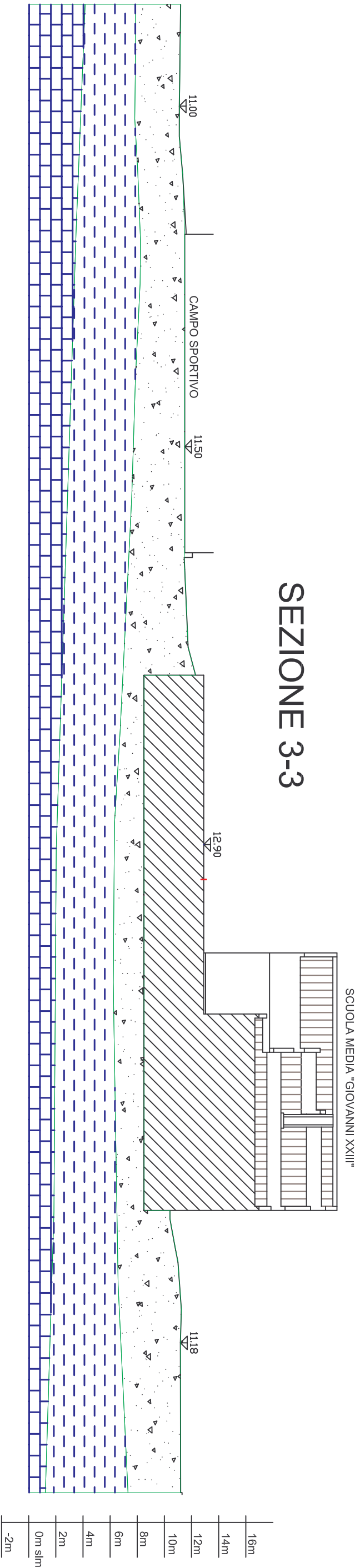
Cu Pekt	Phi	STP	Car. %	P.V.	RQD %	Prof. m	Descrizione Stratigrafia	Note
						0		
10KPa	28°			17 KN/mc		1	Coltre detritica Limoso-sabbiosa sciolta	
							Coltre detritica ghiaioso-limosa sciolta	
						2	Terre rosse	
20KPa	40°	29-26-R	23-23-25	RMR = V	21 KN/mc	3		
						4	Cappellaccio d'alterazione del substrato roccioso calcareo-dolomitico estratto (a secco) come sabbia limosa grigiastra colpletamente incoerente	
						5		FALDA
						6		
						7		
						8		
						9	Substrato roccioso calcareo-dolomitico (Formazione delle Dolomie di S. Pietro ai Monti) da fratturato a disarticolato estratto come sabbia e ghiaia da poco coerente a incoerente	
						10		
						11		
						12		
						13		
						14		
						15		

Quota inizio perforazione: +12,1m

Data: Aprile 2009

S2

Cu Pekt	Phi	STP	Car. %	P.V.	RQD %	Prof. m	Descrizione Stratigrafia	Note
						0	Terreno agricolo e riporti	
10KPa	28°			16 KN/mc		1	Coltre detritica Limoso-sabbiosa sciolta con riporti	
		20-R					Coltre detritica ghiaioso-limosa sciolta	
						2	Terre rosse	
20KPa	42°	29-26-R	RMR = V	21 KN/mc		3		
		35-50-R				4	Cappellaccio d'alterazione del substrato roccioso calcareo-dolomitico estratto (a secco) come sabbia limosa grigiastra completamente incoerente	
						5		
						6		
						7		
						8		
						9		
						10		
						11		
						12		
						13		
						14		
						15		



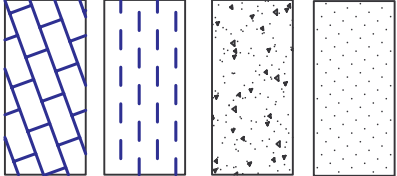
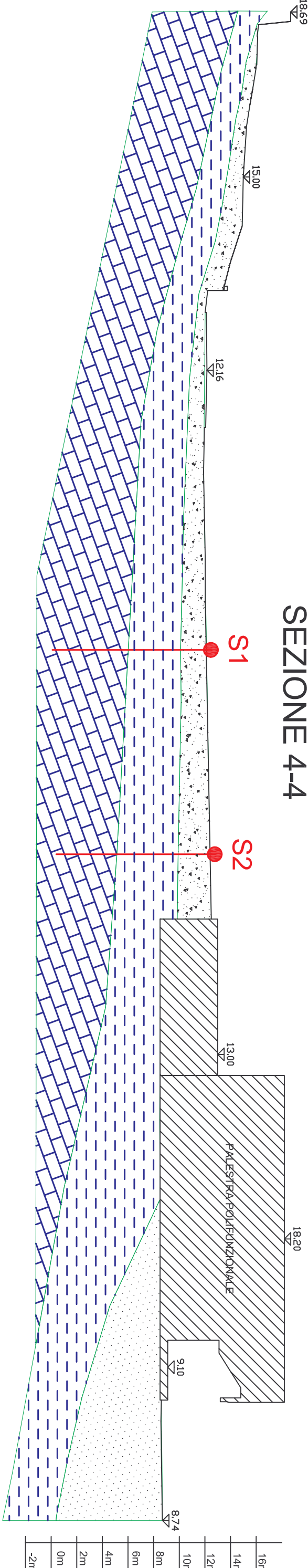
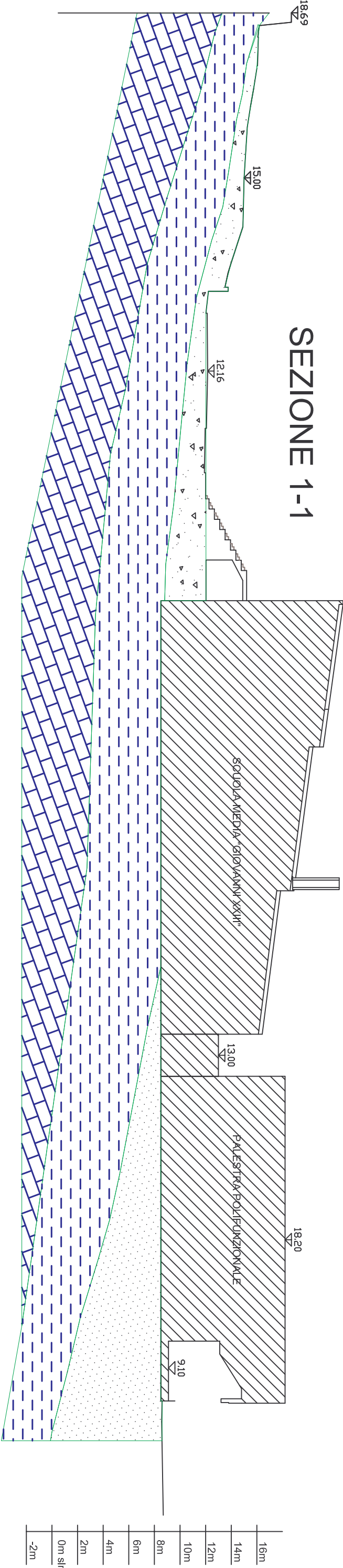
Riporti artificiali superficiali / Coltre detritica colluviale sciolta-terre rosse

Cappellaccio eluviale del substrato roccioso calcareo-dolomitico

Substrato roccioso calcareo-dolomitico +/- fratturato

SEZIONI GEOLOGICHE INTERPRETATIVE

SCALA 1:300



**INDAGINE GEOFISICA DI TIPO NOISE ANALYSIS SURFACE WAVES NASW
ESEGUITA NEL COMUNE DI SPOTORNO (SV).**

COMMITTENTE: ECHINSCEA srl

Genova, 28 aprile 2009

Indice

1. Premessa	pag. 2
2. Descrizione del metodo NASW	pag. 2
3. Acquisizione ed Elaborazione del Noise sismico	pag. 3
3.1 Strumentazione	pag. 3
4. Risultati	pag. 5

1. Premessa

In data 23/04/2009 è stata eseguita, nel Comune di Spotorno provincia di Savona, una indagine sismica di tipo Noise Analysis Surface Waves NASW ed in particolare è stato realizzato un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (onde S).

2. Descrizione del metodo NASW

Il metodo d'indagine sismica passiva denominato NASW (Noise Analysis of Surface Waves), si basa sulle particolari leggi fisico-matematiche, che governano la propagazione delle onde sismiche superficiali, in mezzi stratificati (monodimensionali o 1-D). In tali condizioni, sia le onde di Love sia le onde di Rayleigh, hanno carattere dispersivo: si ha una forte dipendenza della velocità di propagazione (V_R per le onde di Rayleigh e V_L per le onde di Love) dalla frequenza del moto sismico. In ipotesi di mezzo stratificato, le caratteristiche della "curva di dispersione" $V_R = V_R(f)$ sono strettamente collegate alle caratteristiche stratigrafiche dell'area indagata: la struttura della curva di dispersione dipende quasi esclusivamente dal profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s = V_s(z)$. Ad esempio, nel caso di un aumento di velocità di propagazione delle onde di taglio con la profondità, la curva di dispersione assume un andamento caratteristico, evidenziando bassi valori di velocità di propagazione delle onde di Rayleigh in corrispondenza di alte frequenze ed alti valori di tale velocità in corrispondenza di basse frequenze. La totalità dei metodi d'indagine sismologica basati sull'analisi delle onde superficiali, sia essi passivi sia attivi, prevedono specifiche tecniche di acquisizione dei segnali sismici, identificazione delle onde superficiali, stima della curva di dispersione ed inversione o modeling di questa ultima, al fine di ottenere il profilo verticale delle V_s .

La peculiare caratteristica che differenzia in modo sostanziale il metodo NASW dai metodi d'indagine attivi, basati su un'artificiale energizzazione sismica del terreno (SASW Nazarena and Stokoe 1984; MASW Park et al., 1999), risiede nell'utilizzo del rumore sismico di fondo ("noise sismico" o "microtremore") come sorgente d'onde superficiali. L'analisi sperimentale dei microtremori ha, infatti, evidenziato che il noise sismico possiede, in genere, caratteristiche spettrali particolarmente adatte all'esplorazione del primo sottosuolo (significativa densità di

energia nella banda 3 – 25 Hz). L'utilizzo di sorgenti sismiche “naturali” rende il metodo NASW particolarmente idoneo per indagini in contesti urbani rumorosi, dove l'utilizzo di efficaci sorgenti sismiche comporterebbe, un proibitivo aumento dei costi dell'indagine geofisica.

Per una dettagliata ed esaustiva descrizione delle tecniche di misura e delle metodologie d'analisi del noise sismico si rimanda a:

- NaKamura Y. 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on ground surface. QR Raylw Tech. Res.Inst., 30, 25-33.
- Nazarian S. e Stokoe K. H. 1984. In situ shear wave velocities from spectral analysis of surface waves in Proceedings of the world Conference on Earthquake Engineering, Vol. 8, San Francisco, 21-28.
- Louie J. N. 2001 “shear-wave velocity to 100 meters depth from refraction microtremor arrays” Bulletin of the Seismological Society of America, 91, 2 347-364 pp.
- Okada 2004, Saito M. 1979 “Computation of reflectivity and surface wave dispersion curves for layered media” Butsuri-Tanko 32, n°5 15-26pp

3. Acquisizione ed elaborazione del “Noise” sismico

3.1 Strumentazione

- sismometro Abem Terraloc Mark 6 - 24 canali, le cui specifiche tecniche sono riportate in Appendice.
- 21 geofoni di frequenza caratteristica pari a 4.5 Hz.
- 2 cavi geofonici da 12 prese l'uno.

Le tracce sismiche sono state acquisite lungo un profilo secondo la geometria riportata di seguito:

- interdistanza geofonica di 2.5 m per una lunghezza totale dello stendimento di 50.0 m.

Il segnale sismico è stato acquisito con passo di campionamento di 2 ms e con numero di campioni di 16384, tali parametri hanno consentito di registrare

segnali sismici di lunghezza pari a 32768 ms. Sono state registrate 10 “finestre” di rumore sismico.

Senza entrare nei dettagli operativi relativi all'elaborazione del noise le principali fasi di “processing” possono essere riassunti nei seguenti punti:

1. Pre-processing dei records di noise sismico (analisi delle caratteristiche medie del “noise”, per verificarne la qualità sia in termini di stazionarietà spazio-temporale e sia in termini di coerenza spettrale) che consente di individuare il range di frequenze ottimale (2.5 – 25 Hz) da utilizzare nelle fasi successive di elaborazione.
2. Trasformazione dei records di noise sismico secondo due passaggi successivi. In primo luogo è stata operata la trasformazione dal dominio T-X (tempo – distanza) al dominio tau-p (tempo intercetta -“slowness” o reciproco della velocità apparente) e successivamente dal dominio tau-p al dominio f-p (frequenza - “slowness”) “p-f Image” (un'elaborazione statistica di tutti i records di tipo p-f ed una procedura di normalizzazione hanno consentito di ottenere il diagramma indicato come “p-f image”).
3. “picking” della curva di dispersione, (è associato ad un certo numero di punti una o più “slowness” $1/V$ per alcune frequenze.

Nell'immagine “slowness-frequency” (p-f) (spettro di potenza normalizzato in funzione della frequenza f e del parametro p), sono messi in evidenza gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo, da quelle associabili ad altri tipi di onde (onde di Rayleigh di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

La curva di dispersione $V_R = V_R(f)$ è stata in seguito utilizzata per stimare il profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio, adottando una metodologia di modeling diretto (Saito 1984), che consente di ottenere, attraverso approssimazioni successive (“trial and error”), una funzione $V_s = V_s(z)$, tale da minimizzare il misfit tra la curva di dispersione teorica e curva di dispersione osservata.

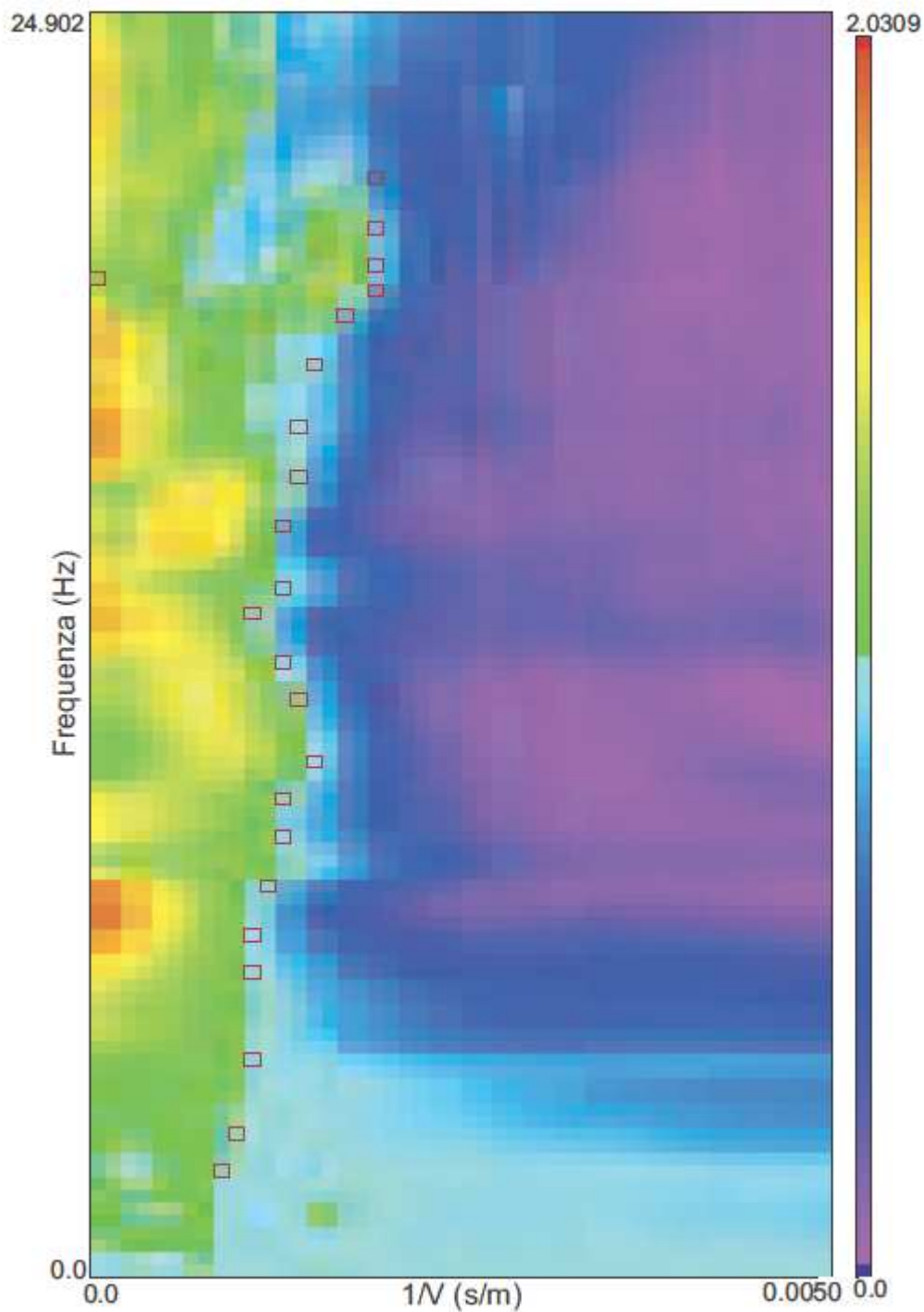
4. Risultati

Per ogni indagine di tipo NASW verranno di seguito riportati:

- a) Rappresentazione in scala cromatica dello spettro di potenza “p-f Image” utilizzato per fare il “picking” della curva di dispersione sperimentale.
- b) Profilo verticale della velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s = V_s(z)$.

Classificazione del sito ai sensi dell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/03, “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche” e del Testo Unico, “Norme Tecniche per le Costruzioni” del 30/03/2005.

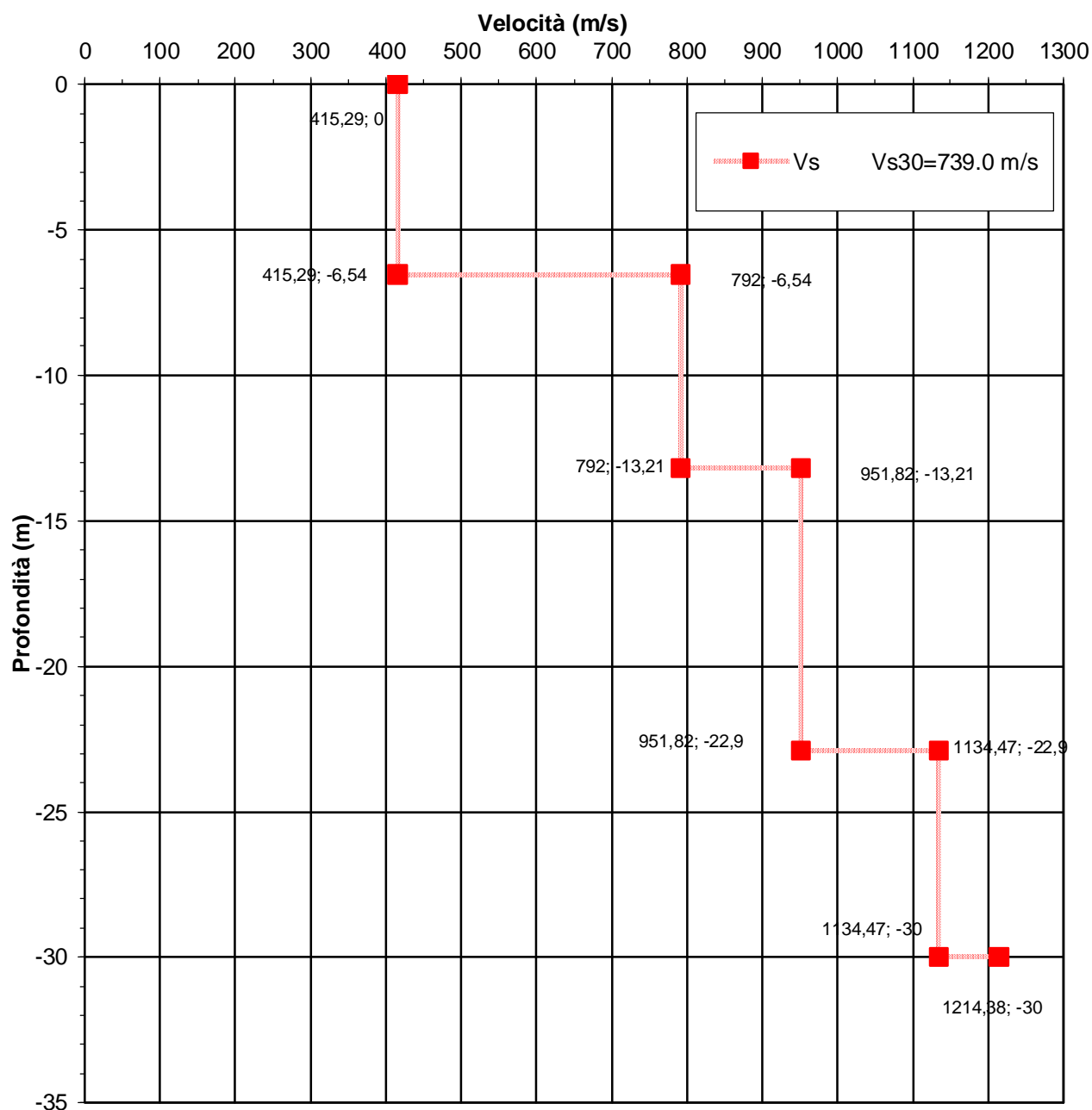
Spettro di Potenza "Lentezza - Frequenza" p-f Profilo



Profilo - NASW

Velocità delle onde di taglio Vs (m/s)

Profilo



Secondo quanto riportato nell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/03, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche", viene proposta una nuova classificazione dei comuni, cui si applica la normativa, relativa alle costruzioni in zona sismica.

La normativa tecnica ai fini del calcolo dell'azione sismica, tiene conto del tipo di categoria (4 categorie), e per la verifica degli elementi strutturali, anche dei possibili effetti di amplificazione locale in base alle caratteristiche del suolo di fondazione.

A tal scopo sono distinti terreni di tipo:

A formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s;

B depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s ($N_{spt} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ Kpa);

C depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori da decine fino a centinaia di metri caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, o coesione non drenata $70 < c_u < 250$ Kpa);

D depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati o coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{spt} < 15$, o $c_u < 70$ Kpa);

E terreni alluvionali, caratterizzati da valori di V_{s30} simili a quelli di tipo C o D e spessore compreso tra 5 m e 20 m, al di sotto del quale si trova un substrato rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

Ed inoltre le categorie S1 e S2 per il quale sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica:

S1 depositi costituiti da strati di almeno 10 m di argille o limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ($10 < c_u < 20$ Kpa)

S2 depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi tipo di terreno non rientrante nei tipi precedenti.

A corredo dei risultati ottenuti dalla campagna d'indagine forniamo di seguito la classificazione dei terreni in base alle Vs30 secondo quanto riportato nell'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/03, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche".

$$V_{s30} = 739.0 \text{ m/s}$$

Terreno Tipo B depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri caratterizzati da valori di Vs30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (Nspt >50, o coesione non drenata $c_u > 250$ Kpa;

Comune di Spotorno Zona 4 – valore di a_g 0,05

Al fine di fornire un'ulteriore informazione, circa i campi di valori indicativi della velocità delle onde di taglio riferiti ai diversi tipi di terreno, viene di seguito riportata una classificazione dei sottosuoli secondo Eurocodice 8.

DESCRIZIONE	PROFONDITA	Vs(m/s)
Roccia lapidea	Qualsiasi	≥ 800
Terreni addensati (a grana fine o grossa) spessi decine di metri e con miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità		≥ 400
Depositi profondi mediamente densi/consistenti con spessori da decine a centinaia di metri	10	≥ 200
	50	≥ 350
Terreni a grana grossa sciolti con eventuali intercalazioni fini	< 20	< 200
Depositi a grana fine di consistenza medio bassa	< 20	< 200

La velocità delle onde S (V_s) permette, inoltre, di risalire al modulo di deformazione a taglio dei terreni attraversati ed al Modulo di Compressibilità volumetrica E_b , edometrica E_{ed} e di Young E , nel caso in cui si dispone anche della velocità delle onde di compressione V_p

$$G = \rho V_s^2$$

ρ = densità del mezzo

$$E_B = \rho(V_p^2 - \frac{4}{3}V_s^2)$$

$$E_{ed} = \rho V_p^2$$

$$\nu = \left[0.5 \left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1 \right] / \left[\left(\frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1 \right]$$

ν = coefficiente di Poisson

$$E = 2\rho V_s^2 (1 + \nu)$$

ABEM TERRALOC MARK 6 - Specifiche Tecniche

Numero di canali	24
Canale di riferimento	12 o 24 indirizzabile su apposito connettore
Passo di campionamento	(25, 50, 100, 200, 500) ms (1, 2) ms
Numero di campioni registrabili	Selezionabili tra 3.2 ms e 32.7 s; equivalenti a 128, 256, 512, 1024, 2048, 4096, 8192, 16384 campioni
Numero massimo di stacks	999
Registrazione pre-trigger	Selezionabile tra 0-100 % della lunghezza della traccia
Delay time	In relazione al passo di campionamento
Tipo di trigger	Interruttore(aperto/chiuso), analogico o TTL
Risoluzione del convertitore A/D	18 bits + 3 bit IFP
Dinamica	126 dB (teorica)
Minimo segnale in ingresso	+/- 0.24 mV
Massimo segnale in ingresso	+/- 250 mV
Banda di frequenza	(2-4000) Hz
Filtri analogici passa alto	Selezionabili, 12 dB/ottava (12-192)Hz in 16 passi o 24 dB/ottava (15-240) Hz in 16 passi
Notch filtro	50 Hz
Anti-aliasing	Automaticamente impostato in funzione della frequenza di campionamento