



Geologia e Ambiente Geologie und Umweltschutz

GEOLOGIA APPLICATA, IDROLOGIA, GEOMECCANICA, VALUTAZIONI E SISTEMAZIONI GEOAMBIENTALI
ANGEWANDTE GEOLOGIE, HYDROGEOLOGIE, FELSMCHANIK, UMWELTSCHUTZ
STUDIO ASSOCIATO - BÜROGEMEINSCHAFT

dott. Michele Nobile • dott. Lorenzo Cadrobbi • dott. Stefano Paternoster • dott. Claudio Valle

Committente: WALTHERPARK S.P.A.

PROGETTO OPERA DI PRESA E TELERAFFRESCAMENTO ISARCO
PRESSO PONTE LORETO A BOLZANO
ENDGÜLTIGES PROJEKT FLUSSEINLAUFBAUWERK LORETO-
BRÜCKE A BOLZANO

RELAZIONE GEOLOGICA GEOLOGISCHER BERICHT

di caratterizzazione e modellazione geologica del sito
für die Charakterisierung und geologische Modellierung des Standorts

RELAZIONE GEOTECNICA GEOTECHNISCHER BERICHT

di caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito
für die Charakterisierung und geotechnischer Modellierung des Standorts

dott. Michele Nobile
dott. Lorenzo Cadrobbi
dott. Stefano Paternoster
dott. Claudio Valle

Committente: WALTHERPARK S.P.A.

PROGETTO OPERA DI PRESA E TELERAFFRESCAMENTO ISARCO
PRESSO PONTE LORETO A BOLZANO
ENDGÜLTIGES PROJEKT FLUSSEINLAUFBAUWERK LORETO-
BRÜCKE A BOLZANO

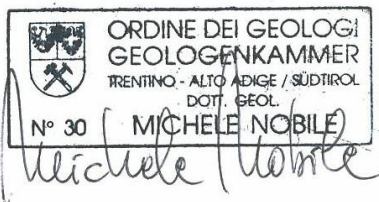
RELAZIONE GEOLOGICA GEOLOGISCHER BERICHT

di caratterizzazione e modellazione geologica del sito
für die Charakterisierung und geologische Modellierung des Standorts

RELAZIONE GEOTECNICA GEOTECHNISCHER BERICHT

di caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito
für die Charakterisierung und geotechnischer Modellierung des Standorts

rel. 2216/1/19



SP/maggio 2019

“Questo documento non potrà essere copiato, riprodotto o pubblicato in tutto o in parte senza il consenso scritto dello Studio “GEOLOGIA E AMBIENTE” (legge 22 aprile 1941 nr. 633, art. 2575 e segg. c.c.)

Geologia e Ambiente – Geologie und Umweltschutz – 39100 BOLZANO/BOZEN – Via Kravoggl, 18
Tel. 0471/202125 – Fax 0471/051037 – P.IVA 01370340216

dott. Michele Nobile
dott. Lorenzo Cadrobbi
dott. Stefano Paternoster
dott. Claudio Valle

WALTHERPARK S.p.A.

**PROGETTO OPERA DI PRESA E
TELERAFFRESCAMENTO ISARCO
PRESSO PONTE LORETO A BOLZANO**

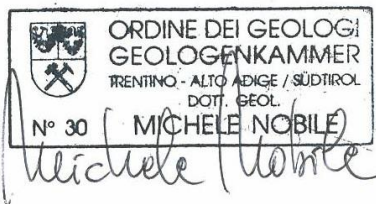
**ENDGÜLTIGES PROJEKT FLUSSEINLAUFBAUWERK
LORETOBRÜCKE A BOLZANO**

RELAZIONE GEOLOGICA

di caratterizzazione e modellazione geologica del sito

GEOLOGISCHER BERICHT

für die Charakterisierung und geologische Modellierung des Standorts



COMMITTENTE: Waltherpark S.p.A.



SOMMARIO

1.	PREMESSA.....	3
2.	DOCUMENTAZIONE CONSULTATA ED INDAGINI ESISTENTI	5
2.1	PRINCIPALI STUDI E DOCUMENTI CONSULTATI	5
3.	INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE	5
3.1	INDAGINI DIRETTE ESISTENTI CONSULTATE.....	5
3.2	INDAGINI DIRETTE ESEGUITE PER IL PRESENTE PROGETTO	7
4.	IDROGRAFIA.....	10
5.	GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA	11
6.	IDROGEOLOGIA	13
7.	VINCOLI DI NATURA GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	14
7.1	VINCOLI E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA ED IDRAULICA	14
7.2	VINCOLI SULLE ZONE DI TUTELA IDROGEOLOGICA.....	15
8.	MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	16
8.1	ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE.....	16
8.2	SCHEMA DI CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA - INTERFERENZE CON LE OPERE IN PROGETTO	17
9.	GESTIONE DEI MATERIALI DERIVANTI DA ATTIVITÀ DI SCAVO	18
10.	CONCLUSIONI.....	19

1. PREMESSA

Su incarico della *Società Waltherpark S.p.A.*, viene di seguito redatta la relazione geologica a supporto del progetto definitivo per la realizzazione di un'opera di presa e teleraffrescamento sul Fiume Isarco presso Ponte Loreto a Bolzano. (fig. 1).



Figura 1 – Ubicazione dell'area di studio (da carta topografica "Tabacco")

Il presente studio riprende ed amplia i contenuti dei precedenti documenti prodotti (cap. 2), relativamente agli aspetti del progetto definitivo, anche alla luce delle nuove indagini geognostiche eseguite, e definisce i lineamenti geomorfologici della zona nonché i processi morfologici e la loro tendenza evolutiva, la successione litostratigrafica locale, con la descrizione della natura e della distribuzione spaziale dei litotipi ed illustra lo schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea.

Il presente elaborato è redatto con riferimento al D.M. 17/1/2018 "Aggiornamento Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", emanato in attuazione dell'art.1 della Legge n.64 del 2 febbraio 1974 e della relativa circolare esplicativa del 21 gennaio 2019 n.7 " Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".

Gli interventi si sviluppano in sinistra idrografica del F. Isarco, tra l'area golenale e ed il muro arginale di contenimento della ciclabile di via Trento. L'area golenale si sviluppa intorno alla quota 261.0 m slm e localmente risulta delimitata da un primo muro che contiene l'attuale area cani a quota 263.1 m slm, che a sua volta risulta delimitata dal muro arginale di contenimento della ciclabile di via Trento, che si sviluppa a quota 264.7 m slm (vedi sezione schematica di figura 2).

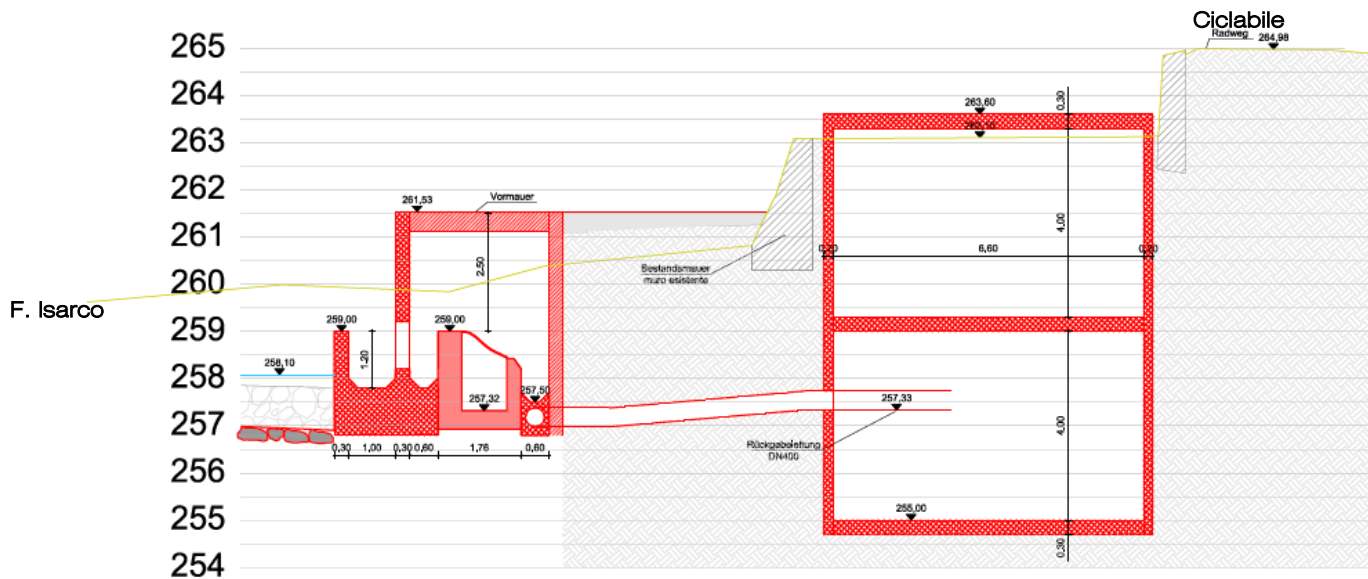


Figura 2 – Inserimento dell'opera in destra Fiume Isarco

2. DOCUMENTAZIONE CONSULTATA ED INDAGINI ESISTENTI

2.1 PRINCIPALI STUDI E DOCUMENTI CONSULTATI

[1] *Geotechnical Service (1983) – M. Nobile. Indagine geognostica con mezzi meccanici per la determinazione delle caratteristiche stratigrafiche e fisico-meccaniche del sottosuolo di P.zza Walter destinato ad accogliere un parcheggio sotterraneo.*

[2] *Comune di Bolzano (2001) – E. Sascor. Bonifica con messa in sicurezza dell'area destinata alla costruzione di un edificio amministrativo in via Alto Adige. Relazione geologica - Comune Bolzano Assessorato ai Lavori Pubblici.*

[3] *Geologia e Ambiente (2015) – M. Nobile. Kaufhaus Bozen – Lotto A Infrastrutture. Studio ambientale definitivo. ICM – Italia General Contractor S.r.l.*

[4] *Geologia e Ambiente (2015) – M. Nobile. Kaufhaus Bozen progetto definitivo nuovi sottoservizi. Relazione geologica, Relazione Geotecnica. ICM – Italia General Contractor S.r.l.*

[5] *Geologia e Ambiente (2016) – M. Nobile. Kaufhaus Bozen progetto definitivo nuove strutture. Relazione geologica, Relazione Geotecnica. ICM – Italia General Contractor S.r.l.*

3. INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

3.1 INDAGINI DIRETTE ESISTENTI CONSULTATE

La tabella di seguito riportata contiene l'elenco dei sondaggi meccanici e delle indagini in sito eseguite a supporto degli studi [4] e [5] ai cui allegati si rimanda per la consultazione.

Tabella 3.1.a – Quadro riassuntivo indagini geognostiche eseguite a supporto degli studi [4] e [5]

Prova N.	Quota prova [m slm.]	Profondità [m]	Piezometro tubo aperto [m]	Campioni geotecnici N.		Ditta Esecutrice	Prove SPT	
				indist.	rimaneg.		punta aperta	punta chiusa
SIG1/2015 -cc - v	263.8 c.a.	25.0	Si -25.0	-	-	Imprefond	-	13
SIG2/2015 -cc-v	264.4 c.a.	25.0	Si -25.0	-	-	Imprefond	2	11
SSG2/2015 -cc-v	265.0 c.a.	26.0	Si -26.0	-	-	Geoland	-	12
SSG3/2015 -cc-v	264.6 c.a.	26.0	Si -26.0	-	-	Geoland	-	10
SSG5/2015 -cc-v	264.4 c.a.	26.0	No	-	-	Geoland	2	12
SIA3/2015 -cc-v	264.9 c.a.	10.0	No	-	-	Geoland	Sondaggio ambientale	
SIA4/2015 -cc-v	264.0 c.a.	10.0	No	-	-	Geoland	Sondaggio ambientale	
SIA5/2015 -cc-v	265.7 c.a.	10.0	No	-	-	Geoland	Sondaggio ambientale	

S = sondaggio meccanico; cc = carotaggio continuo; dn = distruzione di nucleo; v = verticale; i = inclinato

L'ubicazione delle indagini geognostiche di tabella 3.1.a è riportata nella planimetria di figura 3.

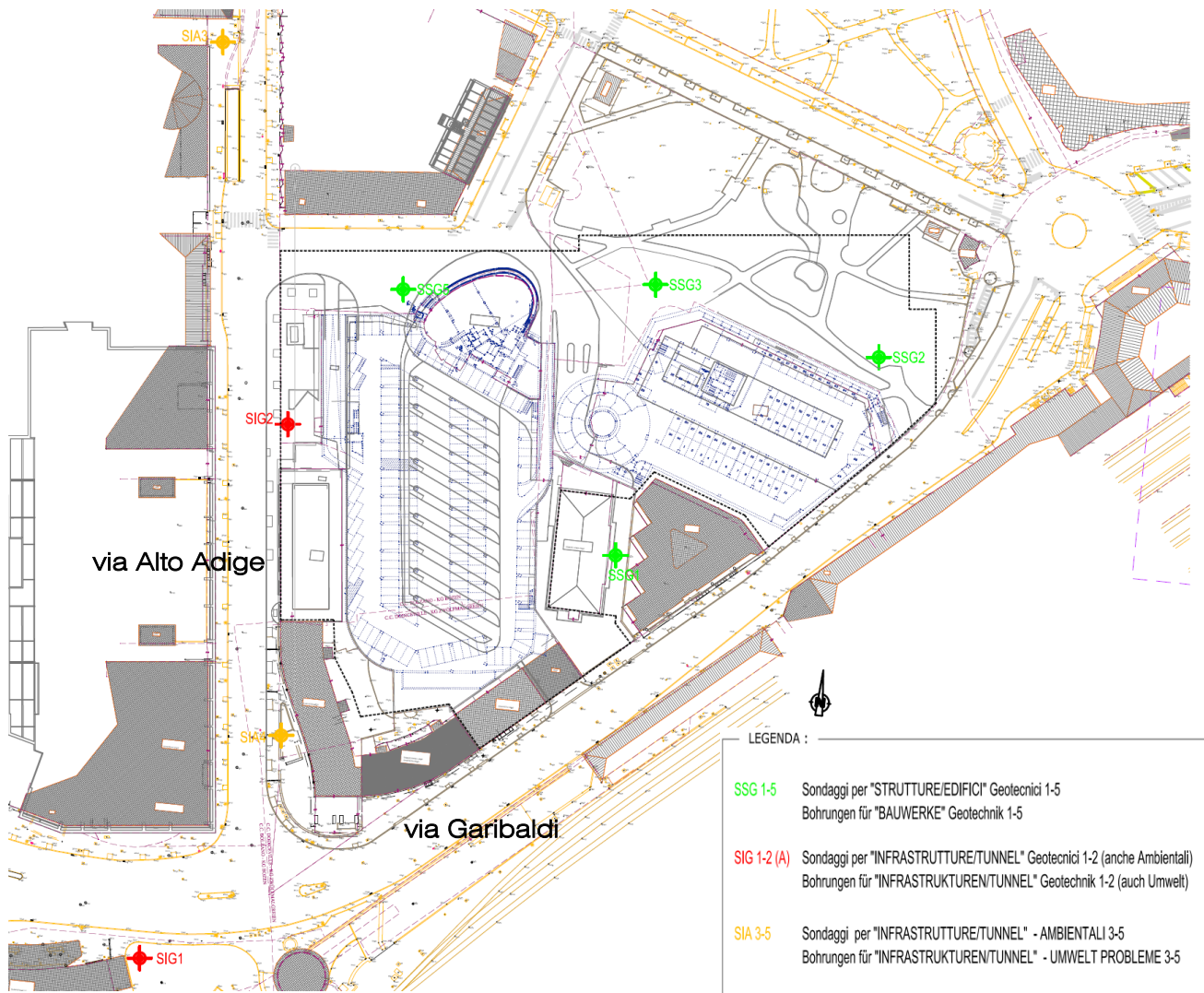


Figura 3 – Ubicazione sondaggi meccanici eseguiti nell'area di studio

Osservazioni sulle indagini: I sondaggi eseguiti confermano, al di sotto dei 2-5 metri dal p.c., la presenza di ghiaie poligeniche sabbiose, in prevalenza porfiriche, con ciottoli e blocchi. Le prove SPT eseguite evidenziano come lo stato di addensamento del materiale sia in genere elevato (altissima percentuale di prove a rifiuto) e l'esperienza maturata negli anni nell'assistenza agli scavi in aree limitrofe, evidenzia come localmente sia possibile il rinvenimento di blocchi di dimensioni anche decisamente superiori a quelle massime evidenziate nelle stratigrafie dei sondaggi. Per quanto riguarda i primi 2-5 metri di sottosuolo è confermata la presenza discontinua di sabbie fini e limi sabbiosi talora sostituiti parzialmente o totalmente da riporti granulari, talora con resti antropici.

3.2 INDAGINI DIRETTE ESEGUITE PER IL PRESENTE PROGETTO

A supporto del presente progetto sono state realizzate le indagini indicate in Tabella 3.2.a, la cui documentazione è di seguito riportata.

Tabella 3.2.a – Quadro riassuntivo indagini geognostiche eseguite nell'area di progetto

Prova N.	Quota prova [m slm.]	Profondità [m]	Piezometro tubo aperto [m]	Campioni geotecnici N.		Ditta Esecutrice	Prove SPT	
				indist.	rimaneg.		punta aperta	punta chiusa
S1 -cc -v	261.0 c.a.	15.0	Si -15.0	-	-	Teknos	-	4

S = sondaggio meccanico; cc = carotaggio continuo ; dn = distruzione di nucleo; v = verticale ; i = inclinato

L'ubicazione del sondaggio meccanico S1, realizzato in area golenale al piede del muro di contenimento dell'attuale area cani, è indicata nella planimetria di figura 4.

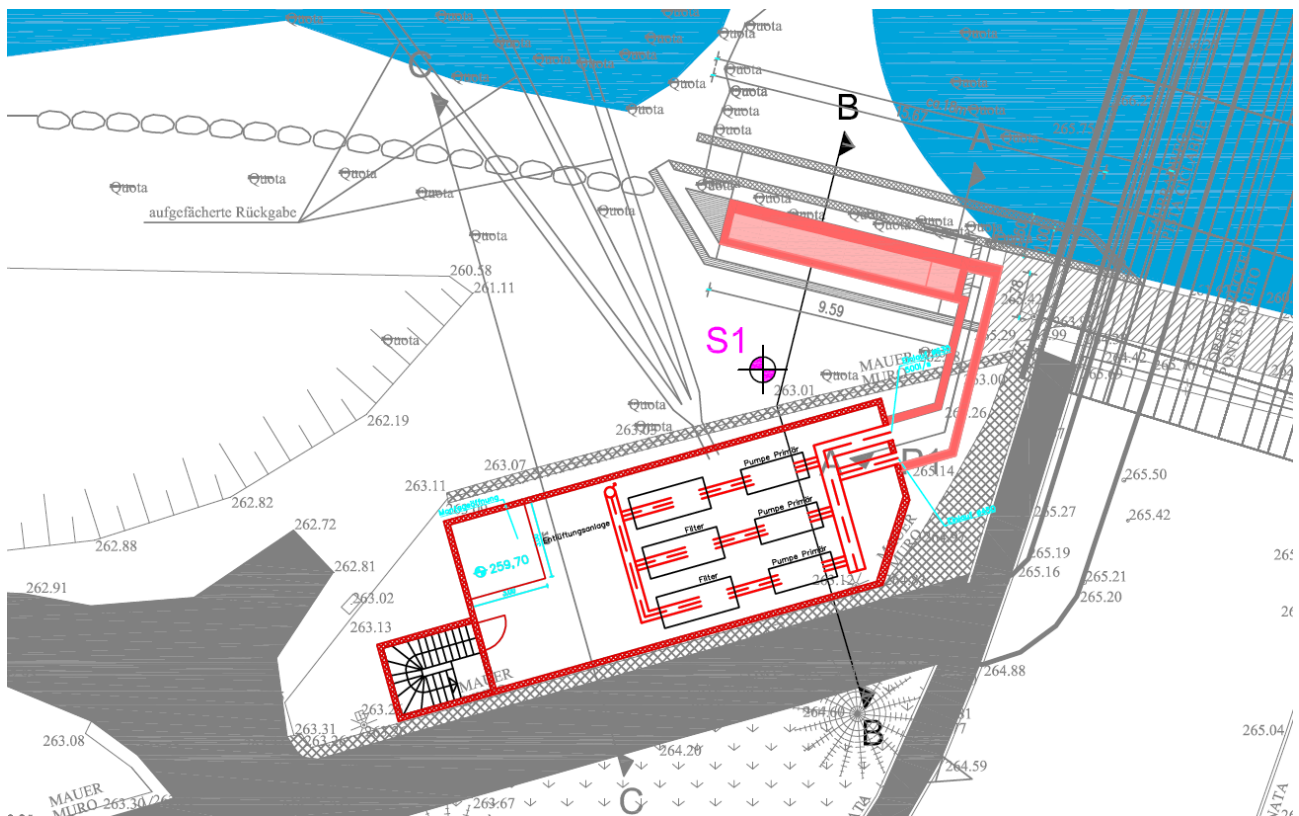





Figura 4 – Ubicazione sondaggio meccanico S1 (in rosso l'opera in progetto)

Di seguito è riportato il log stratigrafico del sondaggio S1 e le foto del materiale carotato.

GEOMSURE <small>SPS</small>		COMMITTENTE: Walther Park S.p.a.		COORDINATE: X= 0.00 Y= 0.00	QUOTA ASS. p.c. 0.00 m slm	DIREZIONE: ...
		CANTIERE: Bolzano Ponte Loreto		TIPO ATTREZZATURA: MC80Ve		INCLINAZIONE: ..
				DESCRIZIONE STRUMENTI Piezometro a tubo aperto diam 3" fino a m. -15 da p.c.		OPERATORE: Sig. A. Panarese RESPONSABILE: Dott. G. Crovato
METODO DI PERFORAZIONE ROTAZIONE TIPO DI UTENSILE Carotiere semplice d. 101 mm TIPO DI CORONA WIDIA DIAMETRO RIVEST. (mm) 127 mm FLUIDO DI PERFORAZIONE A SECCO	FALDA m da p.c.  COLONNA STRATIGRAFICA 	DESCRIZIONE STRATIGRAFIA 1 Ghiaia FM, diam. max 20mm, con sabbia FM, grigia. 2 Ghiaia eterometrica, in prevalenza grossolana, di natura carbonatica e porfirica, da subarrotondata a angolosa, diam. max 60mm, con abbondanti ciottoli e trovanti sparsi, il tutto in matrice sabbiosa, fine e media, grigia. 3 4 5 6 Sabbia grossa e media, talora fine, grigia, con ghiaia eterometrica, da subarrotondata a angolosa, diam. max 50mm, 7 8 9 Ghiaia eterometrica, diam max 60mm e ciottoli, di natura carbonatica e porfirica, da subarrotondata a angolosa, talora appiattita, in matrice sabbiosa fine e media, nocciola chiaro, rari trovanti. 10	CAROTAGGIO % 0 20 40 60 80 100 	m da p.c. COLPI PROF. T. PUNTA	S.P.T. 3.00 3.03 6.00 6.34 7.50 7.64 9.00 9.11 CH	NOTE


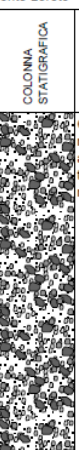
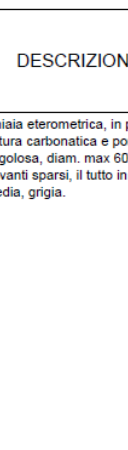
CANTIERE: Bolzano Ponte Loreto					PERFORAZIONE: S1					PAGINA
METODO DI PERFORAZIONE ROTAZIONE TIPO DI UTENSILE Carotiere semplice d. 101 mm TIPO DI CORONA WIDIA DIAMETRO RIVEST. (mm) 127 mm FLUIDO DI PERFORAZIONE A SECCO	FALDA m da p.c.  COLONNA STRATIGRAFICA 	DESCRIZIONE STRATIGRAFIA 11 Ghiaia eterometrica, in prevalenza grossolana, di natura carbonatica e porfirica, da subarrotondata a angolosa, diam. max 60mm, con abbondanti ciottoli e trovanti sparsi, il tutto in matrice sabbiosa, fine e media, grigia. 12 13 14 15	CAROTAGGIO % 0 20 40 60 80 100 	m da p.c. COLPI PROF. T. PUNTA	S.P.T.	NOTE N.B.: da m 14 a m 15 - componente fine parzialmente perforazione durante il campionamento di trovanti.				

Figura 5 – Log stratigrafici sondaggio meccanico S1



SONDAGGIO
S1

da m 0.0 a m 5.0



da m 5.0 a m 10.0



da m 10.0 a m 15.0

4. IDROGRAFIA

L'area interessata dal progetto si colloca in sinistra idrografica del F. Isarco, tra l'area golenale e ed il muro arginale di contenimento della ciclabile di via Trento, tra le quote 261.0÷265.0 m slm. L'idrografia superficiale è rappresentata dal F. Isarco, e dalla confluenza del T. Talvera, che avviene 400 m circa ad ovest dell'area in oggetto (figura 1). La quota idrometrica del F. Isarco in corrispondenza della sezione di interesse si attesta mediamente intorno ai 259.0÷260.0 m slm e con tempo di ritorno T_R 200 anni raggiunge quota 262.70 m slm. L' alveo del fiume risulta quindi sempre pensile rispetto all'acquifero a falda libera sottostante, che nell'area di intervento si posiziona frequentemente intorno ai 243.0÷246.0 m slm (vedi capitolo 6). Il sondaggio geognostico realizzato a supporto del presente progetto (cap. 3.2), ha individuato circolazione idrica ascrivibile a perdite di subalveo del Fiume a partire da -5.75 m da p.c., corrispondente alla quota 255.3 m slm. In figura 8 è riportato uno schema indicativo del fenomeno di perdita di subaveo.

5. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA

La conca di Bolzano geomorfologicamente individua la porzione di valle dell'Adige nella zona di confluenza con i torrenti Talvera ed Isarco e rappresenta un solco sovralluvionato, prodotto dall'escavazione fluviale e glaciale entro i litotipi appartenenti alla Piattaforma Porfirica Atesina (figura 6).

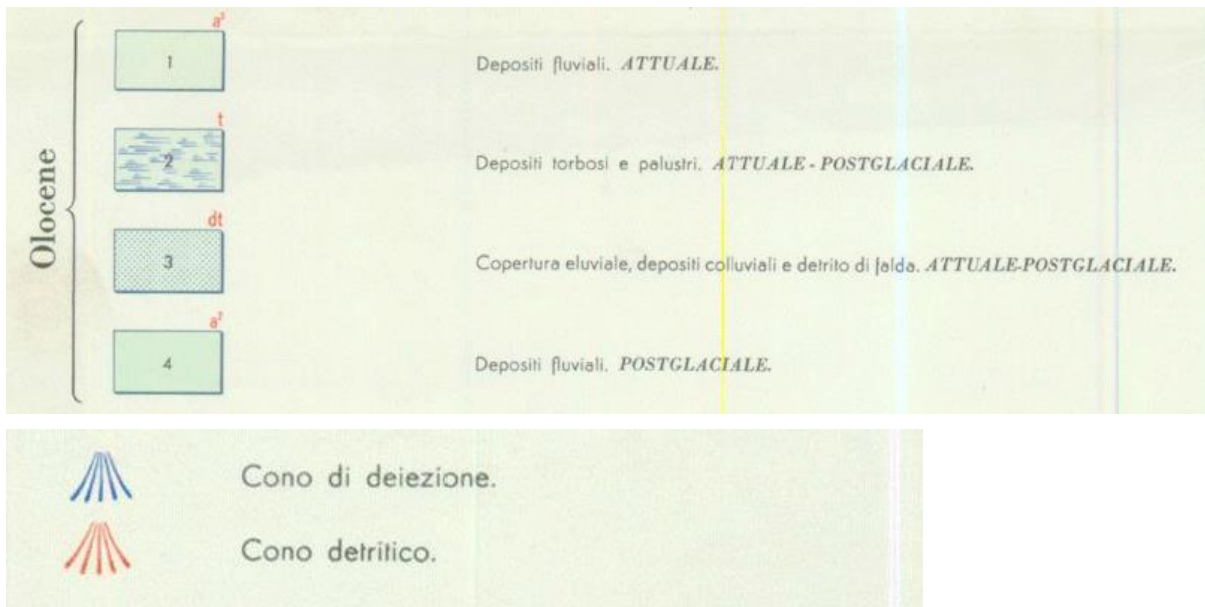
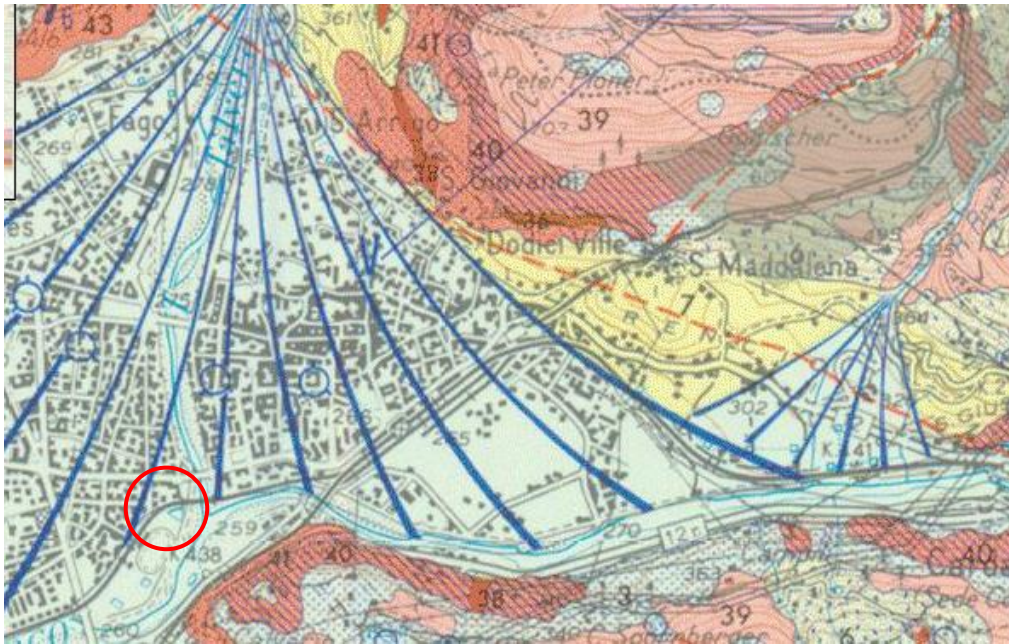


Figura 6 – Carta geologica di Bolzano - Estratto della carta geologica CARG Bolzano (1:50.000)

La profondità del substrato roccioso nella zona di Bolzano è stata individuata, sulla base di un'indagine sismica a riflessione in una sezione prossima all'aeroporto, ad una profondità variabile tra i 500 ed i 600 m da piano campagna (SCHMID C. e GÄNSLER, 1993).

Geomorfologicamente il settore in esame si situa nella porzione distale dell'ampia conoide formata dalle alluvioni del torrente Talvera, alla confluenza con il Fiume Isarco (figura 3). Dall'analisi dei profili stratigrafici reperibili per l'area di conoide emerge, in prima approssimazione, la tipica selezione idrogravimetrica dei sedimenti, con granulometria decrescente dalla zona centro apicale (prevalenza di ghiaie con frequente presenza di ciottoli e blocchi) alla zona distale dove prevale una sedimentazione con trasporto da corrente idrica (ghiaie sabbiose con intercalazioni grossolane contenenti anche ciottoli e blocchi) e più rade intercalazioni di depositi di intercanale abbandonato, con distribuzione significativa nei primi metri di sottosuolo. La composizione dei sedimenti risulta prevalentemente porfirica in coerenza con la geologia del bacino di provenienza.

Nell'area in di interesse, a monte della confluenza con il Torrente Talvera, il Fiume Isarco forma un'ansa aperta e sono presenti, su entrambe le sponde, dei *pennelli spondali* di



protezione dall'erosione spondale, realizzati con lo scopo di mantenere il flusso principale della corrente idrica al centro della sezione (figura 7). L'area di intervento si posiziona nella zona interna

dell'ansa dove prevale l'azione di deposito del Fiume. La realizzazione dell'opera di presa dovrà preservare l'integrità del pennello spondale più vicino e dovrà prevedere la realizzazione di una scogliera di protezione spondale. Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione di compatibilità idraulica di progetto.

6. IDROGEOLOGIA

La conca di Bolzano, da un punto di vista idrogeologico, è caratterizzata da un monoacquifero a falda libera, alimentato principalmente dalle perdite di subalveo del *Fiume Isarco* e del *Torrente Talvera*, che risultano pensili rispetto alla falda acquifera. Con riferimento alla serie di misura storiche recenti (studi [4] e [5]), nel settore d'intervento, ubicato tra le quote 261÷265 m slm, la falda si rinviene frequentemente intorno alle quote 242÷246 m slm (con massimi eccezionali che possono raggiungere quota 247÷248 m slm), quindi in genere sempre a profondità uguali o superiori ai 15.0 m dal piano golenale (261.0 m slm). Il sondaggio geognostico realizzato a supporto del presente progetto (vedi cap. 3.2), ha individuato circolazione idrica ascrivibile a perdite di subalveo del Fiume a partire da -5.75 m da p.c., corrispondente alla quota 255.3 m slm. In figura 8 è riportato uno schema indicativo del fenomeno di perdita di subalveo, rispetto alla posizione della falda acquifera.

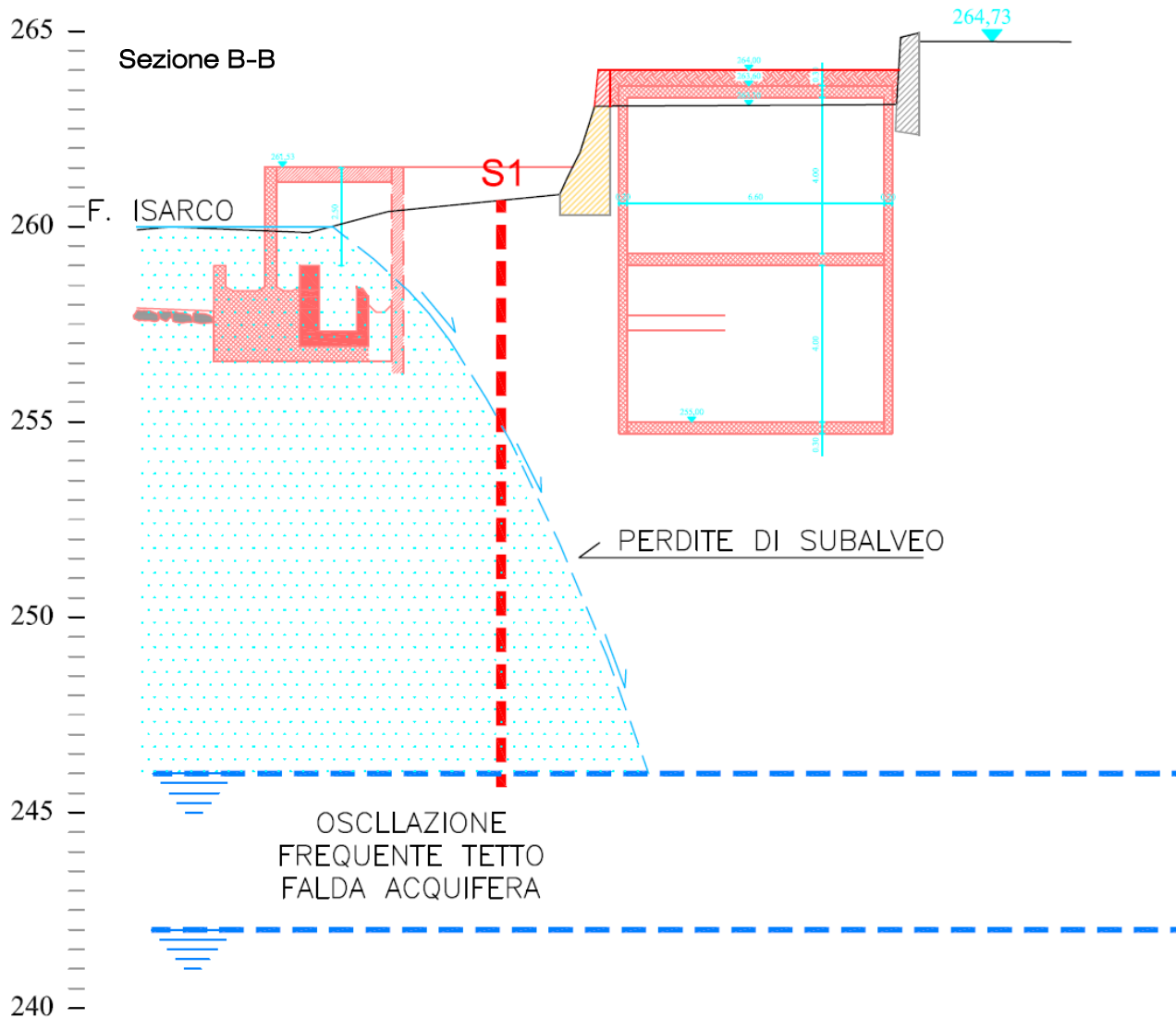


Figura 8 – Sezione indicativa della perdita di subalveo rispetto alla quota della falda acquifera

7. VINCOLI DI NATURA GEOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

7.1 VINCOLI E PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA ED IDRAULICA

Nel Comune di Bolzano è stato predisposto il *Piano delle Zone di Pericolo*, il quale è attualmente in vigore; per tale motivo ai fini della vincolistica e delle penalità geologiche si fa riferimento sia alle carte tematiche riportate nel Browser provinciale e sia agli estratti del PZP del Comune di Bolzano. Di seguito si evidenziano le eventuali criticità in relazione alle penalità geologiche/idrogeologiche ed idrauliche esistenti.

Per quanto riguarda le problematiche di natura **geologica** (crolli, scivolamenti, colate di versante e sprofondamenti) il sito risulta interamente **“AREA ESAMINATA E NON PERICOLOSA H4-H2”** (vedi figura 9).

Per quanto riguarda specificatamente le **problematiche valanghive** (valanghe radenti, valanghe nubiformi e slittamenti di neve) il sito risulta interamente **“AREA ESAMINATA E NON PERICOLOSA H4-H2”** (vedi figura 9).

Per quanto riguarda specificatamente le problematiche idrauliche (alluvioni, alluvioni torrentizie, colate detritiche ed erosione s.l.) il sito risulta parzialmente vincolato (sola opera di presa in alveo e canale di scarico) da penalità idrauliche derivanti dal Fiume Isarco e ricade in **AREA CON PERICOLO MOLTO ELEVATO H4”** (vedi figura 9).

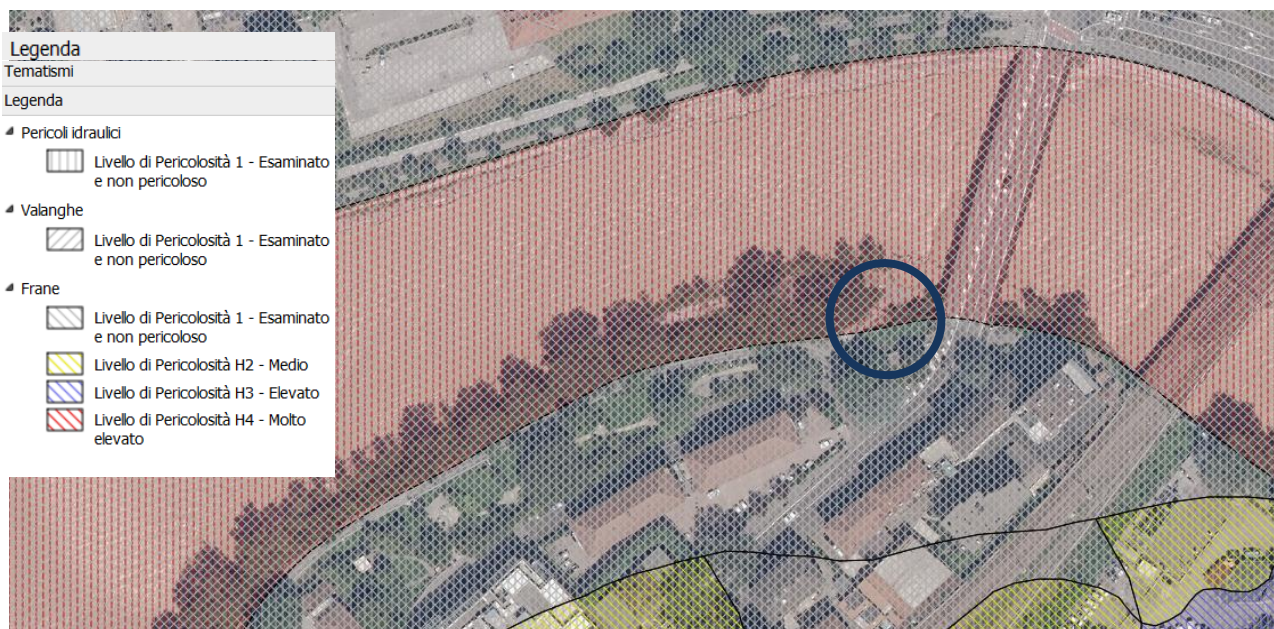


Figura 9 – Estratto PZP Comune di Bolzano (Fonte Geobrowser Provincia Autonoma di Bolzano)

TIPOLOGIA	PROCESSO	PERICOLO	GRADO DI STUDIO	GRADO DI PERICOLO
Frane	Frana	Esaminato e non pericoloso (H4-H2)	Elevato (BT05)	0
	Scivolamento	Esaminato e non pericoloso (H4-H2)	Elevato (BT05)	0
Valanghe	Valanga	Esaminato e non pericoloso (H4-H2)	Elevato (BT05)	0
Idraulica	Alluvioni	Pericolo Molto Elevato (H4)	Elevato (BT05)	9
	Alluvioni torrentizie	Esaminato e non pericoloso (H4-H2)	Elevato (BT05)	0
	Colate detritiche	Esaminato e non pericoloso (H4-H2)	Elevato (BT05)	0

Secondo il “Decreto del Presidente della Provincia 22 maggio 2012, n. 17 (Modifica del regolamento di esecuzione concernente i piani delle zone di pericolo), il progetto in oggetto, trattandosi di infrastruttura tecnica può essere realizzato, previa redazione di studio di compatibilità idraulica, al quale si rimanda per gli approfondimenti del caso.

7.2 VINCOLI SULLE ZONE DI TUTELA IDROGEOLOGICA

Facendo riferimento al *Geobrowser* della Provincia Autonoma di Bolzano, di cui si riporta un estratto in figura 10, si osserva come l'area, così come tutta la città, interessi una zona di tutela III (Tutela della falda acquifera di Bolzano ed istituzione della zona di rispetto ai sensi della Legge Provinciale 06/09/1973 n. 63). Gran parte della falda acquifera di Bolzano, con Deliberazione della G. P. del 17.10.1983 nr. 5922, è stata posta sotto protezione e sono stati posti dei vincoli nella realizzazione degli scavi nelle varie aree. La nostra area rientra nella zona C (figura 10) nella quale valgono le seguenti limitazioni:

Scavi in zona C

Per la zona C, il vincolo di tutela 4.2 i) così recita: “E’ vietato lo sfruttamento dei materiali alluvionali di fondovalle mediante cave. Gli scavi per altri scopi sono soggetti all’autorizzazione dell’Ufficio Gestione Risorse Idriche se intaccano la falda sotterranea o comunque ne riducono la copertura a meno di 1 m dal livello massimo della falda acquifera; in tutti gli altri casi sono permessi”.

Ai fini del vincolo sulla zona di Tutela idrogeologica L'intervento in esame risulta quindi compatibile.

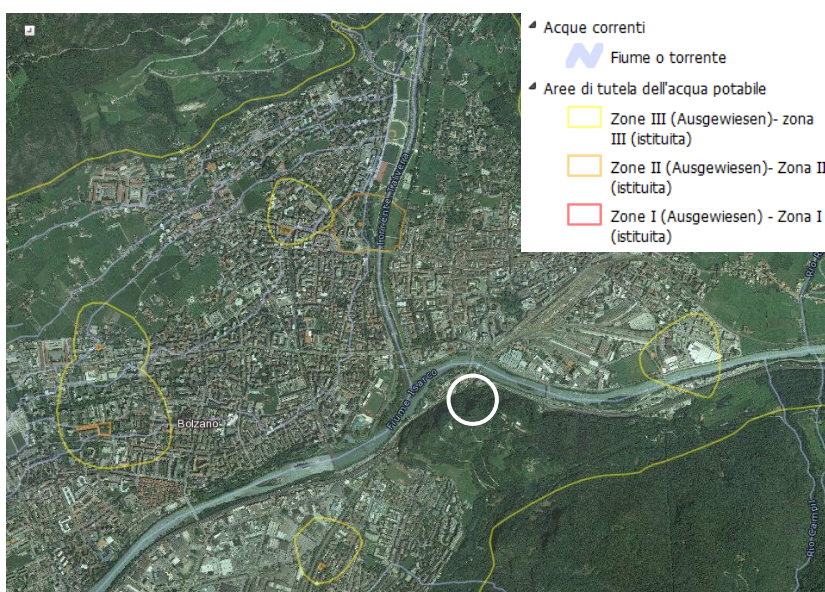


Figura 10 – Zona di tutela delle acque potabili (GeoBrowser–P.A. Bz)

8. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

8.1 ASSETTO STRATIGRAFICO LOCALE

L'acquisizione delle informazioni stratigrafiche reperibili per l'area in oggetto integrate con la campagna geognostica appositamente realizzata, ha consentito di elaborare la ricostruzione concettuale dell'assetto litostratigrafico dell'area, schematizzato nelle sezioni litostratigrafiche/geotecniche del sottosuolo interessato dalle opere in progetto, riportate in figura 11.

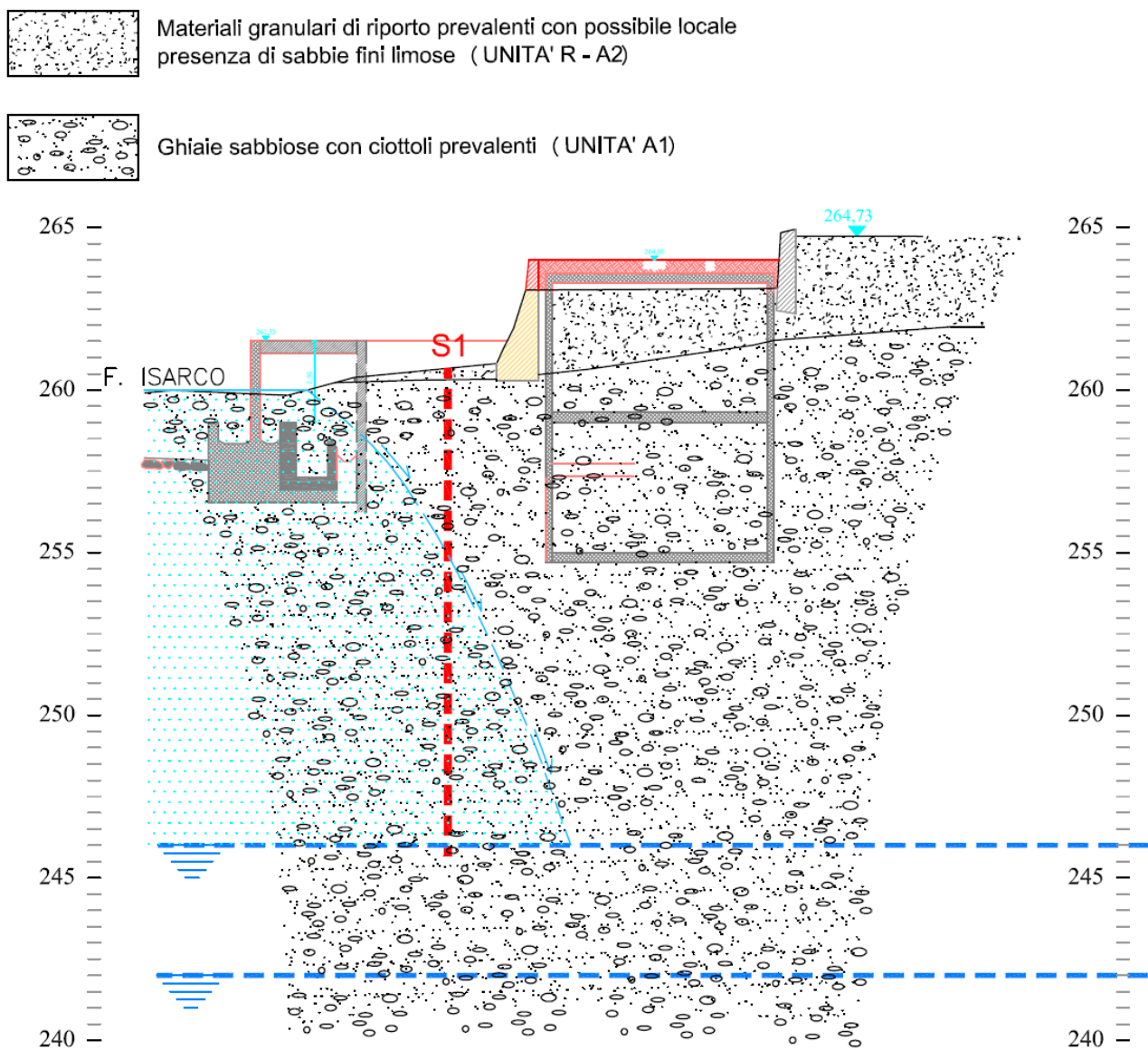


Figura 11 – Modello Geologico locale

La serie stratigrafica locale più recente e di interesse per l'inquadrimento del modello geotecnico (ultimi 20 metri di alluvioni), rileva la presenza di **depositi di conoide distale** del torrente Talvera alla confluenza con il Fiume Isarco, con prevalenza di *trasporto da corrente idrica in canale o intercanale attivo (UNITA' A1)* ghiaioso sabbiosa con ciottoli); in corrispondenza di via Trento, possono essere presenti nei primi metri sabbie fini e limi sabbiosi nocciola (**UNITA' A2**) ascrivibili a *depositi di decantazione in intercanale abbandonato*, in parte asportati e sostituiti con materiali di riporto in genere granulari ghiaioso sabbiosi e sabbioso ghiaioso, talora con resti antropici (**UNITA' R**).

8.2 SCHEMA DI CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERRANEA – INTERFERENZE CON LE OPERE IN PROGETTO

Ai fini del presente studio possiamo considerare il tetto del livello di falda mediamente compreso tra le quote 242÷246 m slm in anni idrologici normali, quindi in genere sempre a profondità uguali o superiori ai 15.0 m dal piano golenale (261.0 m slm).

Il sondaggio geognostico realizzato a supporto del presente progetto (vedi cap. 3.2), ha individuato circolazione idrica ascrivibile a perdite di subalveo del Fiume a partire da -5.75 m da p.c., corrispondente alla quota 255.3 m slm. In figura 8 e 11 è riportato uno schema indicativo del fenomeno di perdita di subalveo, rispetto alla posizione della falda acquifera.

9. GESTIONE DEI MATERIALI DERIVANTI DA ATTIVITÀ DI SCAVO

Per la gestione delle terre e delle rocce da scavo nel territorio della *Provincia Autonoma di Bolzano* trova attuazione la *Deliberazione della Giunta Provinciale n. 189 del 26 gennaio 2009* - “*Criteri per la classificazione di terre e rocce da scavo, anche di gallerie, come sottoprodotto*”. Nell’area in esame sono presenti sia depositi naturali (in prevalenza) che terreni di rimaneggiamento antropico e/o riporti. In merito alle attività di scavo, si osserva quindi quanto segue:

- I. I terreni naturali provenienti dallo scavo (al di sotto dei livelli di riporto), potranno essere riutilizzati in sito o anche al di fuori del sito come sottoprodotti, nel rispetto dei contenuti e delle modalità indicate dalle normative vigenti e illustrate nella citata Deliberazione G.P. n. 189/2009.

- II. I materiali antropici di riporto ed eventuali materiali indesiderati che dovessero essere rinvenuti in fase di scavo (riporti antropici, rifiuti da demolizione, *c/s*, ecc..) dovranno venire gestiti separatamente, procedendo ad un loro corretto trattamento di recupero autorizzato o eventuale smaltimento secondo le normative di settore.

10. CONCLUSIONI

In base ai rilievi ed alle indagini di campagna eseguite è stato riconosciuto che l'area individuata può essere considerata idonea dal punto di vista geologico alla realizzazione dell'opera in progetto

L'acquisizione delle informazioni stratigrafiche reperibili per l'area in oggetto e la campagna d'indagine eseguita, ha consentito di elaborare la ricostruzione concettuale dell'assetto litostratigrafico dell'area e dello schema di circolazione delle acque sotterranee, sintetizzati nel modello geologico di riferimento al capitolo 8.0, ed in figura 11

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni", soddisfa i requisiti urbanistici di rilevanza geologica e costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare.

In corso d'opera si deve controllare la rispondenza tra il modello geologico di riferimento assunto in progetto e la situazione effettiva, differendo di conseguenza la caratterizzazione geotecnica ed il progetto esecutivo, così come previsto dalla normativa di settore.

Bolzano, maggio 2019

WALTHERPARK S.p.A.

PROGETTO OPERA DI PRESA E
TELERAFFRESCAMENTO ISARCO
PRESSO PONTE LORETO A BOLZANO

ENDGÜLTIGES PROJEKT FLUSSEINLAUFBAUWERK
LORETOBRÜCKE A BOLZANO

RELAZIONE GEOTECNICA

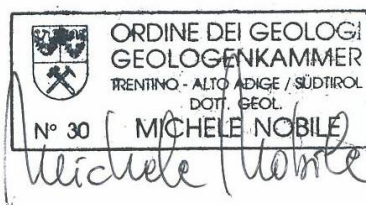
di caratterizzazione e modellazione geotecnica del sito

GEOTECHNISCHER BERICHT

für die Charakterisierung und geotechnischer Modellierung des Standorts

IL PROGETTISTA

LO SPECIALISTA



COMMITTENTE: Waltherpark S.p.A.

SOMMARIO

1.	PREMESSA – INTERVENTI IN PROGETTO.....	22
2.	NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO	22
3.	INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE	23
3.1	INDAGINI DIRETTE ESISTENTI RICHIAMATE.....	23
3.2	NUOVE INDAGINI DIRETTE.....	23
4.	RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	23
4.1	PREMESSE.....	23
4.2	CLASSIFICAZIONE DELL'OPERA E VITA ATTESA	23
4.3	TEMPO DI RITORNO DELL'EVENTO SISMICO.....	24
4.4	ACCELERAZIONE a_{max} . SU SUOLO DI CAT. A (bedrock sismico).....	25
4.5	EFFETTI STRATIGRAFICI E TOPOGRAFICI E PARAMETRI DI SITO	26
5.	MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO	28
5.1	UNITA' GEOTECNICHE OMOGENEE	28
5.2	REGIME DELLE PRESSIONI NEUTRE	29
6.	CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE DI INDIRIZZO.....	30
6.1	PREMESSE.....	30
6.2	INTERFERENZE CON CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERANEA E CONDIZIONI DI SOTTOSPINTA IDRAULICA	30
6.3	CONDIZIONI FONDAZIONALI	31
6.4	MODALITA' ESECUTIVE DEGLI SCAVI ED OPERE PROVVISORIALI DI SOSTEGNO.....	31
8.1.1	Verifiche geotecniche per la realizzazione di scavi profilati	31
8.1.2	Indicazioni geotecniche per la realizzazione delle opere provvisoriali di sostegno.....	33
7.	CONCLUSIONI.....	34

1. PREMESSA – INTERVENTI IN PROGETTO

La presente relazione fa esplicito riferimento al modello geologico definito nella relazione geologica di cui alla parte prima del presente documento.

Gli interventi si sviluppano in sinistra idrografica del F. Isarco, tra l'area golenale e ed il muro arginale di contenimento della ciclabile di via Trento. L'area golenale si sviluppa intorno alla quota 261.0 m slm e localmente risulta delimitata da un primo muro che contiene l'attuale area cani a quota 263.1 m slm, che a sua volta risulta delimitata dal muro arginale di contenimento della ciclabile di via Trento, che si sviluppa a quota 264.7 m slm (vedi sezione schematica di figura 1).

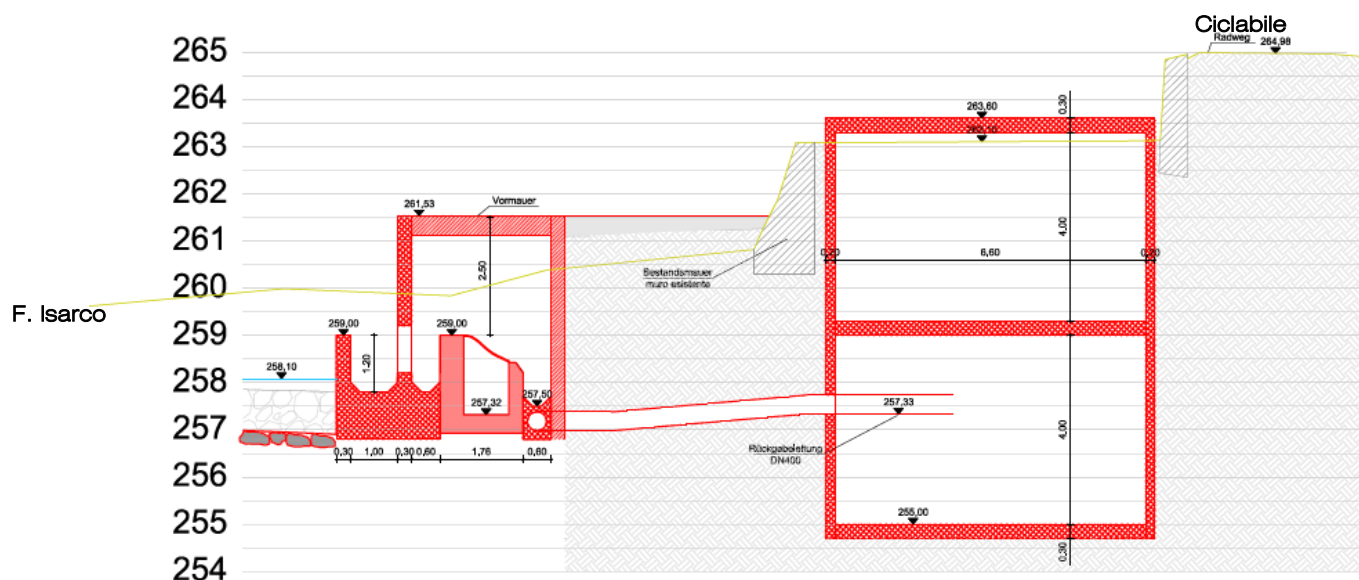


Figura 1 – Inserimento dell'opera in destra Fiume Isarco

2. NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO

Il presente elaborato con riferimento alla seguente normativa di settore:

- D.M. 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".
- Circolare esplicativa del 21 gennaio 2019 n.7 " Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
- UNI ENV 1997-1 – Eurocodice 7 "Progettazione Geotecnica.
- A.G.I. 1977 - Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

3. INDAGINI GEOLOGICHE E GEOTECNICHE

3.1 INDAGINI DIRETTE ESISTENTI RICHIAMATE

Vedi cap. 3.1 relazione geologica

3.2 NUOVE INDAGINI DIRETTE

Vedi cap. 3.2 relazione geologica.

4. RISPOSTA SISMICA LOCALE

4.1 PREMESSE

Nella provincia Autonoma di Bolzano l'adozione dei criteri antisismici nella progettazione delle opere è demandata al *Decreto del Presidente della Provincia Autonoma di Bolzano* n° 33 del 21 luglio 2009 – “Disposizioni per opere edili antisismiche.” In esso si inserisce il Comune di Bolzano, al pari di tutti gli altri comuni altoatesini, in zona sismica 4.

4.2 CLASSIFICAZIONE DELL'OPERA E VITA ATTESA

In accordo a quanto previsto dalle NTC la vita di riferimento (V_R) dell'opera viene definita come prodotto tra la vita nominale (V_N) ed il coefficiente d'uso (C_u) come di seguito indicato: $V_R = V_N \times C_u$.

La vita nominale dell'opera viene definita con riferimento alla tabella 4.2.a in funzione delle caratteristiche della stessa.

Tabella 4.2.a – tipo e vita nominale dell'opera (DM 17/01/2018 – tabella 2.4.I)

Opera	Tipo	V_N
Parti d'opera provvisionali con $V_N \leq 2$ anni	1	≤ 2
Parti d'opera provvisionali con $2\text{anni} < V_N \leq 10$ anni	1	≤ 10
Opere ordinarie	2	≥ 50
Grandi opere	3	≥ 100

Il coefficiente d'uso dell'opera viene definito in relazione alle conseguenze di una interruzione di funzionalità o collasso in caso di sisma in accordo a quanto riportato in tabella 4.2.b

Tabella 4.2.b – Classi e coefficienti d’uso (DM 17/01/2018 – tabella 2.4.II)

Classe d’uso	I	II	III	IV
C_U	0.7	1.0	1.5	2.0

Con riferimento a quanto sopra illustrato, nel caso specifico in studio in accordo con i dati di progetto si assume quanto segue:

Tipo della costruzione = 2 (opera ordinaria)

V_N = vita nominale dell’opera = 50 anni

Classe d’uso = II

C_U = coefficiente d’uso = 1.0

Si ottiene pertanto il valore di riferimento della vita dell’opera: **V_R = V_N x C_U = 50 anni**

4.3 TEMPO DI RITORNO DELL’EVENTO SISMICO

Si assume (in accordo con la Normativa vigente) come indicatore del grado di pericolosità sismica l’accelerazione orizzontale massima su *bedrock sismico* (V_s > 800 m/s). Il valore di progetto di tale parametro viene definito in funzione della “probabilità di superamento” per un dato “tempo di ritorno”. E’ noto che il “tempo di ritorno” e la “probabilità di superamento” sono due grandezze tra loro correlate come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

dove:

T_R = tempo di ritorno

V_R = 50 anni = periodo di riferimento dell’opera (cfr. paragrafo 3.1)

P_{VR} = probabilità di superamento

In tabella 4.3.a sono riassunti i valori del tempo di ritorno (T_R) in funzione del periodo di riferimento (V_R) e delle probabilità di superamento (P_{VR}) definite dalle Norma per gli stati limite ultimi di servizio (SLO, **SLD**) e ultimi (**SLV**, SLC), e in grassetto quelli da considerarsi nelle verifiche sismiche.

Tabella 4.3.a – Tempi di ritorno per analisi allo stato limite

STATI LIMITE	V _R (anni)	P _{VR}	T _R (anni)
SLO	50	81%	30
SLD		63%	50
SLV		10%	475
SLC		5%	975

4.4 ACCELERAZIONE a_{max} . SU SUOLO DI CAT. A (bedrock sismico)

Il valore di accelerazione orizzontale massima nello specifico sito di interesse viene determinato con riferimento ai valori puntuali già definiti per un'apposita griglia (10x10km) da uno studio dell'INGV e riassunti nelle tabelle di cui all'allegato B delle NTC cui si rimanda. In particolare il valore al sito viene definito mediando (in funzione della distanza) l'entità dell'accelerazione caratteristica dei 4 nodi più prossimi al sito stesso come di seguito indicato (analogo procedimento viene adottato per gli altri parametri sismici [F0 e T* C]):

dove:

a_g = accelerazione massima suolo tipo A nel sito

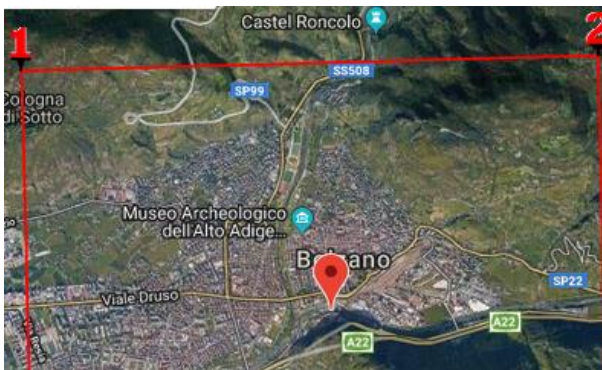
$a_{g,i}$ = accelerazione massima suolo tipo A nell' i -esimo punto

d_i = distanza del sito da i -esimo punto

$$a_g = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{a_{g,i}}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

Di seguito si riporta l'ubicazione dei nodi del reticolo di riferimento ed una tabella con i parametri sismici relativi ai diversi stati limite, su suolo di categoria A in condizioni di campo libero. I valori di riferimento dei parametri a_g (g) F_0 (adimensionale) e T* C (espresso in secondi) sono calcolati utilizzando il codice di calcolo della *Geostru* e di seguito riportati.

WGS84: Lat 46.493786 - Lng 11.353304



Stati limite

■ Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubblic...

⌚ Vita Nominale 50

📈 Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_0	Tc* [s]
Operatività (SLO)	30	0.019	2.550	0.157
Danno (SLD)	50	0.025	2.518	0.187
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.052	2.593	0.347
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.063	2.696	0.383
Periodo di riferimento per l'azione sismica:	50			

4.5 EFFETTI STRATIGRAFICI E TOPOGRAFICI E PARAMETRI DI SITO

Gli effetti di amplificazione locale dovuti alla stratigrafia ed alla conformazione topografica vengono messi in conto mediante i seguenti parametri:

- **Parametro S_s : Effetti stratigrafici**
- **Parametro S_T : Effetti topografici**

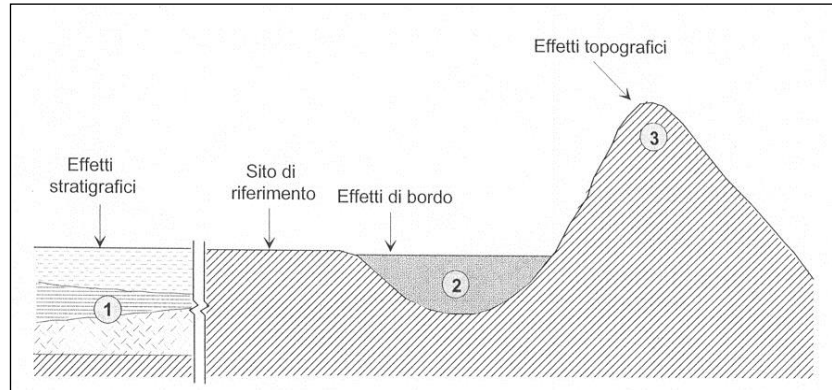


Figura 2: Possibili effetti di amplificazione

Il parametro di risentimento in superficie legato agli effetti stratigrafici (S_s) viene valutato in funzione delle caratteristiche del terreno nei primi 30m di profondità, in accordo a quanto riportato in tabella 4.5.a, mediante la determinazione diretta del parametro $V_{s,30}$, di seguito per ora stimato con riferimento ai valori delle prove S.P.T.

Tabella 4.5.a – Categorie dei suoli di fondazione (NTC 2008)

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



Nell'area, sulla base delle indagini eseguite e dei dati bibliografici consultati, con specifico riferimento alla tabella 4.5.a si determina una categoria B sia per verifiche fondazionali che per le opere di sostegno a lungo termine.

Per quanto concerne gli effetti di amplificazione dovuti alla topografia del sito in considerazione del fatto che il sito è posto su un pendio con inclinazione media inferiore ai 15° si può adottare la seguente categoria topografica:

Tabella 4.5.b – Categorie topografica (NTC 2008)


Categoria	Descrizione del pendio	Ubicazione struttura	S_T
T4	Rilievi con larghezza in cresta moltomolto minore che alla base e inclinazione media superiore a 30°	In corrispondenza della cresta	1.4
T3	Rilievi con larghezza in cresta moltomolto minore che alla base e inclinazione media compresa tra 15 e 30°	In corrispondenza della cresta	1.2
T2	Pendii con inclinazione media superiore a 15°	In corrispondenza della sommità	1.2
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore a 15°	--	1.0

categoria topografica $\alpha T1$ e parametro $S_T = 1.0$

Di seguito si riportano i coefficienti sismici K_h , K_v , A_{max} e β ed i parametri per la costruzione degli spettri di risposta sismica locale in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali, distinti per le fondazioni e per le paratie di sostegno degli scavi.


Per fondazioni

Coefficienti sismici

 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)

 Cat. Sottosuolo B

 Cat. Topografica T1


	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,59	1,54	1,36	1,33
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.005	0.006	0.012	0.015
kv	0.002	0.003	0.006	0.008
Amax [m/s ²]	0.227	0.290	0.612	0.743
Beta	0.200	0.200	0.200	0.200


Per paratie

Coefficienti sismici

 Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

H (m) us (m)

 Cat. Sottosuolo B

 Cat. Topografica T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,20	1,20
CC Coeff. funz categoria	1,59	1,54	1,36	1,33
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.015	0.032	0.039
kv	--	--	--	--
Amax [m/s ²]	0.227	0.290	0.612	0.743
Beta	0.520	0.520	0.520	0.520

Attenzione $us \geq 0.005H$

5. MODELLO GEOTECNICO DI RIFERIMENTO

5.1 UNITA' GEOTECNICHE OMOGENEE

Sulla base delle elaborazioni riportate nelle relazioni [4] e [5] ed ai riscontri d'indagine di cui al cap. 3, con riferimento all'assetto litostratigrafico descritto al capitolo 8 della relazione geologica, si riporta il quadro di sintesi del modello geotecnico di riferimento ricavato per l'area. Le unità omogenee così come individuate su base stratigrafica assumono rilevanza anche per la modellazione geotecnica, assimilando per caratteristiche fisico meccaniche i riporti (UNITA' R) con i depositi dell'UNITA' A2.

Con riferimento al modello geotecnico di figura 3, questi pertanto i parametri attribuiti alle UNITA' caratteristiche individuate:

UNITA' R (localmente A2): riporti formati in prevalenza da materiale granulare ghiaioso sabbioso, a tratti a matrice sabbioso limosa, localmente misto a materiali antropici. Localmente sabbie fini e limi finemente sabbiosi a tratti debolmente ghiaiosi.

Spessore di riferimento medio per le unità R/A2 0.0/3.0 m.

peso di volume	γ	= 18.0÷18.5 kN/m ³
angolo di resistenza al taglio di picco	ϕ'	= 29°÷31°
coesione efficace	C'	= 0
angolo di resistenza al taglio critico	ϕ_{cv}	= 28°
modulo di Young secante	E_{25}	= 8.0÷10 MPa
Modulo di taglio iniziale	G_0	= 25÷40 MPa (deformazioni 10 ⁻⁴)

UNITA' A1 – DEPOSITI ALLUVIONALI GROSSOLANI DI CONOIDE: *ghiaia poligenica, prevalentemente porfirica, da subarrotondata ad arrotondata, in matrice sabbiosa localmente debolmente limosa, con presenza di ciottoli e blocchi (dimensioni massime da sondaggio 30÷40 cm). Il contenuto in ghiaia supera generalmente il 50% in peso, e si attesta mediamente su valori compresi tra il 60÷70%; la sabbia è presente in percentuali mediamente comprese tra il 20÷30%, il limo tra 0÷10%.*

peso di volume	γ	= 19.5÷20.0 kN/m ³
angolo di resistenza al taglio di picco	ϕ'	= 37°÷38° (per azioni non compensate/fondazioni puntuali ecc.)
angolo di resistenza al taglio di picco	ϕ'	= 40°÷42° (per azioni compensate/paratie platee ecc.)
coesione efficace	C'	= 0
angolo di resistenza al taglio critico	ϕ_{cv}	= 36°
modulo di Young secante	E_{25}	= 60 MPa
Modulo di taglio iniziale	G_0	= 150÷200 MPa (deformazioni 10 ⁻⁴)

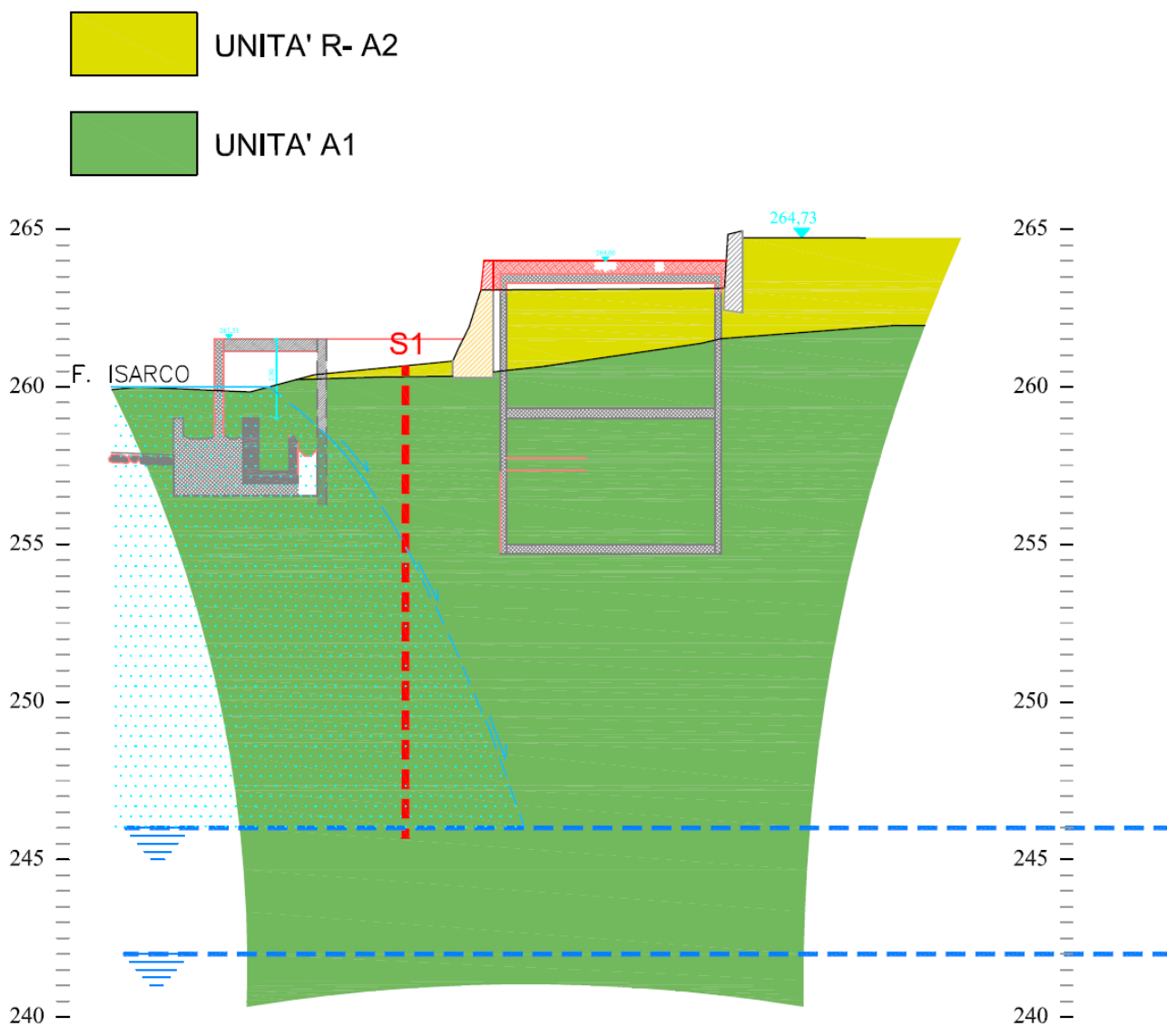


Figura 3 – Modello geotecnico di riferimento

5.2 REGIME DELLE PRESSIONI NEUTRE

Le osservazioni specifiche sulle possibili interferenze delle opere in progetto con la falda di fondo valle e con le perdite di subalveo del F. Isarco sono contenute al capitoli 6.0 e 8.2 della relazione geologica. In figura 3 è riportato il livello di falda nell'area di sviluppo delle opere in progetto, con riferimento a valori di escursione media. Il sondaggio geognostico realizzato ha individuato circolazione idrica ascrivibile a perdite di subalveo del Fiume a partire da -5.75 m da p.c., corrispondente alla quota 255.3 m slm. In figura 3 è riportato uno schema indicativo del fenomeno di perdita di subalveo, rispetto alla posizione della falda acquifera.

6. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE DI INDIRIZZO

6.1 PREMESSE

Nei capitoli che seguono, in relazione allo sviluppo delle opere di progetto, vengono analizzati i seguenti aspetti geotecnici rilevanti:

- Interferenze con la circolazione idrica sotterranea e condizioni di sottospinta idraulica
- Condizioni fondazionali
- Modalità di realizzazione degli scavi e opere provvisionali

6.2 INTERFERENZE CON LA CIRCOLAZIONE IDRICA SOTTERANEA E CONDIZIONI DI SOTTOSPINTA IDRAULICA

Le osservazioni specifiche sulle possibili interferenze delle opere in progetto con la falda di fondo valle sono contenute al capitolo 8.2 della relazione geologica.

E' esclusa l'interferenza fra le opere in progetto e la falda acquifera sottostante, che si attesta mediamente a profondità ≥ 15.0 m dal piano golendale (261.0 m slm). Il sondaggio geognostico realizzato ha invece confermato la presenza di circolazione idrica per perdite di subalveo dal F. Isarco e quindi in fase di realizzazione degli scavi vi si dovrà procedere come segue:

- realizzazione dei lavori in un periodo di magra fluviale e deviazione della corrente idrica del Fiume verso nord, mediante la realizzazione un tomo/argine provvisorio;
- aperture degli scavi sino alla massima profondità prevista (254.0 m slm circa) partendo dal limite sud, dove non si prevede l'intercettazione di circolazione idrica di subalveo, procedendo progressivamente verso nord (verso il fiume) e provvedendo, nel caso di intercettazione di venute idriche dal fronte, a veicolare le stesse verso due pozzettoni drenanti di grosso diametro (≥ 1.5 m) realizzati in una zona di scavo asciutta retrostante; nei pozzettoni andrà installata una pompa sommergibile auto-innescante da 5÷7 kW per l'eventuale rilancio delle acque intercettate verso il Fiume.

Si rileva infine che la quota idrometrica del F. Isarco in corrispondenza della sezione di interesse si con tempo di ritorno T_R 200 anni raggiunge i 262.70 m slm e tale quota andrà considerata ai fini delle verifiche idrauliche al sollevamento.

6.3 CONDIZIONI FONDAZIONALI

Entro il volume significativo di sottosuolo interessato dalle fondazioni della strutture in progetto, si rileva la presenza di *depositi alluvionali grossolani* - UNITA' A1 (Figura 3) di buone caratteristiche geotecniche, e non si ravvisano quindi problematiche particolari a livello fondazionale. Data la natura granulare grossolana drenante dei terreni di sedime, non saranno da attendersi cedimenti per consolidazione, differiti nel tempo, e in ogni caso cedimenti viscosi non rilevanti. Considerata la quota idrometrica del F. Isarco in corrispondenza della sezione di interesse si con tempo di ritorno T_R 200 anni (262.70 m slm) dovrà essere prevista l'impermeabilizzazione delle opere interrato. Le verifiche geotecniche/strutturali fondazionali sono contenute nelle relazioni di calcolo strutturale allegato al progetto alle quali si rimanda.

6.4 MODALITA' ESECUTIVE DEGLI SCAVI ED OPERE PROVVISORIALI DI SOSTEGNO

La realizzazione delle opere in progetto prevede l'esecuzione di scavi, che dal punto di vista del contesto geotecnico realizzativo e delle previste geometrie, possono essere distinti in due principali categorie:

- A) Scavi semplici, di ribasso, sviluppati prevalentemente entro l'Unità A1, senza particolare problematiche al contorno, in condizioni assimilabili ad estradosso sub pianeggiante.
- B) Scavi in condizioni al contorno rilevanti, che richiedono l'adozione di opere provvisorie di contenimento.

8.1.1 Verifiche geotecniche per la realizzazione di scavi profilati

I materiali interessati dagli scavi di ribasso sono sviluppati prevalentemente entro l'Unità A1; si considerano quindi i parametri di resistenza riportati al capitolo 7.1 ed il relativo modello geotecnico di riferimento. Inoltre per le verifiche di scavo nel breve termine è possibile considerare un contributo della coesione apparente¹ presente nel materiale in condizioni naturali, stimata in un minimo di 5÷6 kPa mediante *back analysis* su fronti scavo aperti nell'area entro tali materiali. Le verifiche di seguito riportate sono eseguite utilizzando i diagrammi di *Hoeck e Bray* schema n°1 (Figura 4 - assenza di filtrazione sul fronte scavo), specifici per valutazioni di stabilità di fronti scavo, con estradosso sub-pianeggiante.

Secondo il D.M. 14 gennaio 2008 (capitolo 6.) deve essere rispettata la condizione: $E_d < R_d$, con:

E_d = valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni.

R_d = valore di progetto della resistenza del terreno.

Le verifiche devono essere effettuate secondo l'Approccio 1 - Combinazione 2:
(A2+M2+R2)

1 - Contributo legato al regime di pressioni neutre negative.

La normativa prevede che al peso dell'unità di volume della massa potenzialmente instabile vada applicato il coefficiente $A2 \gamma_{G1} = 1.0$. I parametri fisico meccanici vanno ridotti secondo la tabella di seguito riportata.

PARAMETRO	GRANDEZZA DA RIDURRE	COEFFICIENTE PARZIALE	(M2)
		γ_M	
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1.25
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'}$	1.25
Peso di volume	γ	γ_γ	1.0

Per le verifiche di sicurezza dei fronti scavo il coefficiente $R2 = \gamma_R = 1.1$

Nell'abaco di *Hoeck e Bray* sono quindi introdotti i parametri fisico meccanici ridotti ed il coefficiente F assume il valore $R2$. I profili a breve termine, funzione dell'altezza di scavo, sono di seguito indicati:

Profili di scavo in condizioni asciutte o completamente drenate:

per H fino a 2.0 m	$\beta = 65^\circ$
per $2.0 \leq H < 4.0$	$\beta = 55^\circ$
per $4.0 \leq H < 8.0$	$\beta = 45^\circ$

DIAGRAMMA DI STABILITA' DI HOECK & BRAY

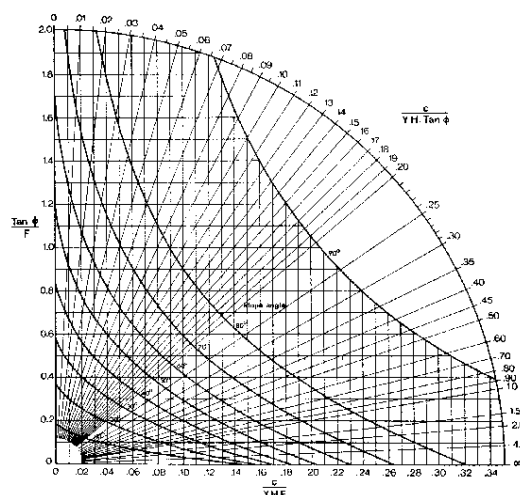
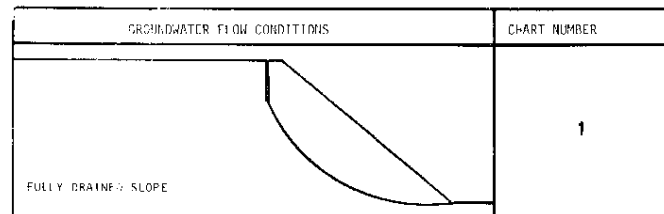


Figura 4 – Diagramma di stabilità di Hoeck e Bray n. 1 – condizioni di scavo asciutto

Nel caso di rinvenimento di eventuali venute idriche dal fronte si valuteranno in corso d'opera caso per caso le modalità di profilatura e sistemazione più opportune.

8.1.2 Indicazioni geotecniche per la realizzazione delle opere provvisionali di sostegno

Alla base del muro arginale di via Trento lo scavo andrà ribassato sino alla messa in vista della fondazione, quota dalla quale dovrà essere realizzata un'opera di contenimento degli scavi il cui sviluppo indicativo è riportato nella planimetria di figura 5. Il muro di controberma dell'attuale area cani andrà invece demolito e ricostruito a protezione dell'opera realizzata.

In considerazione delle caratteristiche granulometriche di previsione (locale presenza di ciottoli e blocchi), di addensamento (SPT a rifiuto) e composizionali (porfidi prevalenti) dei materiali costituenti buona parte del sottosuolo attraversato, per la realizzazione delle opere di contenimento degli scavi si potrà prevedere la realizzazione di una paratia tipo berlinese tirantata e in pali trivellati CAP (Cased Auger Piles) di grosso diametro (in questo caso con maggiore ingombro a confine).

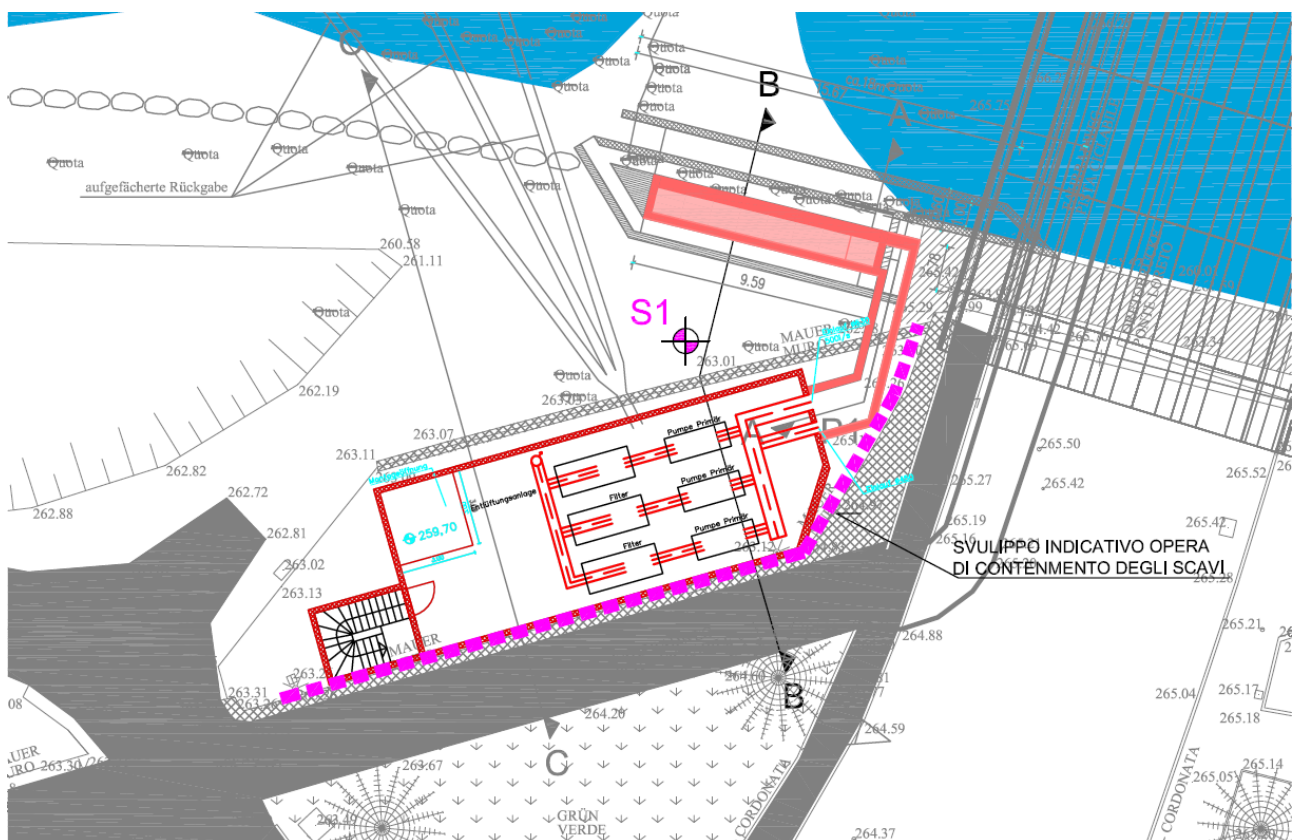


Figura 5 – Sviluppo indicativo opere provvisionali di contenimento degli scavi

7. CONCLUSIONI

Il presente elaborato è redatto in ottemperanza ai contenuti del D.M. 17 gennaio 2018 “Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni” e costituisce documento progettuale idoneo per il rilascio della concessione ad edificare. La presente relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno è integrata dalle diverse relazioni di progettazione geotecnica e di calcolo allegate al progetto per tutte le previste verifiche della sicurezza e delle prestazioni di cui al capitolo 6.2.3. delle NTC.

Bolzano, maggio 2019