

Regione Autonoma Valle d'Aosta

Comune di Courmayeur

Chenevier s.p.a.

Besenal costruzioni s.r.l. [committenti]



Realizzazione di parcheggio interrato, nuovo liceo linguistico e albergo in loc. Dolonne

P 1.02

Caratterizzazione geologica preliminare

Progetto di fattibilità

Luglio 2022

Codice Progetto - **chv47**

Fase - **finanza di progetto**

Revisione n. **1** data **gennaio 2023**

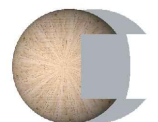
Tecnici incaricati

Marco Savoye
[ingegnere]



loc. Grand Chemin 93 - 11020 Saint-Christophe - tel. 0165 1827240 - p.iva 01073720078 - info@atelierprojet.it

Roberto Montegrandi
[architetto]



via Festaz, 79 - 11100 Aosta - tel 3344650239 - roberto.montegrandi@gmail.com

Collaboratori

Alberto Duc
[architetto]

Marco Brunori
[geometra]



Geol. Alex Chabod

**REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA
REGION AUTONOME VALLEE D'AOSTE**




COMUNE DI
COMMUNE DE

COURMAYEUR

PROGETTO DI INTERVENTO EDILIZIO PUBBLICO IN LOCALITA' LA VILLETTE

CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE

02			<p>Il tecnico Geol. Alex chabod</p> 	COMMITTENTE
01	11/01/2023	Seconda emissione		Atelier Projet
00	13/05/22	Prima emissione		PROGETTISTA
emissione	data	Oggetto		Ing. Marco Savoye

Sommario

1	Introduzione.....	3
2	Quadro normativo di riferimento	3
3	Inquadramento geografico	4
4	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito	4
5	Stratigrafia dell'area di studio.	6
	5.1Stratigrafia palazzetto dello sport.....	7
	5.2Stratigrafia Pozzo acquedotto	9
	5.3Stratigrafia Sondaggio 4810 rental Ski	11
6	Idrogeologia di dettaglio	13
7	Indagini geofisiche eseguite per la caratterizzazione stratigrafica	13
	7.1Ubicazione prove	13
	7.2Strumentazione utilizzata e elaborazione dati	15
	7.3Risultati ottenuti	17
	7.3.1 Modello di resistività elettrica reale	17
	7.4Modello di velocità di taglio delle onde di taglio (MASW 2D)	19
	7.5Conclusioni indagini.....	20
	7.6Caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione	20
8	Caratterizzazione geotecnica dei materiali	21
	8.1Parametri ricavati dalle prove SPT eseguiti in foro presso 4810 Rental Ski	21
	8.2Parametri ricavati dalle indagini Masw.....	24
	8.2.1 Angolo di attrito interno	25
	8.2.2 Caratteristiche di deformabilità	25
	8.2.3 Peso di volume	26
	8.3Analisi critica dei parametri ottenuti dalle prove i foro e dalle indagini indirette	27
9	Valutazione preliminari sul modello geologico e sulle tipologie fondazionali	27
10	Studio preliminare di compatibilità con lo stato di dissesto in essere e potenziale e sull'adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le opere di mitigazione del rischio necessarie	29
	10.1 Caratterizzazione dei vincoli presenti, in base agli artt. 35, 36 e 37 della l.r. n. 11/1998, nell'area oggetto di intervento e in relazione al tipo di intervento da realizzare	29
	10.2 Disciplina d'uso	32
	10.3 Individuazione e illustrazione delle dinamiche e della pericolosità dei fenomeni che caratterizzano il vincolo 33	
	10.4 Conclusioni inerenti lo studio di compatibilità con lo stato di dissesto in essere e potenziale	34

1 Introduzione

L'oggetto della presente relazione riguarda il progetto di fattibilità di costruzione di un edificio pubblico da destinarsi a polo scolastico.

Con riferimento al progetto, lo scrivente è stato incaricato dallo studio Atelier, di eseguire indagini geologiche preliminari al fine di ricostruire l'assetto litostratigrafico del sito d'interesse quindi valutare la natura dei terreni di fondazione.

La presente relazione, basata su prospezioni sismiche ed elettriche di superficie, informazioni bibliografiche e dati geognostici relativi ad aree limitrofe al sito d'interesse, è finalizzata ad una prima caratterizzazione di massima, mirata ad orientare le scelte progettuali in fase di fattibilità. Ai fini della progettazione geotecnica sarà dunque necessario acquisire informazioni di dettaglio sulla specifica area di interesse tramite un piano di indagini geognostiche, dirette, mirato.

2 Quadro normativo di riferimento

L'indagine è stata effettuata in ottemperanza a quanto previsto dalle normative vigenti ed in particolare alle prescrizioni delle seguenti:

- ✓ **L.R. 06 aprile 1998 n° 11 e s.m.i.** (Normativa urbanistica e di pianificazione territoriale della Valle d'Aosta);
- ✓ **D.G.R. n. 2939 del 10 ottobre 2008** (approvazione delle nuove disposizioni attuative della legge regionale 6 aprile 1998 n. 11 previste agli artt. 35, 36 e 37 in sostituzione dei capitoli I, II e III dell'allegato a alla deliberazione della giunta regionale 15 febbraio 1999, n. 422 e revoca della deliberazione della giunta regionale n. 1968/2008) e s.m.i.;
- ✓ **D.M. LL.PP. 17 gennaio 2018** (Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»);
- ✓ **D.M. LL.PP. 11 marzo 1988** (Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione);
- ✓ **D. Lgs. 152 del 03 aprile 2006** (Norme in materia ambientale);
- ✓ **L.R. 3 dicembre 2007, n. 31** (nuove disposizioni in materia di gestione dei rifiuti);
- ✓ **D.G.R. n. 529 del 18 aprile 2014** (Approvazione, in sostituzione di quanto approvato con DGR 821/2013, delle linee-guida per la gestione dei materiali/rifiuti inerti derivanti dalle attività di demolizione, costruzione e scavo, comprese le costruzioni stradali, con particolare riferimento alla gestione dei materiali inerti derivanti da attività di scavo, in attuazione della parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152);
- ✓ **D.P.R n.120 del 13 giugno 2017** "Disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo ai sensi dell'articolo 8 del decreto -legge 12 settembre 2014, 133, convertito con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n164".
- ✓ **D.G.R N. 1152 del 21 settembre 2018** (Linee guida per la gestione dei materiali-rifiuti inerti derivanti dalle attività di demolizione, costruzione e scavo).

3 Inquadramento geografico

L'areale oggetto di studio è posto in località La Villette, nel comune di Courmayeur, ad una quota di 1190 m s.l.m. Attualmente l'areale d'indagine è utilizzato a parcheggio e si presenta asfaltato pressochè pianeggiante e delimitato lateralmente da aiole. Il sito è direttamente accessibile dalla strada comunale che conduce al Palazzetto dello Sport.

L'areale era utilizzato sino agli anni 90 come pista di pattinaggio su ghiaccio all'aperto, e con buona probabilità, al di sotto dello strato di asfalto, è presente una platea in calcestruzzo che fungeva da supporto alla pista.



Figura 1: Ortofoto dell'area di intervento (estratto da <http://geonavsct.partout.it/>). Il rettangolo indica l'areale oggetto di studio.

4 Caratterizzazione e modellazione geologica del sito

Per quanto attiene le informazioni ricavabili da letteratura, si fa in particolare riferimento ai più recenti studi relativi all'area, tra cui la cartografia geologica del progetto CARG, consultabile sul geonavigatore della R.A.V.A., e allo "Studio di bacino" (DGR 1138/05) relativo al torrente Chetif, redatto dai professionisti Dellarole, Benetti, Piatti, Noascono, Odetto e Gabriele (2011). L'estratto di carta geologica sotto riportato indica la posizione dell'area di intervento rispetto alle unità geologiche cartografate nell'area. Il settore si inquadra all'interno di una zona di fondovalle, in prossimità della sponda destra della Dora di Courmayeur. L'area è caratterizzata da una bassa acclività, che incrementa rapidamente spostandosi ad ovest verso il versante occidentale del Mont Chetif, lungo cui affiora estesamente il substrato roccioso formato da gneiss derivanti da rocce ipoabissali di composizione granitica (porfiroidi).

L'areale è collocato, con buona probabilità, all'interno di un'antica ansa del fiume Dora, probabilmente deviato dalla conoide costituita dal torrente Sapin. Non è da escludere, inoltre, che vi sia stato uno sbarramento di origine gravitativa che abbia portato alla formazioni di un'area lacustre o di un lago periglaciale, nell'originaria ansa del torrente, visto l'abbondante materiale limoso che caratterizza i sedimenti. Attualmente il sito è sospeso di circa 10 m rispetto al fondovalle della Dora Baltea. L'eterogeneità dei depositi quaternari, che comprendono alluvioni e depositi glaciali più o meno rimaneggiati, fa pensare a varie fasi di deposizione, interdigitatesi tra loro. Precedentemente all'intensa urbanizzazione attuale, l'area era caratterizzata dalla presenza di ambiente palustri (indicati dal toponimo "Plan de Lizzes"), indicanti la presenza di depositi con livelli ricchi di materiale fine scarsamente permeabile a livelli anche superficiali.

Tale assetto viene confermato da sondaggi geognostici eseguiti nelle immediate vicinanze come verrà dettagliato di seguito.

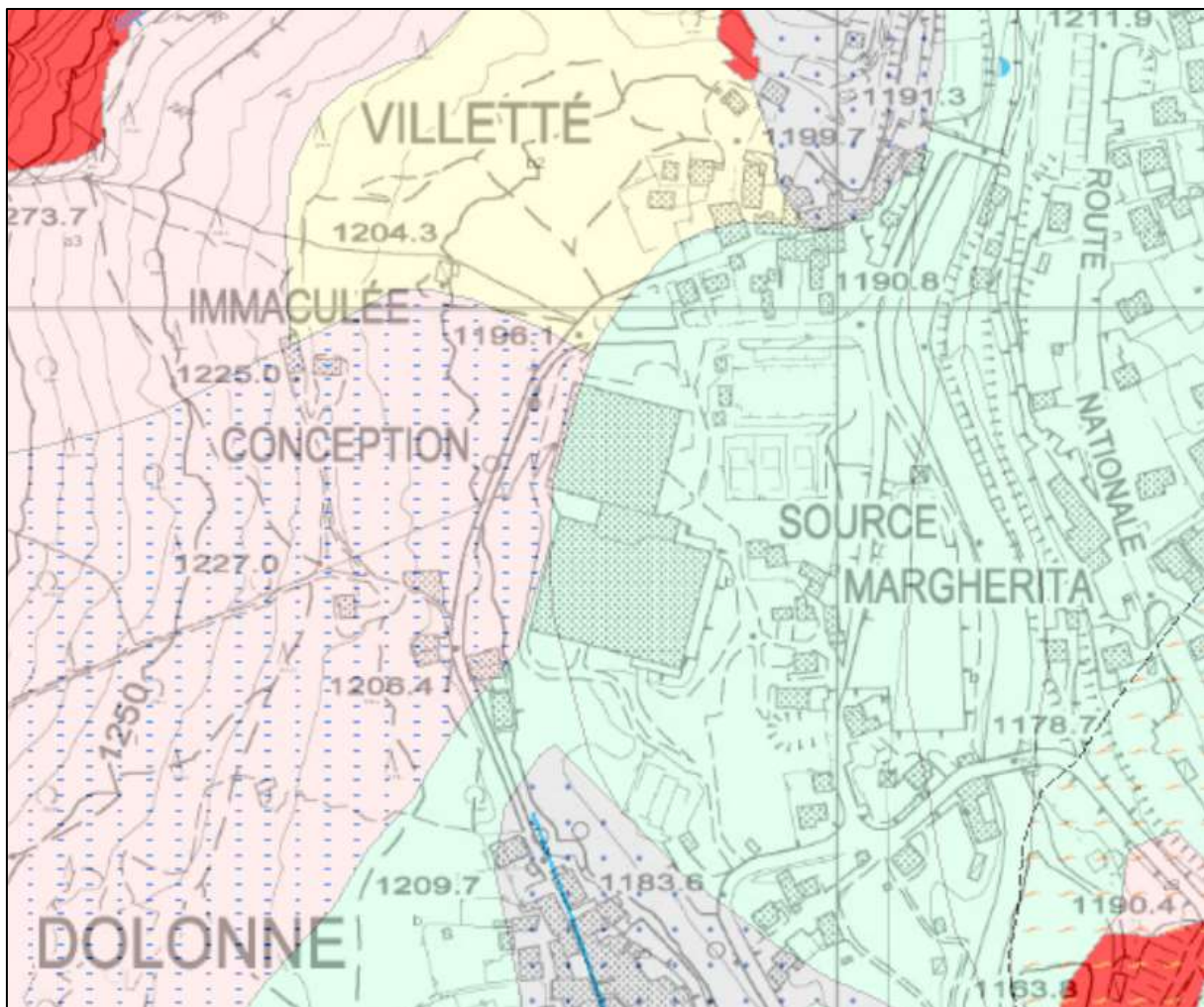












Figura 2: Carta Geologica di dettaglio(<https://mappe.regione.vda.it/>)

Elementi geomorfologici cartografabili	
	Deformazione gravitativa profonda
Unità geologiche cartografabili (lineari)	
	Limite geologico certo
	Faglia incerta
Unità geologiche cartografabili (poligonali)	
	Detrito di falda Detrito di falda.
	TIF indifferenziato TIF indifferenziato. Ghiaie sabbiose-limose con blocchi, massive, con clasti da subangolari a subarrotondati.
	Deposito di origine mista Deposito di origine mista. Deposito eterogeneo, con stratificazione grossolana a matrice sabbiosa poco limosa, con intercalazioni di ghiaie e sabbie selezionate
	Coltre detritico-colluviale Coltre detritico-colluviale. Sabbie ghiaiose, poco limose, massive o mal stratificate, non addensate, a clasti spigolosi
	TIF di ablazione TIF di ablazione. Deposito eterometrico grossolano, non addensato, a supporto di clasti, da massivi a mal stratificato in lenti inclinate, con ciottoli e blocchi spigolosi o smussati in matrice sabbiosa.
	Deposito alluvionale e fluvio-glaciale Deposito alluvionale e fluvio-glaciale. Ghiaie sabbiose stratificate, a supporto di clasti, con ciottoli arrotondati, embriicati, in matrice sabbiosa medio-grossolana.
	Deposito di debris flow Deposito di debris flow. Sabbie limose con ghiaie, a prevalente supporto di matrice, mal stratificate e poco selezionate, con livelli a grossi blocchi.

5 Stratigrafia dell'area di studio.

La definizione del modello geologico del sottosuolo, in conformità alle prescrizioni del NTC 2018, si è basata in prima battuta sull'analisi di dati geognostici eseguite nelle immediate vicinanze e precisamente in corrispondenza dell'attuale palazzetto dello sport, posto immediatamente a tergo del sito d'interesse e poco più a Est in corrispondenza dell'attività 4810 Rental Ski. Tali dati, in correlazione con le informazioni geologiche disponibili, possono essere considerate rappresentativi anche dell'area in oggetto, in quanto ricavate all'interno delle medesime unità deposizionali. Data la forte variabilità laterale presente in questo settore, tali informazioni permettono di definire un quadro generale relativamente preciso ma comunque sempre puntuale.

Nello specifico sono stati consultati:

1. Stratigrafia di massima eseguita in fase di progettazione del Palazzetto dello Sport, datata 1983, ove è possibile ricavare una stratigrafia di massima e la soggiacenza della falda. Tale stratigrafia di massima è stata realizzata dal Geol. Fabrizio Gregori.
2. Stratigrafia ricavata in fase di perforazione per la realizzazione di un pozzo per acqua, posto immediatamente a tergo del palazzetto dello sport. Tale stratigrafia è datata 1996 ed è stata realizzata dal Geol. Fabrizio Gregori.
3. Sondaggio con prove SPT in foro eseguite in fase di progettazione dell'attuale 4810 Rental ski. Tale stratigrafia è datata 2018 ed è stata realizzata dal Geol. Marco Vagliasindi.

Si segnala inoltre la presenza di ulteriori sondaggi eseguiti in corrispondenza dell'attuale partenza dell'ovovia di Dolonne che però insistono chiaramente in un contesto di versante, non raffrontabile al sito d'interesse. Per tale motivo, suddette indagini non sono state rappresentate in relazione.

Di seguito si riporta una corografia con l'indicazione della posizione delle indagini suddette.

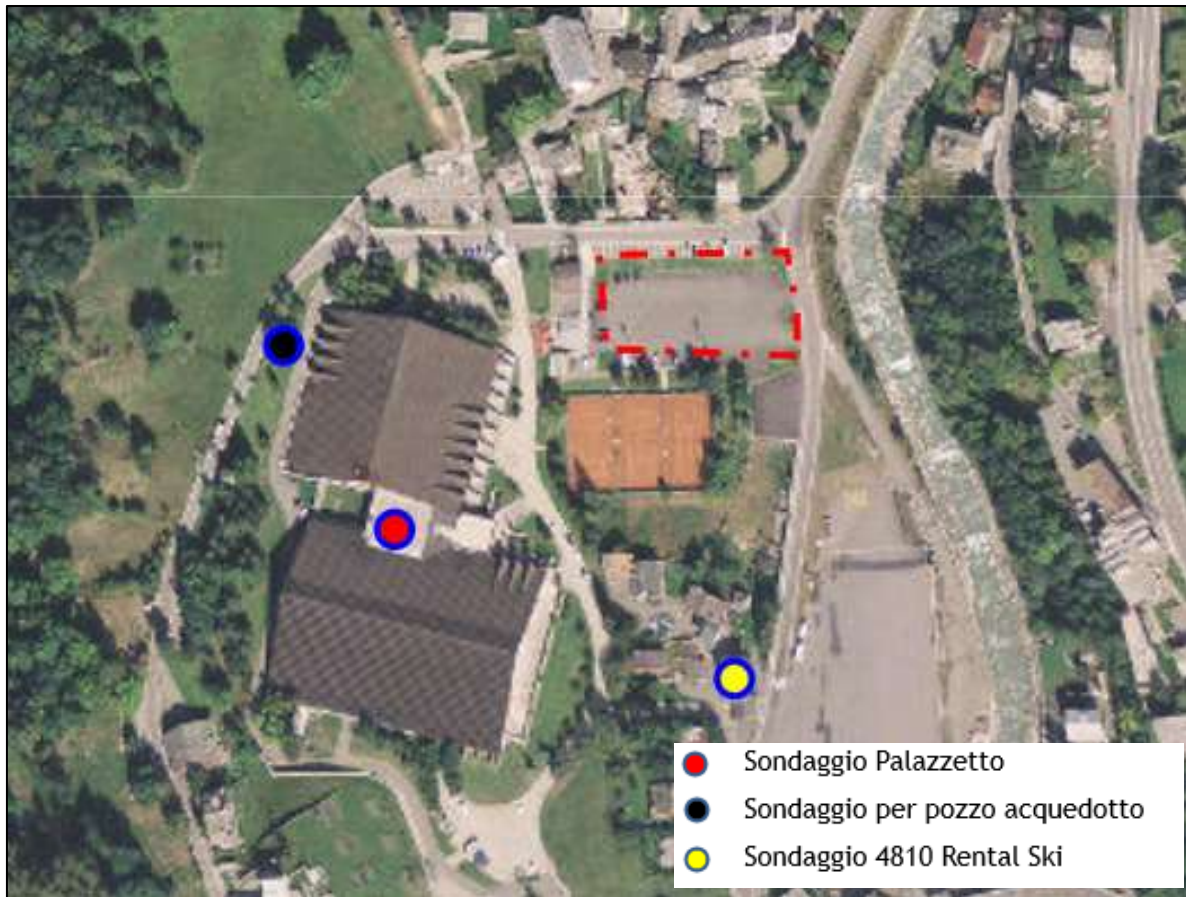


Figura 3: Ortofoto con indicazione delle indagini geognostiche consultate.

5.1 Stratigrafia palazzetto dello sport

Tale stratigrafia di massima indagine è stata eseguita in fase di progettazione del palazzetto e consta in realtà di 3 sondaggi che si sono spinti da -5,5 m dal piano campagna sino a 26 m.

Sondaggi

I sondaggi eseguiti entro lo scavo hanno messo in risalto quanto segue a partire dal fondo scavo:

- a) Una parte più superficiale in prevalenza limosa o limosa sabbiosa con frequenti piccoli ciottoli da arrotondati, a sub arrotondati e qualche trovante; la sua profondità varia da mt. 7,30 a mt. 8,40 (da fondo scavo).
- b) Segue quindi un deposito prevalentemente costituito da sabbie grossolane, ghiaie e trovanti; la matrice limosa è scarsa o inesistente. Tale livello contiene una notevole falda acquifera in pressione con forte risalita e fuoriuscita di acqua dai fori di sondaggio, dopo la perforazione del sovrastante livello in prevalenza limoso e perciò impermeabile. La profondità di questo livello varia tra 15 e 16,70 mt.
- c) Troviamo infine fino ad una profondità di 21 mt. una alternanza di livelli limosi, ghiaie e sabbie con matrice limosa più o meno marcata, e qualche livello torboso. I livelli marcatamente ghiaiosi sono sede di ulteriori falde in pressione che contribuiscono ad aumentare la fuoriuscita d'acqua mano mano che la perforazione procede. A sondaggio ultimato (con un massimo di 21 mt. di profondità) la portata a bocca foro è stata valutata in 35 - 40 lt/secondo.

Da un esame complessivo del pacco di terreni investigati, possiamo sintetizzare i seguenti parametri geotecnici:

- a) Da 0 a 10 mt.

Angolo di attrito $\varphi = 20^\circ \div 22^\circ$

Peso specifico $\gamma_t = 1,7 \text{ ton/m}^3$

- b) Oltre 10 mt in condizioni di falda come sopra descritte

Angolo di attrito $\varphi = 30^\circ \div 32^\circ$

Peso specifico $\gamma_t' = 1,05 \text{ ton/m}^3$

Figura 4: Sintesi della stratigrafia ricavata dai sondaggi. (Geol. Gregori Fabrizio).

La stratigrafia evidenzia sino ad una profondità di circa 12-13 m (la stratigrafia parte da - 5.5 m di profondità; quota piano campagna 1190 m slm) la presenza di materiale fine limoso e limoso sabbiosa che contiene ciottoli e trovanti che sono riconducibili a sedimenti lacustri o di sedimentazione con bassa energia (ansa fiume). Oltre tale strato superficiale si rinviene un deposito composto prevalentemente da sabbie grossolane e ghiaie contenente puntuali trovanti. Tale livello risulta essere di pertinenza deposizionale della Dora con caratteri di energia significativa. Tale livello si spinge sino a 20 m circa. Oltre tale livello sino a fondo foro, ovvero sino a 26 m circa si rinviene un'alternanza dei suddetti livelli.

Importante segnalare che al di sotto dei livelli fini superficiali è presente una falda o più falde in pressione.

5.2 Stratigrafia Pozzo acquedotto

La stratigrafia in oggetto è riconducibile ad una perforazione per la realizzazione di un pozzo per uso idrico posto immediatamente a tergo del palazzetto ad una quota di 1190 m s.l.m. La stratigrafia in oggetto rispecchia quanto evidenziato dalla stratigrafia precedente, ponendo attenzione che questa è stata eseguita dal piano campagna e non come nel caso precedente.

Nello specifico:

- 0-4,5 m: Ghiaia sabbiosa con trovanti.
- 4,5 -9,5m: Limo sabbioso.
- 7,96 m: Livello Statico falda.
- 9,5 -25 m: Ghiaie e Ghiaie sabbiose prive di materiale fine.
- 25-37: Alternanza di Ghiaie e materiali fini torbosi e limosi.

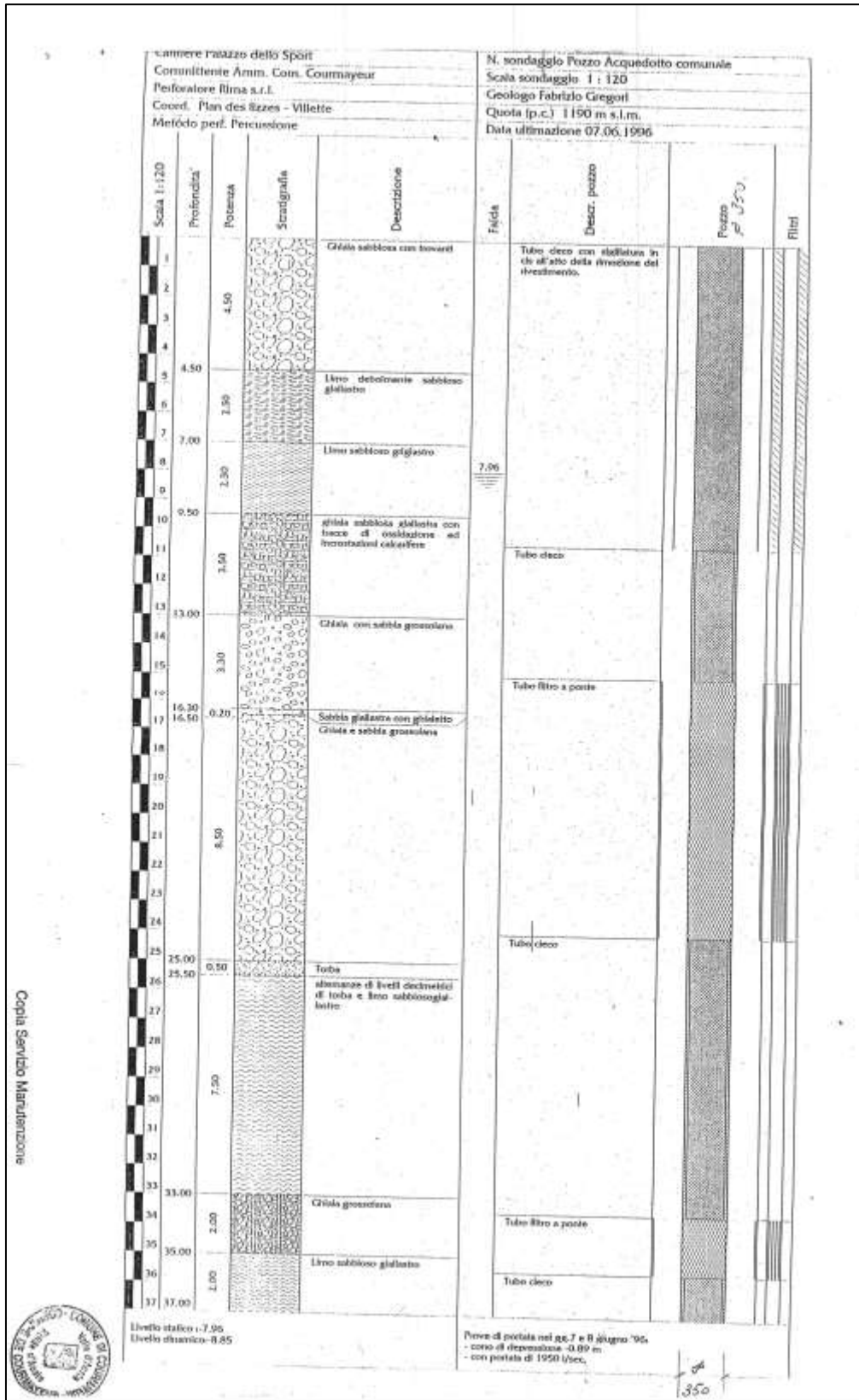


Figura 5: Stratigrafia Pozzo acquedotto (Geol. Gregori Fabrizio).

5.3 Stratigrafia Sondaggio 4810 rental Ski

Tale stratigrafia è stata realizzata nel 2018 in fase di progettazione del Noleggio 4810 Rental Ski. Il sondaggio è ubicato a quota 1180 m s.l.m., dunque in posizione più depressa rispetto ai due precedenti sondaggi. La stratigrafia presente con buona probabilità una accuratezza maggiore rispetto alle due precedenti, come evidenziato dal numero maggiore di livelli censiti.

La stratigrafia evidenzia una prevalenza di livelli limosi, debolmente sabbiosi o ghiaiosi, all'interno dei quali, sono inglobati blocchi anche metrici di granito. La presenza di tali blocchi, che presentano in generale spigoli esterni arrotondati, indica sicuramente una provenienza dei depositi dal settore del Monte Bianco e quindi un trasporto glaciale; la prevalenza di matrice limosa fa propendere per un'origine legata a till di allogamento o più probabilmente a depositi di tipo glacio-lacustre (formazione di laghi proglaciali o di sbarramento). Livelli di limo particolarmente plastico sono localizzati tra 5 e 6 m e tra 8 e 10 m circa.

Nel foro di sondaggio è stata rilevata la presenza di falda libera inizialmente a circa 2 m dal p.c. In base a misure successive, il livello piezometrico ha mostrato modeste oscillazioni tra 2.5 e 3 m massimo. Da segnalare che tale sondaggio è ubicato 9/10 m di quota più in basso rispetto ai due sondaggi precedenti e per tale motivo la falda risulta più superficiale.

In fase di perforazione sono state effettuate delle prove penetrometriche dinamiche in foro ogni 1.5 m di profondità utilizzando la punta conica stante l'elevata presenza di ciottoli e blocchi grossolani.

Tuttavia, anche con questa modalità si sono riscontrati frequenti casi di resistenza alla penetrazione > 50 colpi/15 cm. Questo è ovviamente legato alla presenza di blocchi grossolani e non alle caratteristiche di resistenza/addensamento del materiale. Nei casi in cui si è verificato il rifiuto, il blocco è stato superato con carotaggio o con rotopercolazione. È evidente che tali operazioni arrecano un importante disturbo allo stato tensionale e di addensamento del materiale, per cui i risultati delle prove al di sotto del superamento di blocchi non possono essere considerate rappresentative. Nei casi in cui il rifiuto si è verificato per gli ultimi 15 cm di avanzamento, viene assunto cautelativamente il valore di R relativo ai 15 cm immediatamente precedenti.

Impresa esecutrice Geodynamic srl	Committente: Sig. Valler Grivel	Regione: Les Forges - Courmayeur (AO) Provincia: Comune: Località:
Data di esecuzione dei lavori: settembre 2018	Metodo e diametro di perforazione:	Sondaggio: Operatore sonda:
Natura del terreno:	Quota Inizio foro:	Annotazioni:

Recupero Carotaggio Totale 10 30 50 70 90	Recupero Modificato R.Q.D. 90 70 50 30 10	Rives timen to	Prof. strati	Scala riferim. (1:100)	S t r a t i	Descrizione	Camp. Ind.	S.P.T.		F a l d a	P i e z o m e t r o
								C o l p i	n°		
			0.00			Terreno vegetale e di riporto Blocco granitico demolito a martello misto a sabbia					
			3.00			Limo debolmente sabbioso di colore nocciola plastico					
			3.50			Come sopra ma più sabbioso					
			4.00			Ghiaia e limo sabbioso, colore grigio					
			4.40			ciottoli a spigoli vivi diametro 3-5 cm, alterati, in matrice ghiaioso-sabbiosa di colore rossastro		4.50	11 16 25		
			5.00			limo sabbioso con ghiaia di colore grigio scuro, plastico, fortemente umido					
			5.50			ghiaia e ciottoli 5-10 cm in matrice limosa di colore grigio scuro, plastico, molto duro una volta asciutto		5.00	8 8 9		
			6.00			limo sabbioso con ghiaia e frammenti lapidei (calcescisto) 2-3 cm di colore grigio scuro, plastico, fortemente umido					
			6.60			Limo sabbioso con ghiaia e ciottoli di colore grigio scuro					
			7.00								
			8.00			blocco di granito carotato		7.50	8 13 13		
			8.00			limo debolmente ghiaioso colore grigio scuro moto plastico					
			8.80			come sopra con qualche ciottolo		9.00	10 12 12		
			9.80								
			10.00			frammenti di granito blocco di granito carotato					
			11.00								
			11.00			limo debolmente sabbioso con ghiaia e rari frammenti lapidei, forma aggregati duri quanto asciutto					
			12.00			frammenti di granito		12.00	45 4 4		
			12.30			limo sabbioso con ghiaia e piccoli frammenti di calcescisto, forma aggregati quando asciutto					
			13.00			blocco di granito carotato					
			14.00								
			14.00			frammenti di granito con scarsa matrice sabbiosa					
			15.00					15.00	50 4 4		

Figura 6: Sondaggio 4810 Rental ski (Geol. Marco Vagliasindi).

6 Idrogeologia di dettaglio

Nel foro di sondaggio “4810 rental ski” è stata rilevata la presenza di falda libera inizialmente a circa 2 m dal p.c. In base a misure successive il livello piezometrico ha mostrato modeste oscillazioni tra 2.5 e 3 m massimo. Nei fori eseguiti, nel presso del palazzetto, a distruzione di nucleo spinti fino a profondità di 36 m è stata riscontrata la presenza di una falda in pressione. In base al confronto con il sondaggio, tale falda è localizzata ad una profondità superiore a 8 m (presumibilmente confinata dai livelli limosi profondi prima descritti). Non si esclude la possibilità di presenza di più acquiferi confinati nell’ambito della profondità indagata.

In base alla collocazione planoaltimetrica del sito d’interesse posto a quota 1180 m s.l.m la falda è ubicata a circa 5/6 m dal piano campagna.

7 Indagini geofisiche eseguite per la caratterizzazione stratigrafica

Le indagini messe in campo hanno come obiettivo una definizione preliminare del contesto litostratigrafico locale, fornire una caratterizzazione geotecnica dei materiali a partire dai risultati delle indagini indirette, fino ad una profondità di circa 15 metri da piano campagna e verificare la presenza di terreni fini e anomalie nella distribuzione delle unità geologiche del sottosuolo. Le tecniche utilizzate per rispondere alle richieste del Committente, viste le caratteristiche del sito, sono state la geoelettrica multielettrodo e la sismica con tecnica MASW2D; l’acquisizione mediante tecniche di indagine differenti consente di ridurre l’ambiguità interpretativa che caratterizza i metodi geognostici indiretti. La sezione geoelettrica fornisce indicazioni litostratigrafiche in termini granulometrici definendo la capacità dei terreni attraversati dalla corrente; la sismica con tecnica MASW2D, invece, fornisce una sezione con l’andamento della velocità delle onde di taglio nel sottosuolo e il conseguente stato di addensamento dei materiali. Le indagini in campo sono state eseguite dalla società Techgea S.r.l. in maggio 2022.

7.1 Ubicazione prove

La disposizione degli stendimenti geofisici è stata valutata con lo scrivente e verificata in sito in funzione degli spazi disponibili ed in relazione agli obiettivi dell’indagine. L’ubicazione delle sezioni viene riportata nella seguente Figura 1 (e in Tavola 1) su foto satellitare (fonte Google Earth Pro).



Figura 7: Ubicazione sezioni geofisiche(Techgea S.r.l).

Gli stendimenti sismici e geoelettrici di cui si riportano coordinate nel sistema di riferimento UTM WGS 84 Zona - 32 N (vedere Tabella a seguire) sono stati collocati secondo il seguente schema:

- La sezione A1-A2 (MASW2D) è stata posizionata trasversalmente al piazzale in modo da coprire la maggior porzione esistente;
- la sezione B1-B2 è(ERT) stata eseguita lungo il margine meridionale dell'area;
- Il profilo MASW è stato realizzato al centro dell'area di indagine.

ID PUNTO	UTM-WGS84 Zona 32N	
	X	Y
A1	341936.515	5073273.243
A2	341857.866	5073236.319
B1	341868.417	5073230.867
B2	341937.030	5073234.617

Figura 8: Coordinate delle sezioni acquisite(Techgea S.r.l.)

Le geometrie di acquisizione sono schematizzate nella seguente Tabella a seguire:

SEZIONE	Metodologia	N. geofoni/ elettrodi	Interasse geofoni/ elettrodi (m)	Lunghezza complessiva (m)	Numero Profili (shot)
A1-A2	Geoelettrica multielettrodo (ERT)	30	3	87	-
B1-B2	Sismica MASW2D	24	1	67	23

Figura 9: Geometria stendimenti geofisici (Techgea S.r.l.)

7.2 Strumentazione utilizzata e elaborazione dati

L'acquisizione dei dati geoelettrici è stata realizzata con un georesistivimetro Syscal Pro (Iris Instruments, F) a 72 canali e l'utilizzo di elettrodi in acciaio inox collegati mediante cavi multipolari. Per l'acquisizione dei dati di resistività elettrica è stata adottata una sequenza WennerSchlumberger, predisposta mediante il software Electre Pro (Iris Instruments).



Figura 10: Strumentazione utilizzata (georesistivimetro Syscal Pro) (Techgea S.r.l.)

Per l'elaborazione dei dati geoelettrici sono stati utilizzati i programmi:

- Prosys II (Iris Instruments, Fr): consente l'elaborazione preliminare dei dati di resistività elettrica apparente (filtraggio e correzione topografica dei dati);
- Res2DINV V.3.71 (Geotomo Software, Mal): esegue l'inversione numerica dei dati e la restituzione della sezione tomografica di resistività elettrica reale;
- Surfer 10.7.972 (Golden Software, USA): esegue il gridding dei dati (metodo kriging) e la rappresentazione grafica delle sezioni tomografiche. Cenni teorici relativi alla

metodologia di indagine geoelettrica e le specifiche della strumentazione utilizzata sono riportati in Appendice A. La metodologia sismica MASW2D viene utilizzata per produrre mappe verticali 2-D della velocità delle onde di taglio (V_s) in contesti rumorosi o con forti limitazioni di spazio, quali i contesti urbani. Rispetto ad altri metodi sismici, il MASW2D ha i seguenti vantaggi:

- La capacità di rilevare le inversioni di velocità sismica (non determinabili con il metodo sismico a rifrazione, ad esempio, e quindi la possibilità di individuare vuoti o cavità (intese come anomalie a velocità più bassa rispetto al mezzo circostante);
- la scarsa influenza della presenza di zone sature sulla valutazione delle velocità delle onde di taglio (V_s) • Il ridotto risentimento del “rumore ambientale” urbano;

Per il caso in esame la sezione sismica MASW 2-D è stata realizzata mediante l’acquisizione di “record” multipli (costituiti da 24 canali) con la stessa configurazione sorgente-ricevitori spostata progressivamente di un intervallo costante (pari a 3 metri) lungo l’allineamento di indagine. Il sistema di acquisizione è traslato attraverso il trascinamento di un “land streamer” su cui sono ancorati 24 geofoni a bassa frequenza (4.5 Hz) ad un interasse costante di 1 m (Figura 11). L’energizzazione è ottenuta mediante una massa battente, in grado di “illuminare” con buona risoluzione tutti i sensori, con vibrazioni di intensità decisamente superiore al rumore di fondo naturale.

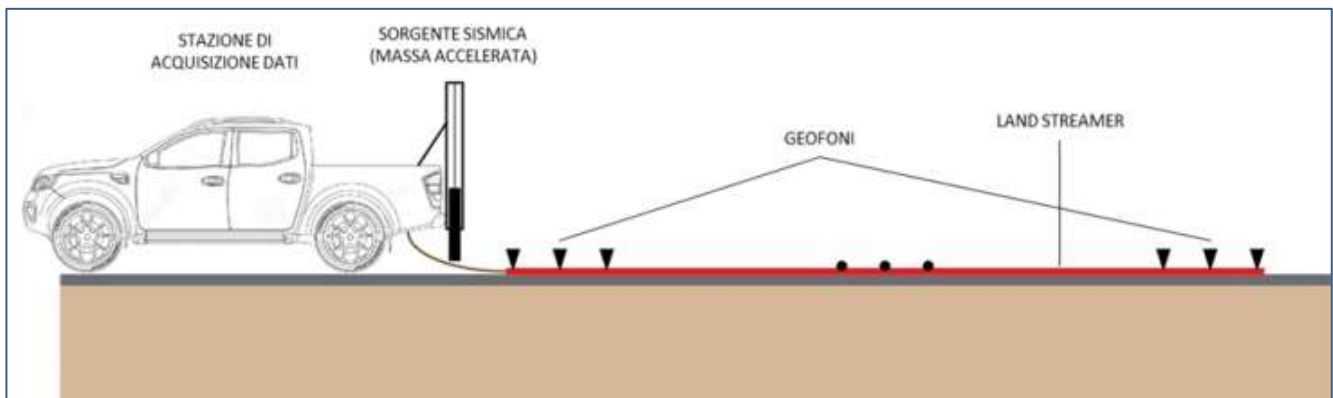


Figura 11: Strumentazione utilizzata – Schema sistema di trascinamento stendimento sismico (Techgea S.r.l.)

La procedura che consente di ottenere una mappatura 2D delle velocità delle onde di taglio procede attraverso le seguenti fasi:

- acquisizione di una serie di “records” multicanale lungo un allineamento di indagine attraverso la tecnica del roll-along;
- elaborazione di ogni record acquisito in modo indipendente e produzione di un profilo di V_s 1-D per ciascun record;

- creazione della mappa 2-D di Vs mediante interpolazione spaziale, assegnando a ciascun profilo 1-D le coordinate del punto centrale dello stendimento utilizzato per acquisire il record stesso.

La fase di “processing” dei dati sismici per ciascun profilo 1-D di Vs consiste nell'estrazione della curva di dispersione del modo fondamentale di vibrazione seguita dall'inversione numerica finalizzata a seguire la curva del modo fondamentale quanto più precisamente possibile; si è utilizzato il codice di calcolo SurfSeis nella versione 5.3, sviluppato dal Kansas Geological Survey.

7.3 Risultati ottenuti

I risultati delle indagini geofisiche sono riportati nelle Tavole allegate a fine testo e richiamati, per comodità di lettura, nelle Figure 12 e 15 illustrate di seguito.

7.3.1 Modello di resistività elettrica reale

Il modello tomografico di resistività elettrica definito mediante la sezione B1-B2 evidenzia una distribuzione delle unità elettrostratigrafiche così sintetizzabile (Tavola allegata):

- Un elettrostrato superficiale a resistività medio-alta ($500 \div 2500 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$, colore dal giallo al rosso viola) caratterizza, in particolare, la zona iniziale e centrale della sezione; tale livello si estende in profondità fino a circa 5 - 6 m intorno alla progressiva 40 m nel settore. **L'unità elettrostratigrafica è rappresentata presumibilmente da depositi grossolani ghiaioso-ciottolosi, ad essa si intervallano limitate lenti di spessore massimo 1.5/2 m limose in particolare tra la progressiva 7-18 m e 34-45 m;**
- Un elettrostrato conduttivo ($50 \div 150 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$, colore blu-azzurro), esteso lungo tutta la parte centrale della sezione B1-B2, costituito da materiali fini limoso-sabbiosi. L'estensione dell'anomalia sulla verticale della progressiva 25 m è da correlare ad una anomalia antropica di tipo tubazione con dispersione o cavidotto in tensione.
- Un'unità debolmente resistiva ($80 \div 150 \text{ Ohm} \cdot \text{m}$, colore verde) si presenta al di sotto dell'unità resistiva nella parte iniziale della sezione e rappresenta verosimilmente depositi grossolani di tipo sabbioso

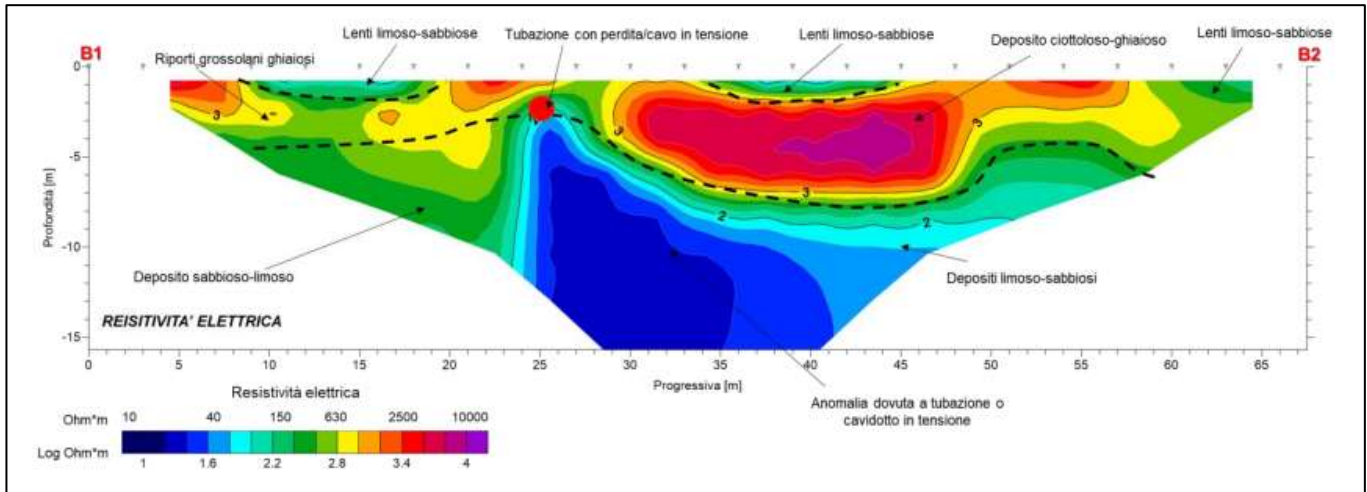


Figura 12: Sezione geoelettrica multielettrodo B1-B2 – Modello di resistività elettrica reale (Techgea S.r.l.)

Oltre alla sezione di resistività è stata realizzata anche una sezione di polarizzazione indotta che indica la presenza di materiale con alta caricabilità, sottoservizi o materiali argillosi. La sezione, illustrata in figura 13, indica 2 anomalie legate alla presenza di tubazioni con dispersione in corrispondenza della progressiva 25 m e in corrispondenza della progressiva 13 m con intensità però notevolmente inferiore.

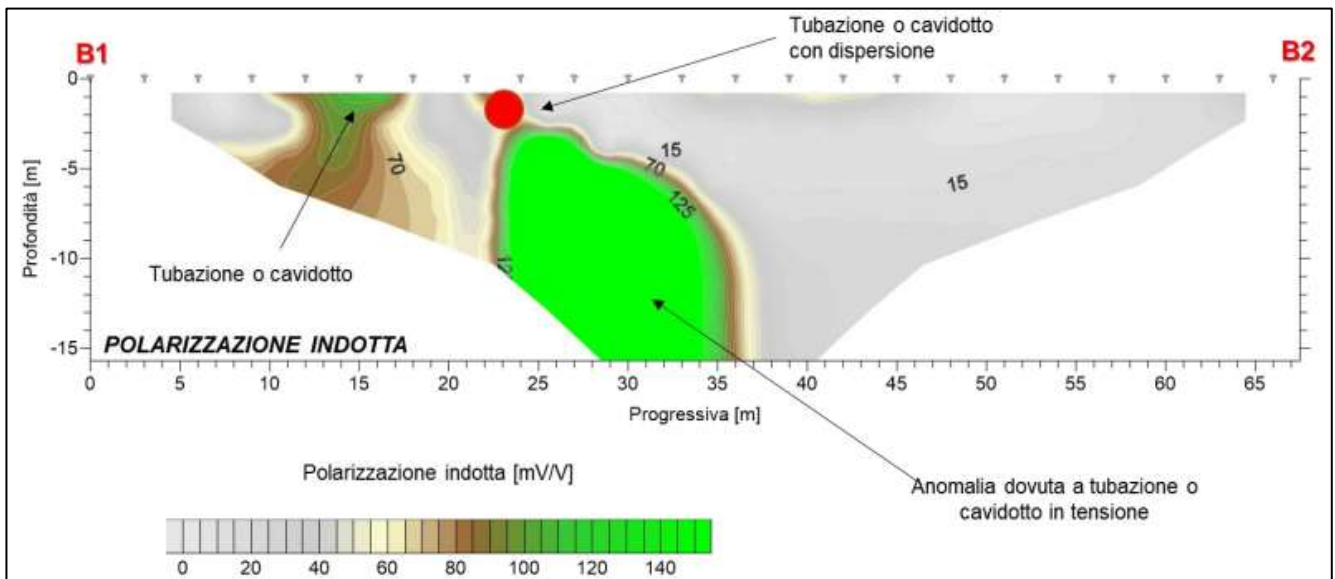


Figura 13: Sezione geoelettrica multielettrodo B1-B2 – Modello di polarizzazione indotta (Techgea S.r.l.)

Si segnala che in precedenza alle presentate sezioni erano state realizzate altre due sezioni geoelettriche, una sul piazzale sovrapposta alla linea MASW2D che però ha fornito dati fortemente disturbati a causa della presenza probabilmente di una rete elettrosaldada al di sotto del manto di asfalto. L'altra sezione realizzata sull'aiuola di monte ha invece presentato una forte anomalia legata alla presenza di un cavo ad alta tensione interrato o alla sua messa a terra, legato probabilmente alla colonnina di ricarica presente. L'anomalia del piazzale è legata alla presenza nel medesimo, ante 2005, di una pista di pattinaggio

esterna, ben visibile sulle ortofoto della regione 2005/2006.



Figura 14: Ubicazione linee geoelettriche disturbate su ortofoto 2005/2006. Si evidenzia la struttura della pista di pattinaggio e del parcheggio

7.4 Modello di velocità di taglio delle onde di taglio (MASW 2D)

Il modello di velocità delle onde di taglio ottenuto dall'interpolazione di 21 profili MASW illustrato in Tavola allegata, presenta una sequenza sismostratigrafica caratterizzata dai seguenti livelli:

- Un sismostrato superficiale a velocità molto bassa ($V_s < 240$ m/s, colore verde scuro)
- esteso lungo dalla progressiva 40 a fine sezione e coincidente con materiali scarsamente addensati, verosimilmente depositi antropici non consolidati. Lo spessore è di circa 2 m.
- Un secondo sismostrato, caratterizzato da velocità delle onde di taglio ($280 \div 350$ m/s, colore verde chiaro). La seconda unità sismostratigrafica è rappresentata da materiali debolmente addensati. Si evidenziano lenti ad addensamento minore all'interno di questa unità (progressive 23 m, 55-60 m);
- Un sismostrato superficiale a velocità molto bassa ($V_s 400$ m/s, colore marrone-giallo), esteso fino alla massima profondità di indagine, rappresenta materiali addensati e si manifesta con un forte gradiente di velocità lungo tutta la sezione. Si estende da -7 m dal p.c m s.l.m. ad eccezione del settore finale dove non è ben evidente. Nel settore centrale e intorno alla progressiva 40-50 m si evidenziano settore ad elevata velocità correlabili con blocchi lapidei o forte addensamento.

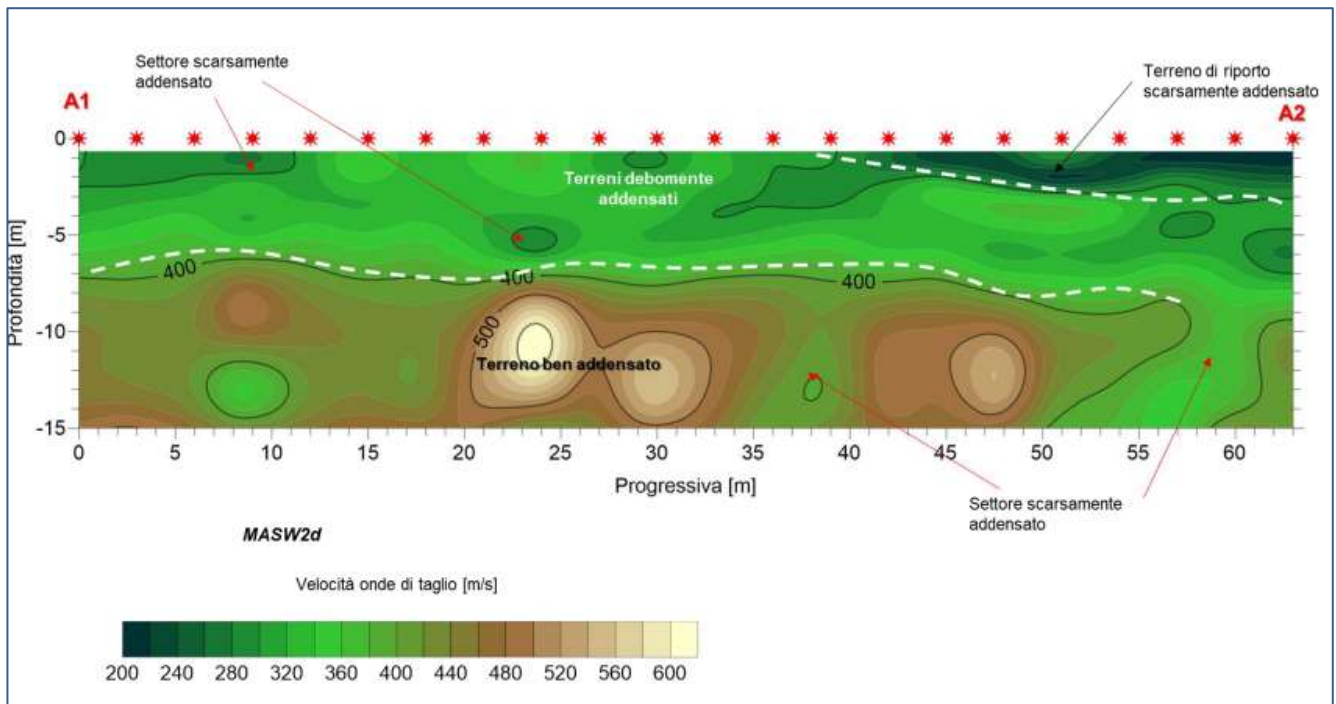


Figura 15: Sezione sismica a rifrazione A1-A2 – Modello di velocità delle onde di taglio (Techgea S.r.l.)

7.5 Conclusioni indagini

Il confronto tra la sezione di resistività elettrica reale e la sezione di velocità delle onde di taglio, evidenzia alcune caratteristiche peculiari del sito oggetto di studio. Entrambe le prove evidenziano la presenza di un quadro litostratigrafico alquanto complesso, fortemente variabile sia sul piano orizzontale che verticale. Tale assetto risulta coerente con i sondaggi geognostici eseguiti in sito, illustrati nel capitolo precedente.

Nello specifico si evidenzia uno strato superficiale di potenza di circa 6-7 m composto da materiali tendenzialmente debolmente addensati, poggiante su depositi più grossolani, tendenzialmente più addensati, intervallati comunque da livelli fini. Il substrato roccioso non viene individuato nei primi 30 m di profondità.

7.6 Caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione

Il valore di velocità corrispondente al substrato sismico (800 m/s) non viene raggiunto entro la profondità di 30 m, come citato in precedenza. Il valore della velocità equivalente delle onde di taglio viene pertanto determinato su tale spessore ottenendo il parametro V_{s30} pari a 496 m/s.

Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (NTC '18) il sito in esame rientra quindi nella **Categoria B** - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche

con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

8 Caratterizzazione geotecnica dei materiali

8.1 Parametri ricavati dalle prove SPT eseguiti in foro presso 4810 Rental Ski

Le prove penetrometriche dinamiche in oggetto sono state effettuate ogni 1.5 m di profondità utilizzando la punta conica stante l'elevata presenza di ciottoli e blocchi grossolani. Tuttavia, anche con questa modalità si sono riscontrati frequenti casi di resistenza alla penetrazione > 50 colpi/15 cm. Questo è ovviamente legato alla presenza di blocchi grossolani e non alle caratteristiche di resistenza/addensamento del materiale. Nei casi in cui si è verificato il rifiuto, il blocco è stato superato con carotaggio o con rotopercolazione. E' evidente che tali operazioni arrecano un importante disturbo allo stato tensionale e di addensamento del materiale, per cui i risultati delle prove al di sotto del superamento di blocchi non possono essere considerate rappresentative. Nei casi in cui il rifiuto si è verificato per gli ultimi 15 cm di avanzamento, viene assunto cautelativamente il valore di R relativo ai 15 cm immediatamente precedenti. La prova a 13.5 m non è stata validata per rifiuto su tutti e tre gli avanzamenti.

Di seguito si riportano le specifiche ed i risultati delle prove. Sono evidenziate le profondità in cui si è verificato rifiuto e per le quali si ritiene quindi il risultato della prova non rappresentativo. In particolare vengono escluse dalla prova i valori degli avanzamenti a 12 e 15 m.

Caratteristiche strumento:

- Diametro del cono: 5.1 [cm]
- Peso del maglio: 63.5 [kg]
- Penetrazione: 30.0 [cm]
- Rapporto di energia delle aste: 60.0 %

Misurazioni - Prova S.P.T. Simbologia adottata

- z quota inizio misurazione espressa in m
- N(z) numero di colpi alla quota z
- N(z+e/2) numero colpi alla quota z+e/2 (e penetrazione)
- N(z+e) numero colpi alla quota z+e (e penetrazione)

z	N(z)	N(z+e/2)	N(z+e)
4.50	11	16	23
6.00	8	8	9
7.50	6	13	50-R
9.00	10	12	12
12.00	45	50-R	4
15.00	50-R	4	4

Tabella 1: Numero di colpi nelle prove spt

Falda Simbologia adottata

- z_s quota superiore espressa in m
- z_i quota inferiore espressa in m
- z_s z_i 1.50 15.00

Interpretazione della prova Simbologia adottata

- z quota espressa in m D_r densità relativa [%]
- φ angolo di resistenza al taglio espresso in [°]
- C_u coesione non drenata espressa in [kg/cmq]
- E modulo elastico espresso in [kg/cmq]
- E_u modulo elastico non drenato espresso in [kg/cmq]
- m_v coefficiente di compressibilità espresso in 1/kg/cmq
- G modulo di taglio espresso in [kg/cmq]

z	D _r	φ	C _u	E	E _u	m _v	G
4.50	71.69	32.1	----	155.82	----	----	----
6.00	42.95	26.3	----	76.47	----	----	----
7.50	48.84	29.0	----	114.28	----	----	----
9.00	43.57	28.4	----	107.70	----	----	----
12.00	22.15	22.7	----	38.90	----	----	----
15.00	37.88	29.7	----	133.02	----	----	----

Tabella 2: Parametri geotecnici ottenuti

Densità relativa Skempton:

Skempton:

$$D_r = \sqrt{\frac{N_{spt} \sqrt{98/\sigma}}{32 + 0.288 \sigma}} \quad \text{dove } \sigma \text{ si misura in kPa}$$

Angolo di resistenza al taglio Shioi e Fukuni (Road Bridge Specification):

$$\varphi = (15 N) + 15$$

Modulo elastico Jamiolkowski NC:

$$E = (10.5 - 3.5 Dr) N [Kg/cm^2]$$

Parametri Strati: Simbologia adottata

- z_s quota superiore dello strato espressa in m
- z_i quota inferiore dello strato espressa in m
- γ peso di volume espresso in kg/mc
- γ_s peso di volume saturo espresso in kg/mc
- D_{50} diametro del setaccio, riferito al 50 % passante in peso, espresso in [mm]
- O.C.R. rapporto del grado di sovracconsolidazione

z_s	z_i	γ	γ_s	D_{50}	O.C.R.
0.00	0.30	1800	2000	0.300	1.000
0.30	3.00	1800	2000	0.300	1.000
3.00	3.50	1800	2000	0.300	1.000
3.50	4.00	1800	2000	0.300	1.000
4.00	4.40	1800	2000	0.300	1.000
4.40	5.00	1800	2000	0.300	1.000
5.00	5.50	1800	2000	0.300	1.000
5.50	6.10	1800	2000	0.300	1.000
6.10	6.60	1800	2000	0.300	1.000
6.60	7.60	1800	2000	0.300	1.000
7.60	8.00	1800	2000	0.300	1.000
8.00	8.80	1800	2000	0.300	1.000
8.80	9.90	1800	2000	0.300	1.000
9.90	10.00	1800	2000	0.300	1.000
10.00	11.00	1800	2000	0.300	1.000
11.00	12.00	1800	2000	0.300	1.000
12.00	12.30	1800	2000	0.300	1.000
12.30	13.00	1800	2000	0.300	1.000
13.00	14.00	1800	2000	0.300	1.000
14.00	15.00	1800	2000	0.300	1.000

Tabella 3: Parametri geotecnici per strato

In base alla indicazioni contenute al §6.2.2 del D.M. 17/01/2018, per valore caratteristico si intende “una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato. I valori caratteristici delle proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere dedotti dall’interpretazione dei risultati di specifiche prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e di prove e misure in sito.” I valori maggiormente attendibili delle prove penetrometriche (livelli in cui non si è verificato rifiuto per la presenza di elementi grossolani) sono quelli rispettivamente a 4.5, 6, 7.5 e 9 m di profondità. Per il livello a 7.50 m si è ottenuto rifiuto negli ultimi 15 cm della prova. Sulla base dei risultati delle prove come criticamente analizzati sopra si ottengono i seguenti

parametri geotecnici.

Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	ϕ'	0.532 (28°)
Coazione efficace	c'	assente
Densità Relativa D_r	%	50
Peso dell'unità di Volume μ	Kg/m^3	1800
Peso dell'unità di Volume saturo μ_s	Kg/m^3	2000
Modulo elastico E	KN/cm^2	1,7

Tabella 4: Valori indicativi dei parametri geotecnici dei terreni indagati

La coazione è da considerare assente a lungo termine, sebbene in alcuni livelli con presenza di materiale fine possa essere presente una coazione apparente.

8.2 Parametri ricavati dalle indagini Masw

Il profilo verticale MASW assomiglia, per certi versi, al grafico di una prova penetrometrica. Tale similitudine deriva da note correlazioni utilizzate generalmente per valutare le velocità delle onde di taglio a partire da dati penetrometrici. Nel caso in esame, per derivare il valore di N-SPT, si è utilizzata la formula di Ohta and Goto (1978)

$$V_s = 85.35 \cdot (N\text{-SPT})^{0.348}$$

In figura 7 si riporta la distribuzione dei valori di N-SPT ricavati attraverso la formulazione precedente. Valori superiori a 100 sono considerati come rifiuto

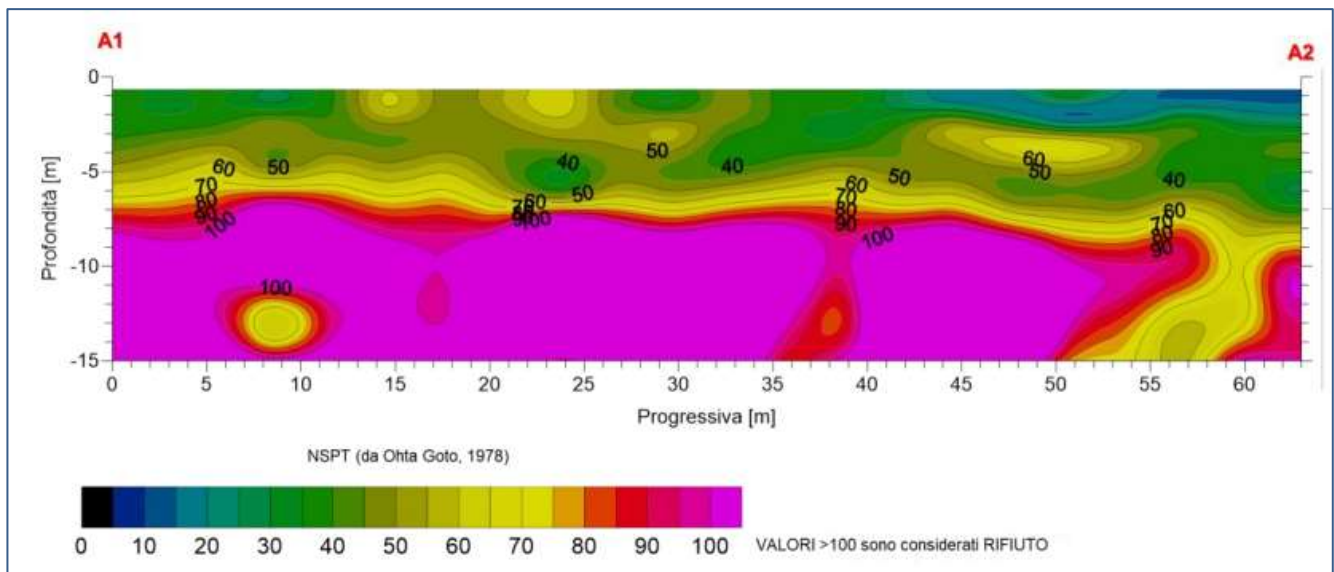


Figura 16: Distribuzione dei valori di N-SPT ricavati dal modello di V_s (Techgea S.r.l.)

8.2.1 Angolo di attrito interno

Nota il valore di N-SPT, è possibile derivare direttamente il valore di angolo di attrito (trattandosi di terreni grossolani a comportamento esclusivamente attrittivo). Per derivare l'angolo di attrito, si è considerata la seguente formula di correlazione diretta:

- JNR=Japanese National Railway $\phi = 0.3 \text{ NSPT} + 15$

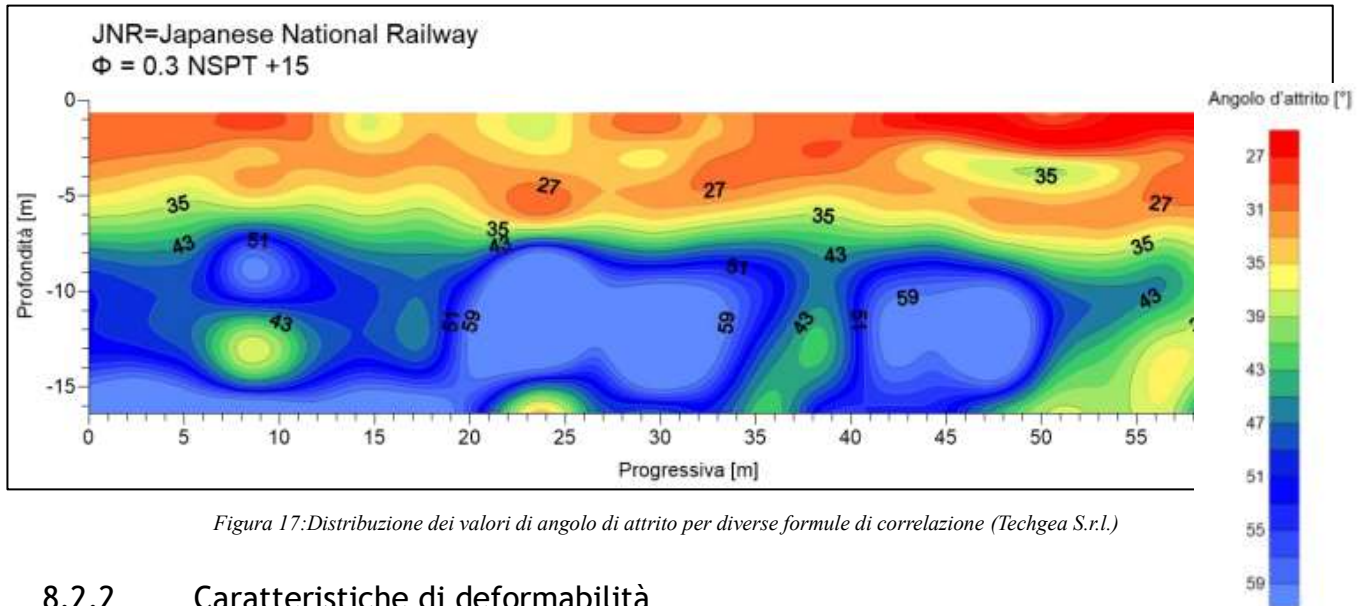


Figura 17: Distribuzione dei valori di angolo di attrito per diverse formule di correlazione (Techgea S.r.l.)

8.2.2 Caratteristiche di deformabilità

Il modulo di Young secante, cui corrisponde un grado di mobilitazione della resistenza pari al 25% di quella ultima, è stato ricavato, a partire dai risultati delle prove SPT, prendendo in considerazione la seguente correlazione: per le sabbie ghiaiose /e con ghiaia

- D'Apollonia et al. (1970) $E = 0.756 \text{ NSPT} + 18.75 \text{ [MPa]}$

dove:

E = modulo di Young [MPa];

NSPT = numero di colpi normalizzato per un affondamento di 30 cm

In figura 18 si riporta la distribuzione del calcolo del modulo di Young lungo la sezione analizzata

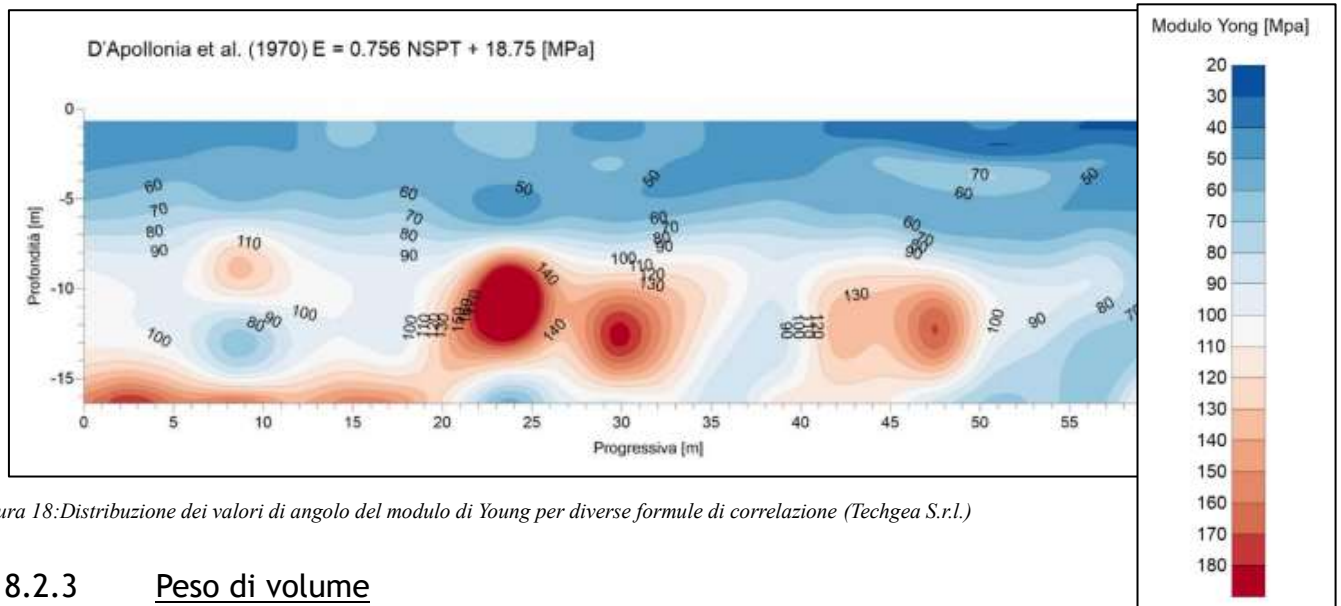


Figura 18: Distribuzione dei valori di angolo del modulo di Young per diverse formule di correlazione (Techgea S.r.l.)

8.2.3 Peso di volume

A partire dai valori di velocità delle onde di taglio sono state fatte due correlazioni per pervenire ad una stima del peso di volume dei materiali secondo l'equazione di Keceli (2012)

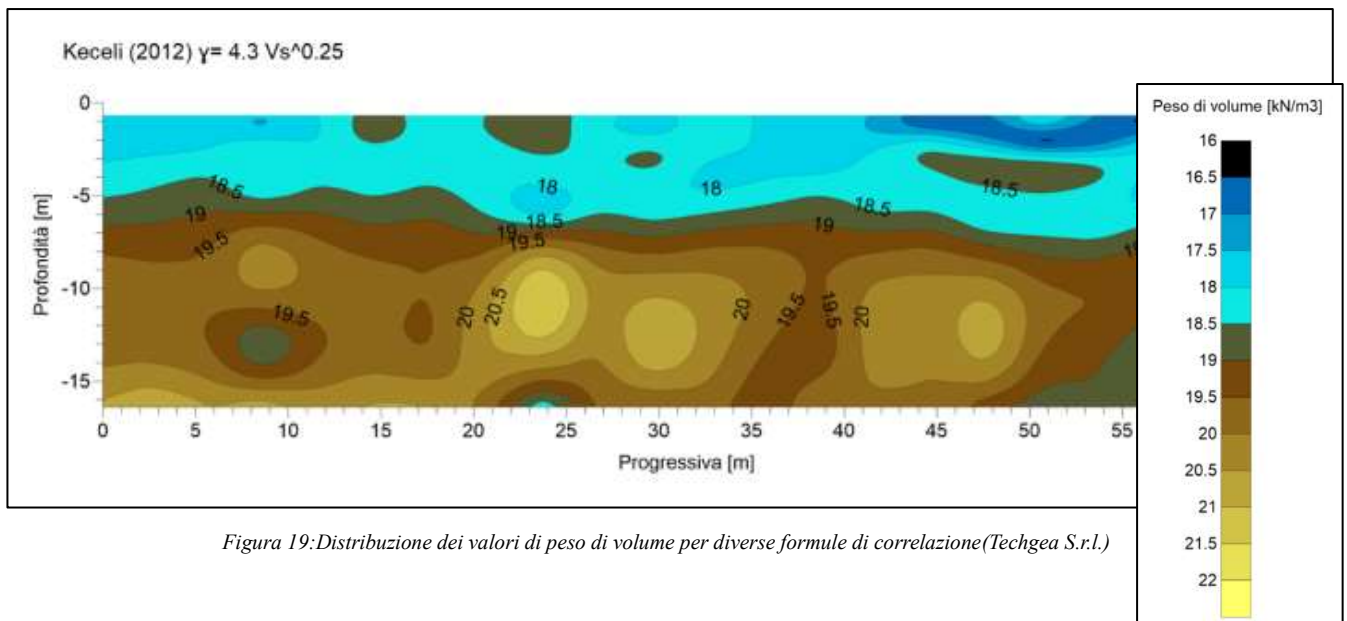


Figura 19: Distribuzione dei valori di peso di volume per diverse formule di correlazione (Techgea S.r.l.)

Sulla base dei risultati delle prove come criticamente analizzati sopra si ottengono i seguenti parametri geotecnici.

Angolo di resistenza al taglio	ϕ'	27°
Coesione efficace	c'	assente
Densità Relativa D_r	%	50
Modulo di young	Mpa	30
Peso dell'unità di volume	Kg/m^3	1800

Tabella 5: Valori indicativi dei parametri geotecnici dei terreni indagati

8.3 Analisi critica dei parametri ottenuti dalle prove i foro e dalle indagini indirette

I parametri geotecnici appaiono sostanzialmente in linea, considerando il fatto che non sono eseguite nello stesso punto e che sono indagini di natura diversa.

Sulla base dei risultati delle prove come criticamente analizzati sopra e delle valutazioni relative alla tipologia di materiali, per il dimensionamento preliminare e la scelta della tipologia delle strutture, della capacità portante dei terreni di sottofondazione e degli interventi di scavo si farà riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici riportati in tabella 5.

Si rammenta che i parametri geotecnici sopra riportati hanno un valore preliminare; per lo sviluppo della progettazione, si ravvisa la necessità di indagini sito-specifiche mirate per definire il modello geologico e geotecnico con un dettaglio adeguato alla progettazione.

9 Valutazione preliminari sul modello geologico e sulle tipologie fondazionali

L'esame integrato dei dati sopra illustrati permette, nell'attuale fase conoscitiva, di evidenziare i seguenti elementi.

- Il settore in esame, dal punto di vista geologico, è caratterizzato da un elevato spessore di depositi superficiali che presentano una forte variabilità laterale e verticale. In particolare sono presenti situazioni derivanti da locali bacini con sedimentazione fine (bacini glacio-lacustri e/o laghi di sbarramento), costituiti da depositi di tipo matrix-supported a granulometria prevalentemente limosa o limoso-sabbiosa e comportamento coesivo.
- I livelli caratterizzati da componente limosa o limoso sabbiosa presentano caratteristiche geotecniche mediocri o scadenti e possibilità di fenomeni di consolidazione.
- La profondità e lo spessore dei livelli a componente limosa possono variare lateralmente anche nell'ambito di distanze limitate.
- Nel sito di interesse si riscontra la presenza falda libera a profondità limitate con oscillazioni stagionali (indicativamente a profondità di 5-6 m) e di almeno un acquifero confinato (falda artesiani) a profondità superiori a 8-9 m, confinato da un livello a

scarsa permeabilità a componente limosa. In base ai dati disponibili non si può escludere la presenza di falde confinate multiple.

Sulla base di quanto sopra, si evidenzia, per lo sviluppo della progettazione, la necessità di indagini sito-specifiche mirate per definire il modello geologico e geotecnico con un dettaglio adeguato alla progettazione. Il volume rappresentativo da indagare, in accordo con le prescrizioni del D.M. 17/01/2018, dovrà essere definito in base alle dimensioni ed alla geometria dell'opera in progetto.

L'esame integrato dei dati sopra illustrati permette, nell'attuale fase conoscitiva, di evidenziare i seguenti elementi.

- Il settore in esame, dal punto di vista geologico, è caratterizzato da un elevato spessore di depositi superficiali che presentano una forte variabilità laterale. In particolare sono presenti situazioni derivanti da locali bacini con sedimentazione fine (bacini glacio-lacustri e/o laghi di sbarramento), costituiti da depositi di tipo matrixsupported a granulometria prevalentemente limosa o limoso-sabbiosa e comportamento coesivo. Nel sondaggio nell'area limitrofa a quella di previsto intervento sono individuati almeno due livelli con tali caratteristiche in una profondità di 15 m.
- I livelli caratterizzati da componente limosa o limoso sabbiosa presentano caratteristiche geotecniche mediocri o scadenti e possibilità di fenomeni di consolidazione.
- La profondità e lo spessore dei livelli a componente limosa possono variare lateralmente anche nell'ambito di distanze limitate. 4) Nel sito di interesse si riscontra la presenza falda libera a profondità limitate con oscillazioni stagionali (indicativamente a profondità 3-5 m) e di almeno un acquifero confinato (falda artesianica) a profondità superiori a 15 m, confinato da un livello a scarsa permeabilità a componente limosa. In base ai dati disponibili non si può escludere la presenza di falde confinate multiple.

Sulla base di quanto sopra, si evidenzia, per lo sviluppo della progettazione, la necessità di indagini sito-specifiche mirate per definire il modello geologico e geotecnico con un dettaglio adeguato alla progettazione. Il volume rappresentativo da indagare, in accordo con le prescrizioni del D.M. 17/01/2018, dovrà essere definito in base alle dimensioni ed alla geometria dell'opera in progetto.

Le indagini dovranno includere:

- sondaggi a carotaggio continuo a profondità corrispondenti al volume rappresentativo e in numero adeguato all'estensione areale dell'opera;
- posizionamento di piezometri a tubo aperto e di piezometri tipo Casagrande per la definizione delle caratteristiche delle falde libere e confinate;
- prove penetrometriche in avanzamento effettuate nei fori di sondaggio;
- analisi granulometriche su campioni rappresentativi;
- prove di consolidazione in caso di presenza di livelli a comportamento coesivo
- eventuali prove di compressibilità del terreno (carico su piastra);

Nell'attuale fase conoscitiva è possibile definire alcune indicazioni di massima circa la tipologia di strutture fondazionali. Tale indicazioni sono da intendere come orientative per le successive fasi di progettazione e dovranno necessariamente essere approfondite, in base al livello di progettazione, mediate il supporto di ulteriori dati di indagine.

- Stante la presenza di livelli con possibilità di fenomeni di consolidazione e relativi cedimenti, nonché la distribuzione areale non omogenea degli stessi, sono in generale da evitare strutture di fondazione di tipo isolato (plinti singoli con pilastri), che potrebbero comportare possibili cedimenti differenziali delle strutture anche a medio-lungo termine. Tale indicazione deve comunque essere valutata anche in relazione ai carichi previsti.
- Le strutture di fondazione dovranno privilegiare tipologie rigide e/o legate in grado di assorbire possibili deformazioni non omogenee a livello del terreno di sottofondazione.
- Tenere conto della presenza e delle oscillazioni delle falde (libera e confinata), sia a livello di sottospinata idraulica che di possibili fenomeni di consolidazione a lungo termine.

10 Studio preliminare di compatibilità con lo stato di dissesto in essere e potenziale e sull'adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le opere di mitigazione del rischio necessarie

10.1 Caratterizzazione dei vincoli presenti, in base agli artt. 35, 36 e 37 della l.r. n. 11/1998, nell'area oggetto di intervento e in relazione al tipo di

intervento da realizzare

L'area dell'intervento è soggetta ai seguenti vincoli:

Vincolo	Fascia
Art. 33 (L.R. 11/98 - aree boscate)	Non vincolato
Art. 34 (L.R. 11/98 - zone umide e laghi)	Non vincolato
Art. 35, comma 1 (L.R. 11/98 - terreni sedi di frane)	F3
Art. 36 (L.R. 11/98 - terreni a rischio di inondazione)	Fc
Art.35, comma 2 (L.R. 11/98 - terreni sedi di fenomeni di trasporto di massa)	Df3 (carte non approvate)
Art. 36 (L.R. 11/98 - terreni a rischio di inondazione studio di Bacino)	Fc(carte non approvate)
Art. 37 (L.R. 11/98 - terreni soggetti al rischio di valanghe o slavine)	Non vincolato
Vincolo idrogeologico	Non Vincolato

Tabella 6: Vincoli gravanti sull'area in esame



Figura 20: Art 35 comma 1 L,R 11/98



Figura 21: Art 36 LR 11/98



Figura 22: Art 35 comma 2



Figura 23: Art 36 studio di bacino

10.2 Disciplina d'uso

DGR 2939/2008

Capitolo II Art 35 comma 1

C.3) Aree a bassa pericolosità ai sensi dell'art. 35, comma 1 - F3

Nelle aree a bassa pericolosità di cui all'art. 35, comma 1 - F3, è consentito ogni genere di intervento, edilizio ed infrastrutturale; nel caso di interventi di nuova costruzione, i relativi progetti devono essere corredati da uno specifico studio sulla compatibilità dell'intervento con i fenomeni idraulici, geologici e idrogeologici che possono determinarsi nell'area, e di verifica dell'adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le opere di mitigazione del rischio necessarie

Capitolo IV Art 36

C.3) Fascia C

Nelle aree della fascia C è consentito ogni tipo di intervento, edilizio ed infrastrutturale; nel caso di interventi di nuova costruzione, i relativi progetti devono essere corredati da uno specifico studio sulla compatibilità dell'intervento con lo stato di pericolosità idraulica determinato dall'evento preso a riferimento per la delimitazione della fascia, contenente, altresì, la verifica dell'adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le necessarie opere di mitigazione del rischio. Nella realizzazione dei nuovi fabbricati e nella ristrutturazione o

manutenzione di quelli esistenti (in questi ultimi casi ove gli interventi riguardino le pertinenze in oggetto), devono essere adottati accorgimenti per limitare gli effetti di eventuali flussi di acque, con particolare attenzione nei confronti di quelli provenienti dalla rete viabile.

10.3 Individuazione e illustrazione delle dinamiche e della pericolosità dei fenomeni che caratterizzano il vincolo

Il grado di pericolo dell'areale risulta essere basso per sia per quanto concerne i fenomeni gravitativi che alluvionali.

Nel primo caso l'areale risulta collocato a debita distanza dal versante del Mont Chetif e dai possibili fenomeni gravitativi in genere che si possono innescare lungo lo stesso. Il catasto dissesti regionale, in coerenza con le carte motivazionali degli AAll del comune di Coumrayeur non evidenzia dissesti che abbiano mai raggiunto il sito in oggetto.

Il grado di pericolo può essere riconducibile perlo più alle caratteristiche mediocri dei terreni che caratterizzano l'areale oggetto di studio.

Per quanto concerne la dinamica alluvionale si segnala che il sito risulta sostanzialmente esente dalla dinamica alluvionale di pertinenza della Dora, che nel tratto in oggetto scorre decisamente confinata in sponde alte 10 m e arginata da una scogliera a grandi Blocchi.

Il grado di pericolo Fc e Df3 sono indotti dalla presenza del Torrente Chetif che ridiscende il ripido versante meridionale dello Monte Chetif, attraversando ampi settori rocciosi e ripidi settori detritici colluviali, che in caso di portate significative e in caso di fenomeni meteorologici intensi e/o prolungati, possono essere presi incarico dalle acque del torrente e ruscellanti, quindi originare fenomeni alluvionali con trasporto solido, nonché la formazione di possibili colate detritiche, come verificatosi nel passato. In considerazione della spiccata suscettibilità del torrente a generare dissesti, nonché in considerazione dei beni potenzialmente interessabili dalle fenomenologie di dissesto sopradescritte, il bacino del torrente Chetif e il conoide sotteso sono stati analizzati da uno specifico Studio di Bacino.

Il predetto studio evidenzia come le suddette fenomenologie siano circoscritte all'areale di dolonne posto immediatamente a Est del Palazzetto dello sport. Il sito oggetto di studio può essere unicamente raggiunto da ruscellamenti di acque libere, senza potere distruttivo e dal rilascio della componente fangosa liquida di eventuali colate, arrestatesi a Monte del Palazzetto e potenzialmente confluibili lungo la viabilità interna in direzione dell'area di studio. Nelle successive fasi progettuali tali assunzioni dovranno essere attentamente analizzate al fine di caratterizzare al meglio il reale grado di pericolo che insiste sul sito d'interesse dunque prevedere una mirata progettazione che vada ad integrarsi appieno nel

contesto geomorfologico e idrogeologico a contorno.

10.4 Conclusioni inerenti lo studio di compatibilità con lo stato di dissesto in essere e potenziale

Le opere previste risultano compatibili con quanto prescritto dalla normativa vigente che caratterizza i vincoli idrogeologici del sito, nonché con il reale assetto geomorfologico dei luoghi. Nelle successive fasi progettuali, le opere dovranno essere attentamente valutate in relazione allo stato di dissesto in essere e previsto, al fine di prevedere specifici accorgimenti costruttivi mirati a diminuire l'interazione con le suddette dinamiche di dissesto, dunque limitari potenziali problematiche all'opera nel suo complesso e dei suoi fruitori.

Charvensod, lì Maggio 2022

Il tecnico incaricato

Geol. Alex Chabod

