

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

Dot. Paolo Cucino
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"

RELAZIONE

09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA

D - OPERA DI SCARICO ALL'ISARCO DELL'AREA DI FORCH E SISTEMAZIONE DI VERSANTE

Relazione idrologica e idraulica

| | | |
|--------------------------|--|--------|
| APPALTATORE | | SCALA: |
| IL DIRETTORE TECNICO | | - |

| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. |
|----------|-------|------|------|-----------|------------------|--------|------|
| I B O U | 1 B | E | Z Z | R I | I D 2 0 0 0 | 0 0 1 | B |

| Rev | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|-----|---|---------|------------|--------------|------------|-------------------------|------------|--|
| A | Emissione a seguito di RdV 138 | S. Lera | 18/07/2022 | C. Andreocci | 19/07/2022 | D. Buttafoco (Dolomiti) | 20/07/2022 | IL PROGETTISTA P. Cucino |
| B | Emissione a seguito di istruttorie e interlocuzioni | S. Lera | 17/02/2023 | C. Andreocci | 20/02/2023 | D. Buttafoco (Dolomiti) | 27/02/2023 | |
| | | | | | | | | 09/03/2023 Dot. Paolo Cucino ISCRIZIONE ALBO N° 2216 |

File: IB0U1BEZZRHID200001B.docx

n. Elab.: X

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 2 di 41 |

SOMMARIO

| | |
|--|-----------|
| 1. PREMESSA..... | 3 |
| 2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO..... | 3 |
| 3. PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI | 4 |
| 4. INQUADRAMENTO GENERALE..... | 5 |
| 5. STATO DEI LUOGHI | 8 |
| 6. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO | 18 |
| 7. METODOLOGIA DI CALCOLO | 22 |
| 7.1 IL MODELLO CINEMATICO..... | 23 |
| 7.2 CALCOLO DELLA PIOGGIA DI PROGETTO..... | 25 |
| 7.3 STIMA DELLE PORTATE AFFERENTI AL SISTEMA | 26 |
| 8. BACINI DRENANTI..... | 27 |
| 9. VERIFICHE IDRAULICHE | 30 |
| 9.1 VERIFICA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO..... | 33 |
| 9.2 VERIFICA A TRASCINAMENTO DEL RIVESTIMENTO..... | 33 |
| 10. COMPATIBILITÀ IDRAULICA..... | 35 |
| 10.1 COERENZA CON IL D.P.P. 23/2019 | 35 |
| 10.2 P.G.R.A..... | 35 |
| 11. ESPROPRI | 37 |
| ALLEGATO..... | 38 |

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 3 di 41 |

1. PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la progettazione esecutiva dei lavori di realizzazione del Lotto 1 del quadruplicamento della linea ferroviaria Fortezza-Verona nella tratta "Fortezza – Ponte Gardena".

L'area oggetto di studio è ubicata nel territorio della Provincia Autonoma di Bolzano; il tracciato ferroviario di progetto si sviluppa tra l'abitato di Fortezza (porzione settentrionale della tratta), e l'abitato di Ponte Gardena (porzione meridionale della tratta). Le principali opere previste sono la galleria Scaleres (doppia canna, circa 15 km di lunghezza), in destra idrografica Isarco e la galleria Gardena (doppia canna, circa 6 km di lunghezza), in sinistra idrografica. Le due gallerie sono collegate da un viadotto (circa 200 m) che attraversa la val d'Isarco in prossimità della confluenza con la val di Funes.

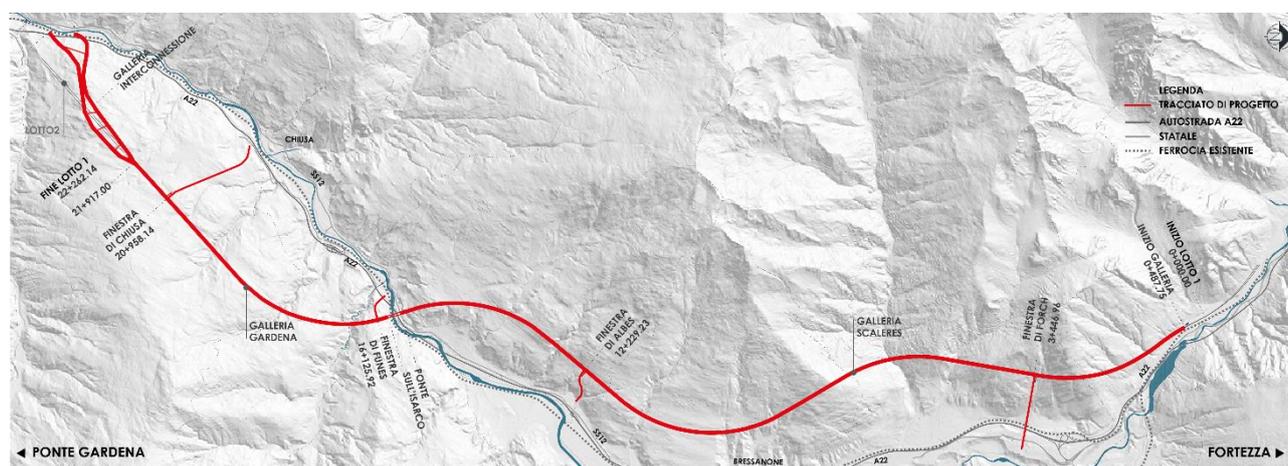


Fig. 1 – Panoramica degli interventi in progetto

Il progetto prevede inoltre le gallerie relative alle finestre di Forch (circa 1.3 km), Albes (circa 0.7 km), Funes (circa 0.5 km) e Chiusa (circa 1.8 km) e le gallerie di interconnessione di Ponte Gardena (Binario Pari circa 2.3 km, Binario Dispari circa 3.1 km). In Fig. 1 è riportato l'inquadramento geografico del tracciato di progetto.

La presente relazione, dopo una breve descrizione dell'area di intervento, tratterà della progettazione delle opere di scarico delle acque in arrivo nel piazzale di Forch nel fiume Isarco.

2. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- [1] IBOU1BEZZBZID2000001C – Planimetria;
- [2] IBOU1BEZZP7ID2000001A – Corografi dei bacini drenanti (ID200, NV032, RI031);
- [3] IBOU1BEZZBZID2000002B – Profilo longitudinale;

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 4 di 41 |

- [4] IBOU1BEZZBZID2000003B – Sezioni trasversali – tav.1
- [5] IBOU1BEZZBZID2000004B – Sezioni trasversali – tav.2
- [6] IBOU1BEZZBZID2000005B – Sezioni trasversali – tav.3
- [7] IBOU1BEZZBZID2000006B – Sezioni trasversali – tav.4
- [8] IBOU1BEZZBZID2000007B – Particolari costruttivi;
- [9] IBOU1BEZZRIID2000001B - Relazione idrologica e idraulica;
- [10] IBOU1BEZZCLID2000001B - Relazione di calcolo strutturale.

3. PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI

- [11] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: "Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni", G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- [12] "Linee guida per la progettazione di reti fognarie - Specifica Tecnica"; Italferr, Luglio 2011 – (Doc. G09009961).
- [13] Decreto del Presidente della Provincia, 21 gennaio 2008, n. 6 - "Regolamento di esecuzione alla legge provinciale del 18 giugno 2002, n. 8 recante «Disposizioni sulle acque» in materia di tutela delle acque" (CAPO IV ACQUE METEORICHE E DI LAVAGGIO DI AREE ESTERNE, art. 37 - art. 47) – Provincia autonoma di Bolzano – Alto Adige;
- [14] Manuale di progettazione ferroviaria.
- [15] Deliberazione della Giunta Provinciale 20 giugno 2011, Nr. 974 "Linee guida sulle caratteristiche di qualità dell'acqua, la vigilanza e la gestione delle piscine naturali".
- [16] Deliberazione della Giunta Provinciale 8 giugno 2009, Nr. 1453 "Caratterizzazione, ovvero tipizzazione e individuazione, dei corpi idrici superficiali e identificazione dei siti di riferimento nella Provincia Autonoma di Bolzano".
- [17] Decreto del Presidente della Provincia 21 gennaio 2008, n. 6 contenente il regolamento di esecuzione alla legge provinciale del 18 giugno 2002, n. 8 recante «Disposizioni sulle acque» in materia di tutela delle acque.
- [18] Legge provinciale 18 giugno 2002, n. 8 "Disposizioni sulle acque"
- [19] Legge provinciale 11 giugno 1975, n. 29 "Norme per la tutela dei bacini d'acqua"
- [20] Provincia di Bolzano, ripartizione 29 – "Linee guida per la gestione sostenibile delle acque meteoriche".

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. | <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 5 di 41 |

4. INQUADRAMENTO GENERALE

L'area di studio oggetto del presente documento ricade integralmente all'interno del bacino idrografico del Fiume Isarco, per il quale l'Autorità competente in materia di pianificazione idraulica è la Provincia Autonoma di Bolzano, nella fattispecie l'Agenzia per la Protezione Civile provinciale. Il Fiume Isarco è il principale affluente in sinistra orografica del Fiume Adige nel territorio della provincia di Bolzano, sia per lunghezza che per le dimensioni del bacino imbrifero sotteso, ed occupa la parte orientale del territorio provinciale.



Fig. 2 – Vista aerea dell'area di indagine, si riconosce agevolmente l'areale della stazione ferroviaria di Ponte Gardena / Barbiano.

Il Fiume Isarco ha una lunghezza di 95 km ed il suo bacino imbrifero si estende su un'area di ca. 4.200 km². Il fiume nasce nelle vicinanze del Brennero ad un'altitudine di ca. 2.000 m e sfocia nell'Adige a valle di Bolzano ad un'altitudine di 235 m. Il massimo rilievo del suo bacino imbrifero è il Gran Pilastro con un'altitudine di 3.509 m. Gli affluenti più importanti dell'Isarco sono il Rio Fleres, il Rio di Vizze, il Rio Ridanna, la Rienza, il Rio di Funes, il Rio Gardena, il Rio Tires, il Torrente Ega e il torrente Talvera. La composizione geologica della Val d'Isarco è caratterizzata nella parte settentrionale da Austroalpino e dal basamento cristallino e relative coperture della finestra dei Tauri. A valle di Mules affiora il granito di Bressanone e nella zona attorno a Bressanone dominano la fillade quarzifera di Bressanone e i depositi quaternari. Nella parte meridionale della valle dominano diverse rocce del gruppo vulcanico atesino. Il territorio circostante all'Isarco superiore viene utilizzato per l'agricoltura, invece la parte inferiore del corso d'acqua scorre in una valle stretta, che viene

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 6 di 41 |

occupata in gran parte dalla Strada Statale SS12 del Brennero, dall'autostrada A22 ed dalla ferrovia del Brennero. Come località principali lungo l'Isarco sono da elencare Vipiteno, Bressanone, Chiusa, Ponte Gardena e Bolzano. Le loro acque reflue arrivano agli impianti di depurazione della Alta Val d'Isarco, di Bressanone, Bassa Val d'Isarco e Bolzano. Il giudizio biologico complessivo dell'Isarco soddisfa per tutta la sua lunghezza una seconda classe di qualità, ad eccezione del tratto a monte di Colle Isarco, che ottiene una prima classe e del tratto a monte di Ponte Gardena che raggiunge solo una terza classe.

Il primo tratto di interazione con la nuova linea ferroviaria è rappresentato dall'interconnessione di Fortezza (BZ) ad una quota di 745 m s.l.m., in corrispondenza della quale il bacino imbrifero sotteso è di ca. 660 Km² con una lunghezza dell'asta principale di 39 Km ed un dislivello di 800 m dalla sorgente, posta ad una quota di 2.025 m s.l.m.. Il tratto dell'interconnessione di Ponte Gardena invece costeggia il Fiume Isarco per ca. 2 Km con quote comprese tra 480 e 465 m s.l.m.. ed il bacino sotteso a monte della confluenza con il Rio Gardena è di 3.200 Km² per una lunghezza dell'asta di ca. 58,5 Km. Nel tratto di competenza il Fiume Isarco è solcato da due ponti, il primo (codice BN843) in c.a. illustrato in Fig. 3 lungo via Isarco ed il secondo (BN842) a servizio della strada per la Val Gardena.



Fig. 3 – Il ponte lungo via Isarco a Ponte Gardena (BZ).

Il Fiume Isarco è influenzato da impatti attualmente persistenti che generano un flusso d'acqua intermittente causato dalle centrali idroelettriche e dalle interruzioni del flusso (dighe a Fortezza, Chiusa e Ponte Gardena). L'acqua dell'Isarco viene derivata in diversi tratti per scopi idroelettrici. Subito a valle del vecchio ponte in c.a. è presente in destra orografica la restituzione della centrale di Ponte Gardena / Barbiano (GS/58) che scarica nel fiume le portate derivate dalla presa di Funes, con una portata massima concessionata di 100 m³/s. Al margine meridionale dell'area di studio in località Colma è inoltre presente la grande traversa idroelettrica a servizio dell'impianto di Cardano (GS/57) che può derivare da concessione una portata massima di 90 m³/s in base ai dati ufficiali del gestore, la società ALPERIA Greenpower S.p.a..

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. | <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 7 di 41 |

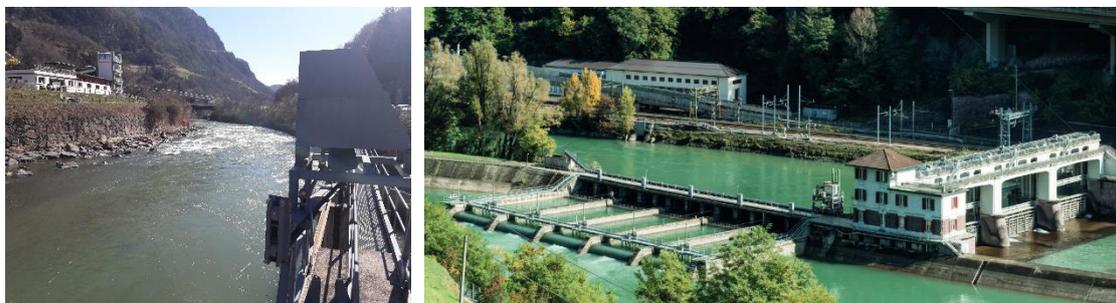


Fig. 4 – La restituzione dell’impianto di Barbiano / Ponte Gardena e l’opera di presa di Colma (BZ).

Il versante esposto a Est che dal Monte del Bersaglio (quota di 1967 m s.l.m.) raggiunge il lago di Varna si trova in idrografica destra rispetto alla Val d’Isarco. Tale versante è caratterizzato da pendenze elevate, presenta una copertura fittamente boscata e una disponibilità di detrito il quale raggiunge anche diametri dell’ordine di alcuni metri. Dal punto di vista geologico il versante è costituito principalmente dal Fillade di Steinach, alle quote superiori si evidenzia la presenza di aree caratterizzate da detriti di falda e copertura eluviale. Gli apporti del del torrente che corre sullo stesso versante in idrografica destra rispetto al lago di Varna, lungo la Feuchttal, hanno generato una conoide di deiezione. Ai piedi del versante è presente una conoide di deiezione originata dagli apporti del torrente che corre lungo la Feuchttal in idrografica destra rispetto al lago di Varna. Nel fondovalle terrazzi alluvionali caratterizzano la zona Forch.



Fig. 5 – Estratto Carta delle pendenze – zona Varna/Forch.

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 8 di 41 |

5. STATO DEI LUOGHI

L'area del piazzale di Forch, che ospita la viabilità di accesso alla finestra NV032 e l'omonimo deposito, si trova alla quota di progetto di 690.10 m slm.

Il recapito delle acque di drenaggio provenienti dal versante e dalla viabilità che arrivano sul piazzale è costituito dal fiume Isarco che scorre adiacente. La quota della sponda del fiume in corrispondenza della zona di interesse risulta essere pari a 611 m slm circa.

Si riporta a seguire una collezione fotografica per dare evidenza dello stato dei luoghi interessati dall'intervento.

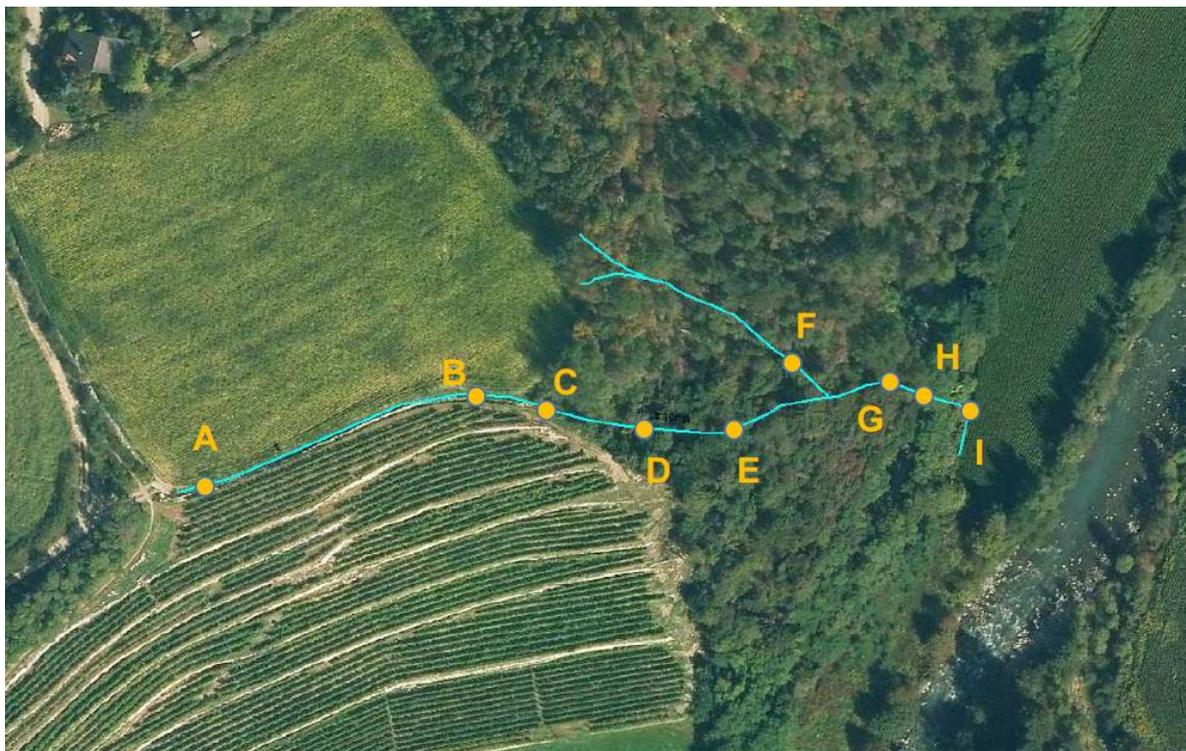


Fig. 6 – Stralcio planimetrico tracciato del sopralluogo effettuato

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. | <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 9 di 41 |

A



Fig. 7 – Punto di vista A

Il fossato nasce al margine sud del campo coltivato, corre a ridosso del muro a secco ed è sostanzialmente un piccolo selciatoone. Drena i deflussi superficiali del campo, in modo da intercettarli senza farli degradare sui sottostanti terrazzamenti a vite.

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 10 di 41 |

B



Fig. 8 – Punto di vista B

Il selciato risulta evidente e di sezione indicativa 0,8 x 0,9 m nel tratto terminale del piano prima del cambio di pendenza.

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. | <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 11 di 41 |

C



Fig. 9 – Punto di vista C

Il tratto di testa dopo il cambio di pendenza è colmo di materiale di grossa pezzatura e di legname. Dopo il cambio di pendenza sono evidenti segni di erosione profonda a centri alveo.

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. | <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 12 di 41 |

D



Fig. 10 – Punto di vista D

Vi sono tracce evidenti di vecchie sistemazioni d'alveo e di sponda, ormai non più efficienti. Erosione laterale diffusa e versanti instabili.

| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
|---|---|----------|-----------|----------|-----------|------|---------|------|-------|----|-----------|---|----------|
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | | | | | | | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0U</td> <td>1BEZZ</td> <td>RI</td> <td>ID2000001</td> <td>A</td> <td>13 di 41</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. | IB0U | 1BEZZ | RI | ID2000001 | A | 13 di 41 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. | | | | | | | | |
| IB0U | 1BEZZ | RI | ID2000001 | A | 13 di 41 | | | | | | | | |

E



Fig. 11 – Punto di vista E

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. | <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 14 di 41 |

F



Fig. 12 – Punto di vista F

Lungo il ramo laterale in sinistra orografica vi è una evidente nicchia da scivolamento, verosimilmente il materiale mobilizzato da qui si sarà diretto in basso a monte della strada.

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. | <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 15 di 41 |

G



Fig. 13 – Punto di vista G

È presente una struttura in calcestruzzo interrata (potrebbe trattarsi di una vecchia captazione). Pochi metri sotto si intravede un vecchio canale all'interno del quale scorre acqua.

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. | <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 16 di 41 |

H

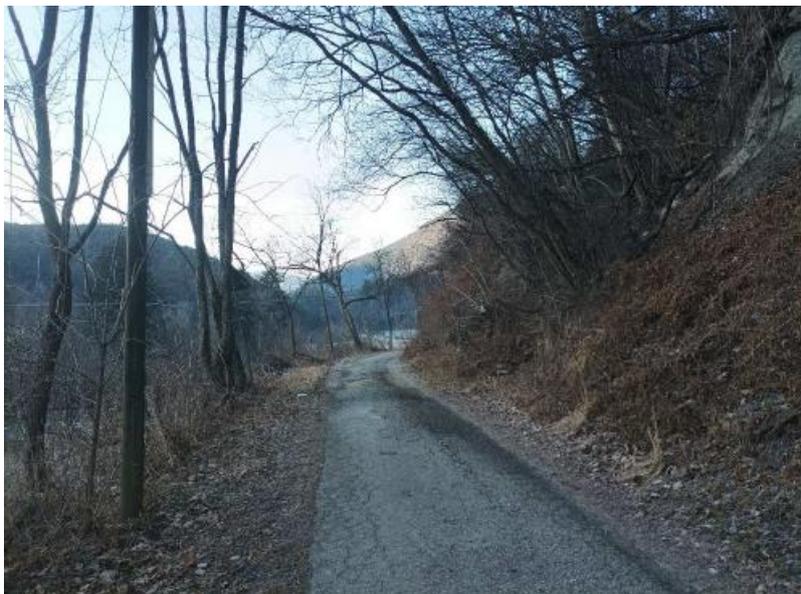


Fig. 14 – Punto di vista H

A monte della strada è presente un'evidente deposito che biforca il canale. Nel ramo in sinistra orografica vi è un evidente scavamento. Ci sono diversi tubi in plastica e ferro. Al piede della scarpata è presente un pozzetto presidiato da una griglia parzialmente intasata, non ispezionabile, all'interno della quale vi è probabilmente un tubo che sottopassa la strada.

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 17 di 41 |

I



Fig. 15 – Punto di vista I

Il fossato di scarico al piede della scarpata non arriva al Fiume Isarco e/o l'eventuale intubamento non è visibile / non è stato rinvenuto.

| | | | | | | |
|----------------------------------|--|-------|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| Mandataria: | Mandanti: | | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione idrologica e idraulica | IBOU | 1BEZZ | RI | ID2000001 | A | 18 di 41 |

6. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

Le opere di scarico in progetto hanno l'obiettivo di raccogliere le portate meteoriche drenate sul piazzale di Forch dalla viabilità NV032 e dal deposito RI031 e convogliarle al ricettore finale costituito dal fiume Isarco.

Data la conformazione morfologica della zona di intervento, è necessario superare un dislivello altimetrico di circa 80 m per recapitare le suddette portate all'Isarco.

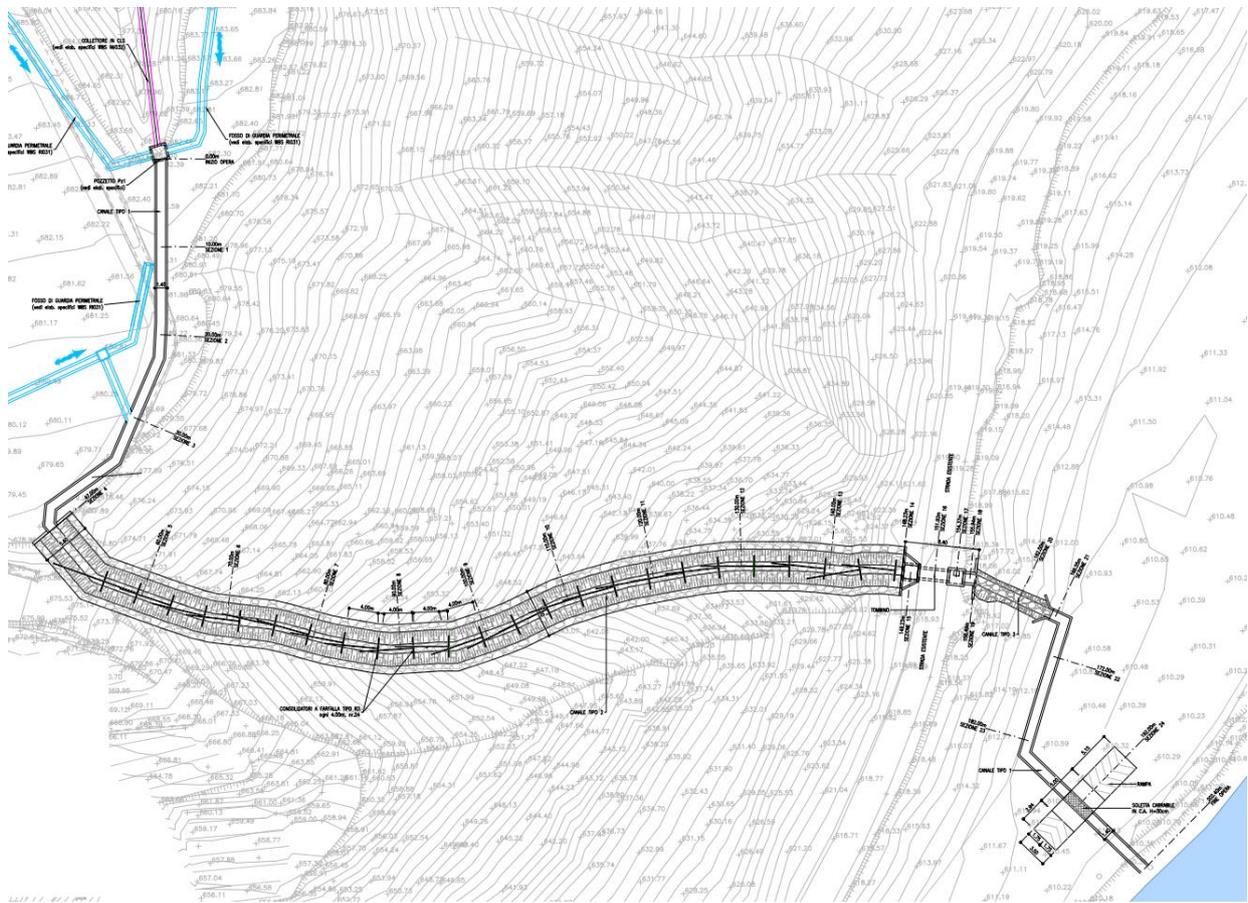


Fig. 16 – Starcio planimetrico della planimetria di progetto

L'intervento ha inizio nel pozzetto Pz1, dove convogliano le portate drenate da NV032 e dal deposito RI031. Da questo pozzetto le acque vengono condotte in un canale in cls di dimensioni 1m x 0.5m (bxh) che scorre a cielo aperto lungo il ciglio della scarpata fino ad immettere le portate in un impluvio naturale esistente che scorre lungo tutto il versante.

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 19 di 41 |

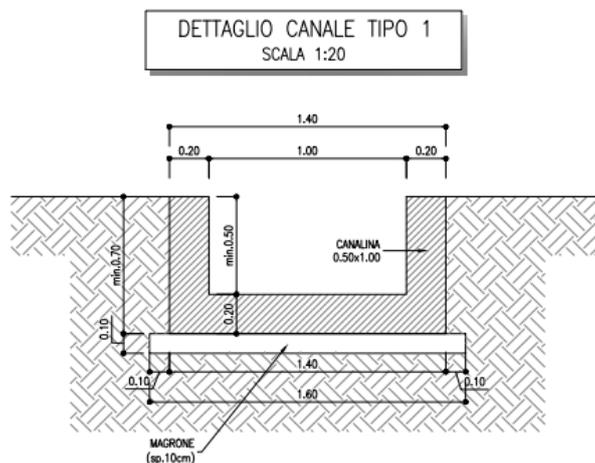


Fig. 17 – Dettaglio canale in cls 1m x 0.5m

Al fine di evitare fenomeni di dissesto ed erosione al versante da attraversare, che già appare scosceso, il progetto esecutivo prevede un intervento di consolidamento della scarpata lungo l'incisione esistente.

Risulta quindi necessario intervenire sulla porzione di versante, che non appare del tutto stabile, attraverso delle opere di sistemazione e di consolidamento attraverso le quali è possibile incrementare il livello di sicurezza nei confronti di possibili ulteriori movimenti del materiale instabile presente.

Vista la tipologia di dissesto manifestatosi si è deciso di intervenire attraverso il posizionamento di una struttura di protezione di contenimento lineare di singoli elementi, costituiti da un paramento frontale di rete, da una struttura di travi metalliche collegate a croce di S.Andrea e da uno snodo centrale che unisce il paramento ad un elemento di ancoraggio. L'elemento viene denominato consolidatore a farfalla.

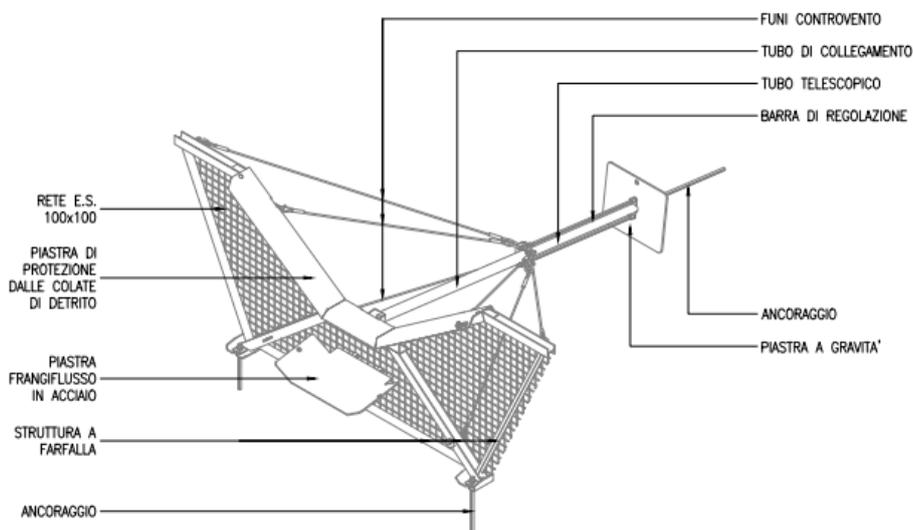


Fig. 18 – Schema di consolidatore a farfalla

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 20 di 41 |



Fig. 19 – Esempio di sistemazione con consolidatore a farfalla

Scendendo lungo il versante si incontra una viabilità secondaria, che si trova a 55 m circa al di sotto del ciglio superiore della scarpata. La viabilità viene attraversata mediante un tombino in cls di dimensioni 1m x 1.50m (bxh). In particolare, le portate provenienti dal versante consolidato vengono inviate all'interno di un pozzetto in cls di dimensioni pari a 1.5m x 1.5m (bxh).

L'ingresso delle portate nel pozzetto è consentito dalla presenza di un grigliato di tipo "orsogrill" o similare.

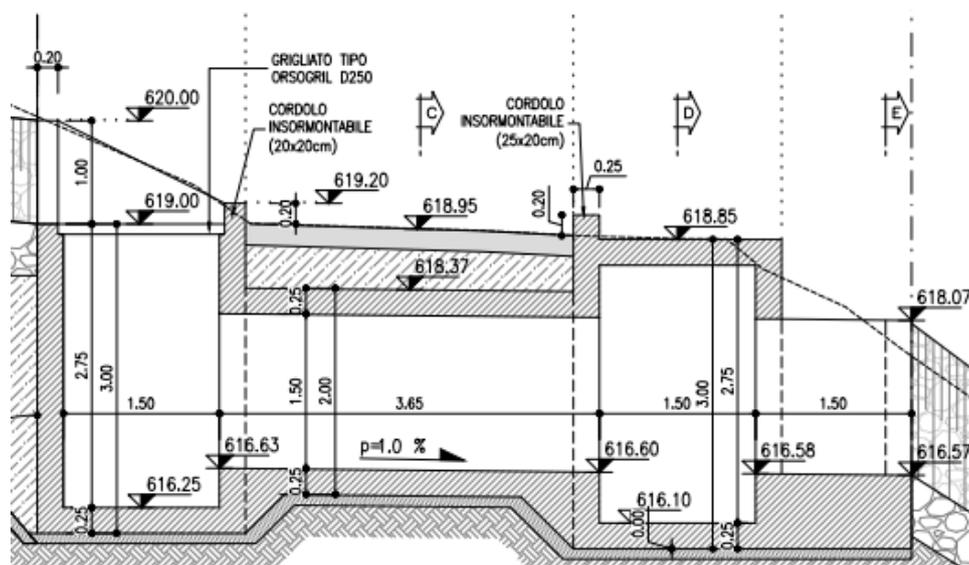


Fig. 20 – Sezione in corrispondenza del tombino di attraversamento della viabilità

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 21 di 41 |

Dopo aver attraversato la viabilità, le portate vengono immesse in un fosso trapezoidale rivestito in pietrame avente dimensioni 1m x 1m, con scarpate 2:3.

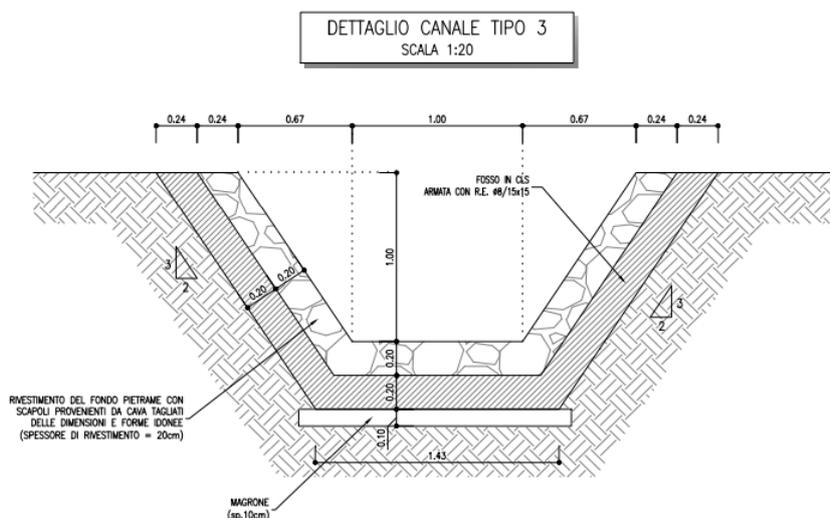


Fig. 21 – Fosso trapezoidale rivestito in pietrame

Il fosso rivestito consente di superare l'ultimo dislivello altimetrico, convogliando le portate di scarico in un canale in cls di dimensioni 1m x 0.5m (bxh) che scorre a cielo aperto (vedi fig. 17). Il canale a cielo aperto percorre un primo tratto lungo il piede della scarpata per poi attraversare e recapitare nel fiume Isarco.

L'attraversamento del canale a cielo aperto rappresenta un'ostacolo al proprietario del terreno, ostacolando il transito all'interno della stessa proprietà. Per consentire l'attraversamento della particella, il progetto prevede la realizzazione di una soletta carrabile in c.a. di spessore 30 cm a copertura del canale a cielo aperto, per un tratto di 3.50 m (larghezza sufficiente al transito di un trattore).

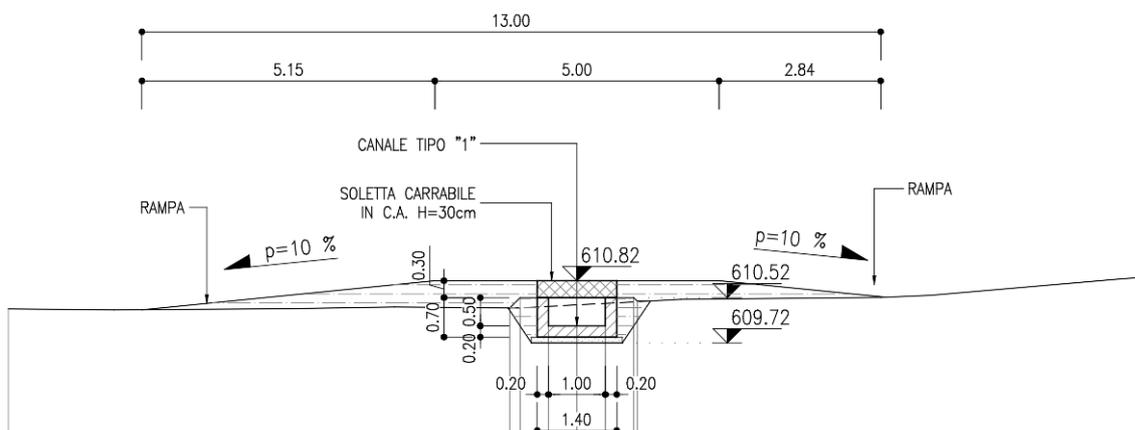


Fig. 22 – Soletta carrabile di copertura - Sezione

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 23 di 41 |

7.1 IL MODELLO CINEMATICO

Il modello cinematico o della corrivazione si basa sulle seguenti ipotesi:

- la formazione della piena è dovuta unicamente ad un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dalla posizione del punto in cui è caduta;
- la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna di esse scorre indipendentemente dalle altre;
- la portata defluente si ottiene sommando tra loro le portate elementari, provenienti dalle singole aree del bacino, che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura (funzionamento sincrono).

Ne consegue che esiste un tempo di concentrazione τ_c caratteristico del bacino che rappresenta il tempo necessario perché la goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura; si può dimostrare che la portata massima al colmo nella sezione di chiusura del bacino si ottiene per piogge di durata pari proprio al tempo τ_c , nell'ipotesi che la curva aree - tempi sia lineare e che la pioggia sia uniformemente distribuita nel tempo e nello spazio.

La determinazione dell'intensità di pioggia i è subordinata al calcolo del tempo di concentrazione del bacino ed alla ricerca dei dati idrologici relativi all'area in esame. Per una fognatura urbana il tempo di corrivazione τ_c può essere determinato facendo riferimento al percorso idraulico più lungo della rete fognaria fino alla sezione di chiusura considerata e risulta dalla somma di due termini:

$$\tau_c = t_a + t_r$$

dove:

- t_a = tempo di accesso alla rete;
- t_r = tempo di rete.

Il tempo di accesso è sempre di incerta determinazione, variando con la pendenza dell'area, la sua natura, le caratteristiche pluviometriche ed il livello di realizzazione dei drenaggi.

Un modello comunemente usato nell'ambito dei drenaggi urbani per la stima del tempo di accesso t_{ai} alla rete relativo all' i -esimo sottobacino drenato, è quello del "condotto equivalente", che utilizza la seguente equazione (AA.VV. – *Sistemi di fognatura. Manuale di progettazione – Centro studi deflussi urbani – Ed. Hoepli*):

$$t_{ai} = \left(\frac{3600^{\frac{n-1}{4}} \cdot 120 \cdot S_i^{0.30}}{S_i^{0.375} \cdot (a \cdot \varphi_i)^{0.25}} \right)^{\frac{4}{n+3}}$$

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTAZIONE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 24 di 41 |

in cui:

- t_{ai} = tempo d'accesso dell'i-esimo sottobacino (s);
- s_i = pendenza media dell'i-esimo sottobacino (m/m);
- S_i = superficie dell'i-esimo sottobacino;
- φ_i = coefficiente d'afflusso dell'i-esimo sottobacino;
- a, n = parametri della curva di possibilità pluviometrica ragguagliata, essendo a espresso in (mm/hⁿ), mentre n un numero puro.

Per il dimensionamento dei fossi di guardia che sottendono bacini imbriferi caratterizzabili come versanti planari, senza impluvi o fossi di incisione distinguibili morfologicamente, per il calcolo del tempo di corrivazione si adotta l'espressione consigliata dal Civil Engineering Department dell'Università del Maryland, particolarmente indicata per il calcolo delle portate che gravano su cunette e fossi di guardia (*L. Da Deppo, C. Datei – Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali – Ed. Bios*):

$$\tau_c = 26.3 \frac{(L/K_S)^{0.6}}{j^{0.4} \cdot i_m^{0.3}} \quad (\text{secondi})$$

con:

- L : lunghezza della cunetta o della superficie scolante (m);
- K_S : coefficiente di resistenza di Gauckler-Strickler (m^{1/3}/s), variabile da 70÷75 per pavimentazioni in asfalto a 2÷5 per superfici erbose;
- J : intensità di precipitazione (m/ora);
- I : pendenza media della superficie scolante (m/m).

In ogni caso, il valore normalmente assunto nella progettazione varia entro l'intervallo 5 ÷ 15 minuti, assumendo i valori più bassi per le aree impermeabili di minore estensione, più attrezzate e di maggiore pendenza ed i valori più alti per i casi opposti, compresi i drenaggi dei versanti tramite fossi di guardia.

Il tempo di rete t_r viene calcolato come somma dei tempi di percorrenza di ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete fognaria, facendo riferimento alle velocità di moto uniforme V_u che assume la portata di piena nelle singole canalizzazioni:

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 25 di 41 |

$$t_r = \sum_i \frac{L_i}{V_{ui}}$$

nella quale la sommatoria va estesa a tutti i rami che costituiscono il percorso più lungo della rete fognaria. Per il dimensionamento esecutivo delle sezioni terminali dei collettori, si dovrà determinare, per ogni sezione di verifica, l'area totale sottesa S ed il coefficiente d'afflusso medio pesato ϕ , il tempo di accesso t_a ed il tempo di corrivazione τ_c come somma di t_a e del tempo di rete t_r di primo tentativo.

Noto τ_c , si determinerà l'intensità media della pioggia di durata pari al tempo di corrivazione e quindi la portata al colmo di piena in funzione della quale si proporzionerà lo speco e si calcolerà la velocità di moto uniforme corrispondente, procedendo, iterativamente, fino a quando la velocità calcolata non coincida con quella stimata al passo precedente.

7.2 CALCOLO DELLA PIOGGIA DI PROGETTO

Per valutare le portate di deflusso nelle sezioni di verifica, con un assegnato tempo di ritorno, è necessario valutare l'entità del fenomeno piovoso per l'area scolante e per il tempo dato.

In relazione alle aree d'interesse è stata utilizzata la curva di possibilità pluviometrica fornita dalla Provincia Autonoma di Bolzano. Si precisa che, per la zona di Forch, è stata utilizzata una versione aggiornata dei parametri di pioggia, fornita dalla PAB in data più recente rispetto a quella di riferimento del Progetto Definito.

I dati pluviometrici su cui si fondano le calcolazioni idrologiche ed idrauliche che seguiranno, sono dedotti dalle serie storiche dei dati di pioggia massima annua della durata di 1, 3, 6, 12 e 24 ore e delle piogge di notevole intensità e breve durata (<1 ora).

I risultati dell'analisi statistica sono stati utilizzati per ottenere le curve segnalatrici di possibilità climatica per diversi tempi di ritorno T_r , ipotizzando una formulazione classica a due parametri del tipo:

$$h(t, T_r) = a t^n$$

dove:

- h è l'altezza di pioggia espressa in mm;
- t è la durata dell'evento in ore;
- a (mm/oraⁿ) ed n sono i parametri caratteristici della curva, dipendenti dal tempo di ritorno.

Nel campo bilogaritmico la curva ha una forma lineare con coefficiente angolare pari ad "n" ed ordinata corrispondente ad un tempo unitario pari ad "a".

Nel diagramma seguente si riportano le precipitazioni nel tempo di ritorno e la curva segnalatrice di possibilità pluviometrica più significativa in relazione all'ubicazione dell'intervento, per durate di pioggia ≤ 1 ora e ≥ 1 ora.

| | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI | | | | | | |
| Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| | IBOU | 1BEZZ | RI | ID2000001 | A | 26 di 41 |

| PRECIPITAZIONI [mm] | | | | | | | | | |
|---------------------|-------------------------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Durata (ore) | Tempo di Ritorno (anni) | | | | | | | | |
| | 2 | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 | 300 |
| 0.25 | 10.8 | 15.1 | 17.9 | 20.6 | 22.1 | 24.1 | 26.7 | 29.3 | 30.9 |
| 0.50 | 13.9 | 19.4 | 23.0 | 26.5 | 28.5 | 31.0 | 34.4 | 37.8 | 39.8 |
| 0.75 | 16.1 | 22.5 | 26.7 | 30.8 | 33.1 | 36.0 | 39.9 | 43.9 | 46.1 |
| 1.00 | 17.9 | 25.0 | 29.7 | 34.2 | 36.8 | 40.0 | 44.4 | 48.7 | 51.3 |
| 2.00 | 22.1 | 30.9 | 36.7 | 42.2 | 45.4 | 49.4 | 54.8 | 60.2 | 63.3 |
| 3.00 | 25.1 | 35.0 | 41.5 | 47.8 | 51.4 | 56.0 | 62.1 | 68.1 | 71.7 |
| 4.00 | 27.4 | 38.2 | 45.3 | 52.2 | 56.2 | 61.1 | 67.7 | 74.4 | 78.3 |
| 5.00 | 29.3 | 40.9 | 48.5 | 55.9 | 60.1 | 65.4 | 72.5 | 79.6 | 83.8 |
| 6.00 | 31.0 | 43.2 | 51.3 | 59.1 | 63.5 | 69.1 | 76.7 | 84.2 | 88.6 |
| 7.00 | 32.5 | 45.3 | 53.8 | 61.9 | 66.6 | 72.5 | 80.4 | 88.2 | 92.8 |
| 8.00 | 33.8 | 47.2 | 56.0 | 64.5 | 69.4 | 75.5 | 83.7 | 91.9 | 96.7 |
| 9.00 | 35.1 | 48.9 | 58.1 | 66.9 | 71.9 | 78.2 | 86.8 | 95.3 | 100.2 |
| 10.00 | 36.2 | 50.5 | 60.0 | 69.0 | 74.3 | 80.8 | 89.6 | 98.4 | 103.5 |
| 11.00 | 37.3 | 52.0 | 61.7 | 71.1 | 76.5 | 83.2 | 92.3 | 101.3 | 106.6 |
| 12.00 | 38.3 | 53.4 | 63.4 | 73.0 | 78.5 | 85.4 | 94.7 | 104.0 | 109.4 |
| 13.00 | 39.2 | 54.7 | 65.0 | 74.8 | 80.5 | 87.5 | 97.1 | 106.6 | 112.1 |
| 14.00 | 40.1 | 56.0 | 66.5 | 76.5 | 82.3 | 89.5 | 99.3 | 109.0 | 114.7 |
| 15.00 | 41.0 | 57.1 | 67.9 | 78.1 | 84.1 | 91.4 | 101.4 | 111.3 | 117.2 |
| 16.00 | 41.8 | 58.3 | 69.2 | 79.7 | 85.7 | 93.3 | 103.4 | 113.6 | 119.5 |
| 17.00 | 42.6 | 59.4 | 70.5 | 81.2 | 87.3 | 95.0 | 105.4 | 115.7 | 121.7 |
| 18.00 | 43.3 | 60.4 | 71.7 | 82.6 | 88.9 | 96.7 | 107.2 | 117.7 | 123.9 |
| 19.00 | 44.0 | 61.4 | 72.9 | 84.0 | 90.3 | 98.3 | 109.0 | 119.7 | 125.9 |
| 20.00 | 44.7 | 62.4 | 74.1 | 85.3 | 91.8 | 99.8 | 110.7 | 121.6 | 127.9 |
| 21.00 | 45.4 | 63.3 | 75.2 | 86.6 | 93.1 | 101.3 | 112.4 | 123.4 | 129.8 |
| 22.00 | 46.0 | 64.2 | 76.3 | 87.8 | 94.5 | 102.8 | 114.0 | 125.2 | 131.7 |
| 23.00 | 46.7 | 65.1 | 77.3 | 89.0 | 95.8 | 104.2 | 115.5 | 126.9 | 133.5 |
| 24.00 | 47.3 | 66.0 | 78.3 | 90.2 | 97.0 | 105.6 | 117.1 | 128.5 | 135.2 |

Fig. 24 – Precipitazioni di notevole intensità e breve durata (scrosci <1 ora)

| PARAMETRI C.P.P. | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------|------|
| a | | | | | | | | | n | |
| Tempo di Ritorno | | | | | | | | | Durata Precipitazione | |
| 2 | 5 | 10 | 20 | 30 | 50 | 100 | 200 | 300 | < 1h | > 1h |
| 17.9 | 25.0 | 29.7 | 34.2 | 36.8 | 40.0 | 44.4 | 48.7 | 51.3 | 0.37 | 0.35 |

Fig. 25 – Parametri CPP al variare del tempo di ritorno per durate di pioggia < 1 ora e >1 ora

7.3 STIMA DELLE PORTATE AFFERENTI AL SISTEMA

Il calcolo delle portate massime da utilizzare nelle verifiche idrauliche è stato effettuato utilizzando il metodo cinematico lineare, in base al quale la massima portata alla sezione di calcolo si verifica per un tempo di pioggia critico coincidente con il tempo di corrivazione, per il quale si verifica la condizione di bacino totalmente contribuente. La portata al colmo della piena critica viene valutata attraverso l'applicazione della formula razionale:

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 27 di 41 |

$$Q_c = \frac{\phi \cdot S \cdot i_c}{360}$$

dove:

- Q_c : portata al colmo di piena in corrispondenza della sezione di calcolo (m^3/s);
 - Φ : valore medio ponderale del coefficiente di deflusso del bacino, assunto:
- ϕ_1 : aree piattaforma stradale = 0.90;
- ϕ_2 : aree a verde e scarpate = 0.40 ;
- S : superficie del bacino scolante (ha);
 - i_c : intensità media della pioggia di durata pari al tempo di corrivazione τ_c (mm/h).

8. BACINI DRENANTI

Come precedentemente accennato, le portate che afferiscono al sistema di scarico in progetto risultano pari alla somma delle portate meteoriche in arrivo dalla viabilità NV032 e dalla sistemazione definitiva del deposito di Forch RI031. Pertanto, la portata totale da convogliare al recapito risulta pari alla somma dei due contributi.

Al fine di determinare la portata di progetto dell'opera di sistemazione di versante e di recapito delle acque drenate, sono stati individuati i bacini drenanti sottesi alle sezioni di chiusura di interesse.

In particolare, il *bacino di drenaggio dell'opera di sistemazione di versante* è composto da:

- Bacino NV032, contributo di piattaforma
- Bacino NV032, contributo di versante
- Bacino RI031 Forch I
- Bacino RI032 Forch II

Con sezione di chiusura in corrispondenza del Pz-1, mentre *per il dimensionamento delle opere di recapito* delle portate il bacino di riferimento è composto da:

- Bacino NV032, contributo di piattaforma
- Bacino NV032, contributo di versante
- Bacino RI031 Forch I
- Bacino RI032 Forch II
- Bacino di versante

Con sezione di chiusura in corrispondenza della sezione 14.

Per la nomenclatura utilizzata si faccia riferimento alla fig. 26.

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 28 di 41 |

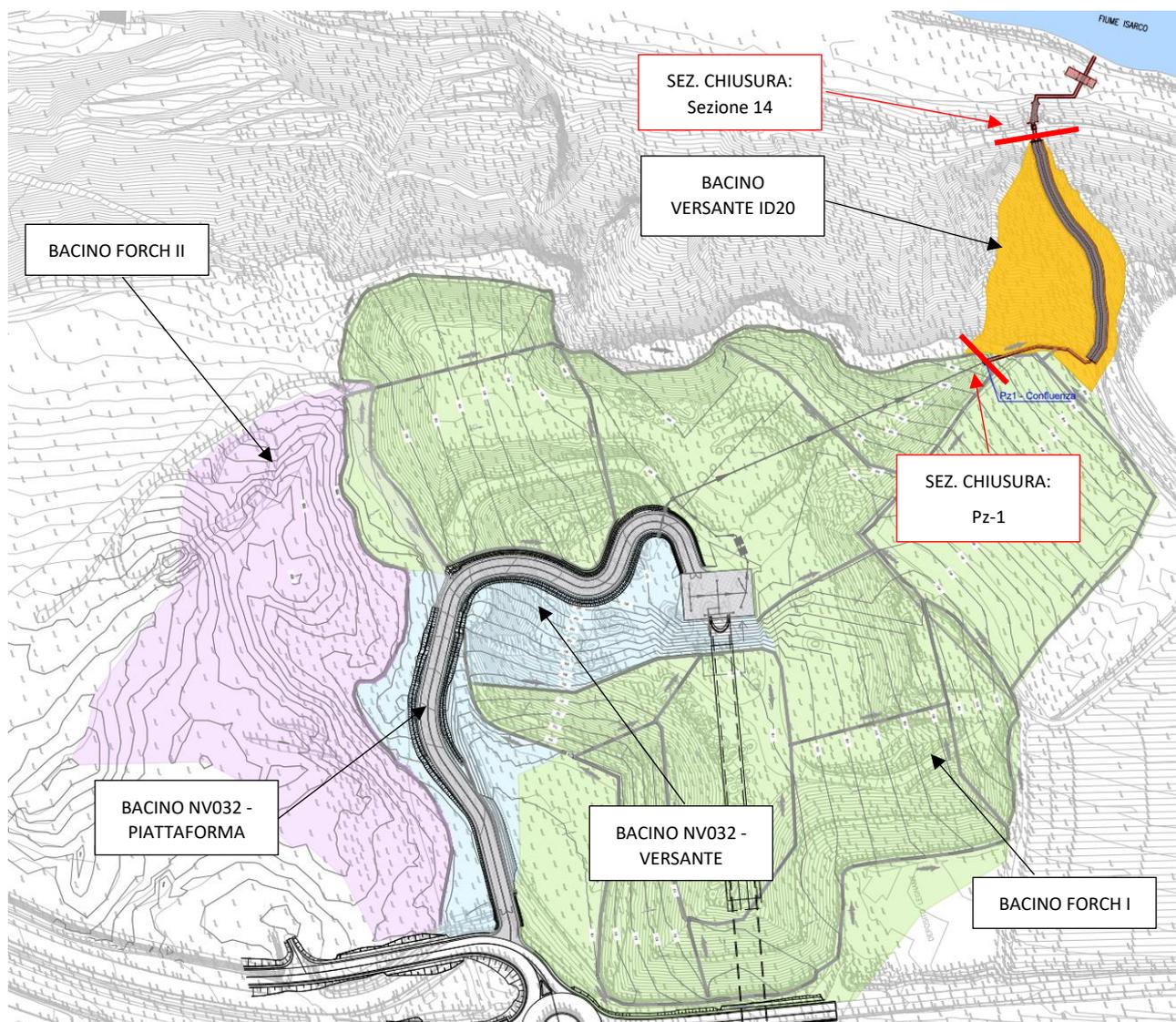


Fig. 26 – Stralcio planimetrico della corografia dei bacini drenanti

Per il calcolo delle portate relative a ciascun bacino è stato considerato un tempo di ritorno T_r corrispondente a 30 anni. Si riassumono nella tabella a seguire i dati utilizzati nel calcolo:

| Dati idrologici | |
|-------------------------|-------|
| Tempo di ritorno (anni) | 30 |
| a | 36.80 |
| n | 0.37 |

| | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI | | | | | | |
| Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| | IBOU | 1BEZZ | RI | ID2000001 | A | 29 di 41 |

Data la tipologia del sito, per la superficie permeabile a verde il coefficiente di deflusso è stato assunto pari a $\phi = 0.4$, in accordo a quanto riportato negli studi idraulici del progetto generale. Stesso valore è stato utilizzato per le aree di versante. Invece, per le superfici pavimentate è stato utilizzato un coefficiente di deflusso pari a $\phi = 0.9$.

| | |
|--------------------------------------|---------------|
| Coefficiente di deflusso piattaforma | $\phi = 0.90$ |
| Coefficiente di deflusso versante | $\phi = 0.40$ |

Le portate corrispondenti a ciascun bacino di drenaggio sono state calcolate ipotizzando un tempo di accesso alla rete di 5 min e calcolando quindi il tempo di corrivazione in base alla distanza percorsa dalla singola goccia di acqua caduta nel punto più lontano del bacino.

In corrispondenza della sezione di chiusura posta sul Pz-1, si ottengono le seguenti portate in arrivo da ciascun bacino di drenaggio:

| Bacino di interesse | Area piattaforma (mq) | Area versante (mq) | Lmax drenaggio (m) | tc (min) | I (mm/h) | ϕ | Q (l/s) | Sezione di chiusura |
|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|----------|----------|--------|--------------|---------------------|
| NV032 | 3127 | 9009 | 438 | 15.7 | 86 | 0.53 | 152.9 | Pz-1 |
| RI031 -FORCH I | 0 | 64677 | 284 | 11.9 | 102 | 0.40 | 732.3 | Pz-1 |
| RI031 -FORCH II | 0 | 17960 | 561 | 18.7 | 77 | 0.40 | 153.3 | Pz-1 |

Considerando l'insieme dei bacini in arrivo al Pz-1, si ottiene la portata di progetto dell'opera di sistemazione del versante, che risulta pari a $Q_{tot (Pz-1)}=845$ l/s circa.

| Bacino di interesse | Area piattaforma (mq) | Area versante (mq) | Lmax drenaggio (m) | tc (min) | I (mm/h) | ϕ | Q (l/s) | Sezione di chiusura |
|---------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|----------|----------|--------|--------------|---------------------|
| BACINO ID20 (Pz-1) | 3127 | 91646 | 561 | 18.7 | 77 | 0.42 | 842.3 | Pz-1 |

Per il dimensionamento del sistema di recapito nel fiume Isarco occorre invece considerare il bacino di drenaggio con chiusura alla Sez. 14, composto dal BACINO ID20 (Pz-1) con l'aggiunta del contributo del bacino di versante:

| | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI | | | | | | |
| Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| | IBOU | 1BEZZ | RI | ID2000001 | A | 30 di 41 |

| Bacino di interesse | Area piattaforma (mq) | Area versante (mq) | Lmax drenaggio (m) | tc (min) | I (mm/h) | φ | Q (l/s) | Sezione di chiusura |
|-------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|----------|----------|------|-------------|---------------------|
| CONTRIBUTO DI VERSANTE | 0 | 3344 | 140 | 8.4 | 127 | 0.40 | 47.2 | Sezione 14 |

Dalla somma di ogni contributo si ottiene che la portata di progetto delle opere di recapito è pari a $Q_{tot(Sez.14)} = 785$ l/s circa.

| Bacino di interesse | Area piattaforma (mq) | Area versante (mq) | Lmax drenaggio (m) | tc (min) | I (mm/h) | φ | Q (l/s) | Sezione di chiusura |
|-----------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|----------|----------|------|--------------|---------------------|
| ID20 (Sez. 14) | 3127 | 94990 | 701 | 22.1 | 69 | 0.42 | 783.4 | Sezione 14 |

9. VERIFICHE IDRAULICHE

Partendo dai dati di portata dai dati geometrici dell'infrastruttura e sezioni tipo idrauliche definiti nei paragrafi precedenti, sono state effettuate le verifiche idrauliche dei singoli tratti per il manufatto di progetto.

Della sezione di deflusso è stata calcolata la scala di deflusso, che correla la portata e le caratteristiche geometriche della sezione bagnata, attraverso l'espressione di Chezy:

$$V = \chi \cdot \sqrt{Ri}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = S \cdot V$$

dove χ , il coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la nota formula di Gauckler-Strickler:

$$\chi = K_s \cdot R^{1/6}$$

La scala delle portate assume dunque la seguente espressione:

| | | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|-------|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | | | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione idrologica e idraulica | | IBOU | 1BEZZ | RI | ID2000001 | A | 31 di 41 |

$$Q = K_s \cdot S \cdot R^{2/3} \sqrt{i}$$

dove le grandezze indicate sono:

- Q : portata [m^3/s];
- R : raggio idraulico [m];
- S : sezione idraulica bagnata [m^2];
- i : pendenza [m/m];
- K_s : coefficiente di scabrezza in [$m^{1/3}/s$].

Risolvendo implicitamente la formula di Gauckler-Strickler rispetto al tirante idraulico (che compare nelle espressioni della sezione bagnata e del raggio idraulico), sono stati ottenuti i valori massimi del livello nei manufatti, e confrontandolo con l'altezza utile dei manufatti stessi, si è verificato che il grado di riempimento risulti minore o uguale a 0,7.

I valori dei coefficienti di Gauckler-Strickler utilizzati sono stati desunti da *Chow v. T., 1959* e si differenziano a seconda del tipo di superficie. In particolare, sono stati utilizzati i seguenti coefficienti:

- Canale di tipo 1: $K_s = 66 m^{1/3}/s$
- Canale di tipo 2: $K_s = 30 m^{1/3}/s$
- Canale di tipo 3: $K_s = 35 m^{1/3}/s$

| | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione idrologica e idraulica | IBOU | 1BEZZ | RI | ID2000001 | A | 32 di 41 |

| tipo di superficie | Minimo | Normale | Massimo |
|---|--------|---------|---------|
| GALLERIA O CONDOTTO A PELO LIBERO DI | | | |
| acciaio flangiato o saldato | 0.010 | 0.012 | 0.014 |
| ghisa rivestito | 0.010 | 0.013 | 0.014 |
| ghisa non rivestito | 0.011 | 0.014 | 0.016 |
| lamiera ondulata (acque chiare) | 0.017 | 0.019 | 0.021 |
| lamiera ondulata (acque con detriti) | 0.021 | 0.024 | 0.030 |
| plastica | 0.008 | 0.009 | 0.010 |
| vetro | 0.009 | 0.010 | 0.013 |
| calcestruzzo (acque chiare) | 0.010 | 0.011 | 0.013 |
| calcestruzzo con manufatti (acque con detriti) | 0.011 | 0.013 | 0.014 |
| gres vetrificato | 0.011 | 0.014 | 0.017 |
| gres vetrificato con manufatti | 0.013 | 0.015 | 0.017 |
| mattoni vetrificati | 0.011 | 0.013 | 0.015 |
| mattoni con intonaco | 0.012 | 0.015 | 0.017 |
| pietrame con giunti stilati | 0.018 | 0.025 | 0.030 |
| CANALI RIVESTITI IN | | | |
| acciaio (canalette) | 0.011 | 0.012 | 0.017 |
| lamiera ondulata | 0.021 | 0.025 | 0.030 |
| legno con buon grado di finitura | 0.010 | 0.012 | 0.015 |
| legno grezzo | 0.012 | 0.015 | 0.018 |
| calcestruzzo liscio | 0.011 | 0.013 | 0.015 |
| calcestruzzo grezzo | 0.014 | 0.017 | 0.020 |
| conglomerato bituminoso liscio | | 0.013 | |
| conglomerato bituminoso grezzo | | 0.016 | |
| mattoni vetrificati | 0.011 | 0.013 | 0.015 |
| mattoni con intonaco | 0.012 | 0.015 | 0.018 |
| pietrame con giunti stilati | 0.018 | 0.025 | 0.030 |
| scogliera | 0.023 | 0.032 | 0.035 |
| gunita (sezione di scavo regolarizzata) | 0.016 | 0.019 | 0.023 |
| gunita (sezione irregolare) | 0.018 | 0.022 | 0.025 |
| erba | 0.030 | | 0.500 |
| CANALI CON FONDO REGOLARIZZATO E SPONDE IN | | | |
| pietrame ben sistemato con giunti stilati | 0.015 | 0.017 | 0.020 |
| pietrame con giunti stilati | 0.017 | 0.020 | 0.024 |
| blocchi di calcestruzzo ben accostati | 0.020 | 0.025 | 0.030 |
| scogliera | 0.020 | 0.030 | 0.035 |

Fig. 27 – Valori del coefficiente di resistenza di manning: n ($s/m^{1/3}$) da [Chow v. T., 1959]

| | | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|-------|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | | | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione idrologica e idraulica | | IBOU | 1BEZZ | RI | ID2000001 | A | 33 di 41 |

9.1 VERIFICA DEL SISTEMA DI DRENAGGIO

Si riporta a seguire la tabella illustrativa dei calcoli di dimensionamento e verifica effettuati per ciascun tratto:

| Tipologia di canale | Pk di riferimento | B (m) | H (m) | Q (l/s) | p min (%) | Gr (%) | h | C (m) | A (mq) | R (m) | Ks (m ^{1/3} /s) | Qamm (l/s) | v (m/s) |
|----------------------------|-------------------|-------|-------|---------|-----------|--------|------|-------|--------|-------|--------------------------|------------|---------|
| Canale di tipo 1 | da pk 0+000 | 1 | 0.5 | 845.0 | 9.65 | 33 | 0.17 | 1.33 | 0.17 | 0.12 | 66 | 845.0 | 5.1 |
| | a pk 0+047 | | | | | | | | | | | | |
| Canale di tipo 2 | da pk 0+047 | 1 | 1 | 846.0 | 10.00 | 28 | 0.28 | 1.56 | 0.28 | 0.18 | 30 | 846.0 | 3.0 |
| | a pk 0+148 | | | | | | | | | | | | |
| Tombino di attraversamento | da pk 0+148 | 1 | 1.5 | 785.0 | 1.00 | 23 | 0.34 | 1.69 | 0.34 | 0.20 | 66 | 785.0 | 2.3 |
| | a pk 0+155 | | | | | | | | | | | | |
| Canale di tipo 3 | da pk 0+155 | 1 | 1 | 786.0 | 63.00 | 13 | 0.13 | 1.26 | 0.13 | 0.10 | 35 | 786.0 | 6.1 |
| | a pk 0+166 | | | | | | | | | | | | |
| Canale di tipo 1 | da pk 0+166 | 1 | 0.5 | 787.0 | 2.18 | 52 | 0.26 | 1.52 | 0.26 | 0.17 | 66 | 787.0 | 3.0 |
| | a pk 0+202 | | | | | | | | | | | | |

9.2 VERIFICA A TRASCINAMENTO DEL RIVESTIMENTO

Il dimensionamento e la verifica dei massi per rivestimento del versante consolidato è stato effettuato con un approccio tratto dall'esperienza ingegneristica americana (Federal Highway Administration, FHWA, si veda la parte bibliografica, US Department of Transportation, 2001).

Il diametro medio da assegnare al rivestimento, una volta noto lo sforzo tangenziale che agisce sulla superficie inclinata, è così definibile:

$$D_m = \frac{21\tau_o}{(S_s - 1) \gamma \eta}$$

in cui τ_o è lo sforzo tangenziale in sponda, S_s è il peso specifico del materiale (assunto pari 2,65), γ è il peso specifico dei grani (assunto pari a ca. 16.000 N/m³) e η è un coefficiente di stabilità, definito come segue:

$$\eta = \frac{S_m^2 - (S.F.)^2}{(S.F.) S_m^2} \cos \theta$$

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 34 di 41 |

In cui S_m è dato dal rapporto delle tangenti dell'angolo di attrito e dell'inclinazione della sponda, S.F. è un fattore di sicurezza e Θ è l'angolo di inclinazione della sponda.

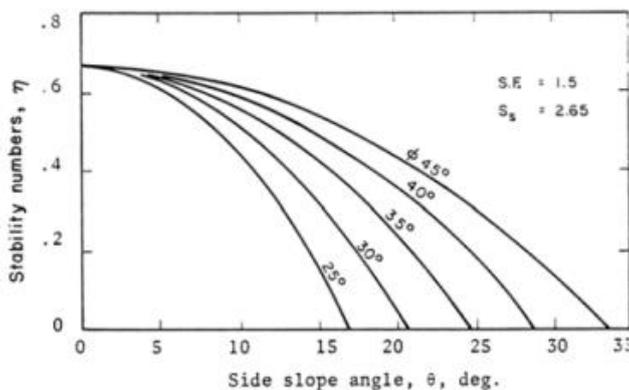


Fig. 28 – Valore del coefficiente di stabilità in funzione del coefficiente SF (assunto nel grafico pari a 1.5) -FHWA, 2011

Si riportano a seguire i dati utilizzati per i calcoli effettuati in questa sede ed i risultati conseguiti:

- $\tau_{MAX} (N/m^2) = 310$
- $S_s (-) = 2.65$
- $\gamma (Kg/m^3) = 1600$
- $\Theta (^{\circ}) = 45$
- $\phi (^{\circ}) = 70$
- $S_m (-) = 2.74$
- $SF = 1.5$
- $D (m) = 0.50$

Lo sforzo tangenziale massimo τ_{MAX} è stato ottenuto mediante la seguente formula:

$$\tau_{max} = \gamma y i$$

Dove y (m) rappresenta il tirante idraulico sul canale di tipo 2 ottenuto dal calcolo monodimensionale riportato nel par. 9.1.

Lo sforzo tangenziale massimo τ_{MAX} che si determina lungo il versante consolidato in fase di progetto risulta pari a $310 N/m^2$. Assumendo un coefficiente di sicurezza uguale a 1.5, si determina un diametro stabile di 0.5 m per il rivestimento.

| | | | | | | |
|----------------------------------|---|--|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione idrologica e idraulica | IBOU | 1BEZZ | RI | ID2000001 | A | 35 di 41 |

10. COMPATIBILITÀ IDRAULICA

10.1 COERENZA CON IL D.P.P. 23/2019

La compatibilità idraulica degli interventi proposti nel Progetto Esecutivo è stata valutata confrontando le risultanze della condizione post operam (stato di progetto) con lo stato di fatto ai sensi delle disposizioni normative relative alla Pianificazione delle Zone di Pericolo per la Provincia Autonoma di Bolzano (D.P.P. 23/2019). Nelle zone interessate da fenomeni alluvionali che presentino livelli di pericolo molto elevato, elevato o intermedio tutti gli interventi devono essere tali da:

- Migliorare o almeno non peggiorare le condizioni di stabilità del suolo, l'equilibrio idrogeologico dei versanti, la funzionalità idraulica e la sicurezza del territorio;
- Non compromettere la sistemazione definitiva di zone soggette a pericolo e nemmeno i provvedimenti previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile. Risulta altresì necessario che ogni intervento realizzato e/o in progetto non vada ad incrementare il pericolo, il danno potenziale ed il rischio specifico per le aree di valle e per terzi.

In base a quanto sopra argomentato, si può pertanto concludere come in entrambi i casi la realizzazione delle opere di protezione idraulica non comporti sensibili modificazioni delle dinamiche alluvionali e dei parametri idraulici nelle aree di valle. Non vengono causati danni e rischi maggiori a terzi. La realizzazione delle opere di scarico in progetto può essere pertanto considerata idraulicamente compatibile ai sensi della legislazione vigente in provincia di Bolzano.

10.2 P.G.R.A.

Per valutare la coerenza degli interventi in progetto con i dettami del P.G.R.A. si è fatto riferimento alle Norme di Attuazione degli strumenti di pianificazione dell'assetto idrogeologico. In particolare si è tenuto conto del primo aggiornamento del P.G.R.A. recentemente adottato.

Occorre sottolineare che la Conferenza Istituzionale Permanente del 18 marzo 2022 ha preso atto della correzione dell'errore materiale presente nell'allegato V "Norme Tecniche di Attuazione" del Piano dell'Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali, che sostituisce i commi 3 e 5 dell'articolo 16 delle Norme Tecniche di Attuazione e rettifica l'allegato B alle norme medesime. Tale articolo reca "Efficacia del Piano e Coordinamento con la pregressa pianificazione di bacino" mentre l'allegato B cita "Utilizzo dei bacini idroelettrici ai fini della laminazione delle piene". Tali modifiche non inficiano gli altri articoli delle NTA che quindi si possono considerare ancora in vigore.

Si è provveduto pertanto a consultare le mappe della pericolosità idraulica del P.G.R.A.. In particolare si è consultato il WebGIS del Sistema Informativo per la Gestione ed il Monitoraggio delle informazioni e dei procedimenti Ambientali della Direttiva Alluvioni (SIGMA). Si nota come proprio nell'area di intervento ci sia un sostanziale vacuo di dati. Pertanto tale riferimento non può essere utilizzato.

| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. | <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 36 di 41 |

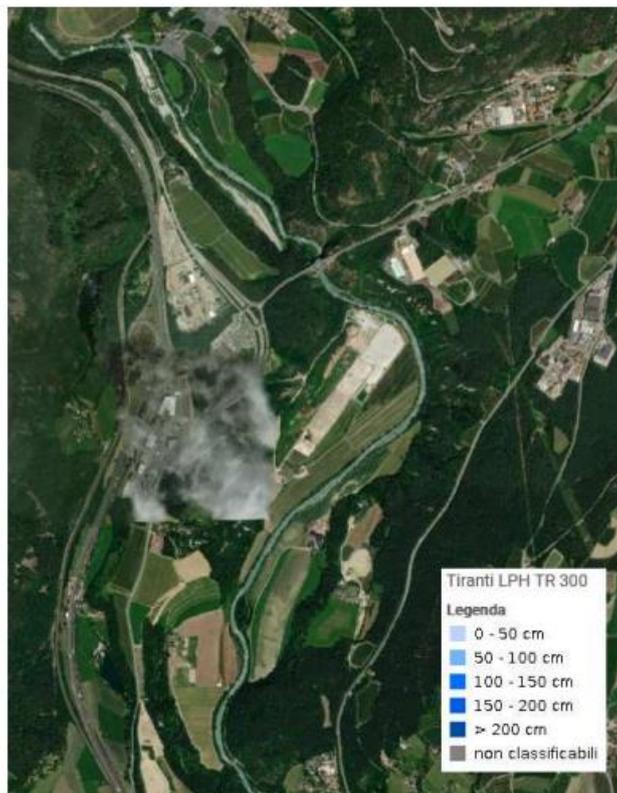


Fig. 29 – Estratto della Carta dei Tiranti Idraulici attesi per TR300 ai sensi del WebGIS del portale SIGMA dell’Autorità Distrettuale di Bacino secondo il Piano 2021-2027 ad oggi in vigore

Si cita ad ogni modo l’enunciato dell’Art. 13 recante “Disciplina delle aree fluviali” che dispone che nelle aree fluviali sono escluse tutte quelle attività e/o utilizzazioni che diminuiscono la sicurezza idraulica ed in particolare quelle che possono determinare una riduzione della capacità di invaso e di deflusso del corpo idrico influente ed interferire con la morfologia in atto e/o prevedibile del corpo idrico influente. Da quanto discusso nei paragrafi precedenti si evince come le opere in progetto non inficiano la sicurezza idraulica, non riducono la capacità di deflusso del Fiume Isarco e non interferiscono con la morfologia caratteristica del corso d’acqua, inserendosi peraltro in un tratto già fortemente artificializzato e ad acqua residua essendo a valle della diga di Fortezza. Pertanto si ritiene che il progetto possa essere considerato senza problemi coerente e conforme con la disciplina del P.G.R.A..

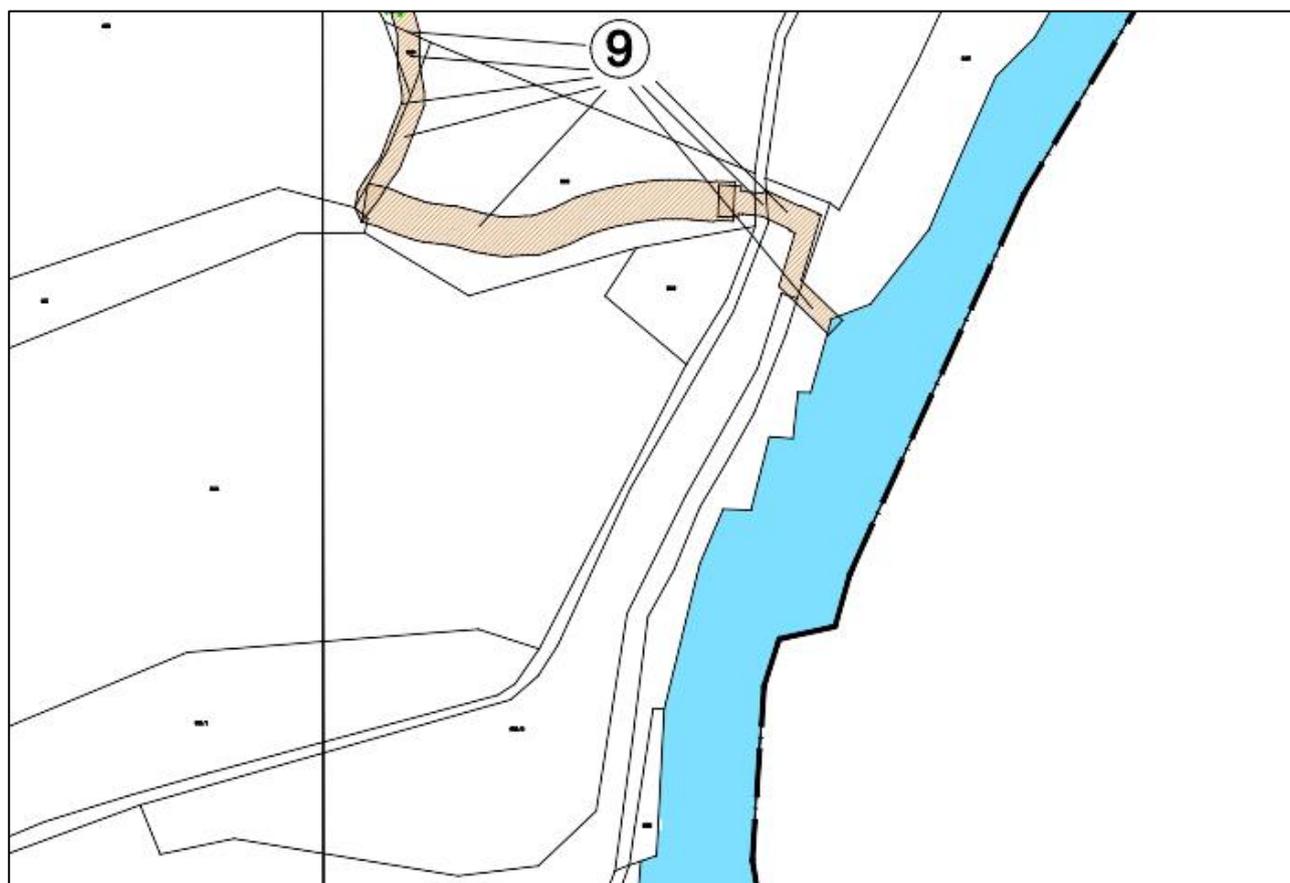
| | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 37 di 41 |

11. ESPROPRI

Nel presente paragrafo si vuole dare evidenza dell' aggiornamento del Piano Particellare di Esproprio, rispetto a quanto previsto nel Progetto Definitivo.

In particolare, l'intervento oggetto della presenta relazione si estende oltre i limiti di esproprio precedentemente individuati. Si è proceduto, pertanto, a rettificare il Piano Particellare.

Per ulteriori dettagli si rimanda all'elaborato dedicato IB0U1BEZZBDAQ0000002C, di cui si riporta un estratto a seguire:



 Aree da espropriare per deviazione strade e/o corsi d'acqua da Progetto Esecutivo

Fig. 30 – Estratto dal Piano Particellare di esproprio Comune di Varna (vedi IB0U1BEZZBDAQ0000002C)

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: <u>Mandatario:</u> SWS Engineering S.p.A. <u>Mandanti:</u> PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 38 di 41 |

ALLEGATO

Allo scopo di facilitare il processo autorizzativo da parte della PAB, si riporta il verbale della riunione avvenuta negli Uffici della Provincia Autonoma di Bolzano in data 08/06/2022.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|---|-----------|----------|-----------|------|---------|------|-------|----|-----------|---|----------|--|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | | | | | | | | | | | | | |
| Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | | | | | | | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | <table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO.</td> </tr> <tr> <td>IB0U</td> <td>1BEZZ</td> <td>RI</td> <td>ID2000001</td> <td>A</td> <td>39 di 41</td> </tr> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. | IB0U | 1BEZZ | RI | ID2000001 | A | 39 di 41 | |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. | | | | | | | | | |
| IB0U | 1BEZZ | RI | ID2000001 | A | 39 di 41 | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|--|---|-------------|----------|-----------|------|---------|------|----------|----|-------------|---|--------|--|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | | | | | | | | | | | | | |
| Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | | | | | | | | | | |
| RAPPORTO DI RIUNIONE | <table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO.</td> </tr> <tr> <td>IB0U</td> <td>1.B.E.ZZ</td> <td>VS</td> <td>MD.00.0.000</td> <td>A</td> <td>1 di 2</td> </tr> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. | IB0U | 1.B.E.ZZ | VS | MD.00.0.000 | A | 1 di 2 | |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. | | | | | | | | | |
| IB0U | 1.B.E.ZZ | VS | MD.00.0.000 | A | 1 di 2 | | | | | | | | | |

Descrizione sintetica: Soluzione di PE per lo scarico acque di Forch ed interventi in alveo a Ponte Gardena

| | |
|--|-------------------------|
| Luogo: Uffici Provincia Autonoma di Bolzano, via Cesare Battisti n°23, Bolzano | Data: 08/06/2022 |
| Referente: M. Ravelli | Società: SWS |

Partecipanti:

Progettisti: M. Ravelli, S. Lera, C. Iasiello (Systra SWS), C. Lucarelli (Patscheider Partner)

Imprese: D. Buttafoco, A. Ercole (Dolomiti)

Provincia Autonoma di Bolzano: Stefano Carpi, Michael Gamper (Ufficio Demanio Idrico), Philipp Walder (Ufficio Sistemazione bacini montani nord)

Assenti: ---

Destinatari: ---

Allegati: IB0U1BEZZBZID2000001A - OPERA DI SCARICO ALL'ISARCO DELL'AREA DI FORCH E SISTEMAZIONE DI VERSANTE

| Pos. | Argomento di discussione | Responsabile | Scadenza |
|----------|--|--------------|----------|
| A | Organizzativo | | |
| A.1 | Nella presente riunione tutti i presenti analizzeranno le soluzioni tecniche di Progetto Definitivo e come verranno approfondite e sviluppate nel Progetto Esecutivo, allo scopo di facilitare il processo autorizzativo da parte della PAB. | | |
| B | Tecnico | | |
| B.1 | <u>Soluzione progettuale per lo scarico acque di Forch:</u> S. Lera e C. Lucarelli illustrano la soluzione tecnica di Progetto Definitivo per lo scarico acque di Forch al fiume Isarco. La soluzione di PD prevede una tubazione di scarico interrata, non tenendo conto dell'elevata pendenza del versante e del dislivello altimetrico (80 m circa) per raggiungere il punto di recapito. Inoltre, il versante appare instabile e presenta segni di erosione diffusa. Viene successivamente condivisa in bozza una soluzione alternativa di regimazione idraulica ("farfalle"), sviluppata in analogia ad esempi di opere realizzate nel territorio della PABZ in corrispondenza di | | |

| | | | | | | |
|--|---|--|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 40 di 41 |

| | | | | | | |
|-----------------------------|---|--|----------------|--------------------------|-----------|-------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| RAPPORTO DI RIUNIONE | COMMESSA IBOU | LOTTO 1.B.E.ZZ | CODIFICA VS | DOCUMENTO MD.00.0.000 | REV. A | FOGLIO. 2 di 2 |

| Pos. | Argomento di discussione | Responsabile | Scadenza |
|------|--|--------------|----------|
| | <p>pendii particolarmente scoscesi e della quale si allega una copia al presente verbale.</p> <p>S. Carpi, P. Walder e M. Gamper concordano sulla funzionalità della soluzione alternativa presentata, già impiegata positivamente in interventi di sistemazione messi in opera in situazioni analoghe. Aggiungono che dal punto di vista tecnico e realizzativo, le cosiddette "farfalle" risultano una soluzione ottimale.</p> <p>S. Lera e C. Lucarelli affermano che l'impatto delle opere proposte dal punto di vista ambientale e paesaggistico sarà comunque mitigato dalla presenza del bosco sul versante.</p> | | |
| B.2 | <p><u>Interventi in alveo a Ponte Gardena (GA08, RI10, ...)</u></p> <p>S. Lera e C. Lucarelli presentano il progetto definitivo della GA08 e RI10. Successivamente, vengono illustrate le modifiche apportate durante lo sviluppo del progetto esecutivo e tutti i calcoli di approfondimento relativamente alla fase di cantiere e alla fase di esercizio, con riferimento alla piena di esondazione con tempi di ritorno di 30, 300 e 500 anni.</p> <p>S. Lera e C. Lucarelli mostrano che, nella fase di esercizio (Tr=300 anni), il restringimento indotto all'alveo dalle opere in progetto non produce effetti sostanziali sul deflusso dell'Isarco. Inoltre, S. Lera e C. Lucarelli illustrano i risultati delle modellazioni condotte per la fase di cantiere (Tr=30 anni), evidenziando fenomeni di rigurgito che vanno ad interessare unicamente le aree di cantiere stesse.</p> <p>S. Carpi afferma che, in relazione alla fase di cantiere, non ci sono normative specifiche. Pertanto, suggerisce di prevedere un sistema di monitoraggio per individuare la soglia di Allerta/Allarme, predisponendo le misure di intervento necessarie.</p> <p>S. Lera e C. Lucarelli affermano che il sistema di monitoraggio verrà integrato in progetto insieme ad un adeguato piano d'emergenza per garantire la sicurezza, sia del personale addetto ai lavori che delle aree esterne al cantiere.</p> | nome | |

Si prega di comunicare eventuali commenti entro 7 giorni naturali e consecutivi dalla data di trasmissione della presente minuta; trascorsi questi termini la minuta si riterrà approvata.

| | | | | | | | |
|--|---|--|---------------------------|------------------------|-----------|---------------------|--|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | Mandatario: SWS Engineering S.p.A. | Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| 00 - ELABORATI GENERALI Relazione idrologica e idraulica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1BEZZ | CODIFICA RI | DOCUMENTO ID2000001 | REV. A | FOGLIO. 41 di 41 | |

AUTONOME PROVINZ BOZEN - SÜDTIROL

Agentur für Bevölkerungsschutz
Funktionsbereich Wildbachverbauung
Amt für öffentliches Wassergut



PROVINCIA AUTONOMA DI BOLZANO - ALTO ADIGE

Agenzia per la Protezione civile
Area funzionale Bacini montani
Ufficio demanio idrico

pratica: 2022/785 – H/A

Bolzano, 05.01.2023

Redatto da:
Stefano Carpi / gk
Tel. 0471/414507

CONSORZIO DOLOMITI WE BUILD -
IMPLENIA
VIA JULIUS DURST 44
39042 BRESSANONE
pec@pec.consorziodolomiti.it

per conoscenza: c.mazzocchi@italfer.it

Opera di scarico acque di Forch ed interventi in alveo dell'Isarco a Ponte Gardena - realizzazione del lotto 1 del quadruplicamento della linea ferroviaria Fortezza-Verona

Buongiorno Dr. Andrea Bano,

in allegato il protocollo della riunione avvenuta il 08.06.2022 presso gli uffici della scrivente Agenzia (vedi file 2022-06-08_IBOU_MoM_Riunione PABZ_rev06.pdf da Voi inoltrato via mail).

Il contenuto di quanto verbalizzato è stato visionato e condiviso dai partecipanti alla riunione in rappresentanza della scrivente Amministrazione.

Distinti saluti

IL DIRETTORE DELL'UFFICIO
DEMANIO IDRICO

- Michael Gamper -
(firmato con firma digitale)