

COMMITTENTE: COMUNE DI LEVICO TERME

**OGGETTO: MESSA IN SICUREZZA ATTRAVERSAMENTO RIO
MAGGIORE IN LOC. SALINA A MONTE DELL'ABITATO DI LEVICO
TERME; SISTEMAZIONE STRADA VIA SALINA CON ESECUZIONE
NUOVO PONTE E RACCORDO CON VIABILITÀ ESISTENTE E OPERE
CONNESSE**

RELAZIONE GEOLOGICA

**SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO,
CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO
CONTIENE LA RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA**

RELAZIONE IDROLOGICA-SEDIMENTOLOGICA E IDRAULICA



IL TECNICO

Geol. Giuseppina Zambotti

IL PROGETTISTA

Ing. Augusto Sbeti

GEOLOGY INQUIRIES

Via Nazionale, 1341 - 38025 DIMARO FOLGARIDA (TN)
Tel./fax +39 0463/974929

Via Trento, 78 - 38023 CLES (TN)
Tel./fax +39 0463/424784

E-mail: info@geologyinquiries.it

On the web: www.geologyinquiries.it

SETTEMBRE 2019

**MESSA IN SICUREZZA ATTRAVERSAMENTO RIO MAGGIORE IN LOC. SALINA A MONTE
DELL'ABITATO DI LEVICO TERME; SISTEMAZIONE STRADA VIA SALINA CON ESECUZIONE
NUOVO PONTE E RACCORDO CON VIABILITÀ ESISTENTE E OPERE CONNESSE**

**RELAZIONE GEOLOGICA
SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO
SULLE INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO
CONTIENE LA RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA**

RELAZIONE IDROLOGICA-SEDIMENTOLOGICA E IDRAULICA

Indice

1	PREMESSA ED OBIETTIVI DEL LAVORO	3
2	IL PROGETTO	4
3	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	7
4	TERRE E ROCCE DA SCAVO	8
	4.1CAMPIONAMENTI VOLUMI DI SCAVO ED EVENTUALE RIUTILIZZO	9
	4.2QUALITÀ AMBIENTALE DEL SITO	10
5	VINCOLI URBANISTICI	11
	5.1IL PIANO URBANISTICO PROVINCIALE – P.A.T.	11
	5.2PIANO GENERALE DI UTILIZZAZIONE DELLE ACQUE PUBBLICHE - PGUAP	11
	5.3CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ - PAT	13
	5.4ZONAZIONE SISMICA.....	14
	5.4.1CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	14
6	STUDI PRECEDENTI E INDAGINI GEOGNOSTICHE <i>IN SITU</i>	18
	6.1STUDI PRECEDENTI.....	18
	6.2CAMPAGNA GEOGNOSTICA – SONDAGGI MECCANICI	18
	6.2.1SONDAGGIO S1	19
	6.2.2SONDAGGIO S2	20
7	CARATTERIZZAZIONE DEL VOLUME GEOLOGICO SIGNIFICATIVO	21
	7.1ASSETTO GEOMORFOLOGICO GEOLOGICO E STRUTTURALE.....	21
	7.2IDROGEOLOGIA	22
	7.3LITOSTRATIGRAFIA	23
8	ANALISI DEL BACINO DEL RIO MAGGIORE.....	26
	8.1L'ANALISI IDROLOGICA E SEDIMENTOLOGICA DEL RIO MAGGIORE	26
	8.2LA VERIFICA IDRAULICA DEL TRATTO D'ALVEO INTERESSATO DALL'INTERVENTO CON IL CODICE 1D HEC-RAS	37
9	CONCLUSIONI.....	48
	ALLEGATI	49

Allegati e Figure

Tav.1 – Corografia e parametri sismici – CTP - PAT	scala 1:10.000
Tav.2 – sezione stratigrafica interpretata – stato attuale n.285	scala 1:150
Tav.3 – Carta geologica schematica – CTP - PAT	scala 1:10.000
Tav.4 – Carta geologica schematica – DTM - PAT	scala 1:10.000

Fig. 5.1.1 – Carta di sintesi geologica – PAT	scala 1:10.000
Fig. 5.1.2 – Carta delle risorse idriche – PAT	scala 1:10.000
Fig. 5.2.1 – Carta del rischio idrogeologico (estratto PGUAP) – PAT	scala 1:10.000
Fig. 7.3.1 – Profilo schematico interpretato – da progetto ing. Sbeti A.	scala 1:200
Fig. 7.3.2 – Sezione schematica interpretata – da progetto ing. Sbeti A.	scala 1:200

Foto 1.1 – il guado di Via Salina durante l'evento VAIA è risultato insufficiente a contenere la portata del corso d'acqua	
Foto 1.2 – Ortofoto (OFD 2015 Ufficio Sistemi Informativi – Servizio Geologico-PAT con l'area d'intervento)	
Fig. 2.1 – schema planimetria stato previsto – da progetto ing. A. Sbeti	
Fig. 2.2 – profilo schematico di progetto – da progetto ing. A. Sbeti	
Tab. 4.1.1 – numerosità dei campioni - Tabella 1, cap. 3.3 linee guida 09/05/2019	
Tab. 5.2.1 – Classi di rischio idrogeologico così come definite dal D.P.C.M. 29.09.98 e nel PGUAP	
Fig. 5.3.1 – estratto dalla nuova Carta di Sintesi della Pericolosità attualmente in fase di adozione (in rosso il ponte)	
Fig. 5.3.1 – individuazione del fenomeno atteso per il nuovo ponte in progetto – nuova Carta di Sintesi della Pericolosità-PAT	
Tab. 5.4.1.1 – parametri di pericolosità sismica	
Tab. 5.4.1.2 – NTC 2018-Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C	
Tab. 5.4.1.3 – NTC 2018-Tab. 3.2.III – categorie topografiche	
Tab. 5.4.1.4 – coefficienti sismici del sito in esame	
Fig. 5.4.1.1 – sintesi parametri di pericolosità sismica di sito	
Fig. 5.4.1.2 – estratto figure a) e b) D.M.17/01/2018 con indicazione dei terreni potenzialmente soggetti a liquefazione	
Fig. 6.2.1 – ubicazione dei sondaggi da Catasto Sondaggi-PAT e dei due sondaggi eseguiti in corrispondenza delle spalle (sett. 2019)	
Tab. 6.2.1 – dati generali sondaggi meccanici.	
Tab. 6.2.2 – sondaggi e prove <i>in situ</i>	
Tab. 6.2.2.1 – interpretazione SPT - sondaggio S2	
Tab. 6.2.2.1 – interpretazione SPT - sondaggio S2	
Fig. 7.2.1 – sezione trasversale schematica di un cono alluvionale (da STRAHLER A., 1984 - modificato)	
Tab. 7.3.1 – stratigrafia e modello stratigrafico assunto per il sottosuolo in esame	
Tab. 7.3.2 – stratigrafia e parametri geotecnici stimati per il sottosuolo in esame	
Tab. 7.3.3 – stratigrafia e parametri geotecnici assunti per il terreno rimaneggiato	
Fig. 8.1.1-8.1.2 – DTM e carta del CN del bacino del Rio Maggiore chiuso in corrispondenza del tratto oggetto di intervento	
Fig. 8.1.3-8.1.4 – Raster ed istogramma dei tempi di propagazione alla sezione di chiusura	
Fig. 8.1.5 – Carta geolitologica schematica del bacino del Rio Maggiore chiuso in corrispondenza del ponte di via Salina	
Fig. 8.1.6 – Zone schiantate a seguito della tempesta “Vaia” di ottobre 2018	
Fig. 8.1.7 – Parametri delle LSPP per il bacino del Rio Maggiore	
Fig. 8.1.8 – LSPP mediate bacino del Rio Maggiore chiuso all'apice del conoide	
Fig. 8.1.9 – Idrogramma di piena simulato per il Rio Maggiore – Evento TR200 anni	
Fig. 8.1.10-8.1.11 – Opere filtranti realizzate recentemente a quota 740 e 705 m slm	
Fig. 8.1.12 – Punti a maggiore predisposizione d'innescio sul reticolo del Rio Maggiore (CNR-IRPI, 2006) e opere trasversali presenti	
Fig. 8.1.13 – Profilo asta principale del Rio Maggiore, pendenza locale e fenomeni attesi	
Fig. 8.1.14 – Idrogramma e sedimentogramma associato TR 200 anni per il tratto oggetto di verifica – Scenario pre schianti “Vaia”	
Fig. 8.1.15 – Idrogramma e sedimentogramma associato TR 200 anni per il tratto oggetto di verifica – Scenario post schianti “Vaia”	
Fig. 8.1.16 – Planimetria di progetto della briglia a fessura a quota 705 m slm (Fonte Servizio Bacini montani PAT)	
Fig. 8.1.17 – Potenziale effetto di laminazione della briglia filtrante a fessura a quota 705 m slm	
Fig. 8.2.1 – Sezione trasversale del nuovo ponte in progetto	
Fig. 8.2.2 – Profilo longitudinale del tratto oggetto di intervento	
Fig. 8.2.3 – Tratto oggetto di verifica	
Fig. 8.2.4 – Planimetria di progetto del tratto oggetto di verifica	
Fig. 8.2.5-8.2.6 – Configurazione attuale del tratto d'alveo oggetto di verifica	
Fig. 8.2.7 – Profili di moto permanente TR200 (33 mc/s) calcolati nel tratto oggetto di verifica nei 3 diversi scenari di scabrezza: $K_s 40, 28$ e $10 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$	
Fig. 8.2.8 – Profili di moto permanente TR200 (33 mc/s) calcolati nel tratto oggetto di verifica nei 3 diversi scenari di scabrezza: $K_s 40, 28$ e $10 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ (Manning 0.025, 0.035, 0.100) – Vista su profilo di progetto	
Fig. 8.2.9 – Profili di moto permanente TR200 (33 mc/s) calcolati nel tratto oggetto di verifica nei 3 diversi scenari di scabrezza: $K_s 40, 28$ e $10 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ (Manning 0.025, 0.035, 0.100) – Vista su profilo di progetto in corrispondenza del nuovo ponte	
Fig. 8.2.10 – Profili di moto permanente TR200 (33 mc/s) calcolati nel tratto oggetto di verifica nei 3 diversi scenari di scabrezza: $K_s 40, 28$ e $10 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ (Manning 0.025, 0.035, 0.100) – Vista su sezione di progetto del nuovo ponte	
Fig. 8.2.11 – Profili di moto permanente TR200 (33 mc/s) calcolati nella sezione di monte del nuovo ponte nei 3 diversi scenari di scabrezza	
Fig. 8.2.12 – Vista 3D profilo di moto permanente TR200 (33 mc/s) calcolato nel tratto di verifica nella condizione più gravosa di scabrezza: $K_s 10 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ (Manning 0.100)	
Fig. 8.2.13 – Velocità della corrente calcolata per i profili di moto permanente nei 3 diversi scenari di scabrezza.	
Fig. 8.2.14 – N^o di Froude della corrente calcolato per i profili di moto permanente nei 3 diversi scenari di scabrezza.	
Fig. 8.2.15 – Profondità della corrente calcolata per i profili di moto permanente nei 3 diversi scenari di scabrezza.	
Tab. 8.2.1 – Risultati numerici dei profili di moto permanente calcolati nel tratto oggetto di intervento nei 3 diversi scenari di scabrezza.	

All. 1 –Indagine geognostica – Geoland SRL

1 PREMESSA ED OBIETTIVI DEL LAVORO

Su incarico del Comune di Levico Terme si presenta la relazione geologica allegata al progetto per la messa in sicurezza dell'attraversamento sul Rio Maggiore, lungo via Salina (q.ta 555 m. s.l.m.) a monte dell'abitato.

Allo stato attuale l'attraversamento del corso d'acqua su via Salina avviene grazie ad una tubazione $\varnothing < 1.0$ m che, in particolare durante l'evento di fine ottobre 2018, ben presto occlusa da piante e massi, è risultata insufficiente a contenere la portata del corso d'acqua. La Foto 1.1 ben rappresenta la situazione durante l'evento, con il livello dell'acqua oltre la sede stradale, a defluire diffusamente verso l'abitato in particolare in sx idrografica.



Foto 1.1 – il guado di Via Salina durante l'evento VAIA è risultato insufficiente a contenere la portata del corso d'acqua

Il progetto definitivo/esecutivo, che riprende un progetto preliminare redatto nel 2013 prevede di realizzare un ponte al fine di garantire il passaggio della massima portata attesa del Rio Maggiore tale da non rappresentare ostacolo durante gli eventi torrentizi attesi lungo l'alveo.

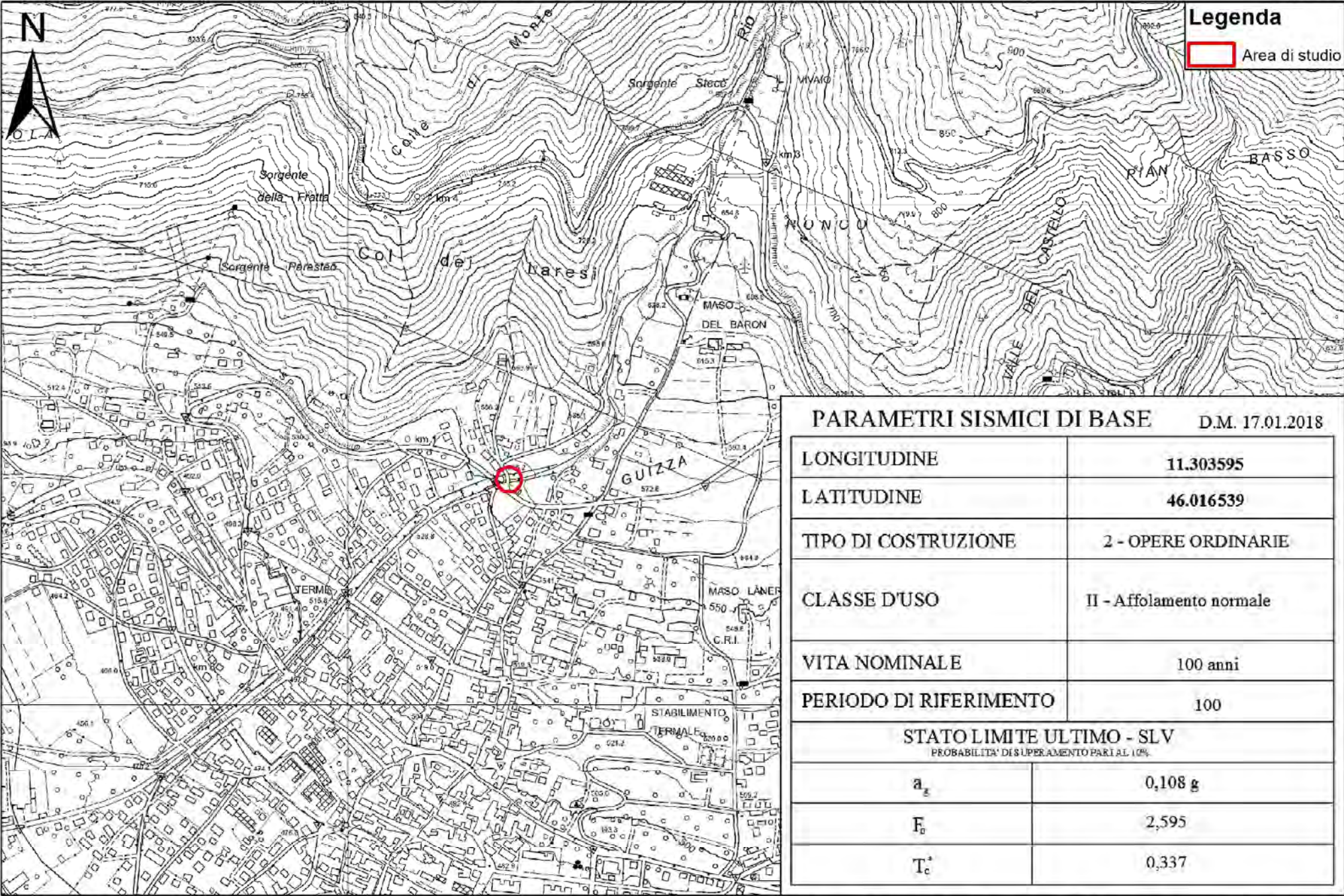
Sulla Carta di Sintesi Geologica-PAT l'area è inserita in **area a elevata pericolosità idrogeologica** mentre, sul PGUAP è classificata come **area a rischio molto elevato (R4)** e area a **Rischio Medio (R2)**.

Il modello geologico e geotecnico locale è stato ricostruito sulla base dei dati esistenti con particolare riferimento ai sopralluoghi in sito e ai sondaggi geognostici condotti in sito. Di seguito si discutono le problematiche di carattere geologico e idrogeologico relative ai terreni e al sito interessato dai lavori in modo da fornire al progettista delle opere le giuste indicazioni per il dimensionamento strutturale, alle verifiche di stabilità degli scavi, alle considerazioni geoesecutive e quant'altro previsto dalla normativa in riferimento alle opere in progetto.

L'indagine, condotta ai sensi del **D.M. 17.01.2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”**, è stata finalizzata alla determinazione delle caratteristiche stratigrafiche dei terreni interessati dalle opere previste ed alla compatibilità degli interventi in progetto con la situazione geologica ed idrogeologica esistente.

TAV. 1 - COROGRAFIA E PARAMETRI SISMICI - PAT

1:10 000



Messa in sicurezza attraversamento Rio Maggiore in loc. Salina a monte dell'abitato di Lecco Terme; sistemazione strada via Salina con esecuzione nuovo ponte e raccordo con viabilità esistente e opere connesse. - RELAZIONE GEOLOGICA



Foto 1.2 – Ortofoto (OFD 2015 Ufficio Sistemi Informativi –Servizio Geologico-PAT con l'area d'intervento)

La presente relazione comprende l'analisi di bacino del Rio Maggiore, con la stima dell'idrogramma e del sedimentogramma di progetto, atteso in corrispondenza del nuovo ponte in loc. Salina, eseguito in collaborazione con il dott. for. Silvio Grisotto, di Tonadico. La relazione comprende la verifica della sezione di progetto, con la portata attesa, e la compatibilità idraulica per il nuovo ponte secondo la normativa del PGUAP.

2 IL PROGETTO

Rif. Elaborati ing. Augusto Sbeti – Levico Terme

I lavori prevedono la sistemazione di un tratto di Via Salina in corrispondenza del guado sul Rio Maggiore a monte dell'abitato di Levico Terme, con la realizzazione di un nuovo ponte, con la seguente conformazione geometrica:

- distanza spalle ponte pari a 12,37 m;
- luce di calcolo (assi appoggi) pari a 13,40 m;
- sede stradale della larghezza di 6,00 m con leggera pendenza longitudinale e trasversale verso monte;
- cordoli laterali della larghezza di 60 cm ed altezza di 55 cm, necessari per sostenere la barriera di sicurezza e parapetti.

Dal punto di vista strutturale, come meglio specificato nella relazione statica e negli elaborati strutturali a firma dell'ing. A. Sbeti, la nuova opera è così configurata:

- fondazioni delle due spalle contrapposte, impostate alla stessa quota, di tipo diretto, della larghezza di 4,40 m e dello spessore di 0,80 m, collegate tra di loro con due travi di dimensioni 0,80 x 0,80 m, in calcestruzzo armato di classe C28/35;
- spalle in calcestruzzo armato di classe C28/35, con larghezza in elevazione di 0,90 m e altezza di 4,75 m in

sinistra orografica e di 5,00 m in destra orografica, con le parti a vista rivestite con pietra locale;

- impalcato costituito da nove travi portanti precomprese a sezione rettangolare con base da 70 cm e altezza 50 cm, accostate tra di loro, confezionate con calcestruzzo di classe C45/55, complete di ferro d'armo B450C e di armatura di precompressione c/trefoli fptk ≥ 1850 N/mm², con appoggi in neoprene armato, luce di calcolo (assi appoggi) pari a 13,40 m; con soletta superiore collaborante in calcestruzzo armato di classe C28/35 dello spessore di 25 cm, solidarizzata alle sottostanti travi, cordoli impalcato ponte in cemento armato di classe C35/45, giunti di pavimentazione a bordo ponte, impermeabilizzazione e pavimentazione in conglomerato bituminoso dell'impalcato;
- barriere di sicurezza bordo ponte tipo H2 e parapetti con parti a vista in legno, segnaletica verticale e orizzontale.

Dal punto di vista della durabilità, vengono attuati i seguenti interventi:

- utilizzo di calcestruzzi con classi di esposizione adeguate alla zona di inserimento ambientale dell'opera, in particolare verrà utilizzato calcestruzzo con classe XF4 per cordoli impalcato ponte, soggetti alla presenza di cloruri; per tutte le altre opere verrà invece utilizzato calcestruzzo di classe XC2 comunque resistente alle variazioni igrometriche;
- sabbiatura e verniciatura delle parti a vista delle spalle, nonché delle parti a vista dei cordoli superiori, con vernice metacrilica che riduce i fenomeni di carbonatazione;
- pallinatura e impermeabilizzazione dell'estradosso della soletta di calcestruzzo armato, con malta polimerica di spessore 10 mm, opportunamente risvoltata sui cordoli;
- protezione delle parti contro terra con prodotti impermeabilizzanti a base cementizia e/o bituminosa.

Per un migliore inserimento ambientale, vengono previsti i seguenti accorgimenti costruttivi:

- rivestimento delle spalle e dei muri andatori di monte e di valle con pietra locale simile a quella degli argini esistenti;
- rifacimento del selciato di fondo del Rio Maggiore, per tutta la tratta sotto il ponte interessata dall'intervento, con forma ad arco di cerchio e rivestimento in sassi locali;
- utilizzo di barriere di sicurezza bordo ponte e di parapetti con parti a vista in legno;
- rivestimento dei due bordi laterali del ponte con lastre di acciaio Corten.

Per quanto riguarda i sottoservizi, vengono previsti dei cavidotti (n. 4 tubazioni) in PVC da 125 mm) in numero sufficiente a garantire i collegamenti elettrici, illuminazione pubblica (eliminando quelli attualmente esistente su pali), nonché quelli telefonici e delle fibre ottiche per telecomunicazioni, inoltre verrà ripristinata la tubazione dell'acquedotto esistente (DE 140); alle estremità del ponte tali tubazioni saranno attestate in appositi pozzetti o collegate a quelle esistenti.

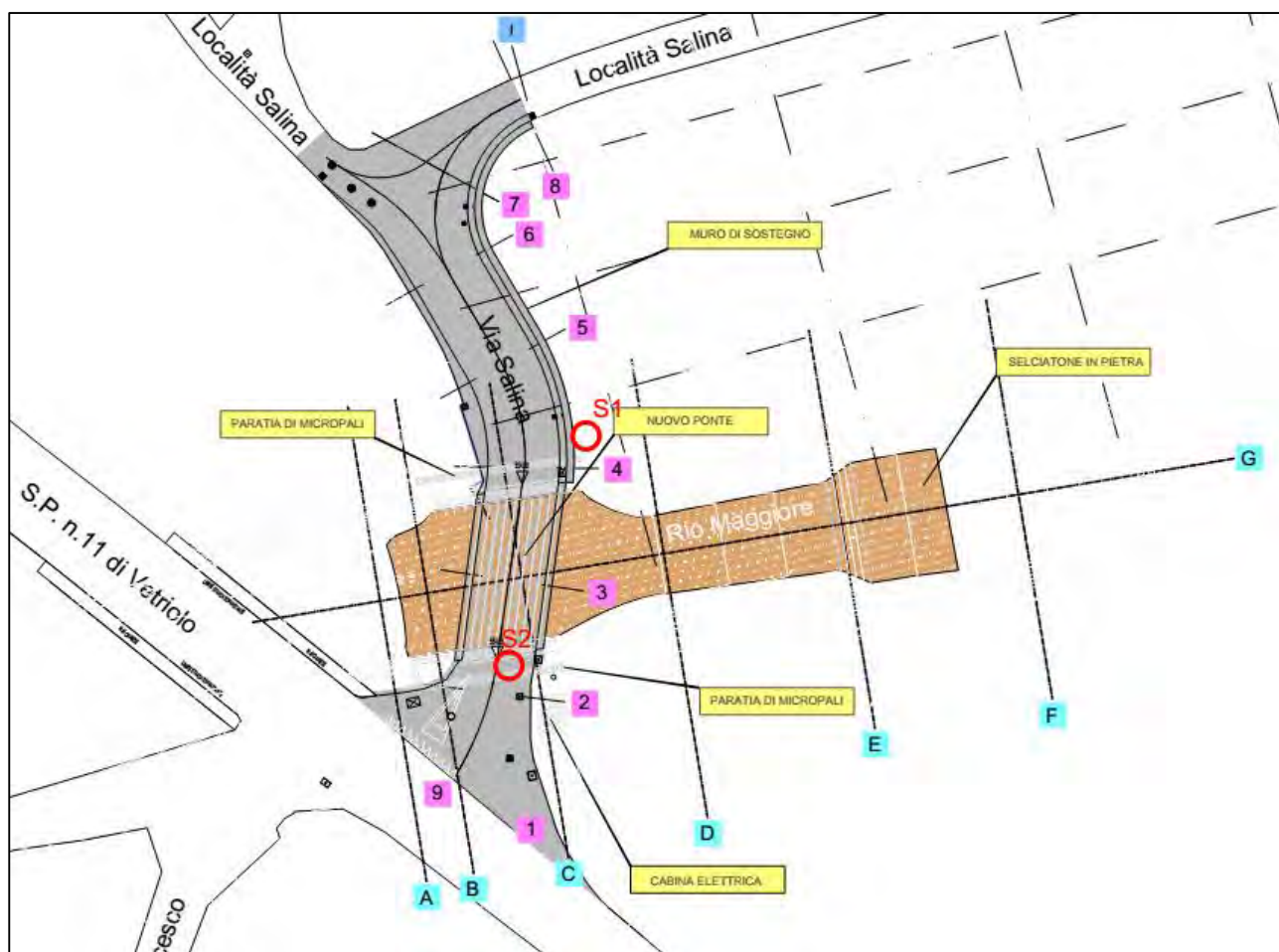


Fig. 2.1 – schema planimetria stato previsto – da progetto ing. A. Sbeti

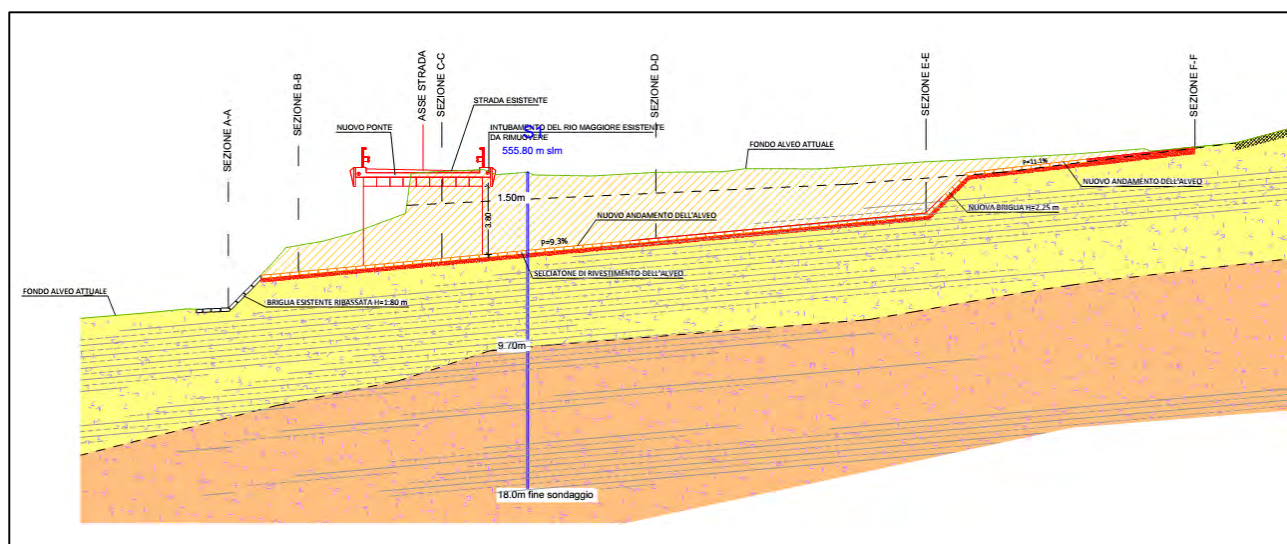


Fig. 2.2 – profilo schematico di progetto – da progetto ing. A. Sbeti

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Normativa ambientale

G.U. 21/02/1977, n.48 – SUPPL. ORDINARIO COMITATO DEI MINISTRI PER LA TUTELA DELLA ACQUE DALL'INQUINAMENTO 04/02/1977

D.P.G.P. 26/01/1987, n. 1/41 – TESTO UNICO AMBIENTALE SULLA TUTELA DELL'AMBIENTE DAGLI INQUINAMENTI e smi.

L. 9/12/1998 n° 426 – RECANTE “NUOVI INTERVENTI IN CAMPO AMBIENTALE”

D.Lgs. 03/04/2006 n. 152 – NORME IN MATERIA AMBIENTALE

D.M. 10/08/2012 n. 161 – REGOLAMENTO RECANTE LA DISCIPLINA DELL'UTILIZZAZIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

D.L. 69 – 08/2013 – DISPOSIZIONI URGENTI PER IL RILANCIO DELL'ECONOMIA

Circolare 25/09/2013, n. 495 – NUOVE DISPOSIZIONI DI TIPO OPERATIVO PER LA GESTIONE DEI MATERIALI DA SCAVO COME SOTTOPRODOTTO

D.P.R. 13/06/2017, n. 120 - REGOLAMENTO RECANTE LA DISCIPLINA SEMPLIFICATA DELLA GESTIONE DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Delibera consiglio SNPA n.59 09/05/2019 – LINEE GUIDA SULL'APPLICAZIONE DELLA DISCIPLINA PER L'UTILIZZO DELLE TERRE E ROCCE DA SCAVO

Normativa tecnica

L. 2/02/1974, n. 64 – PROVVEDIMENTI PER LE COSTRUZIONI CON PARTICOLARI PRESCRIZIONI PER LE ZONE SISMICHE

D.M. 11/03/1988 – 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 E IL COLLAUDO DELLE OPERE DI SOSTEGNO DELLE TERRE E DELLE OPERE DI FONDAZIONE.

D.P.C.M. 14/10/1997 n. 412 – REGOLAMENTO RECANTE L'INDIVIDUAZIONE DELLE ATTIVITÀ LAVORATIVE COMPORTANTI RISCHI PARTICOLARMENTE ELEVATI, PER LE QUALI L'ATTIVITÀ DI VIGILANZA PUÒ ESSERE ESERCITATA DAGLI ISPETTORATI DEL LAVORO DELLE DIREZIONI PROVINCIALI DEL LAVORO.

O.P.C.M. 20/03/2003 n. 3274 – PRIMI ELEMENTI IN MATERIA DI CRITERI GENERALI PER LA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO NAZIONALE E DI NORMATIVE TECNICHE PER LE COSTRUZIONI IN ZONA SISMICA

D.M. 14/01/2008 – NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (N.T.C. 2008)

D.Lgs. 09/04/2008, n.81 - ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 1 DELLA LEGGE 3 AGOSTO 2007, N. 123, IN MATERIA DI TUTELA DELLA SALUTE E DELLA SICUREZZA NEI LUOGHI DI LAVORO.

D.G.P. 30/05/2008, n. 1351 – PRIMA DIRETTIVA PER L'APPLICAZIONE DEL DECRETO DEL MINISTRO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI 14 GENNAIO 2008 IN MATERIA DI NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Circolare 02/02/2009, n. 617 – (G.U. n. 47dd. 26.02.2009 – Suppl. Ordinario n. 27) – ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELLE NTC DI CUI AL D.M. 14.01.2008

EUROCODE 7 – GEOTECHNICAL DESIGN

EUROCODE 8 – DESIGN OF STRUCTURES FOR EARTHQUAKE RESISTANCE

D.M. 17/01/2018 – AGGIORNAMENTO DELLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (N.T.C. 2018)

Circolare C.S.LL.PP. 21/01/2019, n. 7 - ISTRUZIONI PER L'APPLICAZIONE DELL'«AGGIORNAMENTO DELLE "NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI"» DI CUI AL DECRETO MINISTERIALE 17 GENNAIO 2018.

Normativa vincoli urbanisti (PUP e PGUAP)

D.P.R. 15/02/2006 – PIANO GENERALE DI UTILIZZAZIONE DELLE ACQUE PUBBLICHE

DGP. 22/12/2006 n. 2759 - DISPOSIZIONI TECNICHE E ORGANIZZATIVE PER LA REDAZIONE E L'AGGIORNAMENTO DELLE CARTE DELLE PERICOLOSITÀ

L.P. 27/05/2008, n. 5 – NORME DI ATTUAZIONE DEL P.U.P.

D.G.P. 30/05/2008, n. 1387 – DIRETTIVE PER L'APPLICAZIONE DEGLI ARTICOLI 16, 17, 19, 21, 29 E 32 DELLE NORME DEL PIANO DI UTILIZZAZIONE DELLE ACQUE PUBBLICHE E MODIFICA DELLA DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA PROVINCIALE N. 1984 DEL 22.09.2006 CON OGGETTO: “METODOLOGIA PER L'AGGIORNAMENTO DELLA CARTOGRAFIA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO DEL PIANO GENERALE DI UTILIZZAZIONE DELLE ACQUE PUBBLICHE”

D.G.P. 26/03/2010, n° 627 - MISURE DI SEMPLIFICAZIONE A MODIFICAZIONE E INTEGRAZIONE DELLA DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA PROVINCIALE N. 1387 DI DATA 30 MAGGIO 2008

D.G.P. 27/05/2011, n. 1120 – NUOVE DISPOSIZIONI ORGANIZZATIVE PER L'ATTUAZIONE DEGLI ART.LI 16 E 17 DELLE NORME DI ATTUAZIONE DEL PGUAP. MEDIANTE MODIFICAZIONE DELLA DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA PROVINCIALE N. 627 DI DATA 26 MARZO 2010

L.P 01/07/2011, n. 9 - DISCIPLINA DELLE ATTIVITÀ DI PROTEZIONE CIVILE IN PROVINCIA DI TRENTO

D.G.P. 30/10/2012, n° 2333 – MODIFICAZIONI ALLA DELIBERAZIONE DELLA GIUNTA PROVINCIALE N. 1120 DEL 27 MAGGIO 2011 IN MATERIA DI DIRETTIVE PER L'APPLICAZIONE DELLE NORME DI ATTUAZIONE DEL PIANO GENERALE DI UTILIZZAZIONE DELLE ACQUE PUBBLICHE

D.G.P. 6/10/2014, n. 1708 – DISPOSIZIONI TECNICHE E ORGANIZZATIVE PER LA REDAZIONE E L'AGGIORNAMENTO DELLE "CARTE DELLA PERICOLOSITÀ" DI CUI ALL'ARTICOLO 10 DELLA LEGGE PROVINCIALE 1 LUGLIO 2011, N. 9

L.P. 4/08/2015, n 15 - LEGGE PROVINCIALE PER IL GOVERNO DEL TERRITORIO 2015

D.G.P. 3/12/2015, n. 2209 - APPROVAZIONE DEL PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA) DELLA PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO, IN ATTUAZIONE DELLA DIRETTIVA 2007/60/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO DI DATA 23 OTTOBRE 2007.

D.G.P. 19/05/2017, n. 772, 785, 787, 788 – CRITERI E METODOLOGIA PER LA REDAZIONE E L'AGGIORNAMENTO DELLE CARTE DELLA PERICOLOSITÀ

D.G.P. 12/10/2018, n. 1941 - TERZO AGGIORNAMENTO DELLA CARTA DELLE RISORSE IDRICHE

D.G.P. 19/07/2019, n. 1066, 1067, 1078, 1080 – NUOVA ADOZIONE PRELIMINARE DELLA CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ

4 TERRE E ROCCE DA SCAVO

Per la gestione del materiale di scavo prodotto in sito si fa riferimento al regolamento **D.P.R. 120 del 13/06/2017** pubblicato il 07/08/2017 sulla G.U. ed entrato in vigore in data 22/08/2017 e alle linee guida sull'applicazione delle terre e rocce da scavo pubblicate da ISPRA il 09/05/2019.

Il DPR 120/2017 individua tre diverse fattispecie, riferite ai quantitativi dei volumi di scavo prodotti nei singoli cantieri, alle quali applicare la procedura che si contraddistinguono in:

- cantieri di grandi dimensioni costituiti da progetti di opere che prevedono produzione di terre e rocce eccedenti i 6.000 metri cubi di materiale escavato (volumi calcolati sulle sezioni di progetto) e assoggettate alle procedure di VIA/AIA;
- cantieri di grandi dimensioni costituiti da progetti di opere che prevedono produzione di terre e rocce eccedenti i 6.000 metri cubi di materiale escavato (volumi calcolati sulle sezioni di progetto), non assoggettate alle procedure di VIA/AIA;
- cantieri di piccole dimensioni, ovvero cantieri i cui progetti di opere prevedono quantità di terre e/o rocce escavate inferiori a 6.000 metri cubi calcolati sulla sezione di progetto, indipendentemente che detti progetti ricadano o meno tra quelli assoggettati a VIA/AIA.

Il terreno proveniente da terre e rocce da scavo secondo il comma 1 lett. b) dell'art. 41-bis prevede che dimostri "che, in caso di destinazione a recuperi, ripristini, rimodellamenti, riempimenti ambientali o altri utilizzi su/ suolo, non sono superati i valori delle concentrazioni soglia di contaminazione di cui alle colonne A e B della tabella 1 dell'allegato 5 alla parte IV del decreto legislativo n. 152 del 2006, con riferimento alle caratteristiche delle matrici ambientali e alla destinazione d'uso urbanistica del sito di destinazione". Poiché tale dimostrazione è possibile solo avendo a disposizione i valori di concentrazione dei potenziali contaminanti nel terreno da scavare, l'analisi deve essere sempre fatta quando il terreno è destinato a riutilizzo in un sito diverso da quello di produzione.

L'art. 185 comma 1 lett. c) prevede appunto che sia escluso dal campo di applicazione della normativa sui rifiuti il terreno NON CONTAMINATO riutilizzato allo stato naturale nello stesso sito di produzione, disposizione confermata dall'art. 24 del DPR 120/2017. La non contaminazione va verificata ai sensi dell'Allegato 4 del DPR 120/2017 mediante verifica del rispetto dei limiti di cui alla tabella 1 All. 5 Tit. V p. IV del TUA e quindi con un prelievo ed analisi dei materiali.

I cantieri di piccole dimensioni rappresentano il tipo di opera maggiormente diffusa sul territorio ed in molti casi comportano movimentazioni minime di terreno a seguito delle attività di scavo. Gli aspetti essenziali ai fini della verifica dei requisiti di qualità ambientale delle terre e rocce da scavo prodotte nei piccoli cantieri che si intendono utilizzare come sottoprodotti riguardano: la numerosità dei punti d'indagine e dei campioni da prelevare, le modalità di formazione dei campioni da inviare ad analisi.

Qualora il progetto preveda il riutilizzo integrale del terreno scavato allo stato naturale all'interno dello stesso cantiere di produzione si applica la clausola di esclusione di cui all'art. 185 del D. Lgs. 152/06, con le modalità indicate dall'art. 24 del DPR 120/2017, purché il materiale sia non contaminato e riutilizzato allo stato naturale.

Qualora sia necessaria una qualsiasi lavorazione, le terre e rocce dovranno essere gestite come rifiuti oppure se ricorrono le condizioni potranno essere qualificate come "sottoprodotti" ex art.184-bis. A tal fine occorrerà anche valutare se il trattamento effettuato sia conforme alla definizione di "normale pratica industriale" di cui all'art. 2 comma 1 lettera o) e all'Allegato 3 del DPR 120/2017, con l'obbligo di trasmissione del Piano di utilizzo di cui all'art.9 o della dichiarazione di cui all'art.21.

Secondo quanto prevede l'articolo 4 comma 3 del DPR 120/2017 "Nei casi in cui le terre e rocce da scavo contengano materiali di riporto, la componente di materiali di origine antropica frammisti ai materiali di origine naturale non può superare la quantità massima del 20% in peso, da quantificarsi secondo la metodologia di cui all'allegato 10. Oltre al rispetto dei requisiti di qualità ambientale di cui al comma 2, lettera d), le matrici materiali di riporto sono sottoposte al test di cessione, effettuato secondo le metodiche di cui al DM 5 febbraio 1998, per i parametri pertinenti, ad esclusione del parametro amianto, al fine di accertare il rispetto delle concentrazioni soglia di contaminazione delle acque sotterranee, di cui alla Tabella 2, Allegato 5, al Titolo 5, della Parte IV, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, o, comunque, dei valori di fondo naturale stabiliti per il sito e approvati dagli enti di controllo."

4.1 CAMPIONAMENTI VOLUMI DI SCAVO ED EVENTUALE RIUTILIZZO

Il numero minimo di punti di prelievo da localizzare nei cantieri di piccole dimensioni è individuato tenendo conto della correlazione di due elementi: l'estensione della superficie di scavo e il volume di terre e rocce oggetto di scavo. Si rimanda alla delibera di consiglio **SNPA n.54 09/05/2019** sulle linee guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo ed in particolare alla Tab.1 in merito alla numerosità di campioni da prelevare:

	AREA DI SCAVO	VOLUME DI SCAVO	NUMERO MINIMO DI CAMPIONI
a	≤ 1000 mq	≤ 3000 mc	1
b	≤ 1000 mq	3000 mc ÷ 6000 mc	2
c	1000 mq ÷ 2500 mq	≤ 3000 mc	2
d	1000 mq ÷ 2500 mq	3000 mc ÷ 6000 mc	4
e	> 2500 mq	<6000 mc	DPR 120/17 (All.2 tab. 2.1)

Tab. 4.1.1 – numerosità dei campioni - Tabella 1, cap. 3.3 linee guida 09/05/2019

A seconda del caso in esame la normativa specifica dettagliatamente le modalità di campionamento del materiale si rimanda pertanto rimanda alla delibera di consiglio **SNPA n.54 09/05/2019**.

Le operazioni di campionamento devono essere effettuate con modalità conformi alle norme tecniche di settore e secondo le metodiche analitiche definite nell'All. 2 alla parte IV titolo V del D.Lgs. 152/2006. Sui campioni devono essere eseguite le indagini analitiche preliminari (As, Be, Cd, Co, Ni, Pb, Se, Zn, Cu, Cr totale, Hg, Idrocarburi, ove richiesto amianto).

I campioni, privi della frazione maggiore di 2 cm (scartata in campo) e univocamente identificati, devono essere portati in laboratorio accreditato; le determinazioni analitiche devono essere condotte sull'aliquota granulometrica inferiore a 2 mm. Il terreno, al fine di poter essere riutilizzato in situ o essere identificato come

sottoprodotto deve essere conforme alla Colonna A o B della Tabella 1 allegata al D.Lgs. 152/06 e s.m.i., cioè inferiori ai limiti di conformità per tutti i composti analizzati; tali valori sono quindi indicativi di un buono stato qualitativo dei terreni presenti.

4.2 QUALITÀ AMBIENTALE DEL SITO

Con riferimento alla qualità ambientale del sito e più nello specifico alle caratteristiche delle terre e rocce da scavo, si rimanda alla caratterizzazione già analizzata nella relazione geologica, idrogeologico e geoambientale preliminare a firma del geol. Maurice Vuillermin. Si riprendono le considerazioni in merito alla gestione del materiale proveniente dallo scavo che dovranno però fare riferimento al **D.P.R. 120 del 13/06/2017**:

*[...] “Per quanto sopra esposto, appare quindi molto probabile che il materiale interessato dalle operazioni di scavo possa contenere concentrazioni di uno o più metalli significative, superiori ai limiti di colonna A della Tabella 1, All.5, Titolo V, Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006 (colonna di riferimento in ragione della destinazione d'uso del sito). Essendo tale situazione effettivamente riconosciuta e quantificata ufficialmente a livello comunale, laddove riscontrata non richiederà l'attivazione delle procedure previste dall'art. 242 del D.Lgs. 152/2006; porrà però dei limiti nella possibilità di riutilizzo del materiale di scavo in siti diversi da quello di produzione, che dovranno risultare compatibili (sulla scorta dei risultati di idonee analisi chimiche) nel rispetto della D.G.P. 1666/2009 e del **D.P.R. 120 del 13/06/2017**”.*

5 VINCOLI URBANISTICI

In riferimento alle pericolosità geologiche, idrogeologiche e sismiche per l'area di intervento, si riportano i vincoli previsti dalla normativa vigente.

5.1 IL PIANO URBANISTICO PROVINCIALE – P.A.T.

Con riferimento al Piano Urbanistico Provinciale (P.U.P.), approvato con **L.P. n. 5 dd. 27.05.2008**, il sito di intervento è classificato come segue:

- **C.S.G. – P.U.P.** (8° Agg. 05.11.2014, Fig. 5.1.1 – Carta di sintesi geologica) classifica la zona su cui sono previste le spalle del nuovo ponte in **area ad elevata pericolosità (1, art.2, della L.P. 7 del 07.08.2003)** in ambito torrentizio.

In tali aree l'intervento è ammesso e ne accerta la fattibilità per quanto riguarda gli aspetti tecnici, inoltre risulta indispensabile per migliorare le condizioni di pericolosità del sito e garantire l'assenza di pericolo in accordo con quanto richiesto dalla normativa.

Il rilascio delle autorizzazioni per le opere di infrastrutturazione del territorio in area ad elevata pericolosità geologica, idrologica e valanghiva è soggetto ad esame preventivo delle perizie sopra citate da parte dei Servizi provinciali competenti.

- A seguito dell'entrata in vigore del nuovo Piano Urbanistico Provinciale e dell'applicazione dell'art. delle sue norme di attuazione, in relazione alla tutela delle risorse idriche destinate al consumo umano, è stata approntata la **Carta delle Risorse idriche del P.U.P.** che individua le sorgenti, i pozzi e le acque superficiali utilizzate per gli acquedotti pubblici e per l'imbottigliamento (acque minerali), definendone le rispettive aree di tutela e le disposizioni normative. La carta delle Risorse Idriche (**3° Agg. 12.10.2018**, Fig. 5.1.2) non individua zone di tutela assoluta, rispetto e di protezione idrogeologica con le relative sorgenti in corrispondenza dell'area d'intervento.

5.2 PIANO GENERALE DI UTILIZZAZIONE DELLE ACQUE PUBBLICHE - PGUAP

In riferimento al **PGUAP-PAT** (7° Agg. 05.11.2014), approvato con **D.P.R. del 15 febbraio 2006**, le spalle del nuovo ponte sono classificate come segue:

- Spalla destra: sulla base della combinazione tra l'uso del suolo (residenziale) e la pericolosità dell'area (pericolosità elevata) la spalla destra è inserita in area a **rischio Elevato (R4; Fig. 5.2.1 – Carta del rischio idrogeologico - estratto P.G.U.A.P. – P.A.T.)**.
- Spalla sinistra: sulla base della combinazione tra l'uso del suolo (agricolo) e la pericolosità dell'area (pericolosità elevata) la spalla destra è inserita in area a **rischio Medio (R2; Fig. 5.2.1 – Carta del rischio idrogeologico - estratto P.G.U.A.P. – P.A.T.)**.

Trattandosi di un intervento sulla infrastruttura comunale di sistemazione strada Via Salina e nuovo ponte, è opportuno ipotizzare un variazione del valore d'uso del suolo assegnando per l'intero tratto la categoria "*Strada di importanza secondaria*". Ciò può essere eseguito mediante la procedura già utilizzata nel PGUAP e del D.P.C.M. 29.09.98 ove si precisa che tra gli elementi a rischio è da considerarsi "innanzitutto l'incolumità delle persone" e quindi:

$$V_U = 10 V_P + V_E + V_A$$

In cui:

- V_P è il valore della popolazione e dipende alla presenza o meno di persone e dalla durata di tale presenza rapportata alle 24 ore;

- V_E è il valore della componente economica e dipende dal danno monetario (sia diretto che indiretto) che l'evento calamitoso può produrre
- V_A è il valore della componente ambientale, ed è inteso in senso lato quale espressione degli elementi difficilmente monetizzabili, quali ad esempio la rilevanza storica, culturale, ecologica, estetico-paesaggistica, ricreativa, ecc.

Nel caso in esame l'intervento, è assimilabile al reticolo stradale circostante l'abitato identificato come viabilità secondaria; quale utilizzo giornaliero si può ipotizzare un uso di non meno di 12 ore giornaliere (orario apertura + manutenzione per pulizie e altro) con quindi un valore di $V_P = 12/24 = 0.50$.

Per ciò che riguarda la **valenza economica** è indiscutibile come il danneggiamento di una struttura di questo tipo comporti danni monetari con costi medi sia per il ripristino delle infrastrutture sia per la mancata fruizione del servizio durante il periodo di ripristino. Sembra opportuno quindi assegnare all'area un V_E di progetto pari a quello delle strade d'importanza secondaria, quindi pari a **0.5**.

Per ciò che riguarda la **valenza ambientale**, sia assegna sempre un valore pari a **0.2** in quanto l'infrastruttura è moderatamente negativa dal punto di vista paesaggistico e quindi la sua scomparsa migliorerebbe moderatamente la qualità ambientale andando a ripristinare una situazione di maggiore naturalità.

Il valore complessivo d'uso del suolo di progetto ($V = V_u/V_{umax}$) risulta quindi pari a 0.48 ($5.57/12$) anziché pari a 1.0 e a 0.23 come attualmente per le due spalle del ponte.

Utilizzando tale valore nel ricalcolo del rischio secondo la nota equazione

$$R = P \times V \times v$$

a parità di pericolosità e di vulnerabilità (per cautela sempre pari a 1), si ottiene il seguente risultato:

$$R = 1.0 \times 0.48 \times 1.0 = 0.48$$

Tale valore, risulterebbe superiore a quello dello stato attuale per la spalla sinistra (0.23), seppur rimane sempre entro la classe di rischio R2 (Medio) mentre si riduce per la spalla destra (attuale pari a 1.0) come da seguente tabella:

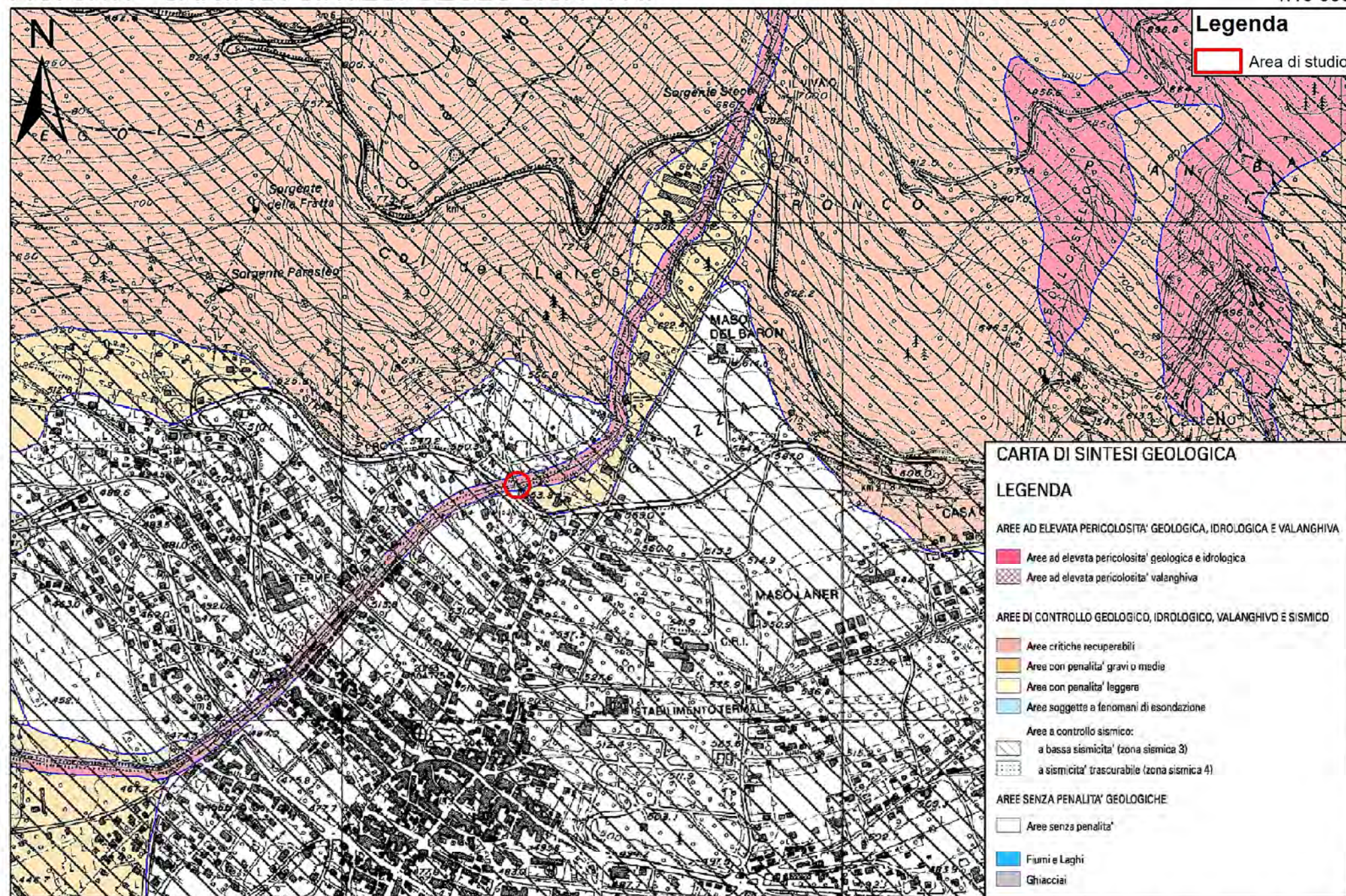
Classe di rischio	Range di valori	Descrizione
trascurabile	0 - 0,1	Rischio trascurabile: sono possibili danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale trascurabili.
R1	0,1 - 0,2	Rischio Moderato: sono possibili danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale marginali.
R2	0,2 - 0,5	Rischio Medio: sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture, ed al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.
R3	0,5 - 0,9	Rischio elevato: sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, interruzione delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.
R4	0,9 - 1,0	Rischio Molto Elevato: vi è la possibilità di perdita di vite umane, lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale; distruzione di attività socio - economiche.

Tab. 5.2.1 – Classi di rischio idrogeologico così come definite dal D.P.C.M. 29.09.98 e nel PGUAP

Per il caso specifico, si ritiene che, sulla base dell'analisi del rischio atteso (Medio R2), fino all'approvazione della nuova Carta di sintesi della pericolosità (di cui al Capo IV dell'allegato B del PUP), visto che la CSG-PAT classifica entrambe le spalle in area ad elevata pericolosità, resta salva l'applicazione della disciplina dell'art. 2 delle norme di attuazione del PUP, perché più restrittiva.

FIG. 5.1.1 - CARTA DI SINTESI GEOLOGICA - PAT

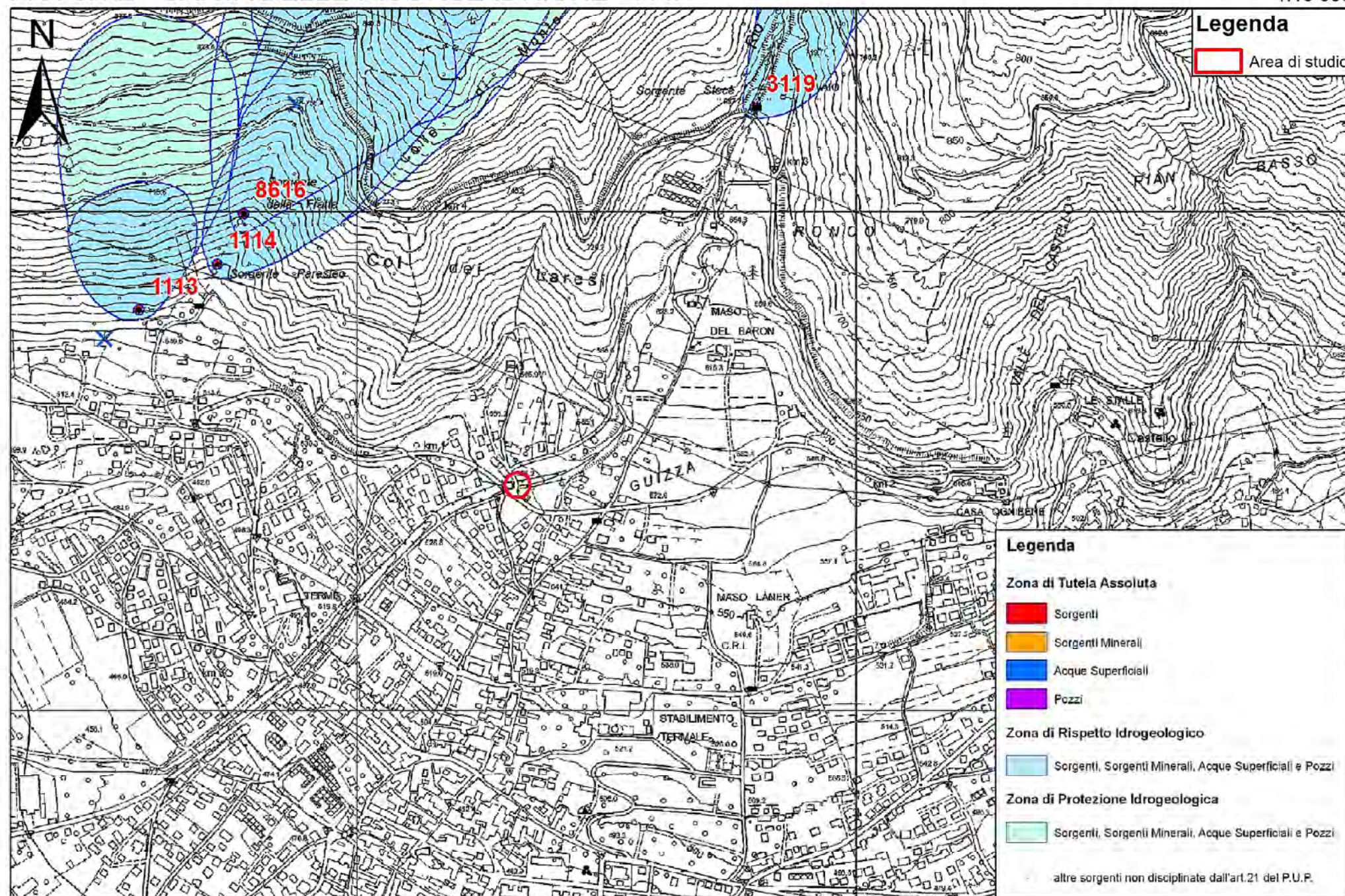
1:10 000



Messa in sicurezza attraversamento Rio Maggiore in loc. Salina a monte dell'abitato di Levico Terme; sistemazione strada via Salina con esecuzione nuovo ponte e raccordo con viabilità esistente e opere connesse. - RELAZIONE GEOLOGICA

FIG. 5.1.2 - CARTA DELLE RISORSE IDRICHE - PAT

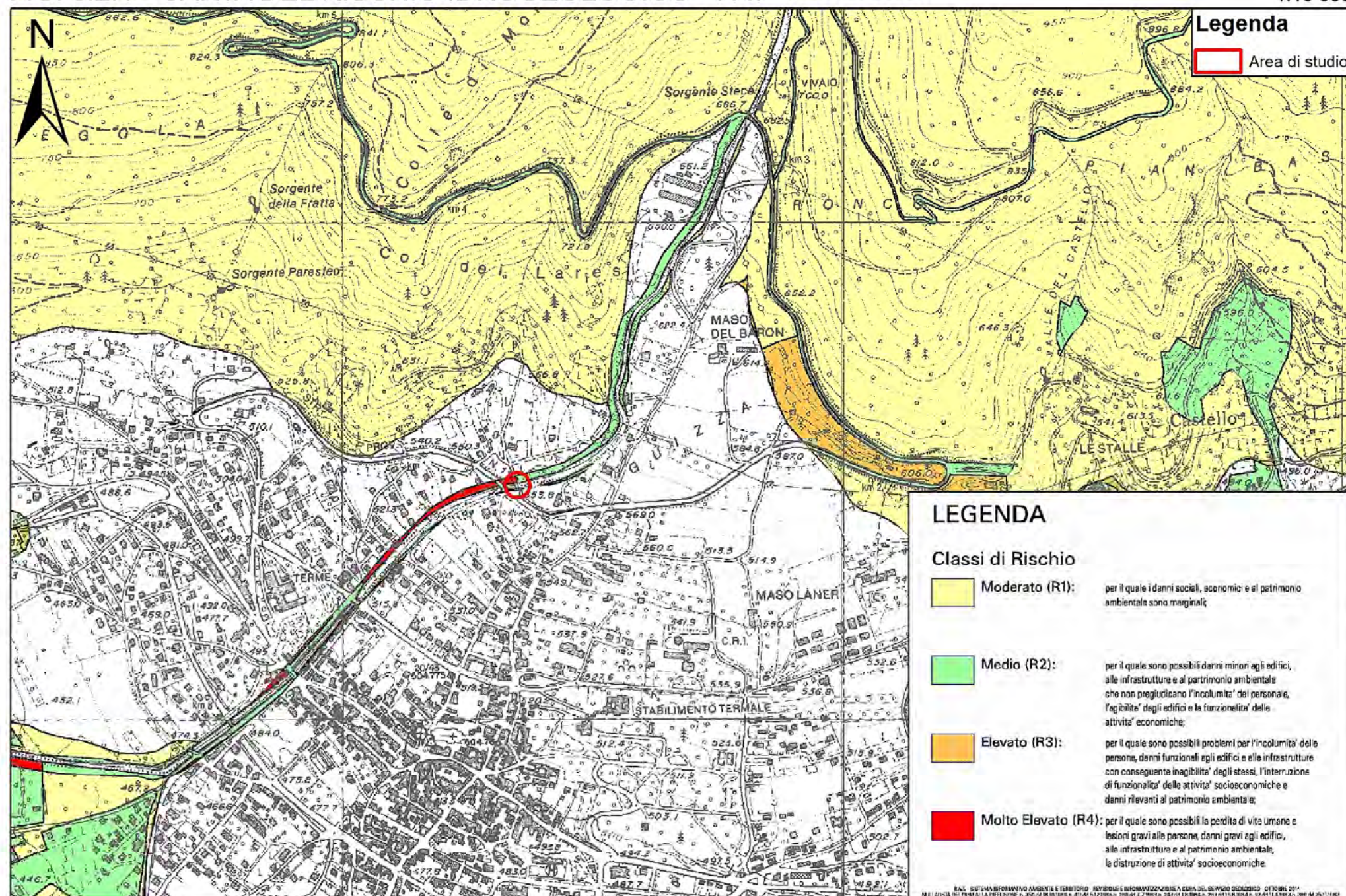
1:10 000



Messa in sicurezza attraversamento Rio Maggiore in loc. Salina a monte dell'abitato di Levico Terme; sistemazione strada via Salina con esecuzione nuovo ponte e raccordo con viabilità esistente e opere connesse. - RELAZIONE GEOLOGICA

FIG. 5.2.1 - CARTA DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO - PAT (estratto PGUAP)

1:10 000



Messa in sicurezza attraversamento Rio Maggiore in loc. Salina a monte dell'abitato di Levico Terme; sistemazione strada via Salina con esecuzione nuovo ponte e raccordo con viabilità esistente e opere connesse. - RELAZIONE GEOLOGICA

5.3 CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ - PAT

In riferimento alla **L.P. 4/08/2015, n 15** “*legge provinciale per il governo del territorio 2015*”, alle norme di attuazione del PUP e ai **D.G.P. del 19 luglio 2019, n. 1066-1067-1078-1080**, che presentano la Nuova Carta di Sintesi della Pericolosità, attualmente in fase di adozione preliminare, le spalle del nuovo sono inserite in **area a penalità Elevata (P4)** per fenomeni torrentizi di colata (P4 – art.15).

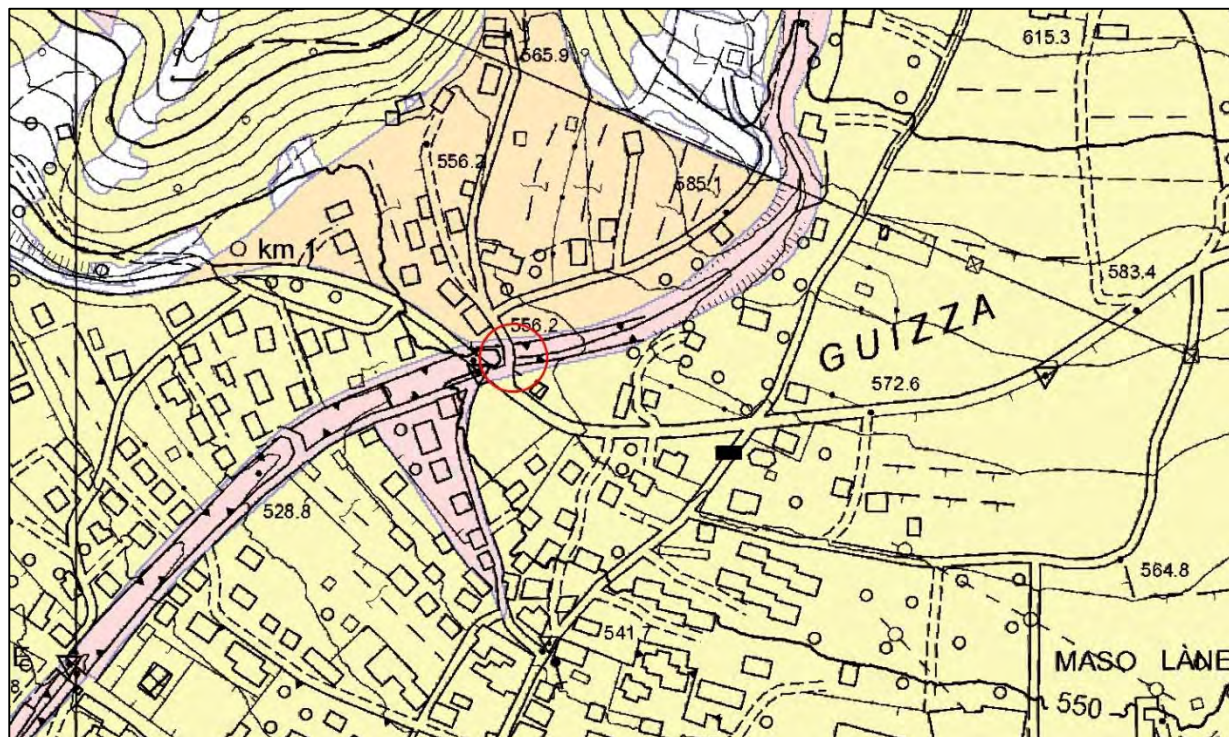


Fig. 5.3.1 – estratto dalla nuova Carta di Sintesi della Pericolosità attualmente in fase di adozione (in rosso il ponte)

LOC. SALINA - COMUNE DI LEVICO TERME		
PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA	PERICOLOSITÀ FLUVIALI	NO
	PERICOLOSITÀ TORRENTIZIE	SI fenomeni di debris-flow del Rio Maggiore
	PERICOLOSITÀ LACUALI	NO
	FRANE	NO
	CROLLI ROCCIOSI	NO
	DGPV	NO
	VALANGHE	NO
	GHIACCIAI E PEG	NO
	AREE SOGGETTE A PERMAFROST	NO
	CARATTERISTICHE LITO-GEOMORFOLOGICHE	NO

Fig. 5.3.1 – individuazione del fenomeno atteso per il nuovo ponte in progetto – nuova Carta di Sintesi della Pericolosità-PAT

La penalizzazione dell'area è chiaramente riferita alla sua posizione nei confronti del Rio Maggiore, che attraversa l'abitato di Levico Terme, per confluire nel Lago di Levico.

Anche per le Norme di Attuazione della nuova CSP-PAT, non ancora in vigore per l'abitato di Levico Terme, l'intervento, che prevede la sostituzione del guado con tubazione (diam<1.0 m) con un ponte di sezione dell'ordine di 45 m², rientra tra le opere ammesse in area ad elevata penalità (P4) e, chiaramente da intendere volto alla mitigazione del rischio.

5.4 ZONAZIONE SISMICA

L'Ordinanza 3274 del 20/03/03 - *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica* - del Presidente del Consiglio dei Ministri ha introdotto la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica. Tra le importanti novità relative alle metodologie di calcolo delle strutture è stato introdotto l'uso di coefficienti per la determinazione dello spettro elastico di risposta che dipendono dalla classificazione dei suoli, per la definizione dell'azione sismica di progetto, in 5 categorie principali (dalla A alla E). La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

dove h_i e $V_{s,i}$ indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori.

Sulla base del valore calcolato di $V_{s,eq}$ vengono quindi identificate 5 classi, A, B, C, D ed E alle quali corrispondono un differente spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

L'area di intervento, come tutto il territorio del Comune di Levico Terme, rientra in zona sismica **3 (BASSA SISMICITÀ)**. Come già evidenziato, il D.M. 17 gennaio 2018 compendia l'aggiornamento alle Norme Tecniche per le Costruzioni, in base alle quali i parametri sismici di base vanno calcolati attraverso la longitudine e la latitudine del sito di interesse, quindi, stabilita la classe d'uso, la vita nominale e stabilito il tipo di stato limite considerato (SLO, SLD, SLV, SLC o in alternativa, la probabilità di superamento) vanno calcolati i parametri a_g , F_0 , T^*_c richiesti per la determinazione dello spettro di risposta del sisma.

5.4.1 CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Ai fini dell'azione sismica di progetto si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi; in assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2 II del D.M. 17.01.2018) inoltre, in base al punto 6.2.2 dello stesso D.M. 17.01.2018 è previsto che, nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata su preesistenti indagini e prove documentate, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali.

In base a quanto illustrato, la definizione del modello sismico assunta in via preliminare, permette di classificare il profilo stratigrafico del terreno di fondazione in categoria **C¹**. Data l'ubicazione su versante, la risposta sismica è influenzata dalle condizioni topografiche; con riferimento alla Tab. 3.2.III delle NTC, il sito viene classificato in categoria **T1²**. Seguono i parametri ricavati:

1. Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

2 Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\alpha \leq 15^\circ$

LATITUDINE	46.016539	STATO LIMITE	T_r	a_g	F_o	T_c^*
LONGITUDINE	11.303595		[anni]	[g]	[-]	[s]
TIPO DI COSTRUZIONE	2 - OPERE ORDINARIE	Operatività (SLO)	60	0.039	2.574	0.253
CLASSE D'USO	II - AFFOLLAMENTO NORMALE	Danno (SLD)	101	0.040	2.528	0.280
VITA NOMINALE	100	Salvaguardia vita (SLV)	949	0.108	2.595	0.337
COEFFICIENTE D'USO	1	Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.136	2.601	0.347
PERIODO DI RIFERIMENTO	100					

Tab. 5.4.1.1 – parametri di pericolosità sismica

PARAMETRI SISMICI DI CALCOLO

Sulla base delle indicazioni contenute nel D.M. 17.01.2018, sono stati stimati i parametri sismici da impiegare nelle successive fasi di verifica. In particolare, il valore a_{max} (accelerazione massima orizzontale al piano di posa delle fondazioni), è stato ottenuto dalla seguente relazione:

$$a_{max} = S_s \cdot S_T \cdot a_g$$

dove a_g è l'accelerazione sismica orizzontale al bedrock, S_s è il fattore di amplificazione stratigrafica e S_t il fattore di amplificazione topografica.

Il fattore S_s viene stimato in funzione della categoria del sottosuolo secondo lo schema seguente:

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Tab. 5.4.1.2 – NTC 2018-Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C

Sulla base dei dati in possesso il sito di intervento, secondo il D.M. 17.01.2018, caratterizzato da una **categoria di sottosuolo C** il parametro S_s risulta:

- $S_s = 1,50$ (cui corrisponde la categoria di sottosuolo C);

Il fattore S_t si ottiene direttamente dalla tabella del D.M. 17.01.2018:

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

Tab. 5.4.1.3 – NTC 2018-Tab. 3.2.III – categorie topografiche

Il sito in esame si trova in un settore a media inclinazione ($i < 15^\circ$), per cui è stata considerata una classe topografica **T1** cui corrisponde un valore $S_t = 1,00$.

La grandezza **ag (SLV)** varia quindi da:

$$ag = 1,00 \times 1,50 \times 0,108 = 0,162$$

In caso di stabilità dei pendii e fondazioni il coefficiente sismico orizzontale, necessario per la valutazione degli effetti cinematici del sisma sul terreno di fondazione, si ottiene infine moltiplicando il valore di **ag** per un fattore correttivo β :

$$khk = \beta \text{ amax/g}$$

Il parametro β varia a seconda della tipologia di opera in progetto nel caso in esame stabilità dei pendii e fondazioni), secondo le istruzioni per l'applicazione del D.M.17/01/2018.

COEFFICIENTI	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,012	0,015	0,039	0,049
kv	0,006	0,007	0,019	0,024
Amax [m/s²]	0,577	0,721	1,589	1,983
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240

Tab. 5.4.1.4 – coefficienti sismici del sito in esame

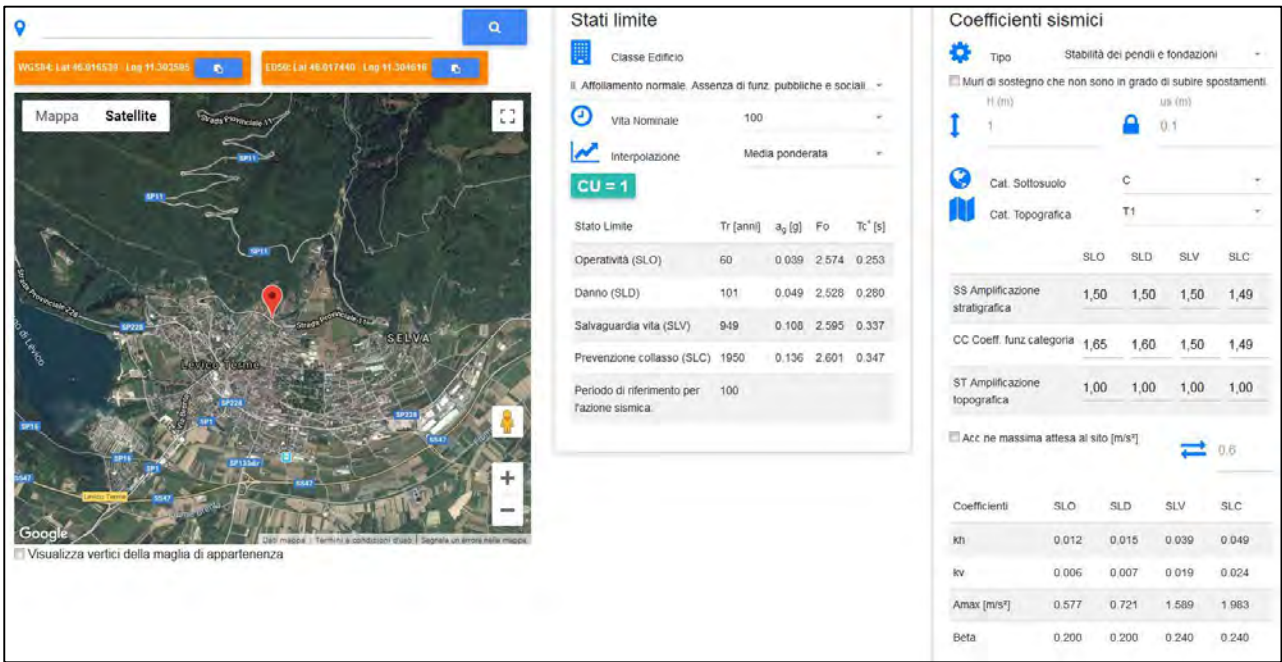


Fig. 5.4.1.1 – sintesi parametri di pericolosità sismica di sito

Il sito presso il quale è ubicato l'intervento deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

A questo riguardo, l'accelerazione massima sito-specifica attesa al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) è pari a 0.162 g.

La verifica a liquefazione può essere omessa se la distribuzione granulometrica del terreno è esterna alle zone indicate in Fig. 7.11.1 (a/b; D.M.17/01/2018) e se la profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali.

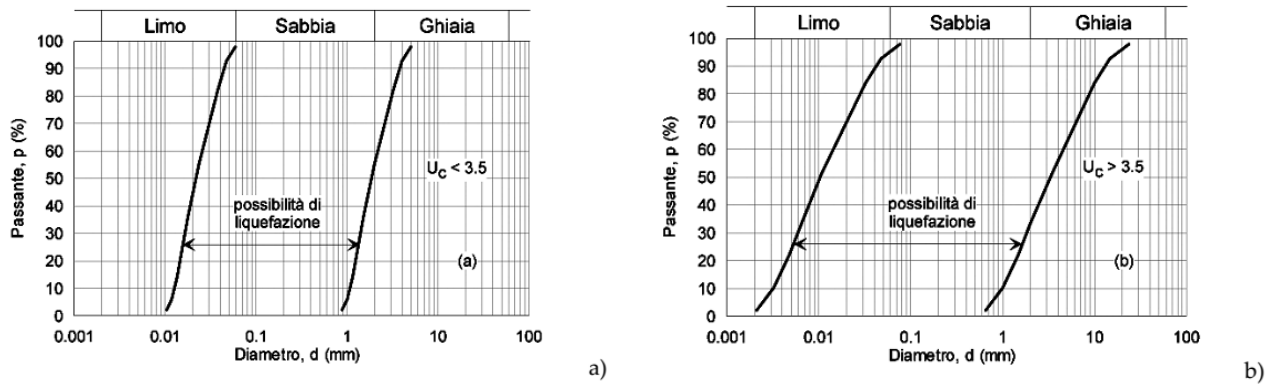


Fig. 5.4.1.2 – estratto figure a) e b) D.M.17/01/2018 con indicazione dei terreni potenzialmente soggetti a liquefazione

A questo riguardo, per l'area in esame tale verifica viene omessa, in considerazione del fatto che le fondazioni dell'opera interessano depositi superficiali con distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in Fig. 7.11.1 (a/b; D.M.17/01/2018).

6 STUDI PRECEDENTI E INDAGINI GEOGNOSTICHE *IN SITU*

6.1 STUDI PRECEDENTI

L'assetto geologico-litostratigrafico locale è stato ricostruito sulla base dei numerosi studi eseguiti sulla conoide del Rio Maggiore, e dei sopralluoghi in sito completati con una campagna geognostica *ad hoc* in corrispondenza delle due spalle del ponte. Numerosi sono i contributi alla comprensione dell'area a supporto di verifiche e studi idraulici sulla conoide (Nardin 2003, Marchiori 2012) e direttamente anche sull'area di intervento³.

6.2 CAMPAGNA GEOGNOSTICA – SONDAGGI MECCANICI

All. 1 -Indagine geognostica – Geoland SRL

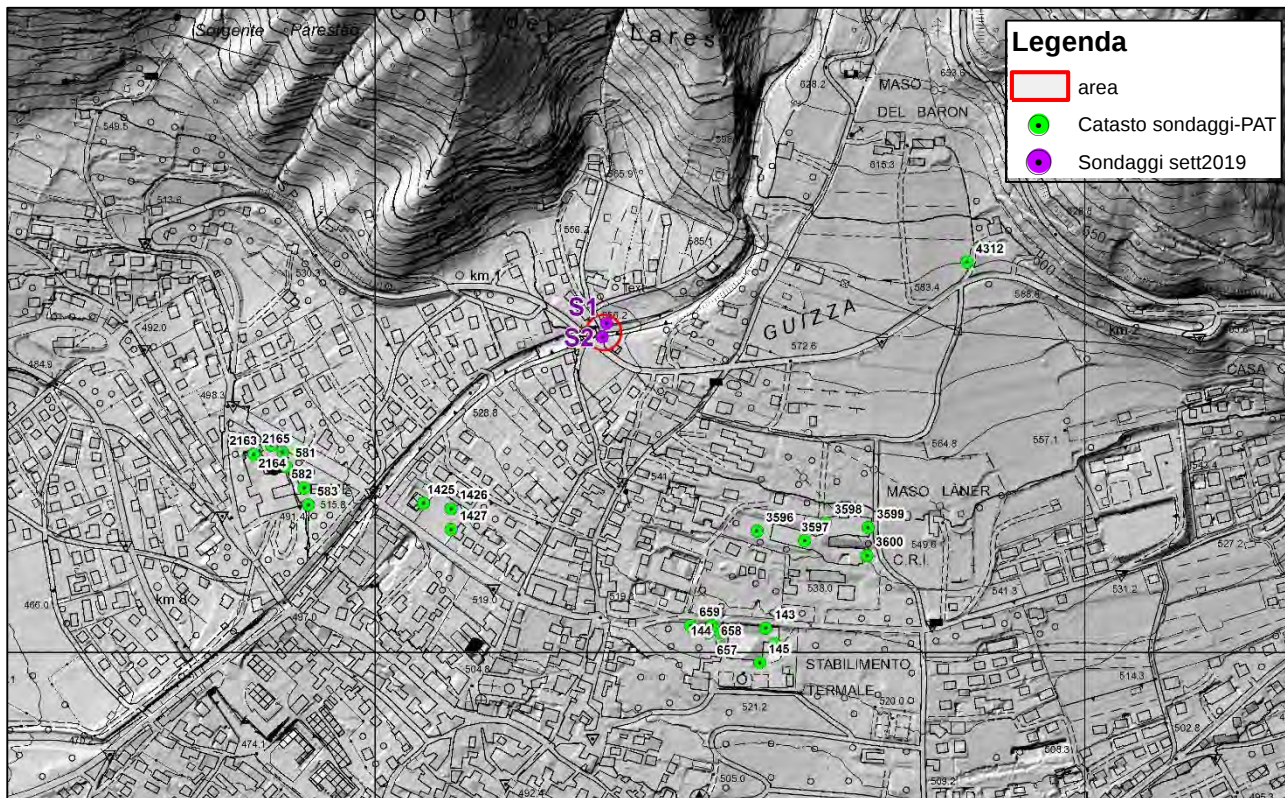


Fig. 6.2.1 - ubicazione dei sondaggi da Catasto Sondaggi-PAT e dei due sondaggi eseguiti in corrispondenza delle spalle (sett. 2019)

Per la definizione del modello geologico sono quindi stati utilizzati metodi di indagine invasivi, del tipo sondaggio geognostico.

La campagna geognostica condotta nel settembre 2019 ha visto la realizzazione delle seguenti attività:

- ✓ n° 2 sondaggi a carotaggio continuo della lungh. 18.0 m e 12.0 m
- ✓ n° 18 prove SPT in foro
- ✓ n° 1 piezometro

Le indagini geognostiche e le prove in sito sono state eseguite dalla Ditta *Geoland*, con la supervisione del geol. S. Valle; alle pagine seguenti si riporta la descrizione del sondaggio (v.di All. 1).

³ Vuillermin M. (Relazione geologica idrogeologico e geoambientale preliminare, marzo 2013).

DATI GENERALI					
SONDAGGIO	DATA	QUOTA ASSOLUTA* m s.l.m.	LUNGHEZZA [m]	PERFORAZIONE	PIEZOMETRO [m]**
S1	06-09.09.2019	555.8	18.00	carotaggio continuo	18
S2	10.09.2019	554.6	12	carotaggio continuo	-

Tab. 6.2.1 - dati generali sondaggi meccanici.

*Quota stimata dal piano campagna -**a tratti fessurato/cieco

	DATI GENERALI		FALDA	SPT	
	Quota assoluta m s.l.m.	Lunghezza m	Profondità in ml dal boccapozzo (al 12.09.2019)	Intervallo di misura	Valori N
S1	555.8	18	Asciutto	1.50	19
				3.00	R
				4.50	58
				6.00	R
				7.50	64
				9.00	R
				10.50	43
				12.00	45
				13.50	40
				15.00	R
				16.50	49
S2	554.6	12	-	1.50	R
				3.00	R
				4.50	R
				6.00	15
				7.50	49
				9.00	53
				10.50	31

Tab. 6.2.2 - sondaggi e prove *in situ*

L'ubicazione dei sondaggi è stata scelta sulla base della necessità di analizzare il modello geologico e geotecnico in corrispondenza delle spalle del ponte in progetto; di seguito si riporta quanto ripreso dai rapporti stratigrafici, proponendo commenti ed interpretazioni.

6.2.1 SONDAGGIO S1

Il sondaggio S1 è stato realizzato poco a monte della testa opera sponale in destra idrografica e della strada Via Salina (q.ta. 555.8 m s.l.m.) ed è stato attrezzato a piezometro. Entro tale sondaggio, spinto fino alla profondità di 18.0 m dal p.c., si riscontra un primo livello di materiale sciolto (**Unità A1**) fino alla prof. di c.a. 1.5 m dal boccapozzo; seguono i depositi sciolti di conoide, con una successione tendenzialmente grossolana con alternanze di ghiaie e sabbie inglobanti ciottoli. Nonostante la variabilità del contenuto per la presenza di sottili intercalazioni ricche in matrice fine, il deposito è stato classificato in un'unica unità stratigrafica (**Unità A2**).

A partire da una profondità di 9.7 m, e fino a fondo foro, è stato intercettato un deposito di sabbie con ghiaie in matrice debolmente limoso-argillosa (**Unità A3**).

Il sondaggio è stato attrezzato a piezometro, durante la misurazione condotta in data 12.09.2019 il foro si presenta asciutto con assenza di falda.

	SONDAGGIO S1												
	profondità	tensione litostatica eff.	N° colpi infissione	tipo di punta	N° colpi infissione (corretto)		Densità relativa		angolo di resistenza al taglio			Modulo di deformazione non confinato (modulo di Young)	
TERRENO	Z	σ'v0	N _{SPT}		N' _{SPT}		Dr		φ			E'	
	metri	kPa					%					kPa	
					Jamiolek et al.	Liao & Withm.	Holtz & Gibbs	Yoshida et al.	Road B. Spec.	De Mello	Jap Nat Rail	Denver	Tornaghi et al.
ghiaie e sabbie sciolte	1.5	28.5	19	C	32	35	90	81	37.0	30.1	36.7	33 114	30 500
ghiaie e sabbie con ciottoli e blocchi in matrice fine limoso-argillosa;	3.0	57.0	R	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ghiaie e sabbie con ciottoli e blocchi in matrice fine limoso-argillosa;	4.5	85.5	58	C	63	61	115	103	45.3	34.1	45.4	62 598	53 300
ghiaie e sabbie con ciottoli e blocchi in matrice fine limoso-argillosa;	6.0	114.0	R	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ghiaie e sabbie con ciottoli e blocchi in matrice fine limoso-argillosa;	7.5	142.5	64	C	52	52	107	86	43.1	34.2	42.7	67 134	56 000
ghiaie e sabbie con ciottoli e blocchi in matrice fine limoso-argillosa;	9.0	171.0	R	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sabbie e ghiaie in matrice debolmente limoso-argillosa	10.5	199.5	43	C	29	30	85	59	36.1	32.5	35.9	51 258	45 900
sabbie e ghiaie in matrice debolmente limoso-argillosa	12.0	228.0	45	C	28	29	83	57	35.9	32.6	35.7	52 770	47 000
sabbie e ghiaie in matrice debolmente limoso-argillosa	13.5	256.5	40	C	24	24	76	50	34.1	32.0	34.3	48 990	44 300
sabbie e ghiaie in matrice debolmente limoso-argillosa con ciottoli	15.0	285.0	R	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
sabbie e ghiaie in matrice debolmente limoso-argillosa	16.5	313.5	49	C	26	28	77	52	35.5	32.6	35.4	30 592	49 000

Tab. 6.2.2.1 – interpretazione SPT - sondaggio S1

6.2.2 SONDAGGIO S2

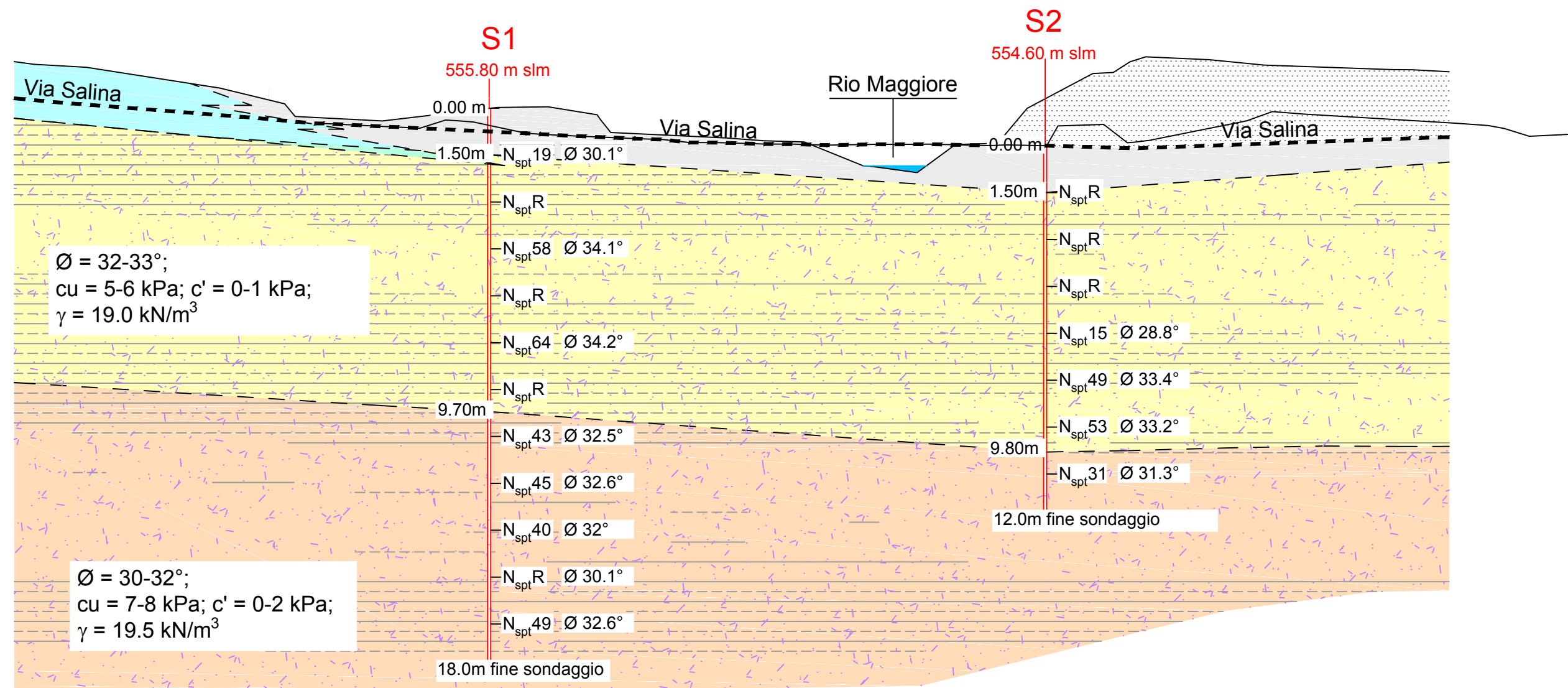
Il sondaggio S2 è stato realizzato sulla strada comunale di Via Salina in sinistra idrografica (q.ta. 554.6 m s.l.m.). Entro tale sondaggio, spinto fino alla profondità di 12.0 m dal p.c., si riscontra un primo livello di materiale sciolto (**Unità A1**) fino alla prof. di c.a. 1.5 m dal boccapozzo; seguono i depositi sciolti di conioide, con una successione tendenzialmente grossolana con alternanze di ghiaie e sabbie inglobanti ciottoli e trovanti. Anche per questo sondaggio, nonostante la variabilità del contenuto per la presenza di sottili intercalazioni ricche in matrice fine, tale livello è classificato in un'unica unità stratigrafica (**Unità A2**), in analogia a quanto rilevato entro il sondaggio S1.

	SONDAGGIO S2												
	profondità	tensione litostatica eff.	N° colpi infissione	tipo di punta	N° colpi infissione (corretto)		Densità relativa		angolo di resistenza al taglio			Modulo di deformazione non confinato (modulo di Young)	
	z	σ'vo	NSPT		N' SPT		Dr		φ			E'	
	metri	kPa					%		°			kPa	
TERRENO					Jamiolek et al.	Liao & Withm.	Holtz & Gibbs	Yoshida et al.	Road B. Spec.	De Mello	Jap.Nat.Rail	Denver	Tornaghi et al.
ghiaie e sabbie sciolte	1.5	28.5	R	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ghiaie e sabbie con ciottoli e blocchi	3.0	57.0	R	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ghiaie e sabbie con ciottoli e blocchi	4.5	85.5	R	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ghiaie e sabbie in abbondante matrice fine limoso-argillosa;	6.0	114.0	15	C	14	14	65	42	29.4	28.8	31.1	30 090	27 100
ghiaie e sabbie con ciottoli e blocchi in matrice fine limoso-argillosa;	7.5	142.5	49	C	40	40	99	74	39.5	33.4	39.1	55 794	50 000
ghiaie e sabbie con ciottoli e blocchi in matrice fine limoso-argillosa;	9.0	171.0	53	C	39	40	98	71	39.4	33.2	38.9	58 818	52 400
sabbie e ghiaie in matrice debolmente limoso-argillosa	10.5	199.5	31	C	21	21	75	49	32.9	31.3	33.4	42 186	39 000

Tab. 6.2.2.1 – interpretazione SPT - sondaggio S2

Alla base di tali sedimenti, a partire da una profondità di 9.8 m, e fino a fondo foro, è stato intercettato un deposito di sabbie con ghiaie in matrice debolmente limoso-argillosa (**Unità A3**).

SEZIONE N. 285 - STATO ATTUALE



FORME DI DEPOSITO

Interdigitazione conoide
Impluvio ID B0Z2010714

Depositi di conoide
Rio Maggiore ID B0Z2010000

FACIES E DESCRIZIONE

sabbie e ghiaie con ciottoli e blocchi

UNITÀ A1 - ghiaie e sabbie sciolte

UNITÀ A2 - ghiaie e sabbie con ciottoli e blocchi in matrice fine limoso-argillosa;
a. locali intercalazioni umide, in matrice più abbondante

UNITÀ A3 - sabbie e ghiaie in matrice debolmente limoso-argillosa con ciottoli;
a. intercalazioni umide più francamente limoso-argillose



via Nazionale, 1341 - 38025 DIMARO FOLGARIDA (TN)
tel./fax 0463/974929
via Trento, 78 - 38023 CLES (TN)
tel./fax 0463/424784
tel. mobile 335/6272299
E-Mail: info@geologyinquiries.it
www.geologyinquiries.it

Oggetto: Messa in sicurezza attraversamento Rio Maggiore in loc. Salina a monte dell'abitato di Levico Terme

Descrizione: SEZIONE STRATIGRAFICA INTERPRETATA STATO ATTUALE N.285	Allegato: TAV. 2	Scala: 1/150
---	---------------------	-----------------

Progettista: geol. Giuseppina Zambotti	Data emissione: 12.09.2019	Revisione:	Data revisione:
---	-------------------------------	------------	-----------------

7 CARATTERIZZAZIONE DEL VOLUME GEOLOGICO SIGNIFICATIVO

Rif. Tav.2, Tav.3 – CARTA GEOLOGICA SCHEMATICA - PAT
Foglio Trento 060 - 1:50.000 – CARG P.A.T. parzialmente modificato

L'area in esame (Tav. 1 – Corografia) si ubica in Valsugana, sulla conoide a monte dell'abitato di Levico Terme, tagliato dal R. Maggiore, che nella sua porzione conclusiva si sviluppa in direzione approssimativa NE-SW fino a confluire nel Lago di Levico. La *Valsugana*, e nello specifico il Comune di Levico Terme, è situato nel settore sudorientale della Provincia di Trento, ed è dominato a nord dal Gruppo del Lagorai mentre, a sud è delimitato dall'altopiano di Vezzena, con ampie superfici subpianeggianti chiuse verso settentrione dalla Cima di Vezzena, che si affaccia sulla ripidissima scarpata che costituisce il fianco meridionale della Valsugana. In dettaglio il sito di intervento è ubicato nella porzione settentrionale dell'abitato, intorno a quota 555 m s.l.m. in loc. Salina.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consistono nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio. In funzione del tipo di opera, o di intervento, e della complessità del contesto geologico, devono essere condotte specifiche indagini, finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico.

L'analisi foto interpretativa, ha validato le assunzioni elaborate durante i rilievi di campo; ciò ha permesso di integrare ed elaborare il modello geologico basato sulla Carta Geologica esistente. L'analisi foto interpretativa dell'area, ha visto l'utilizzo di diverse tipologie di dati esistenti:

- Foto aeree, P.A.T.
- Foto satellitari
- DTM – PAT (Ufficio Sistemi Informativi - Servizio autorizzazioni e valutazioni ambientali / LIDAR rilievo 2006/2007/2008 (Link al servizio di download; <http://www.territorio.provincia.tn.it>).

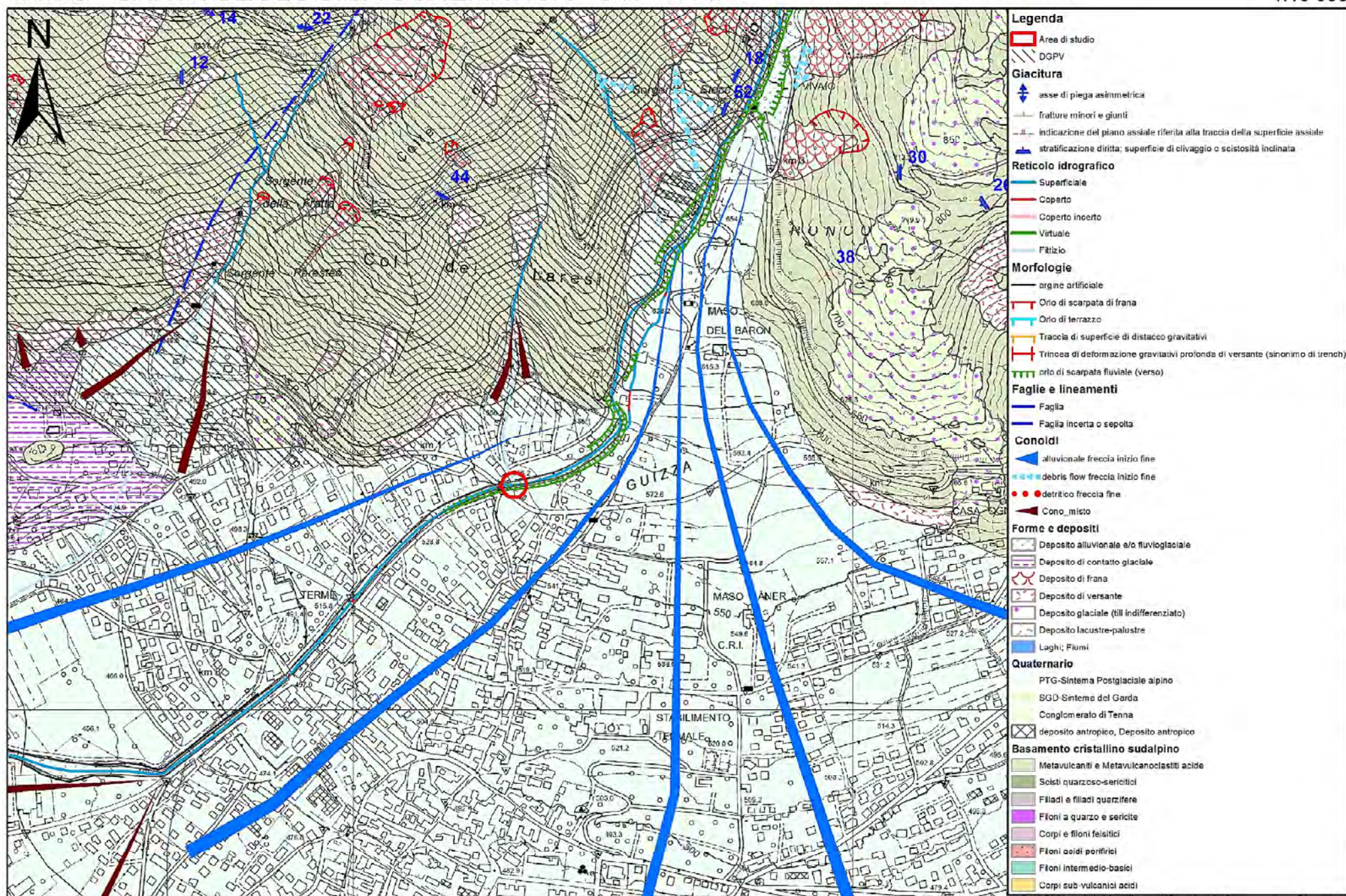
Al punto 6.2.2 del **D.M. 17.01.2018** riguardante l'aggiornamento delle Nuove Norme Tecniche per le costruzioni è previsto che, nel caso di interventi di modesta rilevanza che ricadono in aree ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata su preesistenti indagini e prove documentate, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali.

Nel caso specifico il modello geologico locale è stato ricostruito sulla base di osservazioni geomorfologiche sull'area oggetto d'intervento e sui dati in possesso e sulle indagini geognostiche realizzate in situ.

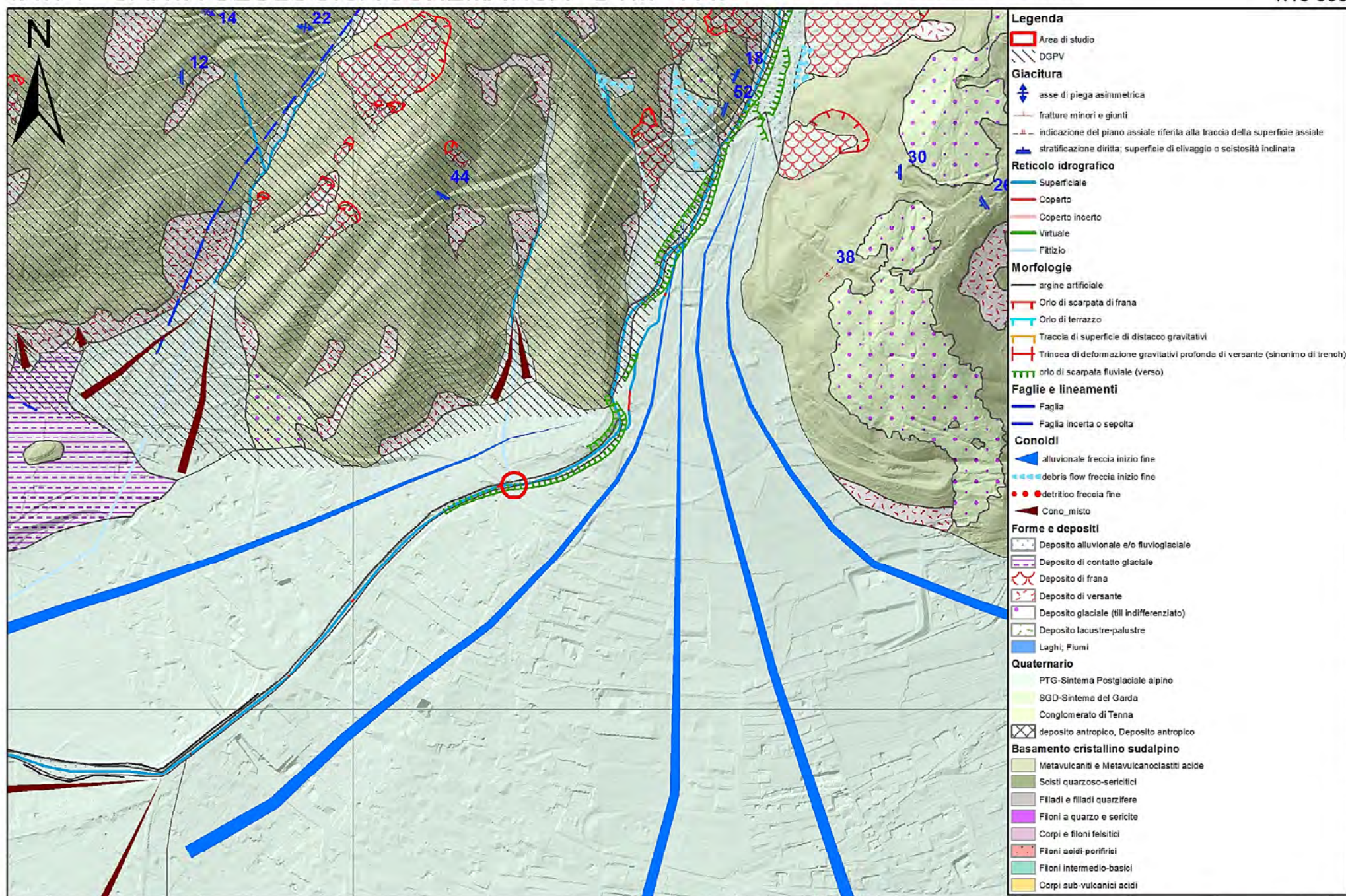
7.1 ASSETTO GEOMORFOLOGICO GEOLOGICO E STRUTTURALE

L'area in esame è ubicata in corrispondenza del R. *Maggiore*, a monte dell'abitato di Levico; dal punto di vista geologico la zona appartiene al basamento cristallino sudalpino. Il basamento comprende un'unica unità metamorfica di età Varisica, di basso grado, costituita da varie litologie in cui predominano meta-vulcaniti e meta-vulcanoclastiti acide (VMM - presenti nella porzione inferiore del bacino del Rio Maggiore) e filladi (VMS – che dominano la porzione superiore del bacino). Il basamento metamorfico di Levico risulta compreso tra la Linea del Calisio, ad ovest, e la Linea di Vignola, a nord-est che lo separa da quello della Panarotta, affiorante a monte della Linea di Vignola.

Dal punto di vista tettonico l'area in esame comprende il lineamento della Linea della Valsugana, una delle principali discontinuità del Sudalpino; essa ha avuto un importante ruolo nel movimento di compressione e deformazione della crosta terrestre che ha origine nella collisione dei due continenti europeo ed africano ed ha un ruolo nel fatto che sui rilievi presso Levico si siano manifestate le aggregazioni minerali sfruttate nei secoli per l'estrazione di prodotti rari in altre zone. Verso occidente essa terminava in un sistema di faglie listriche est-vergenti cioè ad alto angolo in superficie ma che tendono a diventare a basso angolo in profondità dirette circa NW-SE denominato palolinea del Calisio.



Messa in sicurezza attraversamento Rio Maggiore in loc. Salina a monte dell'abitato di Levico Terme; sistemazione strada via Salina con esecuzione nuovo ponte e raccordo con viabilità esistente e opere connesse. - RELAZIONE GEOLOGICA



Messa in sicurezza attraversamento Rio Maggiore in loc. Salina a monte dell'abitato di Levico Terme; sistemazione strada via Salina con esecuzione nuovo ponte e raccordo con viabilità esistente e opere connesse. - RELAZIONE GEOLOGICA

- **VMM – Metavulcaniti e Metavulcanoclastiti acide (Porfiroidi):** si tratta di metavulcaniti -8lave e ignimbriti) e metavulcanoclastiti/piroclastiti di composizione da riolitica a riodacitica di colore variabile dal bianco nocciola al grigio chiaro o scuro talora alterate in toni bruno-rossastri.
- **VFS – Filladi e filladi quarzifere:** si tratta di filladi più o meno quarzose da argentinee a plumbee talora con sfumature verdastre a quarzo, sericite/muscovite, clorite, plagioclasio. Il colore varia a seconda dei minerali presenti, a grana di solito sub-millimetrica e con una marca fissilità parallelamente ai pinai di scistosità.

Dal punto di vista geomorfologico l'area è situata sulla estesa conoide del Rio Maggiore localmente interdigitata a nord con l'apparto conoidale dell'impluvio senza nome iscritto nel reticolo idrografico della PAT con ID B0Z2010714. Gli apparati conoidali si sono formati a seguito degli apporti di materiale alluvionale derivante dal trasporto solido delle acque di piena dei torrenti; la disposizione a ventaglio del materiale portato a valle dalle acque risulta tanto più estesa quanto maggiore è la quantità del materiale rimosso e l'energia posseduta dalle acque. A nord del colle di Tenna si trova il lago di Levico, la cui origine è riconducibile allo sbarramento dell'antica incisione da parte del conoide del rio Vignola ad ovest, e della conoide del Rio Maggiore ad est.

Il sottosuolo direttamente interessato dall'intervento, in particolare dalla messa in posto delle due spalle, insiste sui depositi di conoide del Rio Maggiore, caratterizzati come segue:

- **Depositi di conoide alluvionale (PTG):** si estendono alla base del versante settentrionale, con i coni di Levico (Rio Maggiore) che, in corrispondenza dell'area d'intervento è coalescente e interdigitato con il cono del corso d'acqua superficiale con ID B0Z2010714. Essi derivano dal deposito del trasporto solido dei torrenti allo sbocco delle loro incisioni nella valle principale; la natura dell'accumulo corrisponde a ghiaie e sabbie con ciottoli di dimensioni eterogenee, più o meno fortemente arrotondati secondo l'entità del trasporto subito, con ciottoli e massi anche di grandi dimensioni in matrice sabbiosa, a tratti limosa. La natura litologica degli elementi lapidei è riferibile essenzialmente alle rocce che si rinvergono nel bacino idrogeologico del corso d'acqua. In considerazione delle modalità di deposizione del materiale (fasi di piena e di esondazione del torrente, e relative regressioni) e delle caratteristiche delle rocce a monte, sono rinvenibili all'interno del sedimento letti a granulometria fine, spesso disposti con forma lenticolare;

7.2 IDROGEOLOGIA

Il sottosuolo dell'area in esame è costituito dalla conoide depositata dai corsi d'acqua allo sbocco nella piana alluvionale di fondovalle. Come precedentemente descritto si tratta più probabilmente di depositi misti, accumulatisi in condizioni ambientali diverse nel tempo. Così questi grandi accumuli si devono, in parte agli apporti dei corsi d'acqua, e in parte all'apporto di valanghe e frane staccatesi dalla parte alta del bacino di alimentazione.

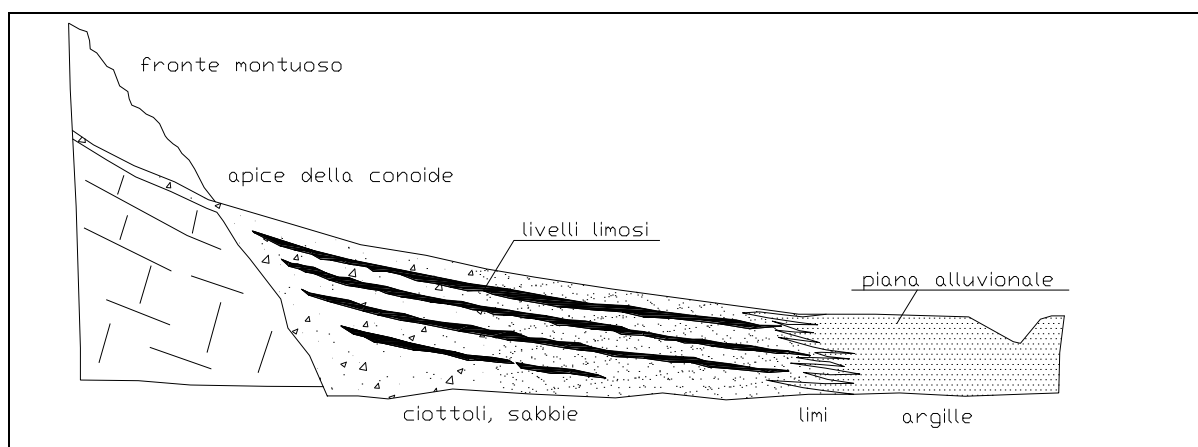


Fig. 7.2.1 - sezione trasversale schematica di un cono alluvionale (da STRAHLER A., 1984 - modificato)

E' tuttavia possibile tentare delle considerazioni di carattere generale, sulla situazione idrogeologica locale, in base a valutazioni di carattere geomorfologico e geologiche.

La sedimentazione torrentizia, tipicamente rapida e discontinua con condizioni di deposizione dei sedimenti variabili anche in relazione allo stato giovanile, maturo o senile del corso d'acqua, determina un accentuata selezione dei clasti, sia in senso longitudinale (granulometria decrescente da monte verso valle) che in senso trasversale (granulometria decrescente dal centro verso le sponde) ed in verticale (alternanza di sedimenti grossolani e minuti dovuti, rispettivamente, a sedimentazioni avvenute in periodi di piena e di magra). Di conseguenza gli acquiferi saranno caratterizzati dalla giustapposizione disordinata di termini litologici di varia granulometria, aggregati in lenti allungate nel senso della corrente che le ha depositate. Ciò si traduce in una circolazione idrica per falde sovrapposte, con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alto grado di permeabilità relativa.

Le diverse falde, il cui recapito è rappresentato dalla superficie libera del F. Brenta, o da corpi idrici superficiali, possono essere quasi sempre ricondotte ad un'unica circolazione idrica sotterranea, perché il particolare tipo di deposizione lenticolare dei sedimenti lascia moltissime soluzioni di continuità tra depositi permeabili e depositi relativamente meno permeabili. A ciò bisogna aggiungere gli interscambi in senso verticale o sub-verticale dovuti al fenomeno di drenanza.

Come già ampiamente discusso, dal punto di vista geomorfologico l'area è realizzata sulla conoide alluvionale deposta dal Rio Maggiore (ID B0Z2010000) e degradante complessivamente in direzione sud-ovest, su cui si è insediato l'abitato di Levico Terme. In corrispondenza dell'area i depositi sono interpretati in interdigitazione alla porzione marginale della conoide depositata dal corso d'acqua superficiale con ID B0Z2010714.

Nel sondaggio realizzati in sito e attrezzato a piezometro in data 12.09.2019 non è stata rilevata falda freatica. Non si esclude la presenza di zone umide e possibili isolate venute d'acqua in corrispondenza dei terreni caratterizzati delle intercalazioni più ricche in matrice fine.

7.3 LITOSTRATIGRAFIA

I sondaggi geognostici realizzati in sito, entro i depositi di conoide del Rio Maggiore, hanno confermato la presenza di materiale sciolto, eterogeneo sia per granulometria che per composizione, costituiti da sedimenti ghiaioso-sabbiosi immersi in matrice limo-argillosa, con locali intercalazioni umide a matrice più abbondante.

Vista l'origine di tali depositi, il contenuto in percentuale delle varie classi granulometriche è molto variabile sia lateralmente che verticalmente; i ciottoli e trovanti inglobati provengono quasi esclusivamente dalle rocce che affiorano abbondantemente sul versanti sinistro della Valsugana.

L'assetto litostratigrafico può essere così riassunto:

UNITA'	PROF. media dal p.c. (m)	FORME DI DEPOSITO	FACIES E DESCRIZIONE
A1	0.00-1.50	strato superficiale	ghiaie e sabbie sciolte
A2	1.50-9.50/10.00	depositi di conoide del Rio maggiore	ghiaie e sabbie con ciottoli e blocchi in matrice fine limoso-argillosa; locali intercalazioni umide, in matrice più abbondante
A3	9.50/10.00-18.0		sabbie e ghiaie in matrice debolmente limoso-argillosa con ciottoli; intercalazioni umide più francamente limoso-argillose

Tab. 7.3.1 – stratigrafia e modello stratigrafico assunto per il sottosuolo in esame

Nel tratto in destra idrografica del Rio Maggiore non si esclude l'interdigitazione dei depositi di conoide del Rio Maggiore con le propaggini della conoide mista, associata all'impluvio presente a monte, iscritto nel reticolo idrografico provinciale con ID B0Z2010714.

Durante la perforazione, e successivamente entro il piezometro in S1 (lettura dd. 12.09.2010) non è stata riscontrata la presenza della falda freatica; non si esclude tuttavia la possibilità di intercettare locali venute d'acqua attive in corrispondenza di eventi meteorici sostenute dai litotipi a diversa permeabilità.

I parametri geotecnici dei depositi presenti vengono stimati in base a quanto osservato lungo l'asta torrentizia e sulla base delle prove realizzate in sito (prova SPT) condotte entro il sondaggi S1 e S2:

- **NORMALIZZAZIONE RISPETTO A σ'_{vo}** – (Jamiolkowski et al., 1985)

Diverse sono le formule elaborate nel corso del tempo che permettono di normalizzare il valore di NSPT in base alla pressione litostatica.

$$N' = \frac{N_{SPT}}{\sigma_0'^{0.56}}$$

Con:

σ'_{vo} = tensione geostatica efficace alla profondità di misura (kgf/cm²)

N_{SPT} = numero dei colpi per l'infissione per un tratto di 30 cm.

Per confronto si riporta la formula di Liao e Whitman, 1986

$$N' = N_{SPT} \cdot \left[\left(\frac{\sigma_0''}{\sigma_0'} \right)^{0.5} \right]$$

Con:

σ_0'' = 95.76 kPa (ovvero 1 kg/cm²) rappresenta la tensione litostatica di riferimento assunta arbitrariamente pari a 1 kg/cm²

σ_0' = tensione litostatica efficace alla profondità di misura (kPa)

N_{SPT} = numero dei colpi per l'infissione per un tratto di 30 cm

- **RESISTENZA AL TAGLIO**

I parametri geotecnici medi riferibili ai diversi terreni sono stimati sulla base delle prove SPT in foro utilizzando la correlazione di **DE MELLO**. La scelta della metodologia utilizzata è stata valutata in base ai parametri del sito, infatti alcune correlazioni solitamente utilizzate come i metodi R.B.S. e J.N.R. si sono applicati solamente per profondità superiore a 8 m in quanto per valori superiori non hanno validità. La scelta dei parametri geotecnici, e quindi del metodo utilizzato per la correlazione con i valori di N_{spt}, è stata fatta anche applicando il criterio della scelta del valore sulla base di un dato ritenuto plausibile con la tipologia di terreno e privilegiando quello più cautelativo, ponendosi così in favore della sicurezza, e preferendo la sottostima dei parametri.

Da quanto discusso, per i terreni presenti si stimano i seguenti parametri:

UNITÀ	FACIES E DESCRIZIONE	ϕ (°)	c' (kPa)	γ (kN/m ³)
A1	ghiaie e sabbie sciolte	28-30	0	18.0
A2	ghiaie e sabbie con ciottoli e blocchi in matrice fine limoso-argillosa; locali intercalazioni umide, in matrice più abbondante	32-33	0-1	19.0
A3	sabbie e ghiaie in matrice debolmente limoso-argillosa con ciottoli; intercalazioni umide più francamente limoso-argillose	30-32	0-2	19.5

Tab. 7.3.2 – stratigrafia e parametri geotecnici stimati per il sottosuolo in esame

Si ricorda che, data la composizione granulometrica variabile dei depositi, la coesione è comunque da considerarsi una coesione apparente, soggetta a diminuire gradualmente, fino a scomparire con l'aumentare dell'umidità.

Le caratteristiche così definite si riferiscono al terreno in posto; è evidente che queste subiscono inevitabili modifiche sotto l'aspetto fisico-meccanico con il rimaneggiamento (scavo); dall'esperienza per questi terreni rimaneggiati è possibile adottare i seguenti valori:

DESCRIZIONE	ϕ (°)	c' (kPa)	γ (kN/m ³)
depositi utilizzati per il riempimento dei terrapieni	30	0.00	18.5

Tab. 7.3.3 – stratigrafia e parametri geotecnici assunti per il terreno rimaneggiato

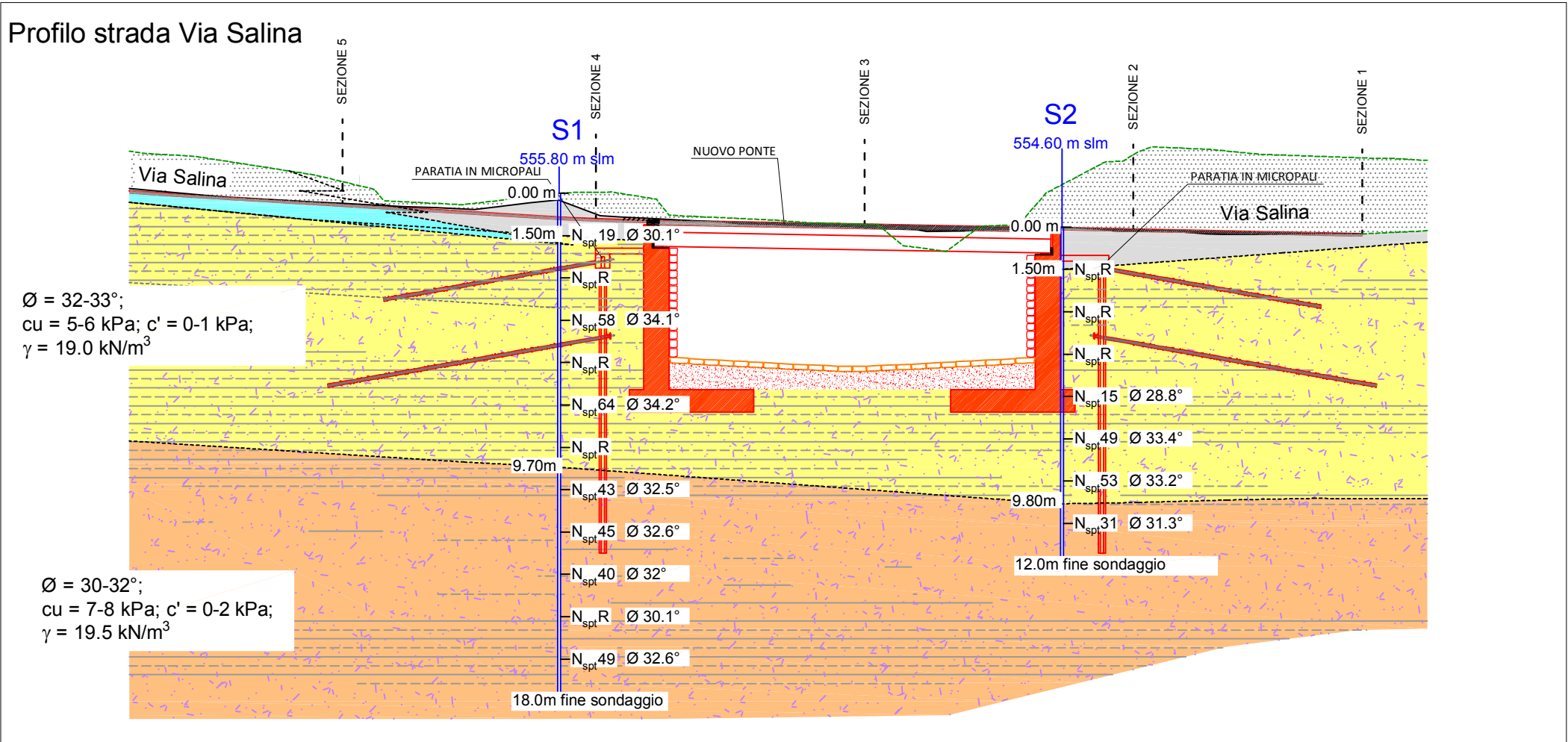
In fase esecutiva dovrà essere verificata la reale situazione riscontrata e valutata la corrispondenza con le assunzioni fatte nella presente relazione e nel caso di evidenti difformità dovrà essere contattato lo scrivente per apportare le eventuali modifiche o prescrizioni.

Data l'estrema variabilità della composizione dei depositi, alla cui stabilità a breve termine contribuisce anche la coesione apparente (pseudocoesione) fornita dalla presenza di materiali limosi nella matrice del deposito e dalle forze di natura superficiali (tensioni capillari, cementazione apparente, fenomeni di *aging*; ecc.), si raccomanda una tempestiva verifica, da parte del Geologo, delle caratteristiche geotecniche del sottosuolo in fase esecutiva.

FIG 7.3.1 - PROFILO SCHEMATICO INTERPRETATO - da progetto ing. Sbetti A.

Scala 1:200

Profilo strada Via Salina



FORME DI DEPOSITO

Interdigitazione conoide
Impluvio ID B0Z2010714

Depositi di conoide
Rio Maggiore ID B0Z2010000

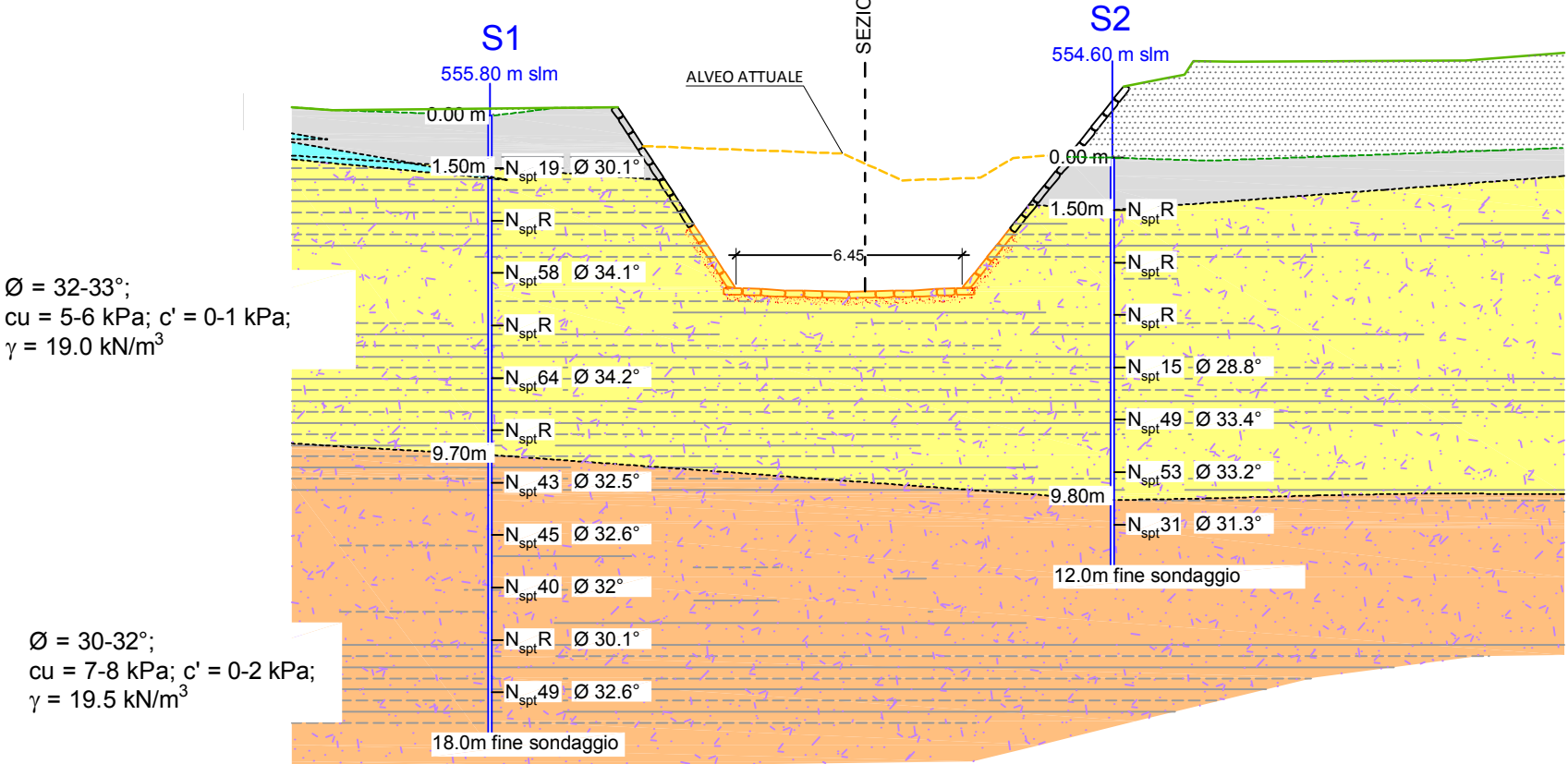
FACIES E DESCRIZIONE

- sabbie e ghiaie con ciottoli e blocchi
- UNITÀ A1 - ghiaie e sabbie sciolte
- UNITÀ A2 - ghiaie e sabbie con ciottoli e blocchi in matrice fine limoso-argillosa;
a. locali intercalazioni umide, in matrice più abbondante
- UNITÀ A3 - sabbie e ghiaie in matrice debolmente limoso-argillosa con ciottoli;
a. intercalazioni umide più francamente limoso-argillose

FIG 7.3.2 - SEZIONE SCHEMATICA INTERPRETATA - da progetto ing. Sbetti A.

Scala 1:200

Sezione D-D



FORME DI DEPOSITO

Interdigitazione conoide
Impluvio ID B0Z2010714

Depositi di conoide
Rio Maggiore ID B0Z2010000

FACIES E DESCRIZIONE

- sabbie e ghiaie con ciottoli e blocchi
- UNITÀ A1 - ghiaie e sabbie sciolte
- UNITÀ A2 - ghiaie e sabbie con ciottoli e blocchi in matrice fine limoso-argillosa;
a. locali intercalazioni umide, in matrice più abbondante
- UNITÀ A3 - sabbie e ghiaie in matrice debolmente limoso-argillosa con ciottoli;
a. intercalazioni umide più francamente limoso-argillose

8 ANALISI DEL BACINO DEL RIO MAGGIORE

Di seguito si riporta l'analisi idrologica, sedimentologica ed idraulica del rio Maggiore, a completamento del progetto di messa in sicurezza dell'attraversamento su via Salina, mediante realizzazione di un nuovo ponte e relativi raccordi con la viabilità esistente.

L'intervento mira a garantire il transito di una portata solido-liquida del Rio Maggiore, con un franco idraulico di **1,50 m** (NTC 2018) riferito ad un TR200, in modo da evitare tracimazioni che possono interessare il centro abitato a valle.

L'analisi idrologica, sedimentologica ed idraulica del bacino e del tratto in corrispondenza dell'intervento risulta infatti condizione necessaria e non trascurabile per la valutazione della compatibilità idraulica dell'intervento stesso rispetto alle norme del Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche (PGUAP) e delle NTC.

L'input idrologico e sedimentologico al modello idraulico è stato valutato mediante l'applicazione del modello idrologico distribuito ad evento *HYDROGRID*, sviluppato presso il Dipartimento TESAF dell'Università degli Studi di Padova (Cazorzi et al., 2002) ed attualmente integrato nel pacchetto *AdBToolbox 1.7*, per il quale è stata compiuta, nell'ambito territoriale della Provincia di Trento, una procedura di taratura e validazione dei parametri cinematici ed idrologici in esso utilizzati (Cazorzi e Dalla Fontana, 1996, 2002, 2003). Tale modello è uno degli attuali standard numerici in uso presso il Servizio Bacini montani della Provincia di Trento. Per la valutazione della portata solida e del sedimentogramma associato all'idrogramma liquido si è utilizzata la metodologia volumetrica nell'ipotesi di capacità di trasporto del tratto proposta nelle linee guida per la stima del sedimentogramma di progetto attualmente in uso presso il Servizio Bacini montani (D'Agostino, 2004, 2007 e ss.mm).

La compatibilità idraulica del ponte⁴, con la verifica della sezione di progetto (cfr. Par. 8.2), è eseguita attraverso l'applicazione del codice numerico 1D a fondo fisso *HEC-RAS* (CUDAM, 2014) mediante la simulazione dei fenomeni di massima piena potenzialmente attesi lungo il tratto terminale del Rio Maggiore, ed in particolare quelli a bassa e bassissima probabilità di accadimento (elevato tempo di ritorno). Nella fattispecie la normativa prevede di utilizzare quale portata di riferimento per la compatibilità del progetto quella con **TR 200 anni**. Le caratteristiche geometriche del tratto d'alveo da analizzare, utilizzate per la modellazione 1D, derivano dal progetto definitivo/esecutivo a firma dell'ing. A. Sbeti.

8.1 L'ANALISI IDROLOGICA E SEDIMENTOLOGICA DEL RIO MAGGIORE

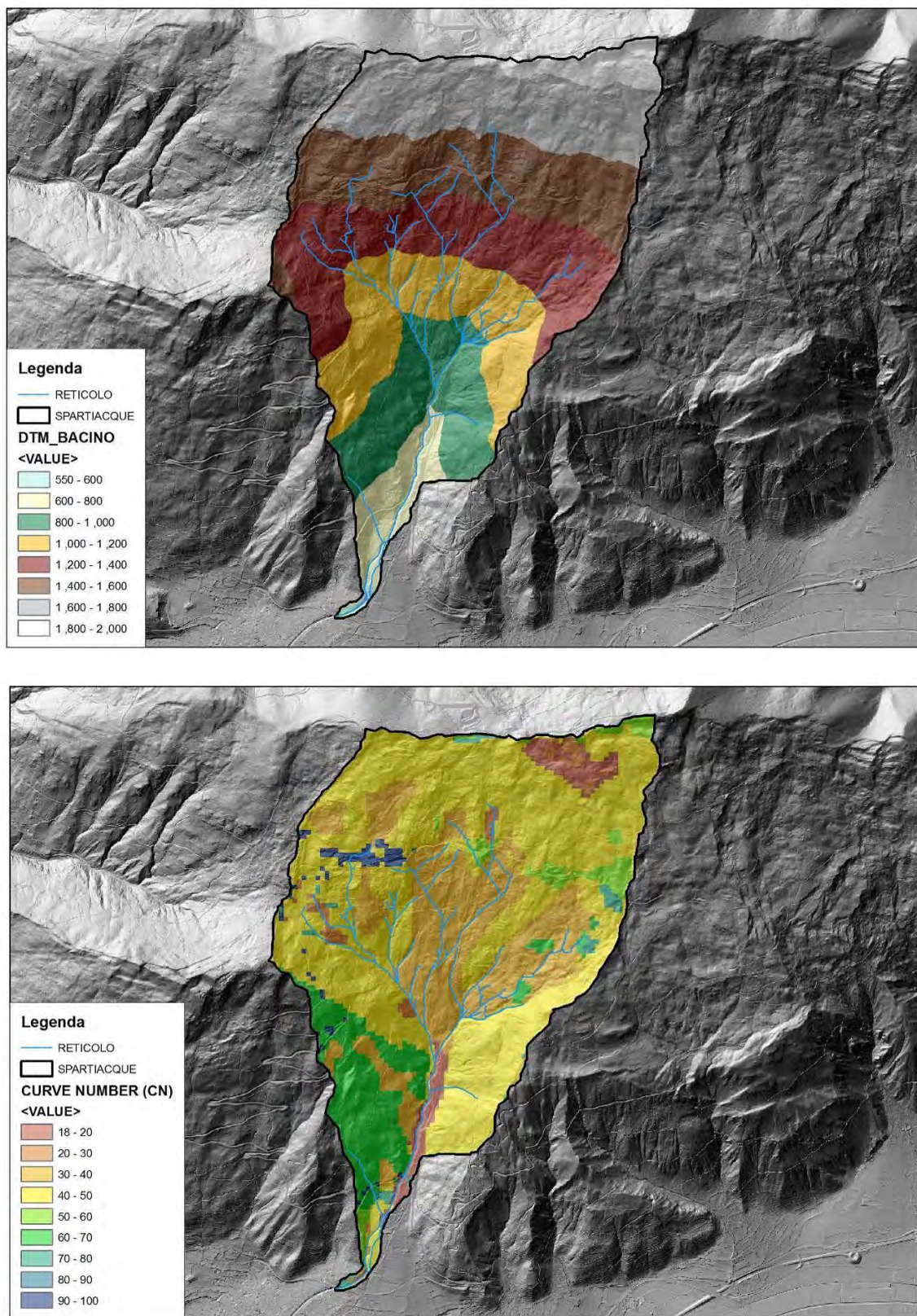
La **portata di progetto** solido-liquida in input per la verifica idraulica per aree rientranti in centri abitati o per verifiche di infrastrutture la cui interferenza può potenzialmente originare fenomeni di pericolo per aree abitate, come previsto dal PGUAP (Art. 24 Norme attuazione), è quella bicentenaria (**TR 200 anni**).

Questa è stata stimata mediante l'applicazione del modello afflussi-deflussi distribuito *HYDROGRID* per quel che riguarda la portata liquida, mentre per la portata solida in caso di trasporto al fondo (*bedload*) si è fatto riferimento a una delle metodologie (D'Agostino, 2005) per la stima del sedimentogramma di progetto attualmente in uso presso il Servizio Bacini montani ed inserita nelle linee guida per la redazione della Carta del pericolo da fenomeni torrentizi. Per la stima dell'idrogramma di progetto, il modello idrologico distribuito richiede come input alcuni dati in forma distribuita rappresentati dalla topografia (DTM), l'idrografia sintetica (area drenata e reticolo sintetico), dal CN (Curve Number) e dalle piogge probabili per il TR simulato.

Per la definizione della carta del CN si è fatto riferimento alla tabella dei CN per le diverse combinazioni Uso

⁴ DPR 15.02.2016 PGUAP – Parte V - Sistemazione dei corsi d'acqua e dei versanti

del suolo-Gruppo idrologico già tarata per la Provincia di Trento dall'Università di Padova (Dip. TESAF, 2003, 2005, 2010). Si riportano di seguito i principali input al modello idrologico distribuito:



Figg. 8.1.1-8.1.2 – DTM e carta del CN del bacino del Rio Maggiore chiuso in corrispondenza del tratto oggetto di intervento

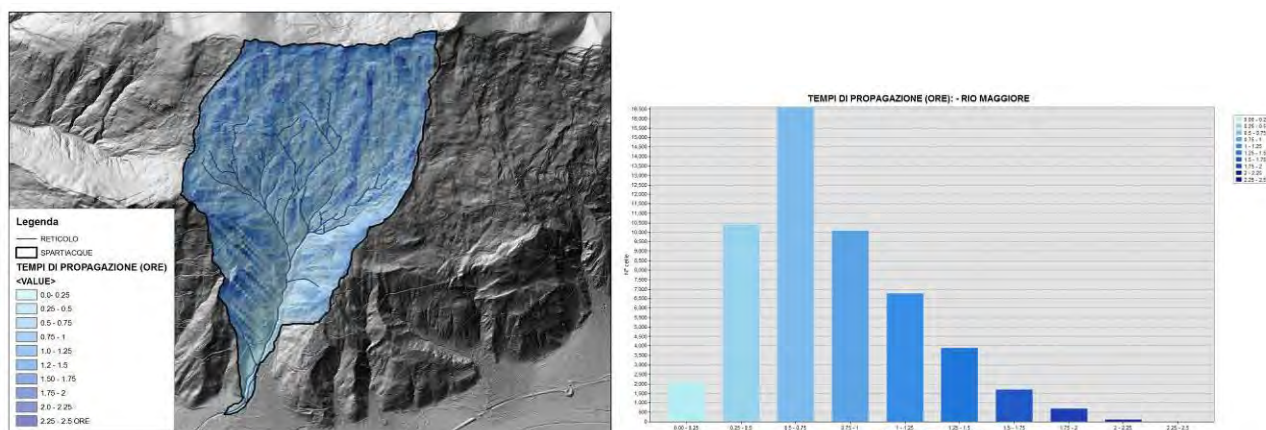
27

La base morfometrica al modello è rappresentata dal DTM 10x10 m della PAT (Fig. 8.1.1) sempre di derivazione LIDAR, opportunamente depurato dalle depressioni locali per far in modo che ciascun pixel del bacino sia collegato alla sezione di chiusura di questo. L'estrazione dello spartiacque del bacino morfologico ed idrologico è stata eseguita mediante il tool *Hydrologic Surface Analysis di ArcGIS*.

Il bacino estratto ha una superficie complessiva di **5.3 km²**. Per ciò che riguarda i parametri cinematici del deflusso su versante e deflusso incanalato, non disponendo di dati di taratura specifica per il bacino, si sono utilizzati i valori medi stimati sul territorio provinciale per bacini di queste dimensioni medio-grandi, pari a 2.0 m/s per la velocità in rete e 0.074 m/s per quella su versante stimata con l'equazione

$$V_v = 0.1 s_v^{0.5}$$

La discriminazione tra versante e reticolo è stata eseguita utilizzando un parametro soglia di area drenata pari a 1.0 ha, ritenendolo sufficientemente cautelativo osservando lo sviluppo delle rete idrografica naturale del bacino e tenendo conto delle sue caratteristiche di bassa permeabilità. Tali parametri topografici e cinematici contribuiscono ad una riposta idrologica abbastanza pronta, nonostante le dimensioni del bacino medie, con valori medi e massimi del tempo di propagazione del deflusso (Fig. 8.1.3-8.1.4) da ciascun punto del bacino alla sezione di chiusura rispettivamente di 0.77 e 2.28 ore.



Figg. 8.1.3-8.1.4 – Raster ed istogramma dei tempi di propagazione alla sezione di chiusura

Ai parametri idrografici, morfometrici e cinematici si aggiungono quindi i parametri idrologici propriamente detti, ossia quelli in grado di fornire una descrizione della capacità delle diverse parti del bacino alla produzione di deflusso superficiale. Tra questi, quello fondamentale del metodo è rappresentato dal *Curve Number* o CN (Fig. 8.1.2), che con un valore variabile da 0 a 100 fornisce la capacità di produzione di deflusso delle diverse combinazioni suolo-soprassuolo presenti nel bacino. Per il bacino del Rio Maggiore si è ottenuto un valore del CN medio del bacino in condizioni di umidità normale (AMC 2) pari a **48**, valore mediamente alto per una bacino di queste dimensioni, che indica una discreta capacità dei suoli presenti nel bacino di produrre deflusso e propagarlo alla sezione di chiusura in tempi anche abbastanza brevi. Ovviamente le simulazioni di progetto vengono eseguite in condizioni di umidità antecedente pari a 3, che aumentano di una certa % il valore medio del CN del bacino, simulandone una minore capacità di immagazzinamento.

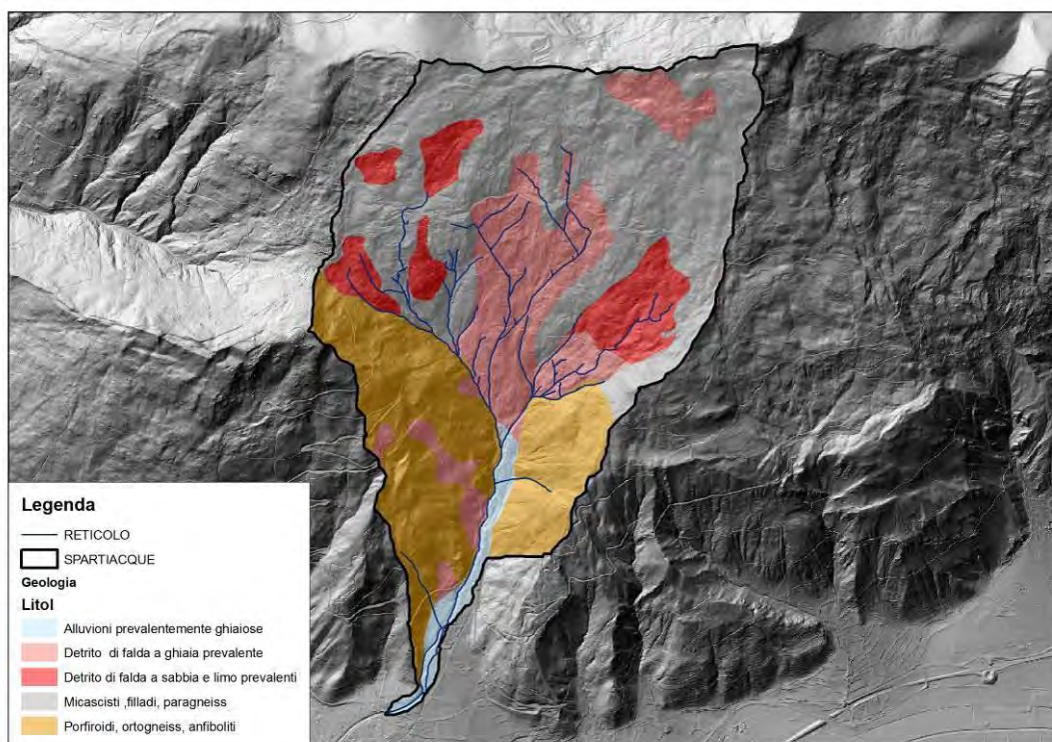


Fig. 8.1.5 – Carta geolitologica schematica del bacino del Rio Maggiore chiuso in corrispondenza del ponte di via Salina

In realtà il valore del CN potrebbe aver subito dopo l'ottobre 2018 (tempesta “Vaia”) un a possibile modificazione dovuta ai numerosi schianti da vento verificatesi sull'intero bacino e soprattutto sulla zona di testata, come visibile nell'immagine che segue:

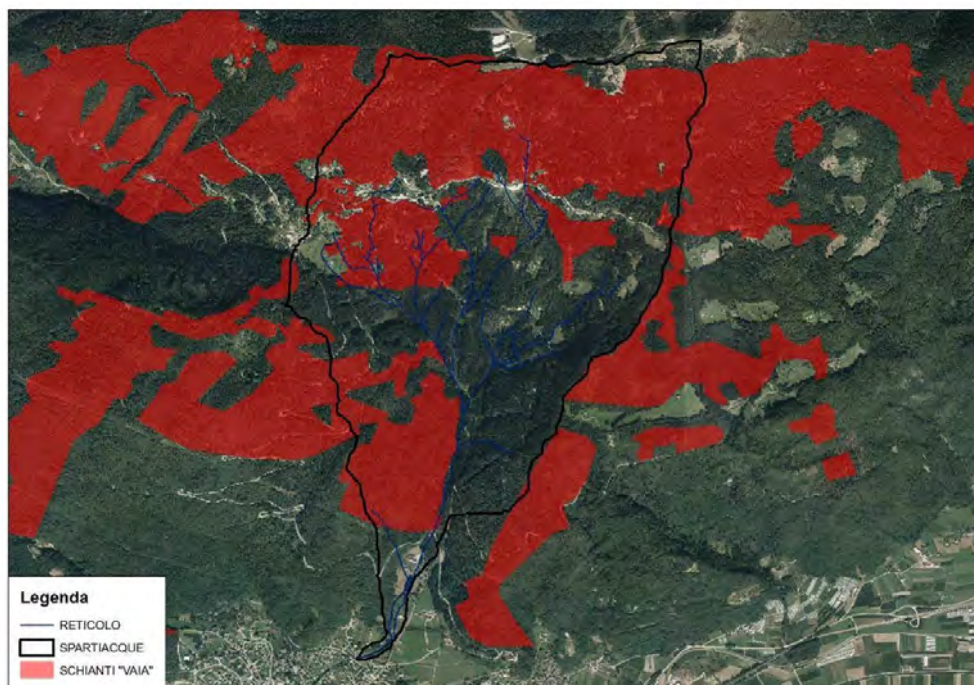


Fig. 8.1.6 – Zone schiantate a seguito della tempesta “Vaia” di ottobre 2018

In queste zone, seppur il suolo rimane quello tipicamente forestale, caratterizzato da una discreta intercettazione e capacità drenante diretta della lettiera (almeno degli strati superficiali), quello che viene a mancare è certamente la

capacità di intercettazione diretta della precipitazione da parte delle chiome e comunque il rallentamento dei deflussi dovuto allo scorrimento lungo i tronchi. L'intercettazione da parte degli apparati fogliari dipende ovviamente molto dal tipo di specie presente (maggiore nelle latifoglie e minore nelle conifere) e tende a diminuire via via che la precipitazione si fa più intensa.

Applicando l'equazione di Horton per la stima dell'intercettazione delle chiome

$$I_c = a + bP^n$$

al possibile evento con TR200 atteso sul bacino, caratterizzato da una precipitazione di 46.1 mm in 1.25 ore (max intensità 12.3 mm/5' e 24.7 mm in 15'), si ottiene una quantità intercettata tra 8 e 9 mm in base ai coefficienti di specie (a, b, n) utilizzati. Ciò significa un'intercettazione % teorica del 17-19% del totale. L'assenza delle chiome a causa degli schianti, quindi, può potenzialmente e prudenzialmente aumentare il CN delle aree schiantate di questa % (anche se in realtà la relazione non è così diretta visto che al suolo rimangono comunque molte parti di chioma, rami, foglie, seppur schiantati).

In questo modo il valore del CN nella zona degli schianti aumenta in valore medio da 26.7 a 31.9 (+16.3%). Cautelativamente, quindi, sarà possibile aumentare la portata di picco stimata per via idrologica di questa %.

La stima della precipitazione critica per il bacino, ossia la pioggia in grado di dare la maggiore risposta idrologica in termini di portata al picco, è stata eseguita attraverso una serie di simulazioni successive con ietogramma ad intensità costante allo scopo di stimare la durata critica per il bacino del Rio Maggiore. Per la stima della precipitazione critica sono state utilizzate le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica ottenuta da regolarizzazione statistica mediante la distribuzione di *Gumbel* a scala invariante delle piogge intense della Provincia di Trento (AIDI, 2003, 2010) di seguito riportate (Fig. 8.1.7-8.1.8). L'estensione del bacino (5.3 kmq) non ha reso necessaria la riduzione delle piogge all'area, infatti è ragionevolmente corretto attendersi la stessa intensità di pioggia su tutto il bacino.

PARAMETRI LSPP											
a										n	
Tempo di Ritorno										Durata Precipitazione	
2	5	10	20	30	50	100	200	300		< 1h	> 1h
24.2	30.6	34.8	38.9	41.3	44.2	48.1	52.1	54.4		0.37	0.33

Fig. 8.1.7 - Parametri delle LSPP per il bacino del Rio Maggiore

Per il TR 200 anni utilizzati per la verifica, le linee segnalatrici hanno perciò la seguente forma:

$$TR\ 200: h = 52.1 t^{0.330}$$

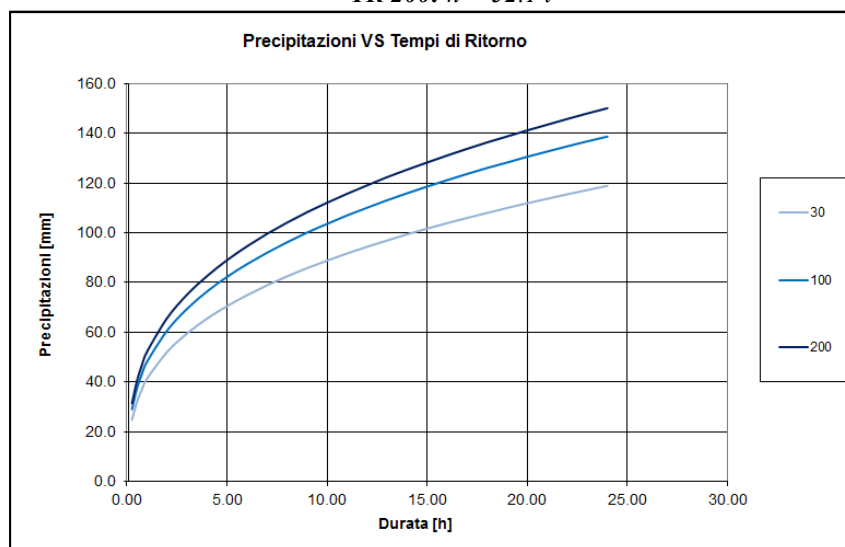


Fig. 8.1.8 – LSPP mediate bacino del Rio Maggiore chiuso all'apice del conoide

L'analisi ha condotto a stimare un idrogramma per l'evento con TR200 anni come visibile nell'immagine che segue:

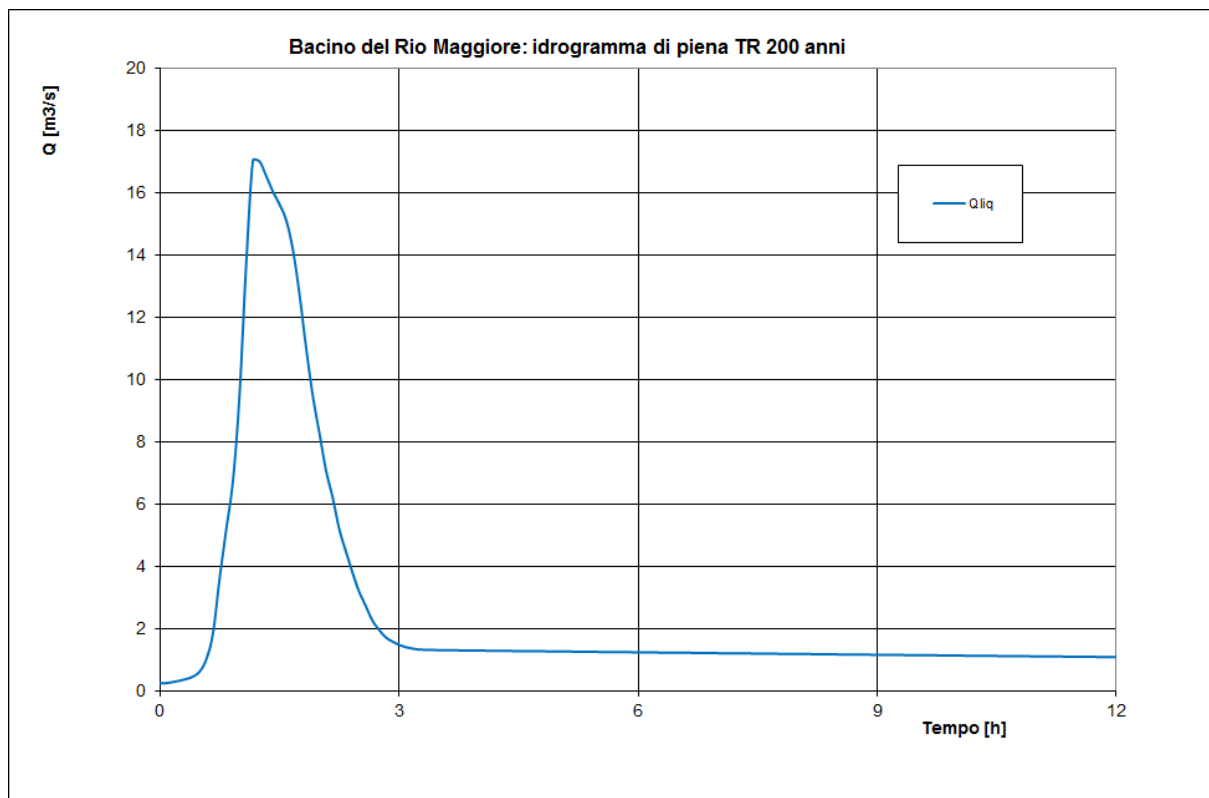


Fig. 8.1.9 – Idrogramma di piena simulato per il Rio Maggiore – Evento TR200 anni

Per la stima del **trasporto solido** da attendersi nel tratto, l'ipotesi di partenza è quella di simularlo in condizioni di massima capacità di trasporto, ossia la condizione in cui il volume massimo trasportabile è pari a tutto ciò che la corrente idrica è in grado di trasportare. Ovviamente il limite di tale ipotesi è rappresentato dalla reale disponibilità di materiale solido nel bacino, che può essere sia maggiore che minore al volume massimo trasportabile. Nel caso in esame, però, tale ipotesi è certamente ragionevole, vista l'elevatissima capacità di produzione di sedimento del bacino, soprattutto nella parte alta, caratterizzata dalla presenza di vaste aree potenzialmente instabili, seppur allo stato attuale in parte quiescenti ed in parte sistemate dall'importante opera sistematoria eseguita sul rio maggiore nel corso del secolo scorso dal Servizio Bacini montani.

La situazione di rischio, nel passato, doveva essere piuttosto evidente quando si intraprese la sistemazione idraulica del corso d'acqua. Le frane in atto, l'instabilità di grandi porzioni di versante dovuta prevalentemente alle caratteristiche geologico-geotecniche scadenti dei materiali (filladi sericitiche molto degradate ed argillificate) ed alle caratteristiche idrogeologiche predisponenti i fenomeni di instabilità superficiale, causavano già nel passato frequenti fenomeni di trasporto solido, che sovente raggiungeva il conoide abitato di Levico. La grande opera sistematoria del Rio Maggiore iniziò nei primi anni del '900, con la captazione, per quanto possibile, delle acque in sottosuolo mediante drenaggi o gallerie drenanti ed il loro accompagnamento lungo i versanti per mezzo di canalette e briglie. Sul conoide invece si realizzò un cunettone dotato di muri di sponda e soglie per evitare fenomeni di approfondimento ed esondazioni. Questi interventi si conclusero intorno ai primi anni '40. Successivamente furono eseguiti altri lavori di manutenzione e completamento.

Più recentemente, il Servizio Bacini montani ha realizzato due nuove opere filtranti, attualmente in fase di completamento. Si tratta di due opere poste in serie: l'opera a monte è una briglia a pettine con funzione principale di

31

trattenuta del materiale fluitato eventualmente trasportato dalla corrente (ora più probabile che mai dopo gli schianti di “Vaia”); l’opera di valle è costituita da una briglia filtrante (posta poco a monte dell’attraversamento della S.P. 11) con relativa piazza di deposito di volumetria valutabile nell’ordine di 5000 mc. A questa volumetria è possibile aggiungere 500-600 mc potenzialmente depositabili in corrispondenza dell’opera a pettine. Le granulometrie visibili in alveo e sulle sponde sono caratterizzate da un’ingente presenza di materiale fine a cui si accompagnano pochi clasti di dimensioni comunque contenute (tra i 5 ed i 20 cm); il diametro caratteristico d_{50} può essere stimato intorno a pochi cm.



Figg. 8.1.10-8.1.11- Opere filtranti realizzate recentemente a quota 740 e 705 m slm

Il fenomeno più gravoso atteso è l’innesco di una colata di detrito nella parte alta del bacino, caratterizzata da dissesti, area drenata e pendenze assolutamente predisponenti, come confermato anche dall’analisi effettuata mediante indicatori sintetici su base idromorfologica nonché dalla fenomenologia passata sul bacino.

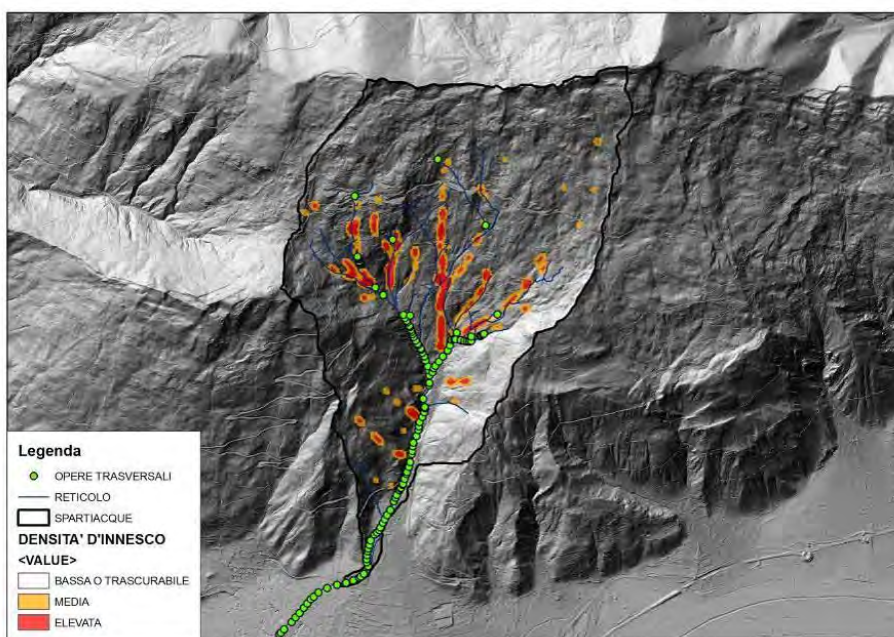


Fig. 8.1.12 – Punti a maggiore predisposizione d’innesco sul reticolo del Rio Maggiore (CNR-IRPI, 2006) e opere trasversali presenti

E’ da attendersi che tale fenomeno subisca però una trasformazione nella propagazione verso valle in quanto le pendenze già naturalmente in netta riduzione e la presenza di numerose opere trasversali di consolidamento che attestano la pendenza di sistemazione sul 3-4 %, favoriscono i fenomeni di deposizione evitando tra l’altro ulteriori

prelievi importanti di materiale dal fondo e dalle sponde. Il dettaglio dei fenomeni attesi lungo il profilo dell'asta principale è visibile nell'immagine che segue:

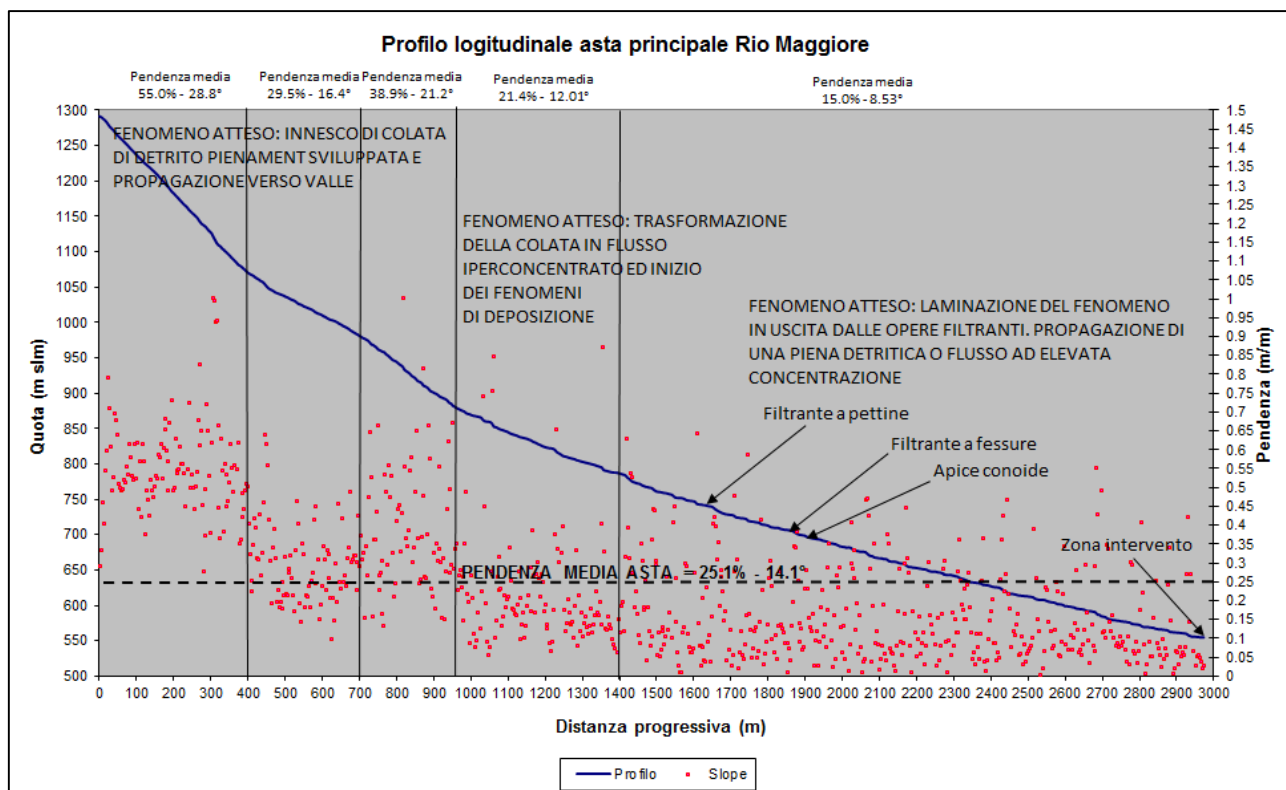


Fig. 8.1.13 – Profilo asta principale del Rio Maggiore, pendenza locale e fenomeni attesi

Il tratto terminale, da quota 800 m verso valle, lungo circa 1600 m, è caratterizzato da una presenza media del 15% (anche se quella di sistemazione si attesta sul 3.4%) ed è su questo valore che si stima la massima concentrazione volumetrica attesa del fenomeno in arrivo alla briglia filtrante mediante l'approccio volumetrico di Takahashi.

Per la stima della portata solida da associare ad una forma di trasporto da colata detritica è largamente utilizzata la procedura che prevede preliminarmente il calcolo della concentrazione volumetrica di equilibrio della colata in movimento (C_{eq}) per poi passare alla stima della portata solido-liquida totale (Q_d) del debris flow mediante l'approccio volumetrico proposto da Takahashi (1991) e verificato successivamente anche da Tubino e Lanzoni (1992); secondo questo metodo la stima di Q_d risulta:

$$Q_d = \left(\frac{C^*}{C^* - C_{eq}} \right) \cdot Q_l$$

Essendo C^* la concentrazione di massimo impaccamento dei sedimenti a riposo, prima che essi vengano interessati dall'innesco della colata, variabile tra 0.55 e 0.75 (Armanini, 1999). Nel caso in esame si è utilizzato un valore medio pari a 0.65.

Tale equazione è ottenuta nell'ipotesi che il letto di sedimenti dal quale si genera la colata abbia un grado di saturazione pari all'unità (letto completamente saturo). La concentrazione di equilibrio viene calcolata sulla base della pendenza del canale, dell'angolo di attrito statico o quasi statico del materiale. L'equazione di Takahashi

$$C_{eq} = \frac{\rho_m \cdot \tan \beta}{(\rho_s - \rho_m) \cdot (\tan \phi - \tan \beta)}$$

fornisce valori di C_{eq} più elevati ed è relativa al fronte del debris flow. Inoltre presenta un punto di discontinuità al crescere della pendenza, ossia raggiunge il valore massimo (0.9 C^*) per pendenze uguali e superiori a 19-20°. Nel caso in esame tali pendenze sono presenti solamente lungo i collettori della zona di testata (pendenza media da 21-28°), mentre l'asta principale a valle della quota 800 m circa fino all'apice del conoide è caratterizzata da una pendenza media del 15% circa (8.53°) trascurando per cautela l'effetto della pendenza di sistemazione tra le opere trasversali. L'applicazione della formulazione di Takahashi costringerebbe quindi all'utilizzo di una C_{eq} pari a 0.585 nella zona di testata (zona d'innesco) con un fattore di amplificazione della portata liquida pari a 10, mentre per la zona di propagazione lungo l'asta principale tale valore di massima concentrazione di moto uniforme scenderebbe a 0.305 (con ϕ 30°).

Questa riduzione si configura in una netta riduzione della capacità di trasporto della corrente passando dalla zona di testata a quella terminale.

Un'ipotesi che viene posta nel calcolo riguarda la variazione temporale del coefficiente C_{eq} durante gli intervalli di tempo che precedono e che seguono l'istante di picco; l'assunzione di un valore pari a C_{eq} max da applicare a tutta la durata dell'onda liquida porterebbe, infatti, alla determinazione di un sedimentogramma da debris flow assai poco realistico.

L'ipotesi è quindi quella di far iniziare l'onda da debris flow in corrispondenza al transito di una portata liquida pari alla portata unitaria d'innesco dei debris flow per instabilizzazione del letto del torrente per erosione progressiva (qcr) stimata mediante il metodo proposto da Tognacca et al. (1999):

$$q_{cr} = \left(\frac{\rho_m}{\rho_s} - 1 \right)^{0.5} \cdot g^{0.5} \cdot \frac{d_m^{1.5}}{(\tan \beta)^{1.17}}$$

Nel caso in esame, assunti:

- un diametro medio d_m della distribuzione granulometrica è stimato pari a 0.17 m, stimato a partire da un'osservazione in campo dei depositi in alveo;
- una pendenza del tratto d'alveo pari a 0.55 m/m (28°) nei collettori di testata;
- una larghezza media dell'alveo nella zona d'innesco pari a 7.0 m;

si giunge ad una portata critica d'innesco Q_{cr} pari a **4.00 m³/s**.

Dalla portata di innesco della colata la C_v di partenza (0.10) è stata aumentata linearmente fino alla $C_v^{\max}$ (0.305) facendo terminare l'onda con una concentrazione ancora vicina a quella dei fenomeni di normale trasporto solido al fondo (0.05). Considerando, quindi, il tempo di crescita del debris flow, come l'intervallo che separa, sull'idrogramma liquido, gli istanti in cui si verificano le portate $Q_l = Q_{cr}$ e $Q_l = Q_{\max}$, si determinano i successivi valori di Q_d ammettendo una variazione lineare nel tempo di C_{eq} (da C_{eq} min a C_{eq} max). Per la fase calante della colata, caratterizzata generalmente da una durata maggiore ed una pendenza minore, la concentrazione verrà fatta variare in modo non lineare ma a potenza. In questo modo si ottiene sia una forma del debrisgramma apparentemente più realistica e vicina a quelle registrate in campo dai dispositivi di monitoraggio, con un contenimento dei volumi mobilizzati nella fase dopo il picco, cosa questa assai realistica visto che generalmente il passaggio del picco lascia in alveo quantità di materiale erodibile certamente inferiore che per la fase di crescita. I risultati grafici dell'applicazione sono di seguito riportati.

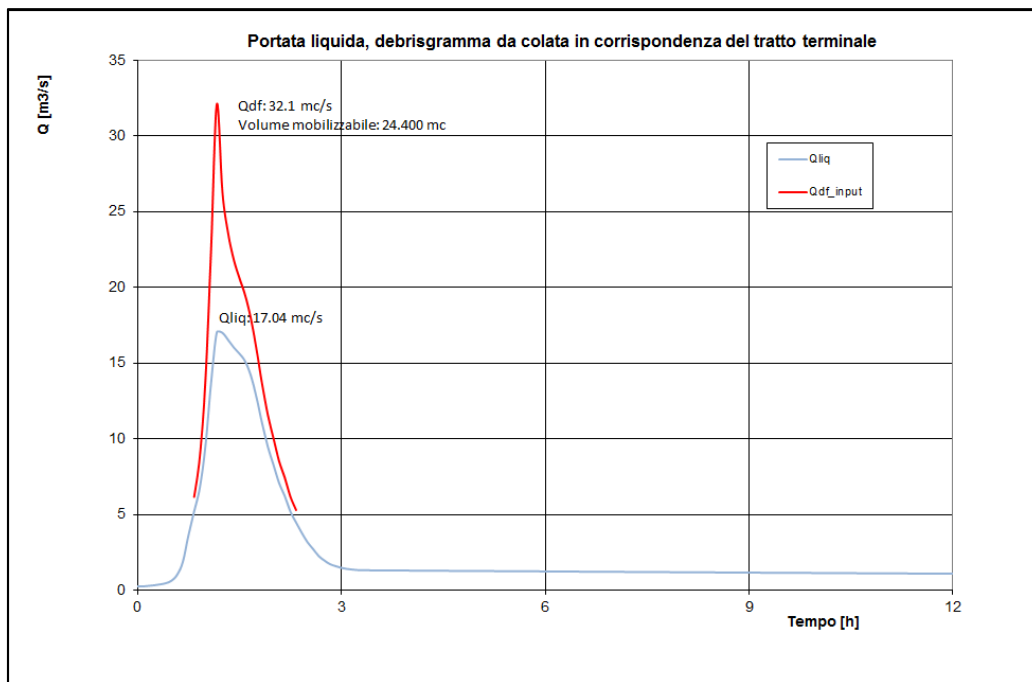


Fig. 8.1.14 - Idrogramma e sedimentogramma associato TR 200 anni per il tratto oggetto di verifica – Scenario pre schianti “Vaia”

Dall’analisi dei risultati della modellazione idrologica e sedimentologica (Fig. 8.1.14) emerge una portata solido-liquida al picco di circa **32.1 m³s⁻¹** con contributi liquidi unitari di circa 3.23 m³s⁻¹km⁻², con un volume massimo trasportabile nei tratti intorno a **24.000 mc**.

A questo scenario è possibile aggiungere un ulteriore scenario più critico che tenga conto del possibile aumento dei deflussi dovuto agli schianti come in precedenza valutato, con un aumento della portata sull’intero idrogramma del 18% circa. Lo scenario da luogo ai seguenti valori di portata solido-liquida e di volumi potenzialmente mobilizzabili:

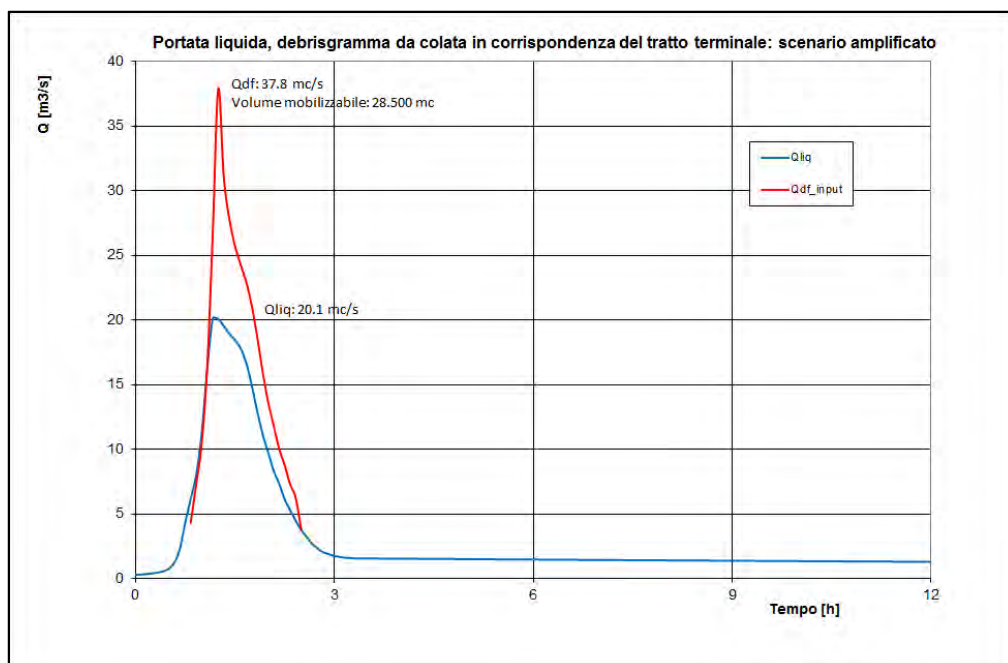


Fig. 8.1.15 - Idrogramma e sedimentogramma associato TR 200 anni per il tratto oggetto di verifica – Scenario post schianti

“Vaia”

Dall’analisi dei risultati della modellazione idrologica e sedimentologica (Fig. 8.1.15) emerge una portata solido-liquida al picco di circa **37.8 m³s⁻¹** con contributi liquidi unitari di circa 3.81 m³s⁻¹km⁻², certamente non trascurabili, con un volume massimo trasportabile nel tratti intorno a **28.500 mc**.

Per motivi i cautela si utilizzerà quest’ultimo scenario come evento di riferimento.

Per avere una valutazione più quantitativa, oltre che qualitativa, del fenomeno di laminazione ed abbattimento del picco della colata da parte della briglia filtrante a fessura di recente realizzazione, viene presentata anche un’applicazione numerica all’onda di debris flow dell’approccio semi-empirico proposto da Mizuyama *et al.* (1996) per il dimensionamento di B_{min}. L’approccio evidenzia come, su tale dimensionamento, eserciti un ruolo sostanziale anche la concentrazione volumetrica C_v della colata. E’ abbastanza intuitivo attendersi che, a parità di apertura, si assista ad una maggiore riduzione della portata della colata a valle dell’opera in corrispondenza delle concentrazioni più elevate. L’approccio proposto è riassunto nella seguente equazione, che è quindi stata applicata all’onda di debris flow stimata in precedenza, per un valore di B_{min} pari a 0.85 m, che rappresenta la minima apertura tra gli elementi del filtro in acciaio di progetto, come visibile nell’immagine che segue:

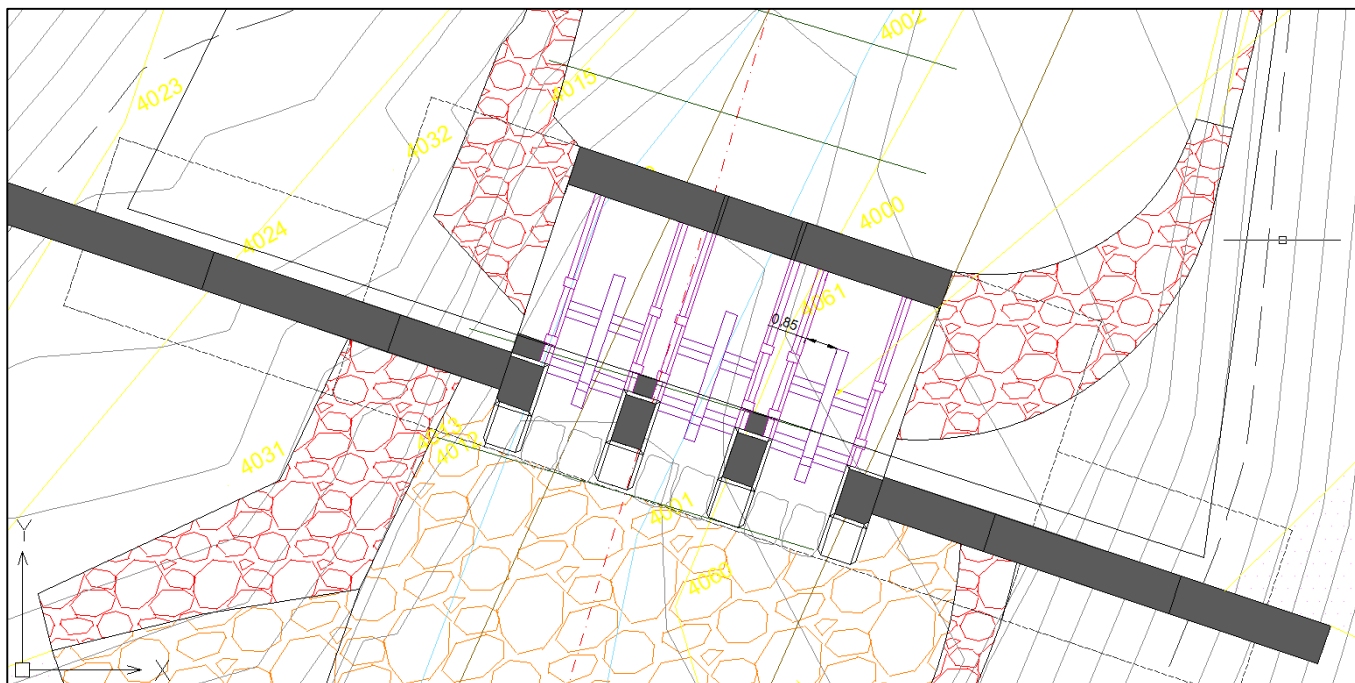


Fig. 8.1.16 – Planimetria di progetto della briglia a fessura a quota 705 m slm (Fonte Servizio Bacini montani PAT)

$$\frac{Q_{out}}{Q_{inp}} = 0.11 \cdot \left(\frac{B_{min}}{d_{95}} \right)^{0.36} \cdot C_v^{-0.93}$$

in cui il d₉₅ rappresenta il diametro dei massi presenti nella colata in un frattile del 95% della curva granulometrica. Nel caso in esame, tale valore è stato stimato, da sopralluogo in campo, pari a 0.4 m.

Il risultato dell’applicazione è visibile nella figura che segue:

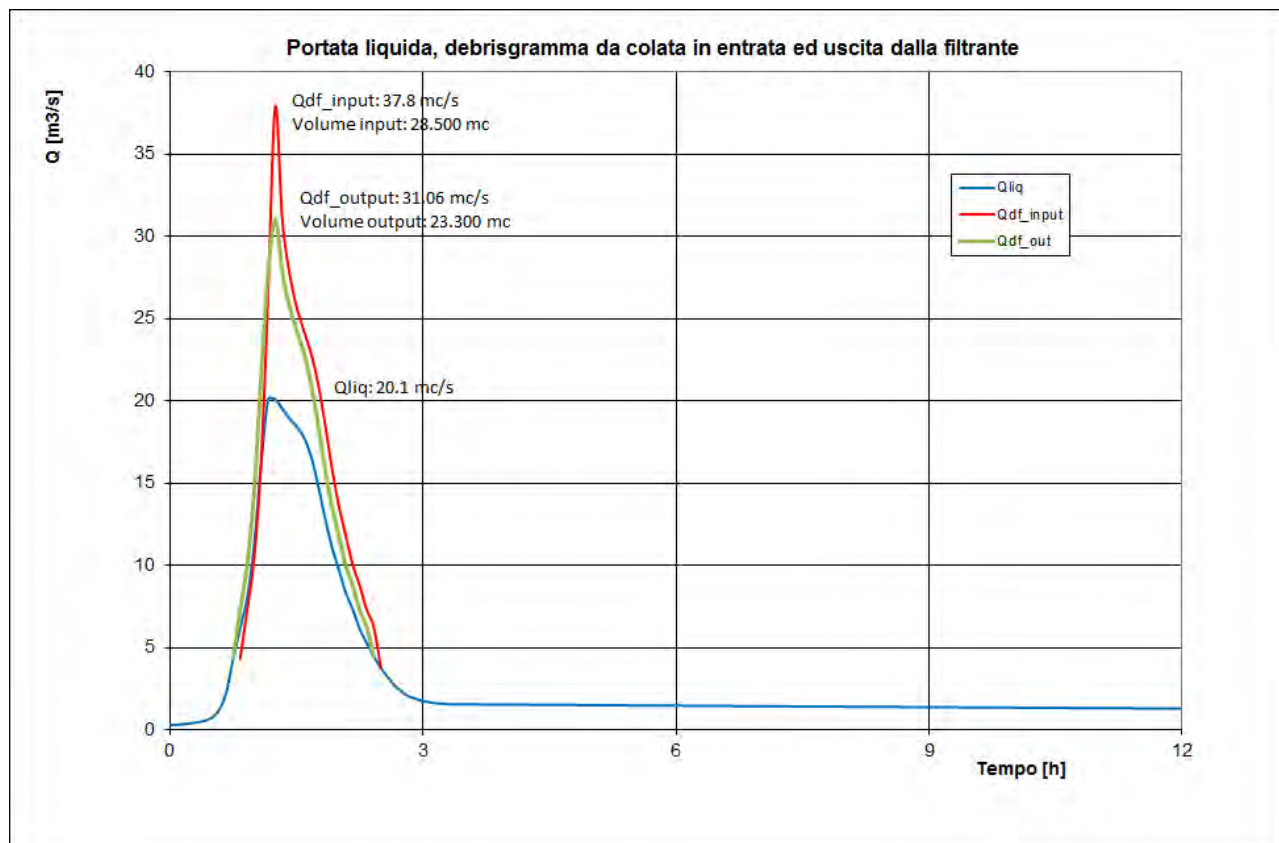


Fig. 8.1.17 – Potenziale effetto di laminazione della briglia filtrante a fessura a quota 705 m slm

L'analisi, seppur empirica, evidenzia un buon effetto della filtrante nell'abbattimento del picco della colata, che si abbassa da 37.8 a 31 mc/s, con un invaso di circa 5200 mc (massimo invaso disponibile entro la piazza di deposito).

La portata solido-liquida in uscita dalla filtrante di **31 mc/s** sarà quindi quella utilizzata per la verifica di compatibilità idraulica del nuovo ponte in progetto.

8.2 LA VERIFICA IDRAULICA DEL TRATTO D'ALVEO INTERESSATO DALL'INTERVENTO CON IL CODICE 1D HEC-RAS

Per tale verifica si ricorda come la normativa (PGUAP), per i ponti, richieda come condizione minima richiesta per la verifica della loro compatibilità idraulica, di riferirsi ad una portata di piena di progetto con tempo di ritorno di 100 anni, mantenendo un franco minimo tra la quota idrometrica e la quota di intradosso del ponte non inferiore ad 1 m. Il valore del franco deve essere assicurato per almeno i 2/3 della luce quando l'intradosso del ponte non sia rettilineo e comunque per almeno 40 m nel caso di luci superiori a tale valore.

Inoltre, è previsto che la portata con Tr 200 anni debba comunque transitare pur con franco inferiore a 1 m.

Tale approfondimento viene richiesto dall'attuale normativa provinciale in materia di gestione delle acque pubbliche (PGUAP), entrata in vigore a partire dall' 8 giugno 2006. In particolare, il PGUAP fornisce al Capitolo V.3.4.3 le prescrizioni e gli indirizzi fondamentali per la verifica idraulica e la progettazione di nuovi ponti e attraversamenti, a cui ogni intervento da eseguirsi su acqua pubblica deve obbligatoriamente far riferimento.

La verifica è stata eseguita mediante l'applicazione del modello monodimensionale HEC-RAS 4.0, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Corps of Engineers (USACE 1972, 2007).

Il programma ha la capacità di determinare profili di correnti lineari in regime di corrente lenta, rapida e mista, con sezioni di qualsiasi forma ed in presenza di manufatti idraulici, quali ponti e opere trasversali (briglie). Il metodo di calcolo prescelto per la verifica è rappresentato dal moto permanente monodimensionale (1-D), essendo il tratto oggetto della verifica caratterizzato da una lunghezza limitata, un andamento quasi rettilineo ed a sezione quasi costante. Viste tali caratteristiche non ci si attendono nello stesso fenomeni di laminazione ed invaso evidenti che presuppongano l'esecuzione di una modellazione a moto vario. Inoltre, si è optato per un modello idraulico a fondo fisso in quanto nel tratto non sono da attendersi significativi fenomeni di deposito né, tanto meno, di scavo. Gran parte del tratto verificato, infatti, presenta il fondo e sponde consolidati.

L'input idrologico e sedimentologico al modello idraulico è quello stimato al capitolo precedente.

Le caratteristiche geometriche del tratto d'alveo da analizzare derivano da un rilievo topografico di dettaglio eseguito con impiego di stazione totale e dalle sezioni di progetto. La sezione intermedia del ponte in progetto, così come il profilo del tratto verificato vengono di seguito riportate:

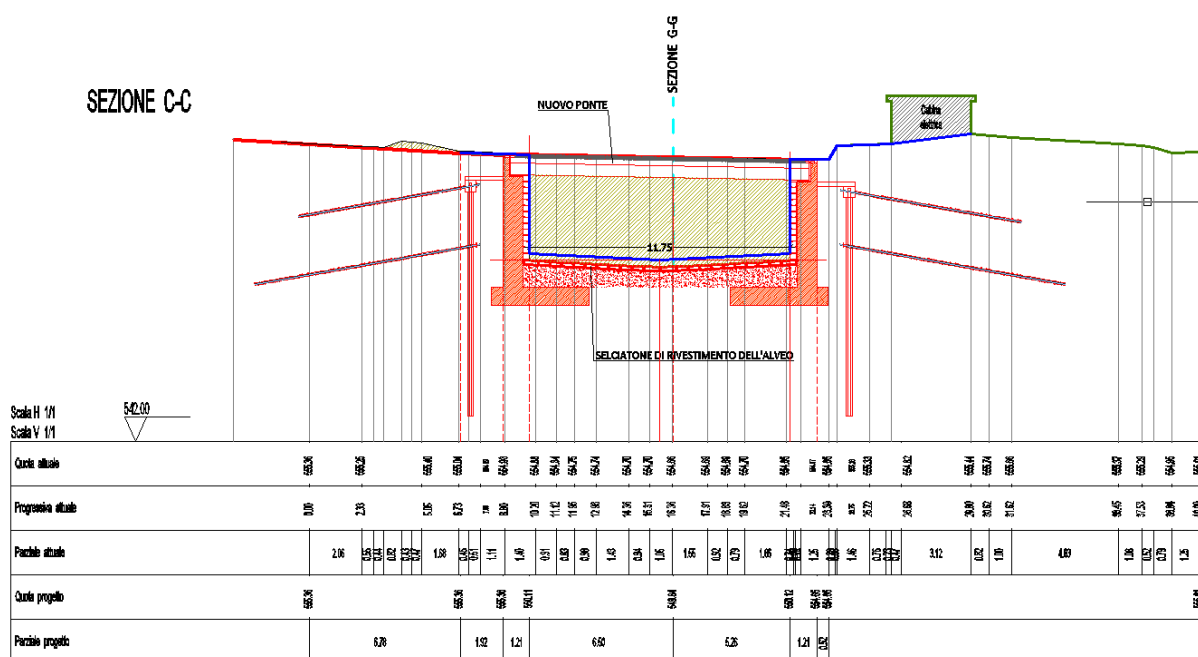


Fig. 8.2.1 – Sezione trasversale del nuovo ponte in progetto

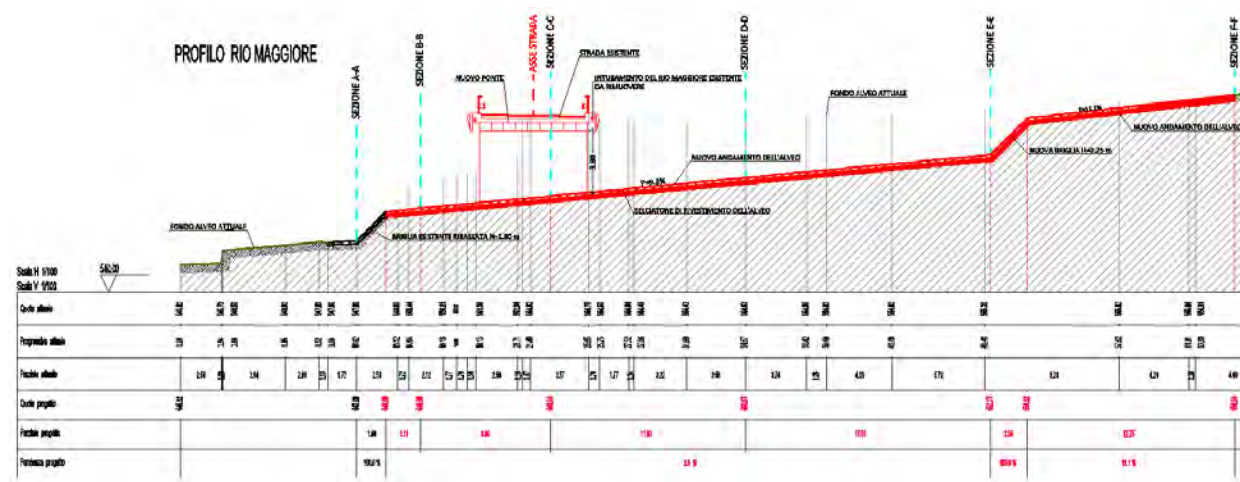


Fig. 8.2.2 – Profilo longitudinale del tratto oggetto di intervento

La verifica idraulica del tratto è stata eseguita in condizioni di corrente in moto permanente monodimensionale ($Q = \text{cost}$; geometria variabile) mediante l'applicazione del modello idraulico HEC-RAS, molto diffuso e scientificamente accettato sia in campo professionale che accademico.

Il tratto d'alveo in esame da sottoporre a verifica idraulica (fig. 8.2.3) è posizionato in Comune di Levico, ed ha una lunghezza complessiva di circa 85 m ed è compreso tra le quote 560 e 545 m slm, all'apice del conoide di Levico, come visibile nell'immagine che segue:

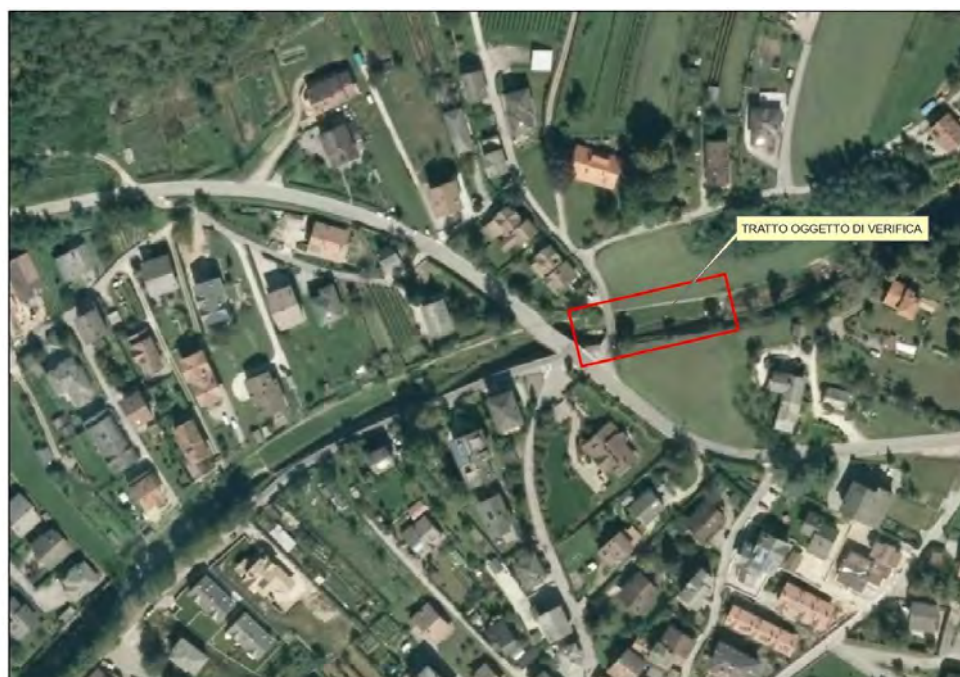


Fig. 8.2.3 – Tratto oggetto di verifica

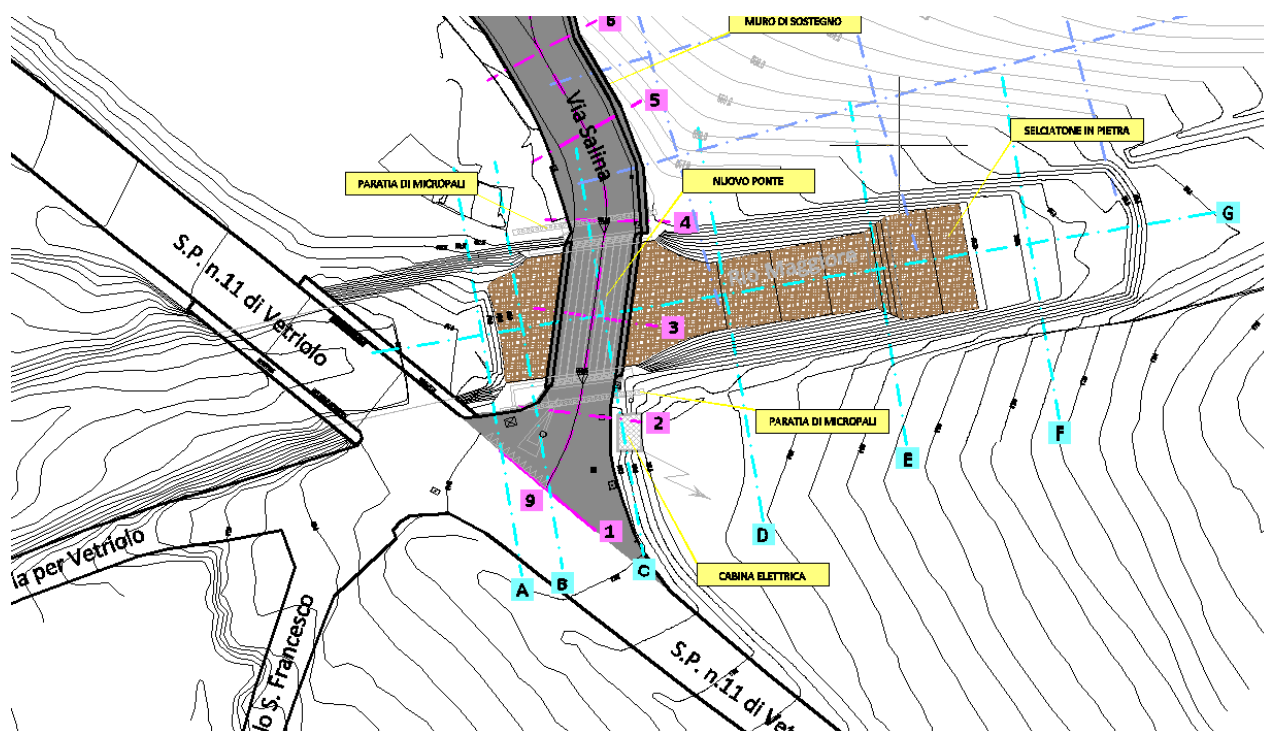


Fig. 8.2.4 – Planimetria di progetto del tratto oggetto di verifica



Fig. 8.2.5-8.2.6 – Configurazione attuale del tratto d'alveo oggetto di verifica: l'attuale attraversamento avviene con una tubatura assolutamente sottodimensionata per smaltire le portate più temibili provenienti dal bacino.

Il tratto si presenta praticamente rettilineo e, comunque senza evidenti brusche variazioni planimetriche da monte e a valle. Il tratto è stato soggetto in passato ad interventi di sistemazione da parte del Servizio Bacini montani, ed in particolare la realizzazione di un evidente arginatura in pietrame su entrambe le sponde e al consolidamento del fondo con opere trasversali (briglie e soglie basse). Attualmente la sezione tipo a monte del ponte è rappresentata da una

40

sezione con forma vicina a quella trapezia, con un alveo di magra centrale (circa 1.5 m), con base minore larga mediamente 12 m e sommità 15 m, una pendenza di sistemazione del fondo di circa 3.5-4%% (dovuta alla presenza delle opere trasversali di consolidamento).

Il progetto, per realizzare la sezione del ponte di progetto, prevede il completo abbassamento del profilo nel tratto compreso tra la briglia a monte dell'attraversamento e la soglia subito a monte del ponte esistente sulla SP 11 di Vetriolo, posizionato circa 25 m più a valle dell'attraversamento oggetto di intervento.

La nuova livelletta prevede una pendenza media del tratto praticamente quasi costante del 9.3%, interrotta a monte dalla realizzazione di una nuova soglia a scivolo circa 25 m più a valle di quella già esistente. Si tratta comunque di una configurazione molto regolare in profilo e sezione, senza brusche variazioni della sezione idraulica disponibile, con una forma sempre trapezia in tutto il tratto tranne in corrispondenza del nuovo attraversamento ove la sezione risulta sostanzialmente rettangolare, con una larghezza costante di circa 11.75 m ed un'altezza variabile tra 3.80 m nella sezione più sfavorevole (monte) e 4.40 m nella sezione più favorevole (valle).

Per favorire lo smaltimento delle portate solido-liquide attese è prevista la pavimentazione quasi dell'intero tratto con un selciato in pietrame che risulterà in una più ridotta scabrezza del tratto (simile a quella delle sponde) ed un consolidamento dello stesso nei confronti dei fenomeni erosivi che potrebbero essere collegati all'aumento della pendenza. Con questa configurazione non sono perciò da attendersi, particolari fenomeni di scavo o di deposito nel tratto, a differenza invece di quanto ora accade (prevalenza di deposito).

Per caratterizzare adeguatamente l'alveo si è ritenuto sufficiente utilizzare le sezioni di progetto in corrispondenza dei punti ritenuti idraulicamente più interessanti, ed in particolare in corrispondenza delle soglie e del ponte. Non si è ritenuto necessario rilevare altre sezioni in quanto l'uniformità geometrica del tratto non richiede un numero di sezioni superiore a queste. Inoltre il programma HEC-RAS permette l'interpolazione di due sezioni in successione mediante l'inserimento, a distanze prefissate dall'utente, di sezioni fittizie, consentendo anche di aumentare la stabilità numerica.

Circa la definizione dei coefficienti di scabrezza (o di resistenza al flusso) da utilizzare nella verifica a moto permanente, per tutto il tratto pavimentato di progetto e sotto il ponte oggetto di verifica si è deciso di utilizzare un valore del coefficiente di scabrezza di Strickler pari a $K_s 40 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ ($n = 0.02$), come proposto in *Chow V. T.*, 1959 per i coefficienti di scabrezza di Manning per i canali con fondo e sponde in pietrame ben sistemato e giunti opportunamente stilati (Min. 0.017 – Normale 0.020 – Massimo 0.024).

Quindi, per disporre di altri due scenari a diversa scabrezza si sono usati altri due valori del K_s rispettivamente di $28 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ e $10 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ per cercare di avvicinarsi quanto più possibile alle condizioni di scabrezza che caratterizzano i fenomeni ad elevata concertazione solida, ove questa è comandata non solo dal fondo ma anche (e talvolta solo) dalla cosiddetta "scabrezza interna" del flusso.

Il modello idraulico è stato fatto girare impostando il profilo di moto permanente per le portate massime di progetto sopra stimate con il modello idrologico e sedimentologico in precedenza descritto.

Trattandosi di corrente in possibile regime misto (lenta e veloce, con risalti) per quasi tutto il tratto si è dovuta impostare sia la condizione al contorno di monte che quella di valle. Nel caso in esame queste sono state impostate pari al tirante di moto uniforme a monte (per la pendenza del 11.2%) e il tirante critico a valle essendo l'ultima sezione in corrispondenza della gàveta della soglia di valle.

Si riportano di seguito i dati analitici ed i profili grafici di moto permanente calcolati per il TR200 sia lungo l'intero profilo che in corrispondenza del ponte oggetto di verifica.

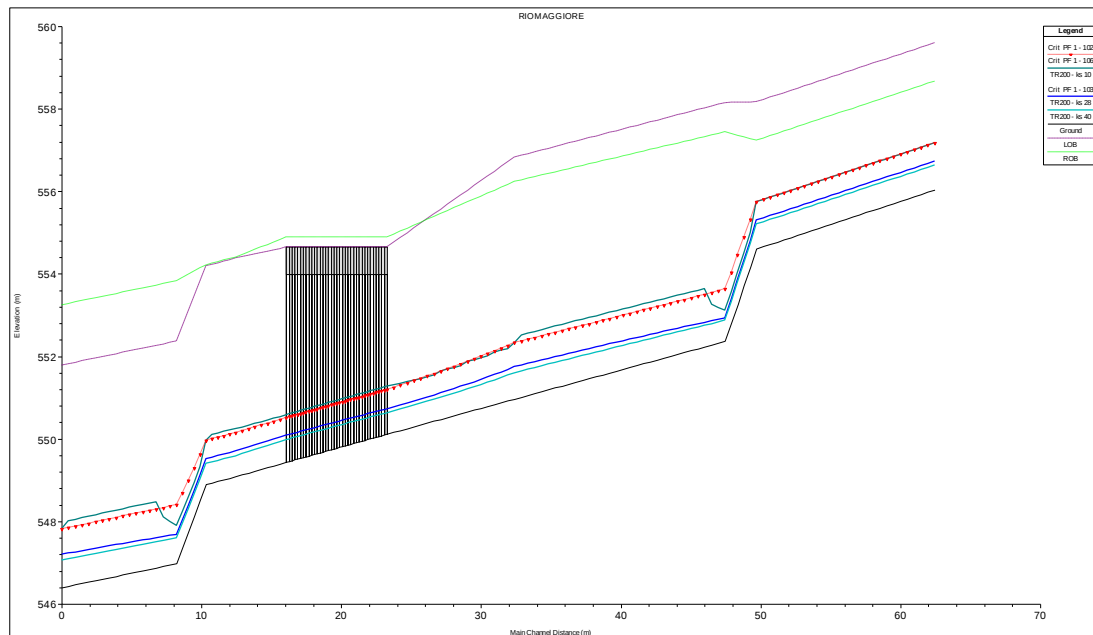


Fig. 8.2.7 – Profili di moto permanente TR200 (33 mc/s) calcolati nel tratto oggetto di verifica nei 3 diversi scenari di scabrezza: Ks 40, 28 e 10 m^{1/3} s⁻¹ (Manning 0.025, 0.035, 0.100)

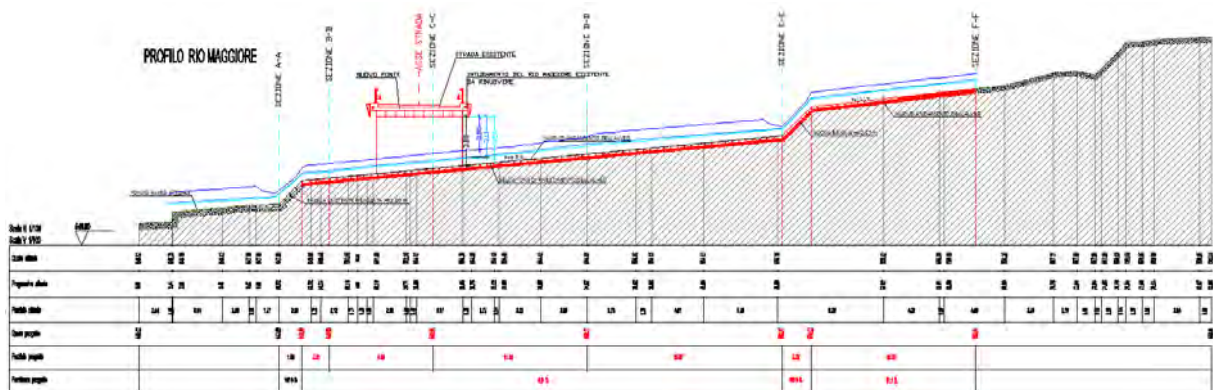


Fig. 8.2.8 – Profili di moto permanente TR200 (33 mc/s) calcolati nel tratto oggetto di verifica nei 3 diversi scenari di scabrezza: Ks 40, 28 e 10 m^{1/3} s⁻¹ (Manning 0.025, 0.035, 0.100) – Vista su profilo di progetto

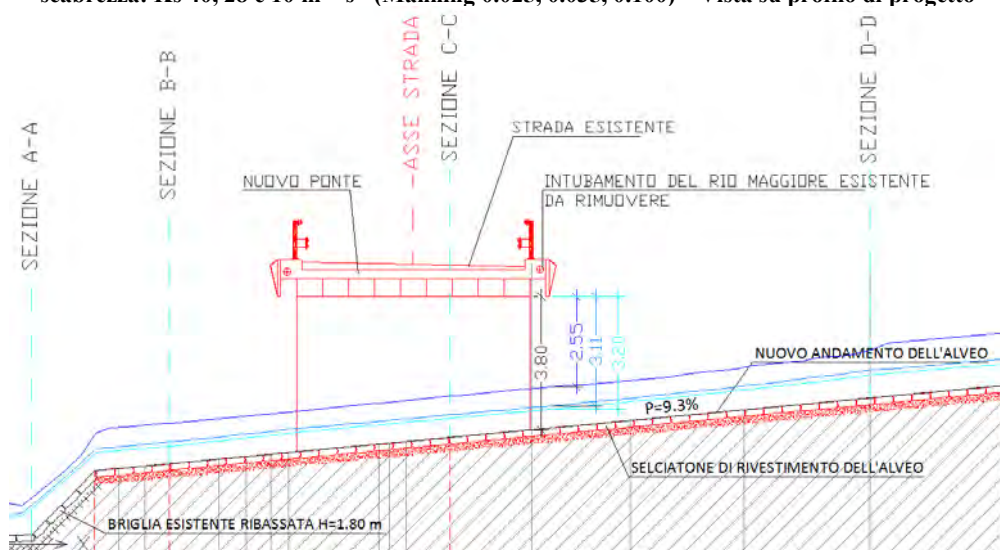


Fig. 8.2.9 – Profili di moto permanente TR200 (33 mc/s) calcolati nel tratto oggetto di verifica nei 3 diversi scenari di scabrezza: Ks 40, 28 e 10 m^{1/3} s⁻¹ (Manning 0.025, 0.035, 0.100) – Vista su profilo di progetto in corrispondenza del nuovo

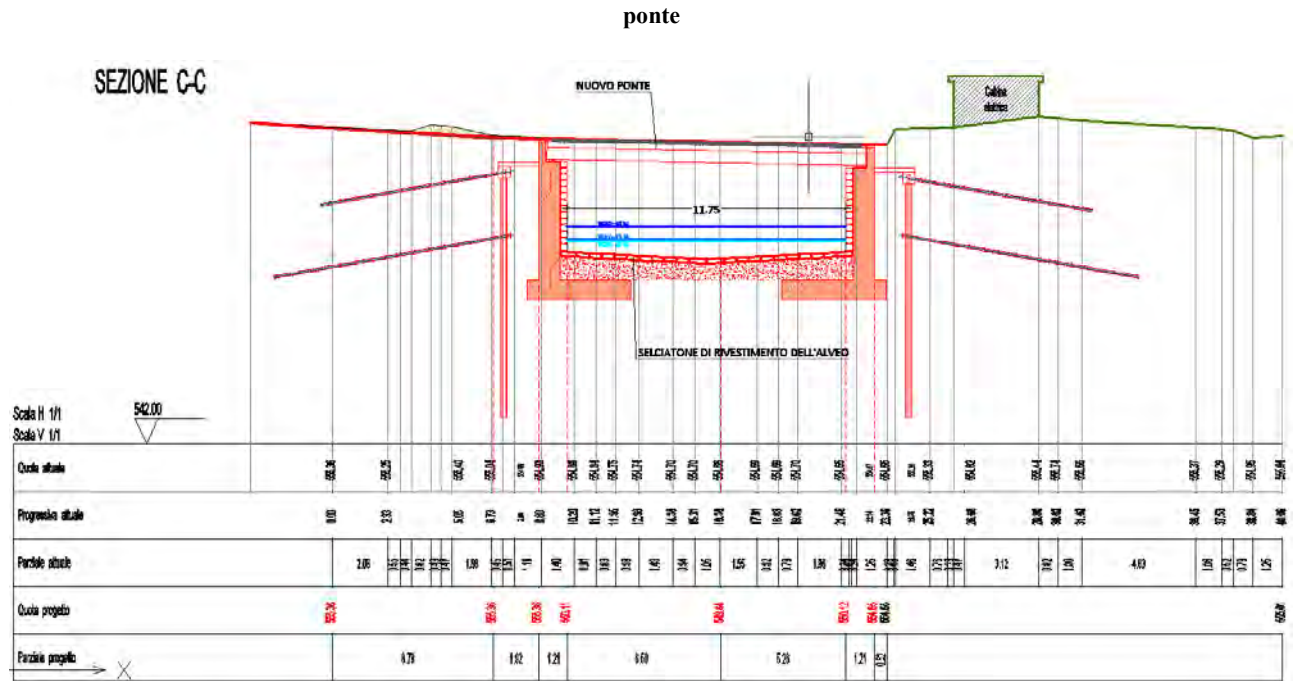


Fig. 8.2.10 – Profili di moto permanente TR200 (33 mc/s) calcolati nel tratto oggetto di verifica nei 3 diversi scenari di scabrezza: Ks 40, 28 e 10 m^{1/3} s⁻¹ (Manning 0.025, 0.035, 0.100) – Vista su sezione di progetto del nuovo ponte

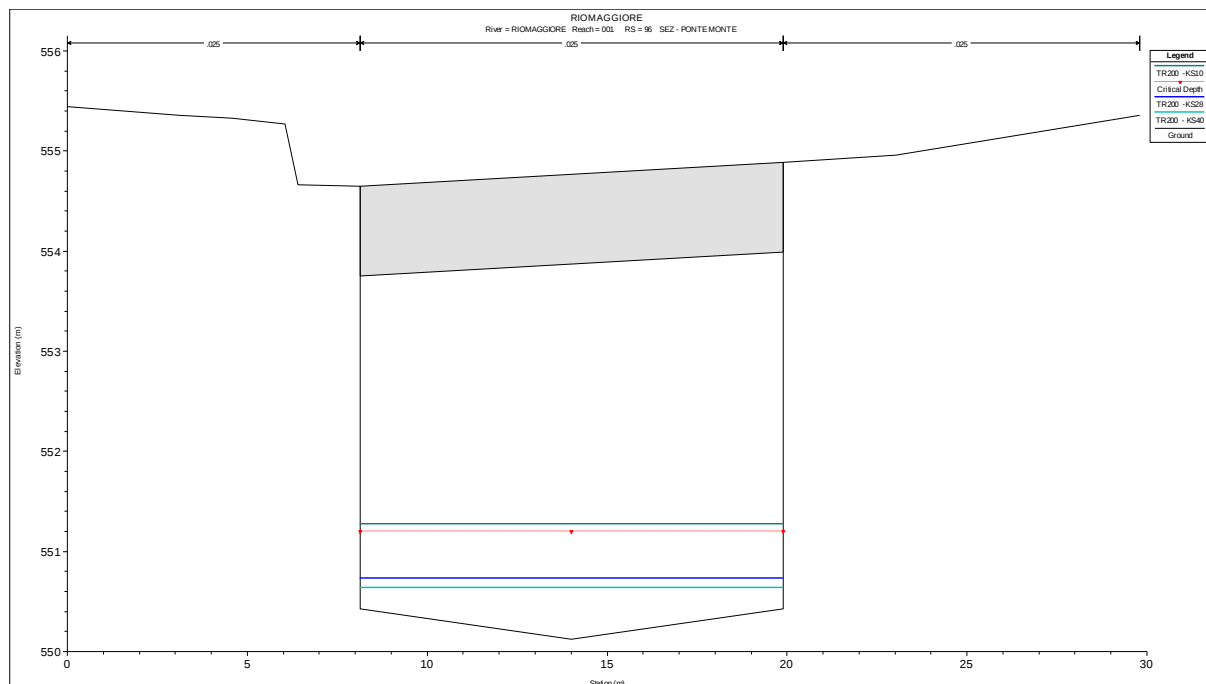


Fig. 8.2.11 – Profili di moto permanente TR200 (33 mc/s) calcolati nella sezione di monte del nuovo ponte nei 3 diversi scenari di scabrezza: Ks 40, 28 e 10 m^{1/3} s⁻¹ (Manning 0.025, 0.035, 0.100)

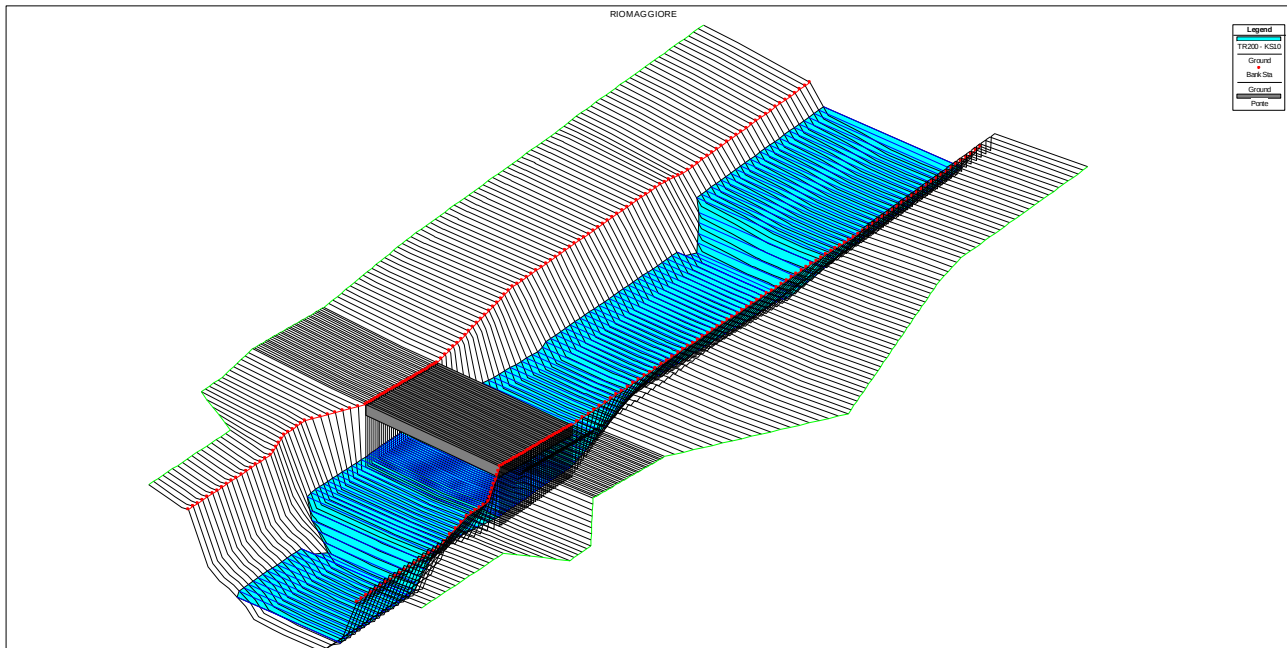


Fig. 8.2.12 – Vista 3D profilo di moto permanente TR200 (33 mc/s) calcolato nel tratto di verifica nella condizione più gravosa di scabrezza: $K_s 10 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$ (Manning 0.100)

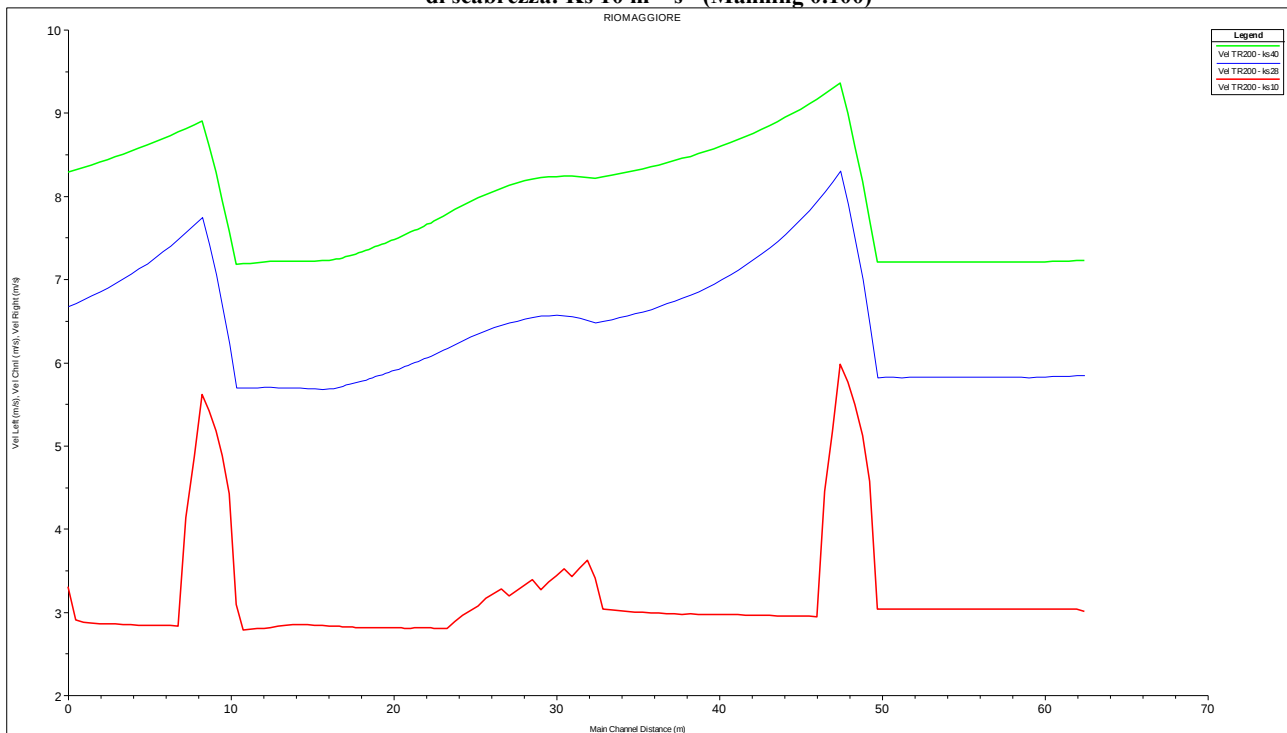


Fig. 8.2.13 – Velocità della corrente calcolata per i profili di moto permanente nei 3 diversi scenari di scabrezza.

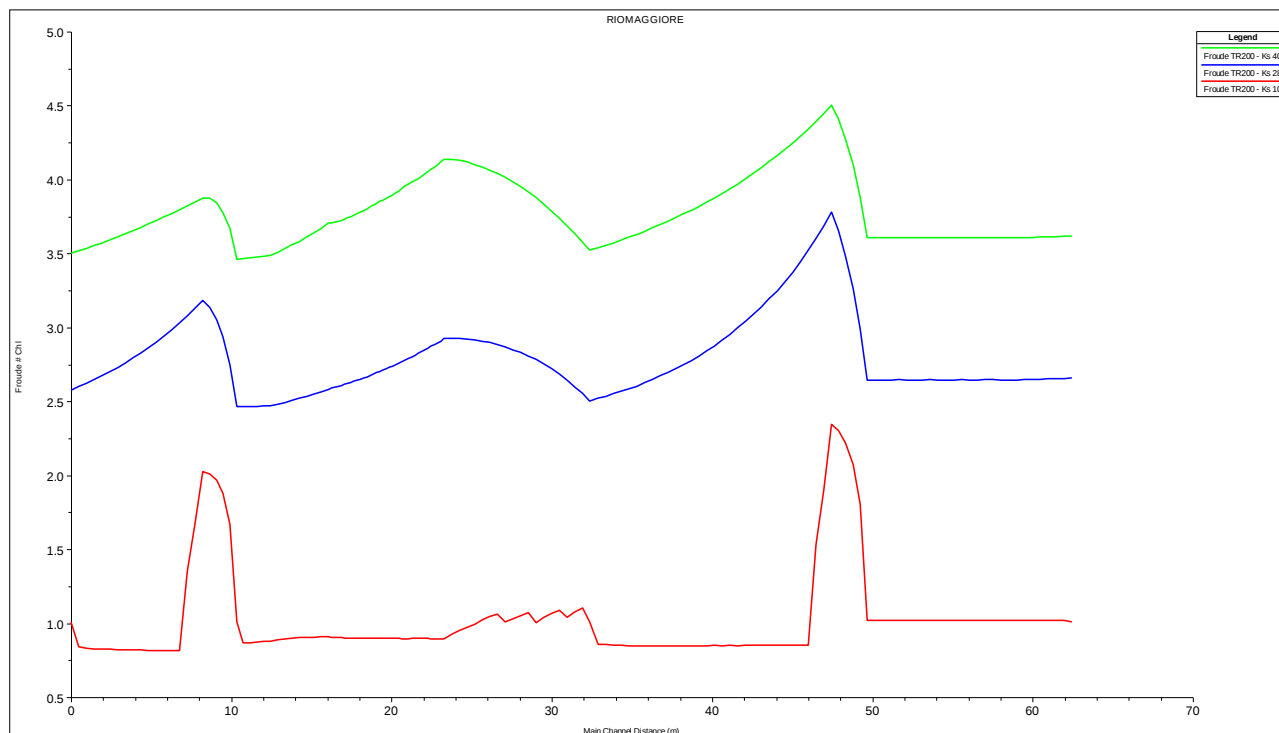


Fig. 8.2.14 – N° di Froude della corrente calcolato per i profili di moto permanente nei 3 diversi scenari di scabrezza.

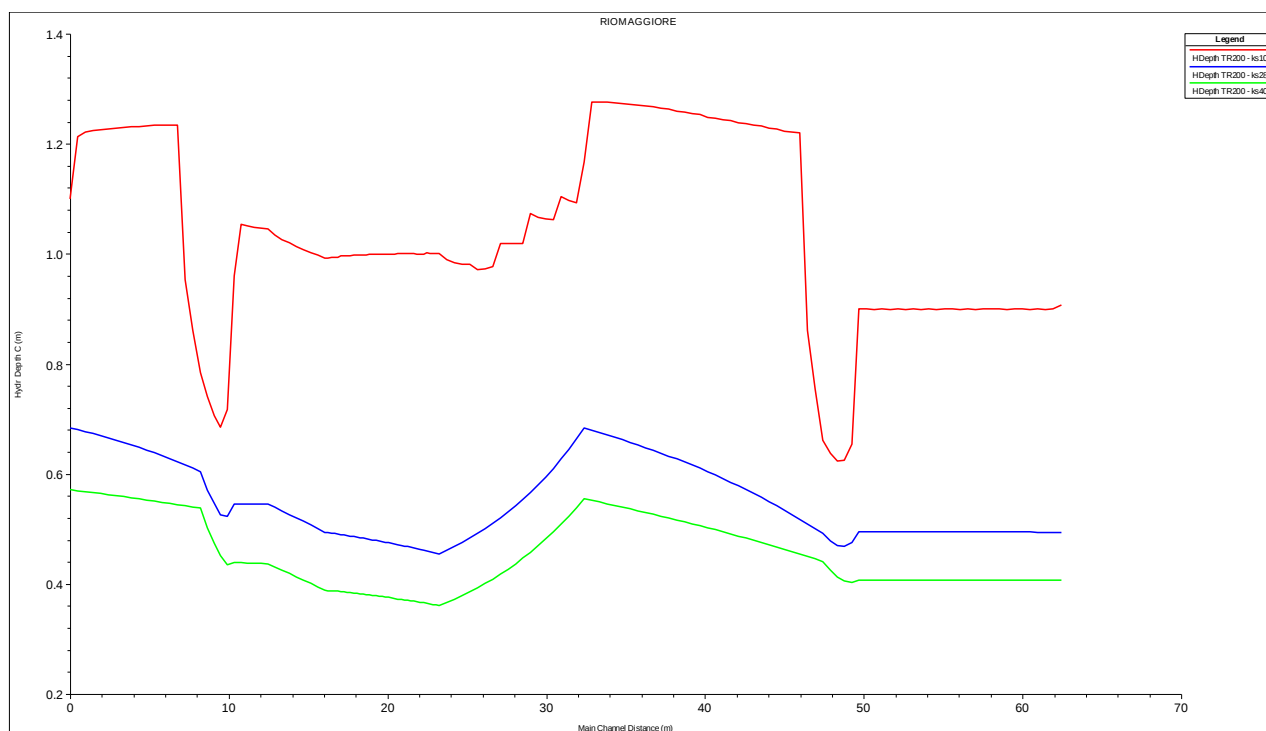


Fig. 8.2.15 – Profondità della corrente calcolata per i profili di moto permanente nei 3 diversi scenari di scabrezza.

SIMULAZIONE TR200 - KS 10													
River Station	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	ROB Elev	LOB Elev	Froude	Franco DX	Franco SX
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m)	(m)		(m)	(m)
100	TR200	33	556.04	557.18	557.18	557.64	0.112315	3	558.67	559.6	1.01	1.49	2.42
99	TR200	33	554.61	555.74	555.75	556.21	0.115684	3.03	557.24	558.17	1.02	1.5	2.43
98	TR200	33	552.37	553.12	553.63	554.94	0.686449	5.97	557.44	558.15	2.34	4.32	5.03
97	TR200	33	550.97	552.33	552.33	552.92	0.114461	3.4	556.24	556.83	1.01	3.91	4.5
96	TR200	33	550.12	551.28	551.2	551.68	0.094229	2.81	553.99	553.75	0.9	2.71	2.47
95	TR200	33	549.44	550.59	550.52	550.99	0.096832	2.83	553.99	553.75	0.91	3.4	3.16
94	TR200	33	549.09	550.25	550.16	550.65	0.085546	2.81	554.41	554.38	0.88	4.16	4.13
93	TR200	33	548.9	549.97	549.97	550.45	0.114311	3.09	554.22	554.19	1.01	4.25	4.22
92	TR200	33	546.98	547.91	548.41	549.51	0.492358	5.61	553.83	552.37	2.02	5.92	4.46
91	TR200	33	546.4	547.82	547.82	548.38	0.111124	3.31	553.25	551.79	1.01	5.43	3.97
SIMULAZIONE TR200 - KS 28													
River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	ROB Elev	LOB Elev	Froude	Franco DX	Franco SX
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m)	(m)			
100	TR200	33	556.04	556.73	557.18	558.47	0.112195	5.85	558.67	559.6	2.66	1.94	2.87
99	TR200	33	554.61	555.3	555.75	557.03	0.110628	5.82	557.24	558.17	2.64	1.94	2.87
98	TR200	33	552.37	552.93	553.63	556.44	0.234799	8.3	557.44	558.15	3.78	4.51	5.22
97	TR200	33	550.97	551.75	552.33	553.89	0.096484	6.48	556.24	556.83	2.5	4.49	5.08
96	TR200	33	550.12	550.73	551.2	552.67	0.143198	6.18	553.99	553.75	2.92	3.26	3.02
95	TR200	33	549.44	550.09	550.52	551.73	0.109463	5.68	553.99	553.75	2.58	3.9	3.66
94	TR200	33	549.09	549.71	550.16	551.37	0.096441	5.71	554.41	554.38	2.47	4.7	4.67
93	TR200	33	548.9	549.52	549.97	551.17	0.095998	5.7	554.22	554.19	2.46	4.7	4.67
92	TR200	33	546.98	547.68	548.41	550.74	0.158715	7.75	553.83	552.37	3.18	6.15	4.69
91	TR200	33	546.4	547.2	547.82	549.47	0.100985	6.67	553.25	551.79	2.58	6.05	4.59
SIMULAZIONE TR200 - KS 40													
River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	ROB Elev	LOB Elev	Froude	Franco DX	Franco SX
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m)	(m)			
100	TR200	33	556.04	556.63	557.18	559.29	0.11212	7.23	558.67	559.6	3.62	2.04	2.97
99	TR200	33	554.61	555.21	555.75	557.85	0.111361	7.21	557.24	558.17	3.61	2.03	2.96
98	TR200	33	552.37	552.87	553.63	557.34	0.174853	9.36	557.44	558.15	4.5	4.57	5.28
97	TR200	33	550.97	551.6	552.33	555.04	0.102144	8.21	556.24	556.83	3.52	4.64	5.23
96	TR200	33	550.12	550.64	551.2	553.72	0.154737	7.78	553.99	553.75	4.14	3.35	3.11
95	TR200	33	549.44	549.98	550.52	552.65	0.121712	7.23	553.99	553.75	3.7	4.01	3.77
94	TR200	33	549.09	549.59	550.16	552.24	0.104079	7.22	554.41	554.38	3.49	4.82	4.79
93	TR200	33	548.9	549.4	549.97	552.03	0.102244	7.18	554.22	554.19	3.46	4.82	4.79
92	TR200	33	546.98	547.61	548.41	551.64	0.123539	8.9	553.83	552.37	3.87	6.22	4.76
91	TR200	33	546.4	547.07	547.82	550.56	0.099325	8.29	553.25	551.79	3.5	6.18	4.72

Tab. 8.2.1 – Risultati numerici dei profili di moto permanente calcolati nel tratto oggetto di intervento nei 3 diversi scenari di scabrezza.

Le simulazioni effettuate evidenziano in maniera chiara come la nuova sistemazione del profilo e le sezioni idrauliche del nuovo ponte in progetto risultino certamente sufficienti ed efficienti nello smaltimento della portata solido-liquida di progetto, con valori del franco di sicurezza su entrambe le sponde e rispetto all'impalcato del ponte certamente cautelative ed a norma.

La corrente si propaga nel tratto quasi sempre in condizioni supercritiche ($Fr > 1$) tranne che nello scenario di scabrezza più gravoso ($ks\ 10\ m^{1/3}s^{-1}$) che evidenzia nel tratto tra il ponte e la nuova soglia a scivolo più a monte ed anche sotto il ponte stesso un passaggio localizzato a corrente lenta (seppur di poco), con $Fr < 1$ e con formazione di un leggero risalto idraulico. Questo comportamento, seppur non accentuato, potrebbe potenzialmente favorire qualche fenomeno deposizionale per riduzione della velocità della corrente.

Nei due scenari di scabrezza minore, ed in particolare quello con $Ks\ 40\ m^{1/3}s^{-1}$, i valori della velocità della corrente appaiono piuttosto elevati e quasi al limite dell'ammissibilità per garantire la piena stabilità del fondo, seppur in selciato di pietrame annegato nel calcestruzzo. Appare opportuno, quindi, utilizzare una pavimentazione del fondo non eccessivamente liscia ma che garantisca una sufficiente scabrezza atta a contenere la velocità al massimo entro i 4-5 m/s, che garantisce l'autopulizia del tratto dai sedimenti e comunque evita la formazione di comportamenti anomali

della corrente, oltre che a fenomeni di erosione localizzata.

Nel complesso comunque la condizione di sicurezza idraulica dello stato di progetto appare oggettivamente buona e la nuova struttura in progetto risulta **pienamente compatibile** dal punto di vista idraulico.

9 CONCLUSIONI

Si presentano le considerazioni geologiche di supporto ai lavori per la messa in sicurezza dell'attraversamento Rio Maggiore in loc. Salina a monte dell'abitato di Levico Terme.

Allo stato attuale l'attraversamento del corso d'acqua su via Salina avviene grazie ad una tubazione di diam <1.0 m che, in particolare durante l'evento di fine ottobre 2018, ben presto occlusa da piante e massi, è risultata insufficiente a contenere la portata del corso d'acqua.

Lo studio, volto a verificare l'assetto geologico dei luoghi, con particolare riferimento alla realizzazione delle spalle del nuovo ponte, è sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per inquadrare i problemi geologici, e meglio definire le successive scelte e verifiche progettuali.

Il modello geologico-stratigrafico locale è stato ricostruito sulla base dei sopralluoghi e dei numerosi dati esistenti per la conoide del Rio Maggiore, integrati con due sondaggi meccanici eseguiti *ad hoc* in corrispondenza delle due nuove spalle.

Sulla Carta di Sintesi Geologica-P.A.T., entrambe le spalle rientrano in area ad **elevata pericolosità geologica** (1) in ambito torrentizio mentre, sul P.G.U.A.P.-PAT, le stesse spalle rientrano in **area a rischio medio** (R2) ed **elevato** (R4). Le considerazioni in merito ai vincoli urbanistici, alla pericolosità, vulnerabilità e rischio, sono ampiamente trattate al Cap. 5, in particolare, trattandosi di un intervento su "infrastruttura comunale", è opportuno ipotizzare una variazione del valore d'uso del suolo assegnando per l'intero tratto la categoria "Strada di importanza secondaria" che determina, per l'intervento in progetto, un rischio Medio R2.

La presente relazione comprende lo studio idrologico, sedimentologico e idraulico del rio Maggiore alla sezione di chiusura in corrispondenza del ponte, con la stima della portata del corso d'acqua (solidoliquida); al Par. 8.2, infine, si riporta la verifica della sezione di progetto, e la compatibilità idraulica del nuovo ponte.

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

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

Dimaro Folgarida, settembre 2019

il relatore



ALLEGATI

Committente - Progetto

COMUNE DI LEVICO TERME

Esecuzione indagine geognostica relativa ai lavori di messa in sicurezza attraversamento Rio – Maggiore in loc. Salina a monte dell’abitato di Levico; sistemazione strada Via Salina con esecuzione di un nuovo ponte e raccordo con la viabilità esistente e opere connesse.

Oggetto

INDAGINE GEOGNOSTICA

Località

LEVICO TERME – LOC. SALINA (TN)

Data

BOLZANO, SETTEMBRE 2019

Allegato

- 1. Planimetria con ubicazione sondaggi**
- 2. Stratigrafia**
- 3. Foto cassette catalogatrici**

- **Planimetria con ubicazione sondaggi**



N
M 1:1.500

Levico - Loc.
Salina (TN)

0 20 40 60 80 100 m

- **Stratigrafia**

 SONDAGGI GEOGNOSTICI SU TERRENI E ROCCIA GEOGNOSTISCHE BOHRUNGEN IN LOCKER- UND FESTGESTEIN					COMMITTENTE: COMUNE DI LEVICO					SONDAGGIO Nr. S1/19																																							
					PROGETTO: INDAGINE GEOGNOSTICA					X=EST= 678325																																							
					LOCALITA': LEVICO - LOC. SALINA (TN)					Y=NORD= 5098461																																							
					DATA ESECUZIONE: DAL 09.09 AL 10.09.19					Z=m.s.l.m.= ---																																							
SUPERVISORE: GEOL. S. VALLE					SONDATORE: SIG. E. LUSHAKU					SCALA 1:100 Foglio 1																																							
SUPERVISORE: GEOL. S. VALLE					SONDATORE: SIG. E. LUSHAKU					TIPO DI SONDA: NENZI GELMA 2																																							
<table><thead><tr><th rowspan="4">Tipo di perforazione</th><th rowspan="4">Rivestimento</th><th rowspan="4">Spessore strato [m]</th><th rowspan="4">Profondita' m</th><th rowspan="4">Legenda</th><th rowspan="4">DESCRIZIONE LITOLOGICA</th><th rowspan="4">Lunghezza manovra m</th><th rowspan="4">TCR [%]</th><th rowspan="4">SCR [%]</th><th rowspan="4">RQD [%]</th><th colspan="6">PROVE IN SITU</th><th rowspan="4">Campioni</th><th rowspan="4">Prove in foro</th><th rowspan="4">Quota falda [m]</th><th rowspan="4">Attrezzaggio</th><th rowspan="4">NOTE ED OSSERVAZIONI</th></tr><tr><th colspan="5">Standard Penetration Test</th></tr><tr><th rowspan="2">Profondita'</th><th colspan="3">Nr. Colpi</th><th rowspan="2">N.S.P.T.</th><th rowspan="2">Tipo di punta</th></tr><tr><th>0-15 cm</th><th>15-30 cm</th><th>30-45 cm</th></tr></thead></table>															Tipo di perforazione	Rivestimento	Spessore strato [m]	Profondita' m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Lunghezza manovra m	TCR [%]	SCR [%]	RQD [%]	PROVE IN SITU						Campioni	Prove in foro	Quota falda [m]	Attrezzaggio	NOTE ED OSSERVAZIONI	Standard Penetration Test					Profondita'	Nr. Colpi			N.S.P.T.	Tipo di punta	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm
Tipo di perforazione	Rivestimento	Spessore strato [m]	Profondita' m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Lunghezza manovra m	TCR [%]	SCR [%]	RQD [%]	PROVE IN SITU															Campioni	Prove in foro	Quota falda [m]	Attrezzaggio	NOTE ED OSSERVAZIONI																				
										Standard Penetration Test																																							
										Profondita'	Nr. Colpi			N.S.P.T.																Tipo di punta																			
											0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm																																				
Carotiere semplice ø 101 mm	ø 127 mm	0.70	0.70		Terreno vegetale: Sabbia bruna ghiaiosa, debolmente ciottolosa.	1.50	100				1.50	8	13	6	19	C				Coordinate espresse con il sistema UTM WGS 84. Piezometro in PVC DN50, con pozzetto carrabile; cieco: m 0.00 ÷ 9.00 fess.: m 9.00 ÷ 18.00 9.00 18.00																													
					Ghiaia, poligenica (prevalentemente metamorfica), spigolosa e sabbia da marrone a grigia, fortemente ciottolosa.	3.00	100				3.00	37	Rif	-	-	C																																	
						4.50	100				4.50	23	27	31	58	C																																	
						6.00	100				6.00	39	Rif	-	-	C																																	
						7.50	100				7.50	27	30	34	64	C																																	
						9.00	100				9.00	36	Rif	-	-	C																																	
		9.00	9.70			10.50	100				10.50	14	19	24	43	C																																	
					Ghiaia, poligenica (prev. metamorfica), spigolosa e sabbia marrone, da debolmente limosa a limosa, ciottolosa.	12.00	100				12.00	18	21	24	45	C																																	
						13.50	100				13.50	11	18	22	40	C																																	
						15.00	100				15.00	40	Rif	-	-	C																																	
						16.50	100				16.50	18	25	29	49	C																																	
						18.00	100																																										
		18.00	18.00																																														
		8.30	18.00		F.F. m 18.00																																												
																																																	
																																																	
				30																																													

ORDINE DEI GEOLOGI
GEOLOGENKAMMER
TRENTINO - ALTO ADIGE / SÜDTIROL
BOT. GEOL.
N. 227 STEFANO VALLE



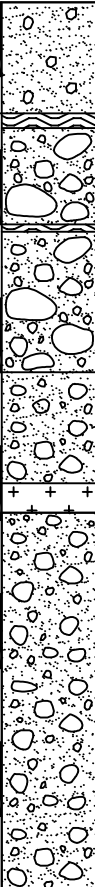
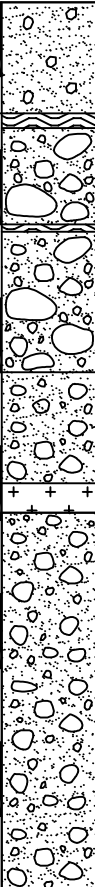
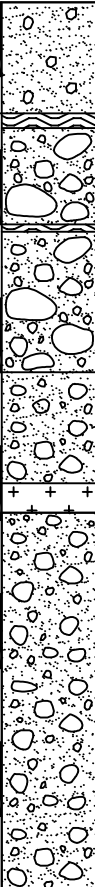
ELABORATO DA

IL DIRETTORE

DR. S. VALLE

DR. S. VALLE

CERTIFICATO NR. S0159-19 11.09.2019

 SONDAGGI GEOGNOSTICI SU TERRENI E ROCCIA GEOGNOSTISCHE BOHRUNGEN IN LOCKER- UND FESTGESTEIN COMMITTENTE: COMUNE DI LEVICO PROGETTO: INDAGINE GEOGNOSTICA LOCALITA': LEVICO – LOC. SALINA (TN) DATA ESECUZIONE: DAL 09.09 AL 10.09.19 SONDAGGIO Nr. S2/19 X=EST= 678319 Y=NORD= 5098442 Z=m.s.l.m.= --- SCALA 1:100 Foglio 1 <tr><td colspan="5">SUPERVISORE: GEOL. S. VALLE</td><td colspan="5">SONDATORE: SIG. E. LUSHAKU</td><td colspan="5">TIPO DI SONDA: NENZI GELMA 2</td></tr> <tr><td colspan="1" rowspan="4">Tipo di perforazione</td><td colspan="1" rowspan="4">Rivestimento</td><td colspan="1" rowspan="4">Spessore strato [m]</td><td colspan="1" rowspan="4">Profondita' m</td><td colspan="1" rowspan="4">Legenda</td><td colspan="1" rowspan="4">DESCRIZIONE LITOLOGICA</td><td colspan="1" rowspan="4">Lunghezza manovra m</td><td colspan="1" rowspan="4">TCR [%]</td><td colspan="1" rowspan="4">SCR [%]</td><td colspan="1" rowspan="4">RQD [%]</td><td colspan="6">PROVE IN SITU</td><td colspan="1" rowspan="4">Quota falda [m]</td><td colspan="1" rowspan="4">Attrezzaggio</td><td colspan="1" rowspan="4">NOTE ED OSSERVAZIONI</td></tr> <tr><td colspan="5" rowspan="3">Standard Penetration Test</td></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr><td colspan="1" rowspan="3">Profondita'</td><td colspan="3">Nr. Colpi</td><td colspan="1" rowspan="3">NSPT</td><td colspan="1" rowspan="3">Tipo di punta</td><td colspan="1" rowspan="3">Campioni</td><td colspan="1" rowspan="3">Prove in foro</td></tr> <tr><td colspan="1" rowspan="2">0-15 cm</td><td colspan="1" rowspan="2">15-30 cm</td><td colspan="1" rowspan="2">30-45 cm</td></tr> <tr></tr> <tr><td colspan="1" rowspan="12">Carotiere semplice ø 101 mm</td><td colspan="1" rowspan="12">ø 127 mm</td><td colspan="1" rowspan="12">7.00</td><td colspan="1" rowspan="12">12.00</td><td colspan="1" rowspan="12"></td><td colspan="1" rowspan="12">m 0.00 – 0.10 Asfalto m 0.10 – 1.50 Terreno di riporto: Sabbia marrone, ghiaiosa.</td><td colspan="1" rowspan="12">1.50</td><td colspan="1" rowspan="12">100</td><td colspan="1" rowspan="12"></td><td colspan="1" rowspan="12"></td><td colspan="1" rowspan="12"></td><td colspan="1" rowspan="12">1.50</td><td colspan="1" rowspan="12">11</td><td colspan="1" rowspan="12">Rif</td><td colspan="1" rowspan="12">-</td><td colspan="1" rowspan="12">-</td><td colspan="1" rowspan="12">C</td><td colspan="1" rowspan="12"></td><td colspan="1" rowspan="12"></td><td colspan="1" rowspan="12">Coordinate espresse con il sistema UTM WGS 84.</td></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr> <tr></tr>					SUPERVISORE: GEOL. S. VALLE					SONDATORE: SIG. E. LUSHAKU					TIPO DI SONDA: NENZI GELMA 2					Tipo di perforazione	Rivestimento	Spessore strato [m]	Profondita' m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Lunghezza manovra m	TCR [%]	SCR [%]	RQD [%]	PROVE IN SITU						Quota falda [m]	Attrezzaggio	NOTE ED OSSERVAZIONI	Standard Penetration Test					Profondita'	Nr. Colpi			NSPT	Tipo di punta	Campioni	Prove in foro	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm	Carotiere semplice ø 101 mm	ø 127 mm	7.00	12.00		m 0.00 – 0.10 Asfalto m 0.10 – 1.50 Terreno di riporto: Sabbia marrone, ghiaiosa.	1.50	100				1.50	11	Rif	-	-	C			Coordinate espresse con il sistema UTM WGS 84.
SUPERVISORE: GEOL. S. VALLE					SONDATORE: SIG. E. LUSHAKU					TIPO DI SONDA: NENZI GELMA 2																																																																
Tipo di perforazione	Rivestimento	Spessore strato [m]	Profondita' m	Legenda	DESCRIZIONE LITOLOGICA	Lunghezza manovra m	TCR [%]	SCR [%]	RQD [%]	PROVE IN SITU						Quota falda [m]	Attrezzaggio	NOTE ED OSSERVAZIONI																																																								
										Standard Penetration Test																																																																
Profondita'	Nr. Colpi			NSPT	Tipo di punta	Campioni	Prove in foro																																																																			
	0-15 cm	15-30 cm	30-45 cm																																																																							
Carotiere semplice ø 101 mm	ø 127 mm	7.00	12.00		m 0.00 – 0.10 Asfalto m 0.10 – 1.50 Terreno di riporto: Sabbia marrone, ghiaiosa.	1.50	100				1.50	11	Rif	-	-	C			Coordinate espresse con il sistema UTM WGS 84.																																																							

- **Foto cassette catalogatrici**

Sondaggio/Bohrung: S1/19 - Levico - Loc. Salina (TN)
Box 1 - m 0.00 ÷ m 5.00



Sondaggio/Bohrung: S1/19 - Levico - Loc. Salina (TN)
Box 2 - m 5.00 ÷ m 10.00



Sondaggio/Bohrung: S1/19 - Levico - Loc. Salina (TN)
Box 3 - m 10.00 ÷ m 15.00



Sondaggio/Bohrung: S1/19 - Levico - Loc. Salina (TN)
Box 4 - m 15.00 ÷ m 18.00



Sondaggio/Bohrung: S2/19 - Levico - Loc. Salina (TN)
Box 1 - m 0.00 ÷ m 5.00



Sondaggio/Bohrung: S2/19 - Levico - Loc. Salina (TN)
Box 2 - m 5.00 ÷ m 10.00



Sondaggio/Bohrung: S2/19 - Levico - Loc. Salina (TN)
Box 3 - m 10.00 ÷ m 12.00

