

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO
Dott. Ing. 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

A-IDROLOGIA ED IDRAULICA

ELABORATI GENERALI

Relazione idrologica generale

APPALTATORE	SCALA:
IL DIRETTORE TECNICO Ing. Pietro Gianvecchio 	
	-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

I B O U 1 B E Z Z R I I D O O O O 0 0 1 C

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione	L. De Barba	28/12/2021	D. Nave	31/12/2021	D. Buttafoco (Dolomiti)	19/01/2022	IL PROGETTISTA P. Cucino 20/01/2023 ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO Dott. Ing. PAOLO CUCINO ISCRIZIONE ALBO N° 2216
B	Emissione a seguito di indicazioni Committenza	C. Lucarelli	18/07/2022	D. Nave	19/07/2022	D. Buttafoco (Dolomiti)	20/07/2022	
C	Emissione a seguito di istruttorie e interlocuzioni	C. Lucarelli	29/12/2022	D. Nave	09/01/2023	D. Buttafoco (Dolomiti)	10/01/2023	

File: IB0U1BEZZRIID0000001C.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:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandanti:						
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria						
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione idrologica generale		IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	2 di 40

SOMMARIO

1. PREMESSA	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	4
3. PRECEDENTI STUDI IDROLOGICI NELL'AREA DI INTERESSE	5
4. APPROCCIO METODOLOGICO	6
5. ELENCO DELLE CARTE TEMATICHE CONSULTATE	7
6. INQUADRAMENTO DELL'AREA	8
6.1 CLIMA	8
6.2 MORFOLOGIA.....	9
6.3 CORSI D'ACQUA OGGETTO DI STUDIO E CARATTERISTICHE DEI BACINI.....	13
7. STUDIO IDROLOGICO FIUME ISARCO	19
7.1 DATI DISPONIBILI E STUDI PREGRESSI.....	19
7.2 DISPONIBILITA' DI DATI IDROMETRICI	21
7.3 REGIONALIZZAZIONE DELLE PORTATE	22
7.4 IL FIUME ISARCO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA DI FUNES (BZ)	24
7.5 IL FIUME ISARCO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA DI PONTE GARDENA (BZ).....	26
8. STUDIO IDROLOGICO BACINI MINORI	28
8.1 PREMESSA	28
8.2 BASE TEORICA ANALISI DEL REGIME DELLE PIOGGE INTENSE PER LA PROVINCIA DI BOLZANO	28
8.3 ANALISI DEI REGIMI PLUVIOMETRICI PER I BACINI MINORI	29
8.4 BASE TEORICA PER IL CALCOLO DELLE PORTATE LIQUIDE	32
8.5 ANALISI STUDI PREGRESSI	35
8.6 PORTATE LIQUIDE DI PROGETTO	36
9. BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE	40

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione idrologica generale	IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	3 di 40

1. PREMESSA

Nella presente relazione vengono descritte le metodologie e gli approcci applicati ed i risultati dello studio idraulico svolto al fine di verificare la compatibilità idraulica delle opere ferroviarie previste nell'ambito del quadruplicamento della Linea FF.SS. Fortezza – Verona, Asse Ferroviario Monaco – Verona, Lotto1 della lunghezza complessiva di 22+492 km per il binario dispari e 21+917 km per il binario pari. La ferrovia prevista fa parte di un più ampio progetto che prevede il potenziamento della linea Bolzano – Confine di stato. Il tracciato del tratto oggetto del presente studio si sviluppa prevalentemente in galleria seguendo la valle del Fiume Isarco. In particolare il tracciato è costituito da due gallerie, la prima, denominata "Galleria Scaleres", corre lungo la sponda in idrografica destra nel tratto compreso tra Fortezza e Funes e la seconda, denominata "Galleria Gardena", in sponda sinistra dell'Isarco è sita tra Funes e Ponte Gardena. In località Funes un viadotto che attraversa l'Isarco costituisce il collegamento tra le due gallerie. La notevole lunghezza dei tratti previsti in galleria ha imposto di prevedere quattro finestre di accesso alla linea, queste sono rispettivamente previste nelle località di Chiusa, Funes, Albes e Forch. A tali elementi di interesse vanno aggiunti i tratti di interconnessione tra il tracciato in progetto e le stazioni ferroviarie di Ponte Gardena e di Fortezza.

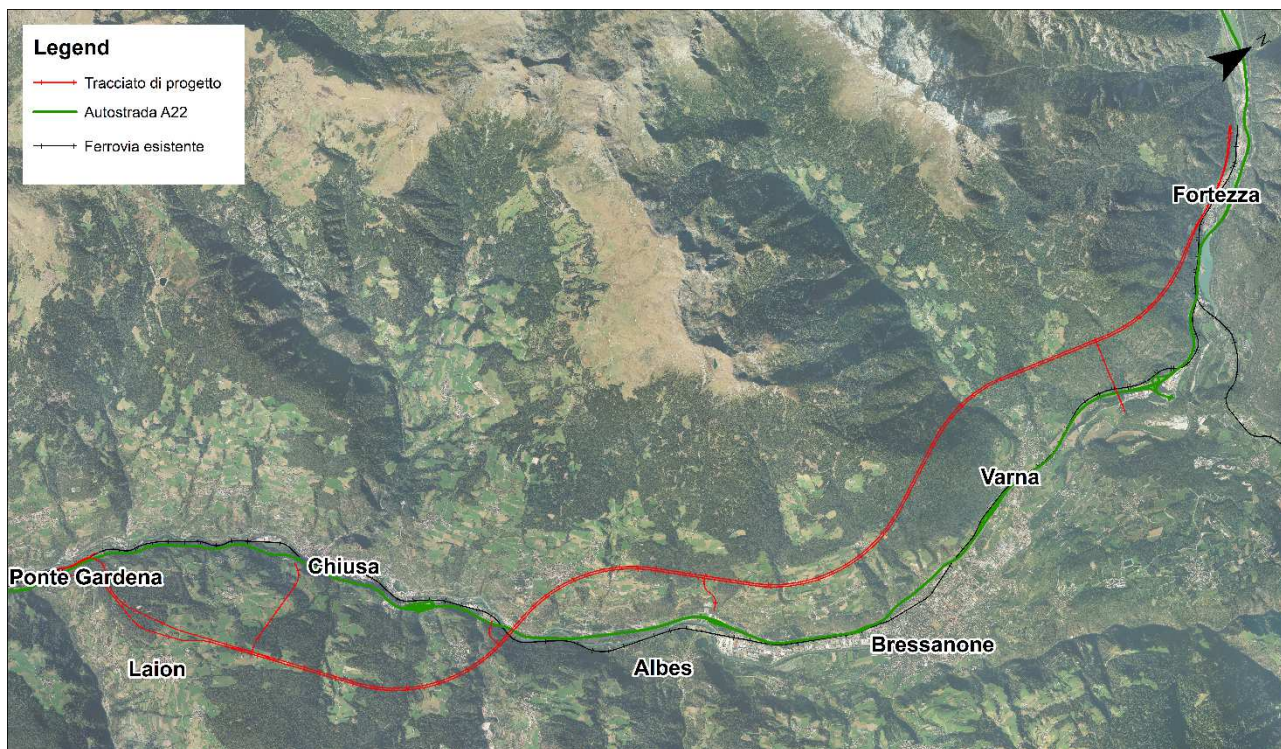


Fig. 1 – Corografia del tracciato di progetto.

L'obiettivo della presente relazione è quello di analizzare i regimi pluviometrici associati ai diversi bacini oggetto di studio in funzione diversi tempi di progetto al fine di determinare le portate di piena. Si procederà da un lato con una accurata analisi di plausibilità delle portate di progetto assunte per il Fiume Isarco nel Progetto Definitivo, dall'altro descrivendo i dati di pioggia che caratterizzando i bacini minori oggetto 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:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandanti:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione idrologica generale	IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	4 di 40

studio, al fine di determinarne le portate liquide di progetto. In particolare per quanto concerne i bacini minori essi sono stati a loro volta suddivisi in quattro aree sulla base di criteri di omogeneità. Tali aree, descritte nel dettaglio nei successivi paragrafi, sono in seguito denominate "Zona Fortezza", "Zona Varna/Forch", "Zona Albes" e "Zona Funes/Laion".

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

Di seguito si riportano i principali riferimenti normativi nazionali, provinciali e settoriali in materia di studi idrologici e di compatibilità idraulica assunti alla base di tutte le assunzioni e verifiche progettuali effettuate:

- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni";
- Delibera della Giunta Provinciale Nr. 989 del 13 settembre 2016 recante "Modifica delle Direttive per la redazione dei Piani delle zone di pericolo secondo la legge urbanistica provinciale, legge provinciale 11 agosto 1997, n. 13, articolo 22/bis";
- Decreto del Presidente della Provincia Nr. 23 del 10 ottobre 2019 recante "Regolamento di esecuzione dei Piani delle Zone di Pericolo";
- Regio Decreto 11 dicembre 1933 Nr. 1775 recante "Approvazione del testo unico delle disposizioni di legge sulle acque e sugli impianti elettrici";
- Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali (P.G.R.A. 2021-2027), adottato in data 21 dicembre 2021;
- Autorità di Bacino del Fiume Adige, "Linee guida per la redazione delle relazioni di compatibilità idraulica", approvazione Comitato Tecnico 11 aprile 2006 e ss.mm.ii;
- RFI, Direzione Investimenti Ingegneria Civile, *Manuale di Progettazione Ferroviaria – Ponti*.

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					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione idrologica generale	IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	5 di 40

3. PRECEDENTI STUDI IDROLOGICI NELL'AREA DI INTERESSE

Al fine di garantire opportuna tracciabilità di tutte le argomentazioni trattate nel presente documento, si ritiene utile ripercorrere brevemente tutti gli studio a cui si è fatto riferimento per la redazione del presente studio.

- Studio del GNDCI relativo all'analisi delle piogge estreme nell'Italia Nord-Orientale (Villi V. 1994);
- Studio del GNDCI relativo all'analisi regionale delle piene (Villi V., 1994 e 2001);
- Studi condotti dall'Autorità di Bacino del Fiume Adige, nell'ambito di stesura del PAI (Piano Stralcio per la tutela dal Rischio Idrogeologico Bacino dell'Adige, Regione Veneto Adottato dal Comitato Istituzionale con delibera n. 1/2012 del 9 novembre 2012) e degli studi connessi alla attività istituzionale;
- Associazione italiana di Idronomia, Provincia Autonoma di Bolzano, Azienda Speciale per la regolazione dei corsi d'acqua e la difesa del suolo. Analisi del regime delle piogge intense per la Provincia Autonoma di Bolzano, Relazione Tecnica Scientifica (maggio 2003);
- Associazione Italiana di Idronomia, Provincia Autonoma di Bolzano, Azienda Speciale per la regolazione dei corsi d'acqua e la difesa del suolo. Linee guida per il calcolo della portata di progetto. Definizione e progettazione dell'ambiente di lavoro (maggio 2003);
- Associazione Italiana di Idronomia, Analisi del Regime delle Piogge Intense per la Provincia Autonoma di Bolzano, Provincia Autonoma di Bolzano, Azienda Speciale per la Regolazione dei Corsi d'Acqua e la Difesa del Suolo (2013/2017);
- Università degli Studi di Padova, Procedura di calcolo dell'idrogramma di piena a frequenza di superamento assegnata per il territorio della Provincia Autonoma di Bolzano (2015);
- Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Funes (Patscheider & Partner, 2020);
- Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Velturmo (Ingenieurbüro Passer & Partner, 2017);
- Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Bressanone (PPS Group, 2020);
- Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Fortezza (hydro's, 2019);
- Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Varna (Passer & Partner, 2020);
- Progetto: Opere di protezione idraulica e da caduta massi, Fossato Schindler - B.440 (hydro's, 2019);
- Piano Fluviale della Media Valle Isarco (Progetto "StadtLandFluss" - ARE, 2010).

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					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione idrologica generale	IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	6 di 40

4. APPROCCIO METODOLOGICO

Nell'ambito della Progettazione Esecutiva si è proceduto per step successivi. È stata in primis eseguita un'analisi di plausibilità dei dati riportati nel Progetto Definitivo e laddove si sia ritenuto opportuno sono state apportate delle modifiche in linea con le esigenze progettuali. Relativamente al fiume Isarco si rimanda al Capitolo 7 della presente Relazione. Per quanto riguarda invece i bacini minori si evidenzia quanto segue:

- La perimetrazione dei bacini imbriferi dei corsi d'acqua minori è stata verificata e, se del caso, corretta in ambiente GIS sulla scorta dei modelli digitali del terreno disponibili, nella fattispecie il D.T.M. 2006 della Provincia Autonoma di Bolzano (Ufficio Pianificazione Territoriale e Cartografia, risoluzione a terra 2,5 m) ed il volo Lidar Solar Tirol 2013 (risoluzione a terra 0,5 m, effettuato unicamente per le aree di fondovalle);
- In base alle risultanze delle analisi di cui al punto precedente ed ai sopralluoghi conoscitivi effettuati, si è proceduto allo stralcio di alcuni bacini minori che non presentano ad oggi nessun segno di attività e/o di torrenzialità che possa in qualche modo inficiare la funzionalità e la sicurezza delle nuove opere in progetto, sia nella fase di cantiere che nella fase di esercizio. Parimenti, se del caso, si è provveduto ad integrare tutti quei bacini minori di interesse non censiti e/o non valutati nel corso del Progetto Definitivo che presentano però elementi di interesse al fine di garantire la funzionalità e la sicurezza delle opere in progetto;
- Rispetto a quanto redatto nel Progetto Definitivo, si è provveduto ad uniformare i dati di pioggia utilizzati. Per tutte le elaborazioni effettuate si è fatto pertanto riferimento alle curve di possibilità pluviometria (LSP) fornite dall'Agenzia per la Protezione Civile della Provincia Autonoma di Bolzano, senza ricorrere alle tradizionali tecniche di regionalizzazione (ad es. VAPI) che notoriamente in provincia di Bolzano restituiscono valori non affidabili e/o non più attuali delle precipitazioni. All'occorrenza si è proceduto ad allineare il dato fornito dall'Agenzia per la Protezione Civile con le videnze dei Piani delle Zone di Pericolo dei Comuni di sito, così come forniti dai competenti Uffici provinciali;
- Rispetto a quanto redatto nel Progetto Definitivo, si è provveduto ad uniformare anche l'utilizzo delle formulazioni utilizzate per la determinazione del tempo di ritardo e del tempo di corruzione dei singoli bacini, facendo riferimento ad approcci consolidati basati sui rapporti plano-altimetrici caratteristici dei bacini imbriferi e su ineluttabili coefficienti di bibliografia, universalmente utilizzati e riconosciuti a livello nazionale ed internazionale;
- Infine è stata uniformata anche la scelta dei coefficienti di deflussi, coerentemente con quanto previsto anche dal Manuale di Progettazione RFI. Si è scelto un approccio che consentisse di definire tali coefficienti non solo in funzione delle destinazioni d'uso dei suoli, ma anche del tempo di ritorno dell'evento meteorico atteso, delle caratteristiche planimetriche ed altimetriche dei bacini e delle peculiarità geologiche e geolitologiche.

Si è pertanto proceduto implementando tutte le valutazioni idrologiche necessarie alla quantificazione delle piogge e delle portate di progetto sia per il Fiume Isarco che per tutti i bacini minori oggetto di studio.

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					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IB0U	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 7 di 40

5. ELENCO DELLE CARTE TEMATICHE CONSULTATE

Si riporta l'elenco delle carte tematiche analizzate per la redazione del presente studio:

- Modello digitale del terreno (DTM risoluzione 2,5 m del 2006 e 0,5 m del 2013). Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Pianificazione territoriale e cartografia;
- Ortofotocarte del 1992-1997, 1999, 2006, 2008, 2011, 2014-2015, 2017, 2020. Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Pianificazione territoriale e cartografia;
- Piani Urbanistici Comunali. Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Pianificazione Territoriale e Cartografia;
- Carta Tecnica Provinciale (1:10.000 e 1:5.000). Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Pianificazione Territoriale e Cartografia;
- Carta dell'Uso del Suolo Reale. Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Pianificazione Territoriale e Cartografia;
- Carta Geologica (1:100.000). Provincia Autonoma di Bolzano, Ufficio Geologia e Prove Materiali;
- Documentazione Eventi (ED30). Agenzia per la Protezione Civile, Provincia Autonoma di Bolzano;
- Catasto delle Opere di Protezione (BAUKAT). Agenzia per la Protezione Civile, Provincia Autonoma di Bolzano;
- Mappe Catastali;
- Mappe Tabacco.

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			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 8 di 40

6. INQUADRAMENTO DELL'AREA

6.1 CLIMA

Le condizioni climatiche generali del bacino dell'Isarco sono propriamente quelle di tipo continentale, mentre le precipitazioni sono in parte influenzate dalla presenza delle Alpi. Le giornate che raggiungono temperature oltre i 25 °C, definite come giornate estive e registrate mediamente all'anno nella Valle Isarco sono da 60 a 90, mentre la temperatura massima si colloca abitualmente tra i 32 e 34 °C. Per quanto riguarda il numero annuo di giornate in cui la temperatura massima permane sotto lo zero, la Valle Isarco risulta in generale termicamente favorita rispetto ad altre valli della provincia di Bolzano. Infatti essa presenta circa una settimana di giornate di ghiaccio all'anno. Durante la seconda metà di ottobre il periodo vegetativo termina nelle prime zone a bassa quota nell'Alta Val d'Isarco. Nel mese di novembre, considerato nel complesso di tutte le altitudini, lo strato di neve presente è ancora relativamente modesto e generalmente la Val d'Isarco ne risulta ancora priva.

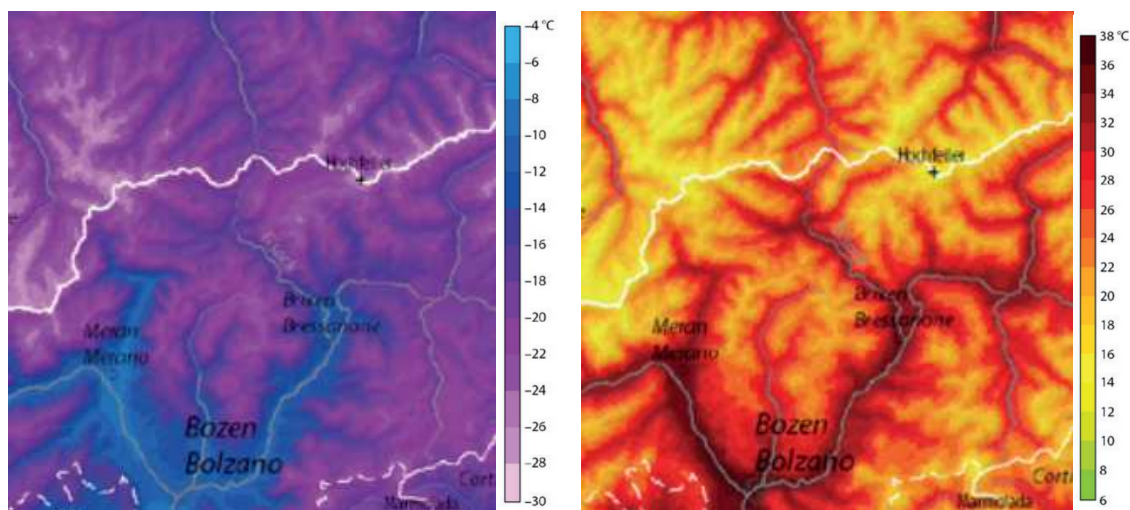


Fig. 2 – Media delle temperature minime annue (sinistra) e delle medie temperature massime (destra).

Le precipitazioni che ricadono sull'arco alpino sono causate principalmente da sistemi meteorologici a grande scala (fronti), oltre che da eventi convettivi a piccola scala nella stagione calda. I fronti che dal settore nordoccidentale si spostano in direzione delle Alpi danno origine a precipitazioni più intense sulle zone marginali ai rilievi alpini per effetto dei fenomeni di Stau. I sistemi meteorologici provenienti dal settore sudovest si rinforzano invece spesso sul Golfo di Genova e la Riviera, accumulando umidità sopra al Mar Mediterraneo. Queste circostanze possono originare precipitazioni particolarmente forti a sud della cresta alpina di confine. Allontanandosi dalle zone di Stau sui margini dei rilievi alpini, la quantità media di precipitazioni diminuisce, con valori che oscillano fra i 700 mm di precipitazione annua nelle grandi vallate del versante meridionale delle Alpi, come registrato a Bressanone, ai circa 900 mm nella zona della cresta alpina di confine.

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			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 9 di 40

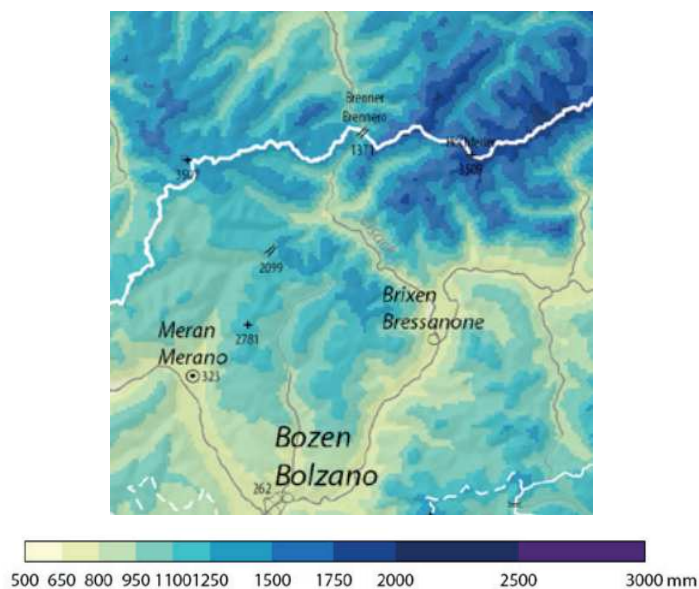


Fig. 3 – Cumulata media delle precipitazioni annue.

I dati pluviometrici assunti per tutte le elaborazioni idrologiche alla base delle attività di progettazione svolte sono riferiti all'analisi del regime delle piogge intense per la Provincia Autonoma di Bolzano, redatto per conto dell'Azienda Speciale per la Regolazione dei Corsi d'Acqua e la Difesa del Suolo dall'Associazioni Italiana di Idronomia (*WebBasin 2.0*, 2015 e successivi aggiornamenti). Le serie di dati messe a disposizione dal competente Ufficio idrografico della Provincia Autonoma di Bolzano coprono quasi cento anni di dati (dal 1923), sono stati considerati sia i massimi annuali di intensità della precipitazione di durata compresa tra 15 min e 24 h (113 stazioni pluviografiche della Provincia) che i valori giornalieri di precipitazione. Dalle elaborazione svolte per ogni punti afferente al reticolo idrografico della Provincia Autonoma di Bolzano è possibile ottenere le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometria per differenti tempi di ritorno.

6.2 MORFOLOGIA

Il tratto ferroviario in progetto e oggetto del presente studio corre lungo la valle del Fiume Isarco e la percorre quasi esclusivamente in galleria, prima in idrografica destra nel tratto compreso tra Fortezza e Funes e poi in sinistra lungo il tratto che da Funes va a Ponte Gardena. I due tratti sono collegati da un viadotto che consente di superare il Fiume Isarco in località Funes (BZ).

Il Fiume Isarco (Codice Acque Pubbliche B) nasce dal Monte Sasso a quota 1.990 m s.l.m. presso il Passo del Brennero. In corrispondenza del confine comunale con il limitrofo comune di Chiusa, il bacino imbrifero del fiume ha un'estensione di ca. 2.965 km². I principali affluenti del corso d'acqua sono il Rio di Fleres (immissione in destra presso Colle Isarco), il Rio Vizze ed il Rio Ridanna (entrambi confluiscono in Isarco presso Vipiteno) e soprattutto il fiume Rienza (ca. 2.100 km²) che confluisce nell'Isarco presso Bressanone. Da Bressanone a Chiusa l'Isarco riceve i contributi di diversi bacini laterali a carattere torrentizio, tra i quali il Rio di Funes.

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					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 10 di 40



Fig. 4 – A sinistra la confluenza tra Isarco e Rienza a Bressanone, a destra l’Isarco a San Pietro Mezzomonte.

Alla sezione di chiusura posta a Ponte Gardena (BZ), il Fiume Isarco sottende una superficie complessiva pari a ca. 3.345 Km² incluso anche il bacino imbrifero del Rio Gardena.

I tratti in galleria corrono pressochè a mezza costa nei versanti laterali alla valle d’Isarco. Lungo tali versanti scorrono corsi d’acqua che confluiscono nel Isarco e che presentano generalmente una propensione più o meno spiccata alla mobilizzazione di sedimenti che a loro volta sono presenti in misura differente a seconda delle specifiche caratteristiche del versante in oggetto. Si descrivono in seguito le caratteristiche morfologiche dei versanti oggetto di studio per i quali, come descritto nei successivi paragrafi, sono stati calcolati i bacini imbriferi di interesse per il calcolo delle portate. In particolare si descrivono i versanti di interesse delle quattro zone di interesse: Fortezza, Varna/Forch, Albes, Funes/Laion.

Zona Fortezza:

Il versante esposto a Nord-Est che insiste sull’abitato di Fortezza è situato alle pendici del Monte del Bersaglio (quota di 1967 m s.l.m.), raggiunge il lago artificiale di Fortezza e 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. Dal punto di vista geologico il versante è costituito dalla Fillade di Steinach alle quote inferiori, mentre alle quote superiori da graniti biotitici passanti a granodioriti e Dioriti quarzifere e gabbri (Masse intrusive di Bressanone, Rensen e Luson).

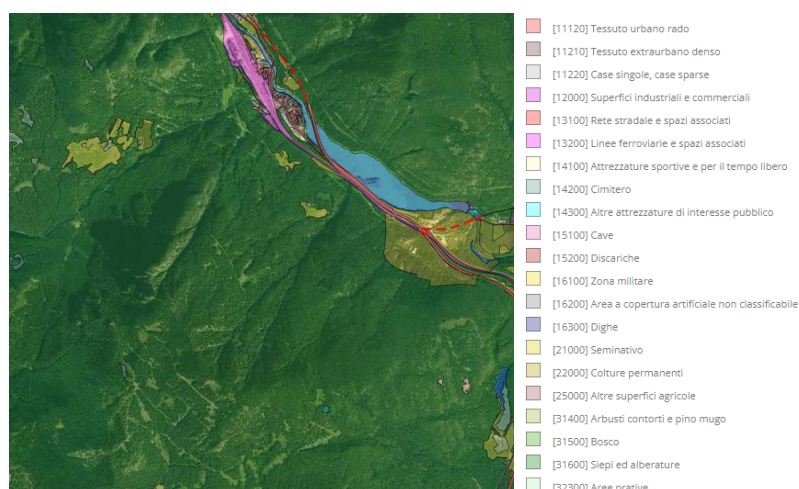


Fig. 5 – Carta Uso del suolo – zona Fortezza.

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:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione idrologica generale	IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	11 di 40

Zona Varna/Forch:

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.

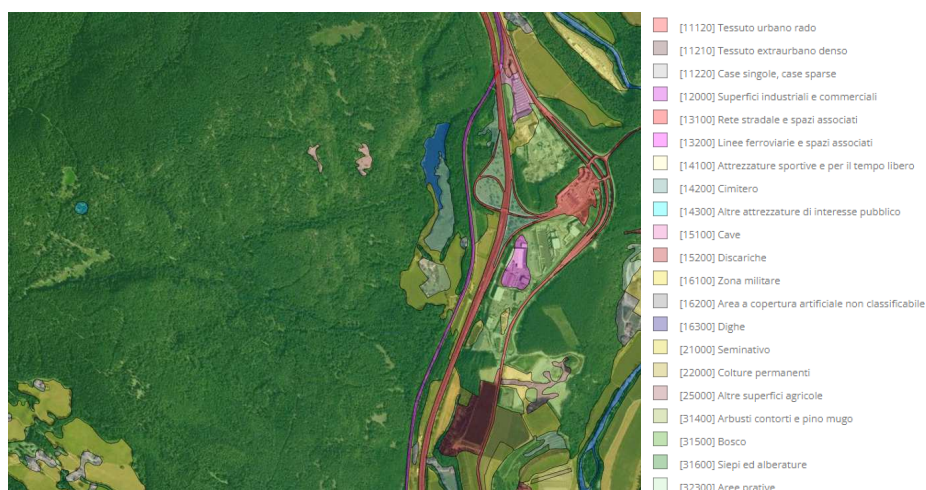


Fig. 6 – Estratto Carta delle pendenze – zona Varna/Forch.

Zona Albes:

Il versante Sud-Est del monte Hundskopf (quota di 2352 m s.l.m.) comprende una delle aree oggetto di studio. Esso raggiunge il fondovalle della Val d'Isarco all'altezza dell'abitato di Albes. Tale versante è caratterizzato da pendenze elevate, presenta una copertura fittamente boscata che lascia spazio ad alcune aree prative. Nei pressi del fondovalle l'area oggetto di studio l'ambisce una fascia nella quale emergono affioramenti rocciosi. Dal punto di vista geologico il versante è costituito principalmente da Fillade quarzifera di Bressanone, alle quote superiori si evidenzia la presenza di aree caratterizzate da detriti di falda e copertura eluviale.

Zona Funes/Laion:

La valle di Funes che è orientata in direzione est-ovest nasce alle Odle (Geislerspitze) e da nome all'omonico corso d'acqua, superando gli abitati di Santa Maddalena e San Pietro. Raggiunge la Val d'Isarco all'altezza della zona artigianale Schmelze, in idrografica sinistra dopo circa 20 chilometri a valle di Velturmo. Il fondovalle della Val di Funes è caratterizzato da pendenze contenute, mentre i versanti che vi afferiscono mostrano pendenze anche sostenute. Oltre alle aree detritiche presenti nelle aree apicali, la valle è caratterizzata da una fitta copertura boscata in particolare nei versanti in idrografica sinistra e un versante principalmente coperto da prato e aree abitate in idrografica destra. Dal punto di vista geologico 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: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 12 di 40

in idrografica sinistra nel tratto di valle è costituito principalmente da Fillade quarzifera di Bressanone, mentre nel tratto apicale da copertura morenica e detritica; il versante in idrografica destra nella zona apicale è caratterizzato dalla Formazione di Wengen, nel tratto centrale presenta una copertura morenica e detritica, mentre verso valle prevalgono porfidi quarziferi. Nei pressi della confluenza sono presenti Paragneiss Albitici e Anfiboliti.

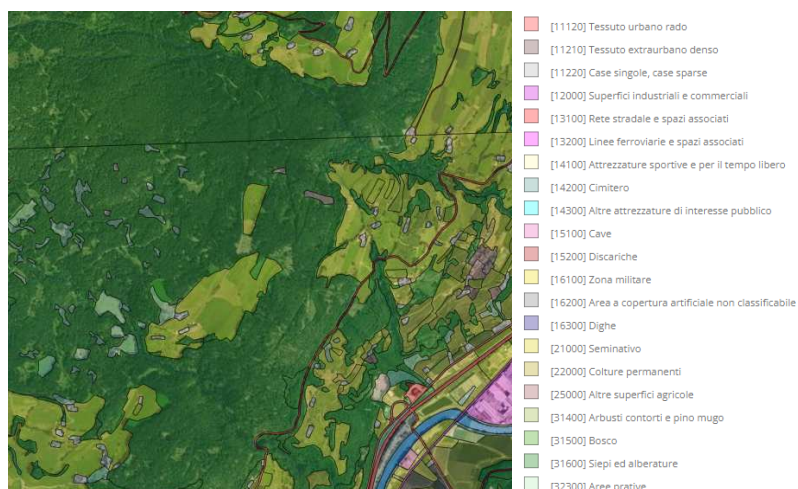


Fig. 7 – Carta Uso del suolo – zona Albes.

L'area di Laion oggetto di studio è situato nel comune di Laion in orografica destra dell'abitato di Albions e raggiunge la S.S.242Dir., Strada Statale di Val Gardena e Passo Sella. Tale versante è caratterizzato da pendenze che solo in pochi punti supera i 45°, presenta una copertura in parte fittamente boscata che lascia spazio ad alcune aree prative. Dal punto di vista geologico il versante è costituito in parte da Fillade quarzifera di Bressanone e in parte da copertura morenica.

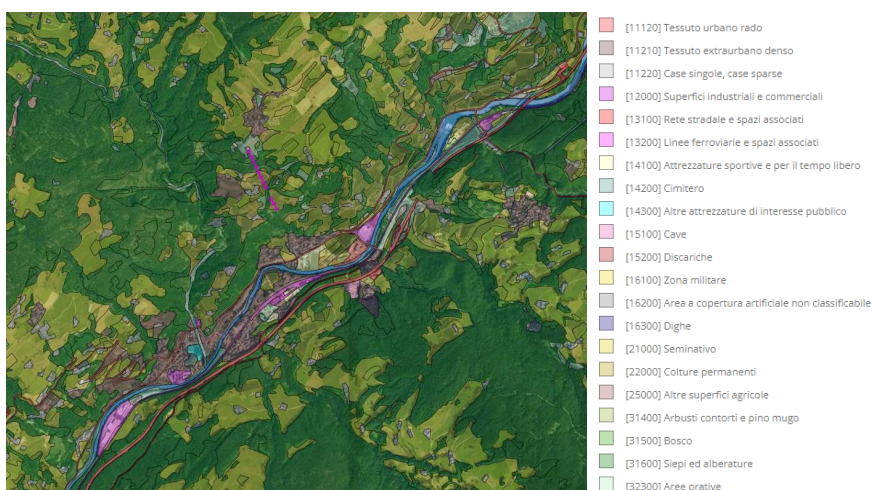


Fig. 8 – Carta Uso del suolo – zona Funes/Laion.

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			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 13 di 40

6.3 CORSI D'ACQUA OGGETTO DI STUDIO E CARATTERISTICHE DEI BACINI

Il bacino di alimentazione relativo ad ogni torrente oggetto di questo studio è definito come l'area nella quale le acque pluviali o di fusione delle nevi, defluendo in superficie, vengono convogliate in un determinato corso d'acqua direttamente o a mezzo di affluenti. Sono stati in particolare analizzati separatamente il Fiume Isarco nel fondovalle ed i bacini minori individuati nei versanti oggetto del presente studio afferenti alla Valle Isarco e rilevanti al fine del presente elaborato. In particolare per quanto riguarda i bacini minori essi sono descritti separatamente in relazione alla zona di appartenenza, così come suddivise precedentemente (zona Fortezza, zona Varna/Forch, zona Albes e zona Funes/Laion). Per quanto riguarda i bacini minori afferenti alla Val Isarco e rilevanti al fine del presente studio ne sono stati analizzati nr.15, come riportato nella seguente figura:

Nr. Bacino
01
01.1
01s
02.1
02.2
03
04
05
05.1
06
07
08
09.1
09.2
09.3

Tabella 1 – Elenco dei bacini minori analizzati.



Fig. 9 – Fossati non studiati nel presente progetto (in arancione) – zona Albes.

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			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 14 di 40

Rispetto a quanto previsto nel Progetto Definitivo sono stati aggiunti nr.2 corsi d'acqua (Bacino 01.1 e 05.1) e ne sono stati stralciati nr.2 (02.2 e 04). Inoltre per quanto riguarda il bacino 09, esso è stato diviso in 3 sottobacini, tra i quali solo il bacino 09.1 è stato oggetto di studio. Tali valutazioni sono frutto di quanto emerso in sede di sopralluogo, in particolare sono stati studiati i bacini che presentavano evidenze associabili a fenomeni idraulici e stralciati quelli che non presentavano queste caratteristiche. Si evidenzia inoltre come non siano stati studiati i corsi d'acqua denominati nel Piano delle Zone di Pericolo di Bressanone Fossato 01 e Fossato 03 presenti nella zona di Albes (Figura 9), in quanto essi non interessano le infrastrutture previste nel presente studio.

Zona Fortezza:

Nella zona Fortezza sono stati individuati e studiati gli impluvi denominati 03 – Rio della Chiusa (Codice Acque Pubbliche B.440), 05, 05.1 – fossato Schindler (Codice Acque Pubbliche B.440) e 06 (Codice Acque Pubbliche B.430), mentre è stato stralciato il bacino denominato 04, in assenza di evidenze di attività di tipo idraulico. Se ne riportano di seguito le principali caratteristiche.

		Bacino 03	Bacino 05	Bacino 05.1	Bacino 06
Area	[km ²]	1.14	0.22	0.31	0.54
Hmin bacino	[m s.l.m.]	735	746	747	739
Hmax bacino	[m s.l.m.]	1964	1849	1911	1877
Hmed bacino	[m s.l.m.]	1465	1150	1415	1329
J bacino	[m/m]	0.79	0.73	0.95	0.74

Tabella 2 - Caratteristiche dei bacini corsi d'acqua minori – zona Fortezza.

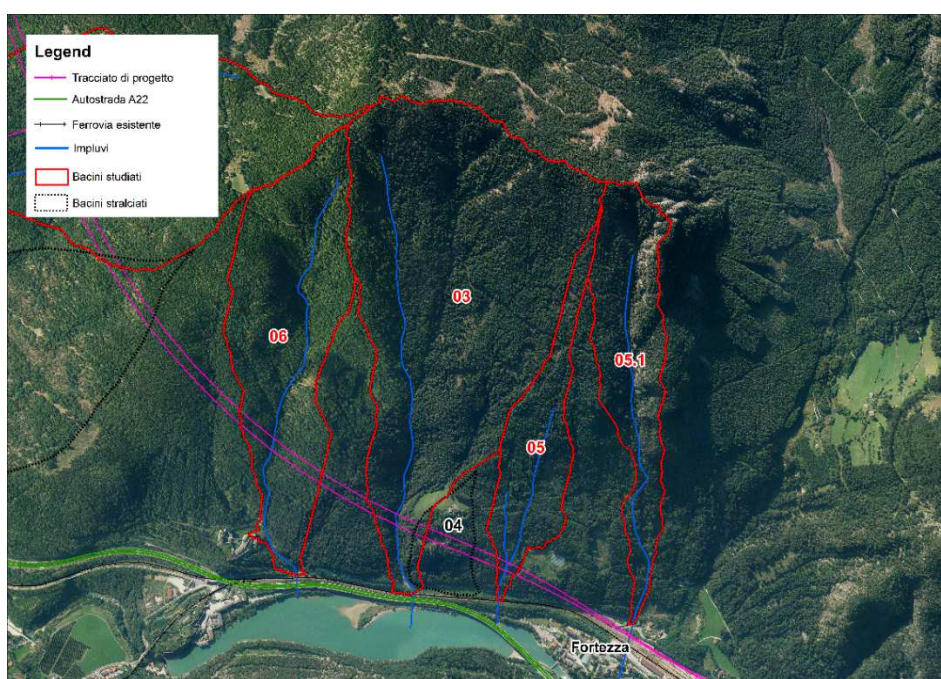


Fig. 10 – Bacini corsi d'acqua minori – zona Fortezza

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			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 15 di 40

Ai bacini sopra riportati si aggiungono le caratteristiche del sottobacino del 05.1 delimitato a monte dal cunettone di deviazione, calcolato al fine di eseguire le verifiche idrauliche in relazione alla fase di cantiere, come descritto nel dettaglio nella Relazione idraulica relativa ai bacini minori (elaborato IBOU1BEZZRIID0000002B).

		Sottobacino 05.1
Area	[km ²]	0.02
Hmin bacino	[m s.l.m.]	747
Hmax bacino	[m s.l.m.]	972
Hmed bacino	[m s.l.m.]	846
J bacino	[m/m]	0.56

Tabella 3 - Caratteristiche dei bacini corsi d'acqua minori – sottobacino 05.1 delimitato a monte dal cunettone di deviazione.

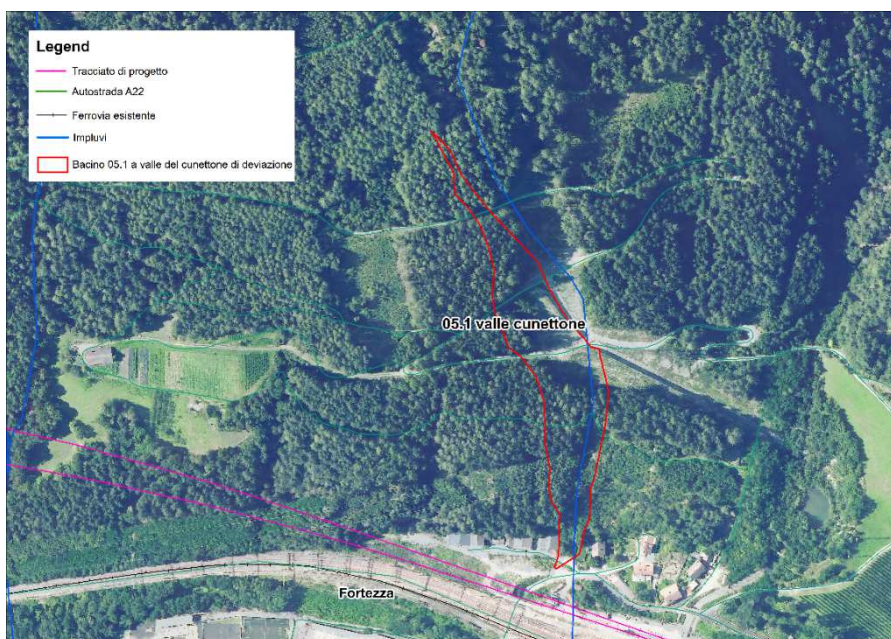


Fig. 11 – Bacini corsi d'acqua minori – Bacino 05.1 il cui perimetro è delimitato a monte dal cunettone di deviazione.

Zona Varna/Forch:

Nella zona Varna/Forch sono stati individuati e studiati gli impluvi denominati 02.1 e 07, mentre è stato stralciato il bacino denominato 02.2, in assenza di evidenze di attività di tipo idraulico. Si evidenzia come il bacino 02.1 sia stato calcolato considerando come punto di chiusura l'apice della conoide. Se ne riportano di seguito le principali caratteristiche.

		Bacino 02.1	Bacino 07
Area	[km ²]	0.94	0.04
Hmin bacino	[m s.l.m.]	771	698

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			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 16 di 40

Hmax bacino	[m s.l.m.]	1917	716
Hmed bacino	[m s.l.m.]	1356	707
J bacino	[m/m]	0.72	0.14

Tabella 4 - Caratteristiche dei bacini corsi d'acqua minori – zona Varna/Forch.

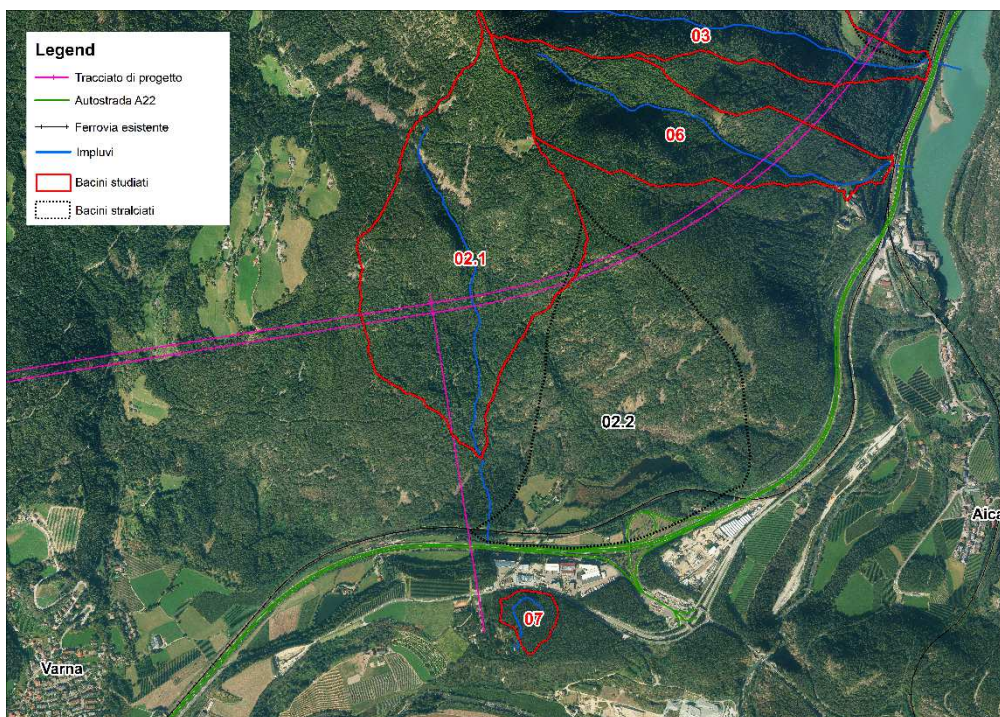


Fig. 12 – Bacini corsi d'acqua minori – zona Varna/Forch.

Zona Albes:

Nella zona Albes sono stati individuati e studiati gli impluvi denominati 01, 01s e 01.1. Se ne riportano di seguito le principali caratteristiche.

		Bacino 01	Bacino 01s	Bacino 01.1
Area	[km ²]	1.24	0.08	0.09
Hmin bacino	[m s.l.m.]	546	56	551
Hmax bacino	[m s.l.m.]	1781	1120	1123
Hmed bacino	[m s.l.m.]	1152	865	870
J bacino	[m/m]	0.43	0.57	0.57

Tabella 5 - Caratteristiche dei bacini corsi d'acqua minori – zona Albes.

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			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 17 di 40

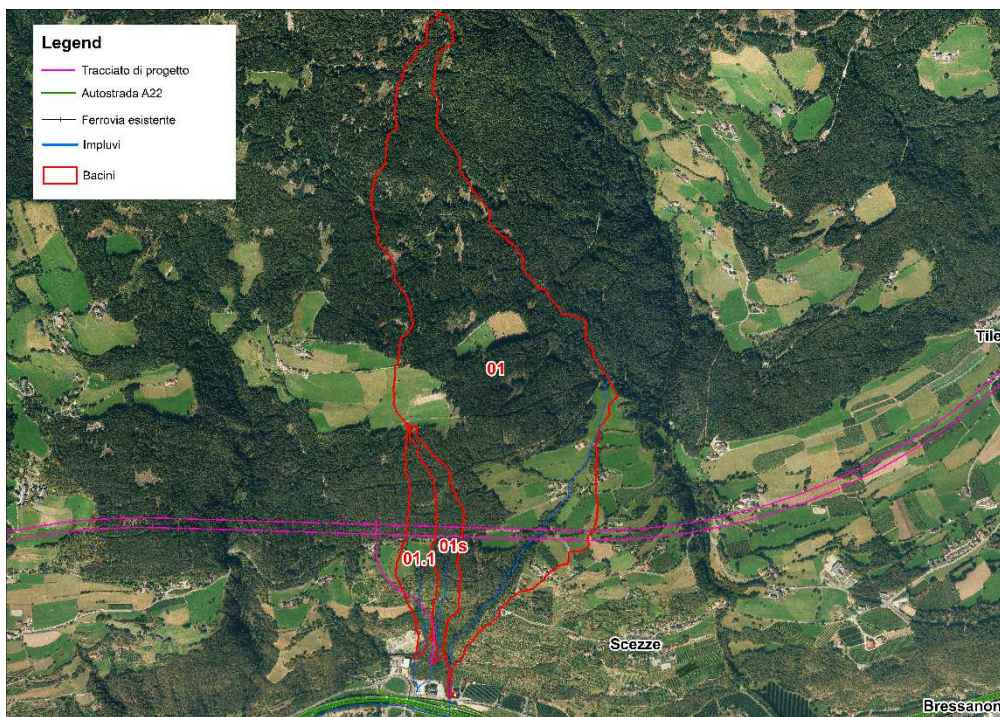


Fig. 13 – Bacini corsi d’acqua minori – zona Albes.

Zona Funes/Laion:

Nella zona Funes/Laion sono stati individuati e studiati gli impluvi denominati 08, 09.1, 09.2 e 09.3. Se ne riportano di seguito le principali caratteristiche.

		Bacino 08	Bacino 09.1
Area	[km ²]	72.78	0.18
Hmin bacino	[m s.l.m.]	531	608
Hmax bacino	[m s.l.m.]	3022	919
Hmed bacino	[m s.l.m.]	1643	779
J bacino	[m/m]	0.54	0.36

Tabella 6 - Caratteristiche dei bacini corsi d’acqua minori – zona Funes/Laion.

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			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 18 di 40

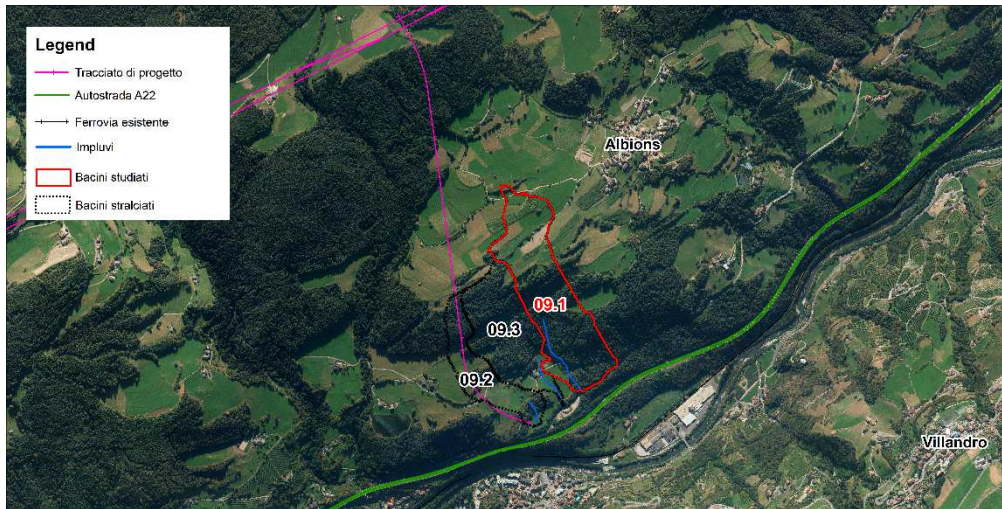


Fig. 14 – Bacini corsi d'acqua minori – zona Laion.

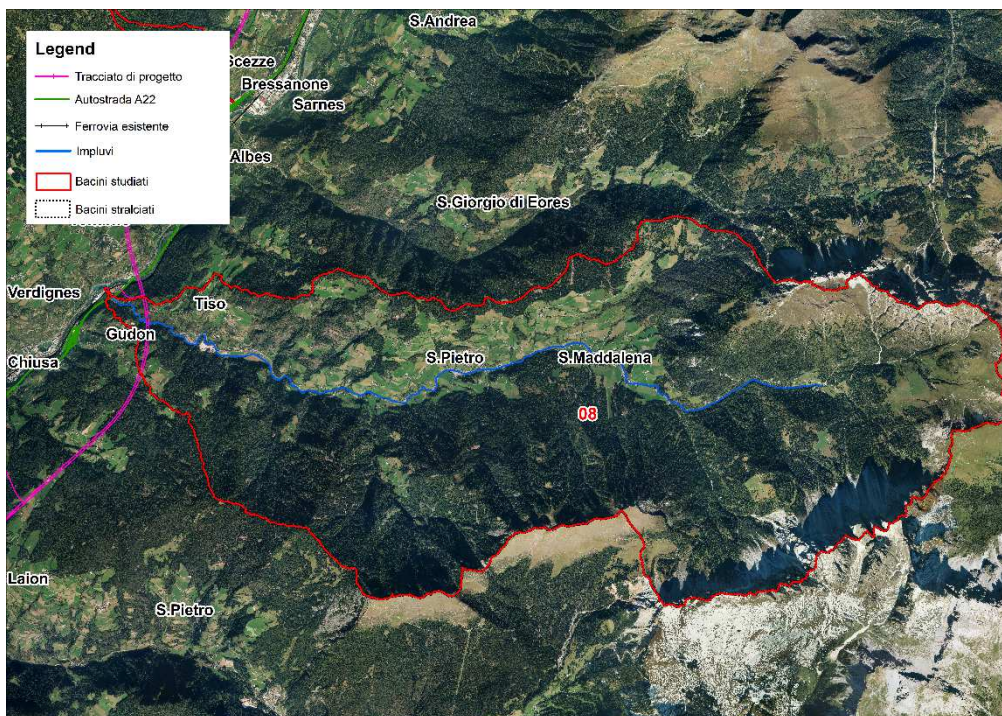


Fig. 15 – Bacini corsi d'acqua minori – zona Funes.

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione idrologica generale	IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	19 di 40

7. STUDIO IDROLOGICO FIUME ISARCO

7.1 DATI DISPONIBILI E STUDI PREGRESSI

Senza procedere ad uno studio idrologico di nuova fattura, si è proceduto per quanto concerne il Fiume Isarco a verificare la plausibilità dell'idrologia di piena utilizzata nell'abito della redazione del progetto definitivo. Si è pertanto verificato inizialmente il set di dati disponibili lungo le aste fluviali oggetto di studio, facendo riferimento ai seguenti studi. Per quanto concerne il tratto di Funes (BZ) si citano:

- Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Funes (BZ) ai sensi della D.G.P. 989/2016, attualmente in fase di verifica presso il competente Ufficio Bacini Montani Nord dell'Agenzia per la Protezione Civile della Provincia Autonoma di Bolzano;
- Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Chiusa (BZ), approvato e successivamente modificato con Delibera della Giunta Comunale 647/2017 e Delibere Consiliari 267/2018 e 7/2019;
- Piano Area Fluviale della Media Valle Isarco – Progetto "CittàPaeseFiume" promosso dall'allora Rip. 30 Opere Idrauliche (oggi Agenzia per la Protezione Civile) della Provincia di Bolzano e sviluppato tra il 2009 ed il 2011.

Di particolare interesse per il Fiume Isarco nel tratto di studio è il Piano Fluviale della Media Valle Isarco (Progetto "StadtLandFluss"), sul quale si basano sostanzialmente tutti gli studi successivi. L'iniziativa "CittàPaeseFiume – Area Fluviale Media Val d'Isarco" è stata promossa nell'ambito del programma UE "Competitività Regionale ed Occupazione FESR 2007 – 2013" con un piano di gestione dei bacini idrografici con lo scopo di garantire una buona condizione ecologica delle acque nella Media Val d'Isarco, progettare un bacino fluviale come area ricreativa ed allo stesso tempo ridurre i rischi legati alle alluvioni per le persone, la natura e l'economia. Nell'ambito di tale studio il Fiume Isarco è stato indagato con elevato grado di dettaglio, le portate di piena sono state definite con un accurato modello afflussi deflussi e la taratura è stata effettuata anche sulla scorta dei dati idrometrici registrati dalle stazioni presenti. Si è inoltre tenuto conto della presenza a monte delle dighe di Fortezza e Rio Pusteria, a servizio dell'impianto idroelettrico di Bressanone. Per il dettaglio tecnico delle valutazioni effettuate si rimanda alla Relazione Tecnica del Modulo Pericoli Idraulici del Piano dell'Area Fluviale della Media Valle Isarco (versione 30.04.2010). Il nodo idraulico del Fiume Isarco più vicino all'area di studio era rappresentato dal nodo B2 a valle della confluenza con la Rienza, che sottende un'area pari a 2.878 Km². Occorre sottolineare che il Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Bressanone recepisce integralmente quanto riportato nel Piano dell'Area Fluviale citato.

Nell'ambito del Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Chiusa si è considerato invece il salto di bacino idrografico tra Bressanone e la sezione di chiusura al confine comunale presso Funes, in cui il bacino imbrifero ammonta a ca. 2.965 Km² considerando anche il Rio di Funes. Le portate di piena sono state quindi opportunamente riscalate sulla superficie sottesa del bacino imbrifero in modo lineare.

	Q T=30 [m ³ /s]	Q T=100 [m ³ /s]	Q T=300 [m ³ /s]
Isarco al confine comunale di Chiusa	629	792	940

Tabella 7 – Portate di piena del Fiume Isarco al confine comunale settentrionale del comune di Chiusa (BZ).

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 GEMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 20 di 40

Nel 2017 il Comune di Chiusa ha commissionato un aggiornamento del Piano delle Zone di Pericolo comunale derivanti dalle esondazioni del Fiume Isarco a Chiusa. Nell'ambito del lavoro svolto dallo studio in.ge.na. di Bolzano, è stata svolta una accurata analisi di coerenza e plausibilità dei dati idrologici di piena del Fiume Isarco utilizzati negli studi precedenti, nonché un confronto con i valori di picco forniti dalla ex Ripartizione Opere Idrauliche della Provincia Autonoma di Bolzano. A Chiusa i valori di portata di picco del Fiume Isarco sono illustrati nella seguente tabella. Nella seguente figura sono rappresentati i relativi idrogrammi di piena forniti dal competente Ufficio provinciale.

	Q T=30 [m ³ /s]	Q T=100 [m ³ /s]	Q T=300 [m ³ /s]
Isarco a Chiusa	670	846	1.004

Tabella 8 – Portate di piena del Fiume Isarco a Chiusa secondo l'aggiornamento 2017-18 del P.Z.P. comunale (BZ).

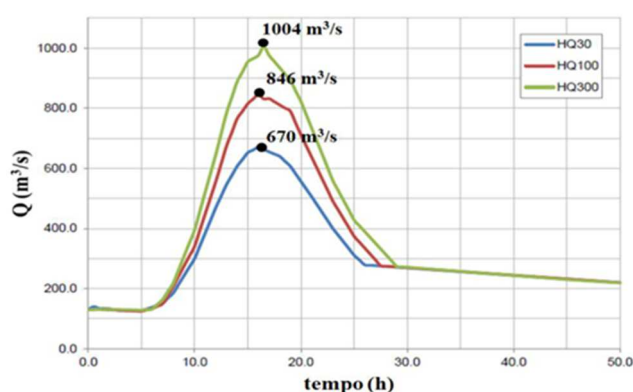


Fig. 16 – Idrogrammi sintetici di riferimento utilizzati per la redazione del Piano delle Zone di Pericolo di Chiusa vigente secondo quanto fornito dall'Ufficio Bacini Montani Nord dell'Agenzia per la Protezione Civile della Provincia Autonoma di Bolzano.

In base alle valutazioni eseguite i valori di portata di picco per il Fiume Isarco in corrispondenza della confluenza con il Rio di Funes risultano compresi negli intervalli di stima riportati di seguito.

	Q T=30 [m ³ /s]	Q T=100 [m ³ /s]	Q T=300 [m ³ /s]
Isarco alla confluenza con il Rio Funes	670-770	825 – 1.025	965 – 1.340

Tabella 9 – Intervalli di plausibilità delle portate al colmo di piena per il Fiume Isarco alla confluenza con il Rio Funes.

I valori di portata al colmo degli idrogrammi sintetici riportati precedentemente rientrano pertanto negli intervalli di stima forniti dall'Agenzia per la Protezione Civile della Provincia Autonoma di Bolzano, seppur al limite inferiore.

Per quanto concerne invece il tratto di Ponte Gardena (BZ) sono stati presi a riferimento:

- Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Ponte Gardena (BZ), approvato con Delibera Consiliare 28/2015 e con Deliberazione della Giunta Provinciale 135/2016, successivamente modificato con deliberazioni 1456/2018 e 371/2020;

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione idrologica generale	IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	21 di 40

- Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Barbiano (BZ), approvato con Delibera della Giunta Comunale 88/2019, con Delibera Consiliare 43/2019 e con Deliberazione della Giunta Provinciale 13/2020.

La suddetta documentazione è stata messa a disposizione dall’Agenzia per la Protezione Civile della Provincia Autonoma di Bolzano dopo opportuno nulla osta delle Amministrazioni Comunali.

7.2 DISPONIBILITA’ DI DATI IDROMETRICI

Nonostante non siano stati utilizzati direttamente nell’ambito del presente lavori, la Provincia di Bolzano dispone di una rete di monitoraggio idrometrico dei corsi d’acqua molto dettagliata e stabilmente mantenuta. Nella figura seguente si riportano le stazioni idrometriche utili ad inquadrare i regimi di deflusso lungo l’intera area di progetto. In Tabella 10 sono indicati i dati salienti delle principali stazioni ora citate nel tratto fluviale di interesse.

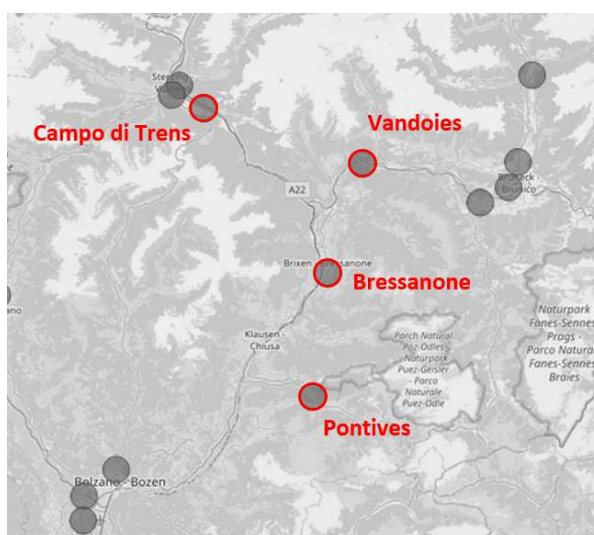


Fig. 17 – Stazioni idrometriche utili ad inquadrare il regime dei deflussi lungo Rienza, Isarco e Rio Gardena nelle aree oggetto di intervento.

IDROMETRO	Asta	Quota (m s.l.m.)	Bacino sotteso (Km ²)	Serie storica disponibile	Anni di osservazione	Q _{max} (m ³ /s)
Campo di Trens	Isarco	927,36	511,2	dal 2006	16	225
Vandoies	Rienza	730,81	1.919	dal 1942	74	448*
Bressanone	Isarco	551,54	2.890,8	dal 1999	23	660
Pontives	Rio Gardena	1.110,03	160,5	dal 2009	12	61

Tabella 10 – Dati delle stazioni idrometriche gestite dall’Ufficio Idrologia e Dighe della Provincia Autonoma di Bolzano utili per l’area estesa di intervento. (*) Per l’idrometro di Vandoies non sono registrati i picchi degli eventi del 1965 e del 1966 ma solo le medie giornaliere. Pertanto in tabella è riportato il massimo registrato in data 5 agosto 2021. In base alle indicazioni dell’Ufficio provinciale le due piene degli anni ’60 hanno sicuramente superato questo valore di portata.

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						
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione idrologica generale		IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	22 di 40

7.3 REGIONALIZZAZIONE DELLE PORTATE

Per lo studio dell'idrologia di piena dei grandi fiumi di pianura in Provincia di Bolzano è stata in passato molto utilizzata la regionalizzazione presentata da Villi e Bacchi (2001) nell'ambito del progetto VAPI. Senza scendere nel dettaglio tecnico, si ricorda brevemente come in generale i metodi di regionalizzazione prevedono il calcolo di una portata indice tramite la quale stimare la portata di progetto attraverso la definizione di un fattore di crescita. Secondo l'approccio del Villi, la portata indice è così esprimibile:

$$q_i = a \cdot A^b$$

dove q_i è la portata indice, A rappresenta l'area del bacino (km^2), a e b sono dei parametri della regionalizzazione che dipendono dalle caratteristiche geografiche e morfometriche del bacino di studio. Pertanto, secondo le indicazioni del Villi, si ricava la seguente portata di progetto come:

$$q_p = q_i \cdot K_T$$

in cui q_p è la portata di progetto e K_T un fattore probabilistico di crescita. Occorre però sottolineare che tale metodologia non risulta applicabile ai casi di studio, in quanto si eccedono i limiti di validità delle argomentazioni statistiche trattate. Sia per la sezione di controllo di Funes che per quella di Ponte Gardena infatti il bacino imbrifero sotteso del Fiume Isarco supera notevolmente la soglia di validità di 2.000 km^2 .

BACINO	Sottobacini	Relazione interpolare	Limiti di validità
ADIGE	Alto bacino fino a Telve e Rienza fino alla confluenza	$m(Q) = 10.4 \cdot 10^{-2} A$	$200 \leq A \leq 2000 \text{ km}^2$
	Affluenti dell'alto Adige e della Rienza	$m(Q) = 5.5 A^{0.52}$	$70 \leq A \leq 800 \text{ km}^2$
	Affluenti medio bacino dell'Adige da Merano a Rovereto	$m(Q) = 10.63 A^{0.40}$	$70 \leq A \leq 1200 \text{ km}^2$

Tabella 11 – Limiti di validità della regionalizzazione VAPI di Villi & Bacchi per la Provincia Autonoma di Bolzano.

Si considera pertanto alternativamente la procedura sviluppata dal Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche del CNR nell'ambito del Progetto Speciale di Valutazione delle Piene (VAPI), sulla base delle indicazioni fornite da Rosso e De Michele (2000). Tralasciando i dettagli per i quali si rimanda alla parte bibliografica, la stima della portata indice viene ricavata attraverso la seguente relazione:

$$q_i = q(1) \cdot A^m$$

in cui q_i rappresenta la portata indice, $q(1)$ il contributo unitario caratteristico, A l'area del bacino (km^2) mentre m è un esponente caratteristico, al quale lo stesso metodo di regionalizzazione assegna una certa variabilità, cosa che permette di tenere in parte conto delle caratteristiche peculiari di ogni bacino di studio. In Tabella 12 sono indicate le subregioni individuate da Rosso e De Michele (2000) e sono forniti i valori assegnati a $q(1)$ e m per le differenti subregioni di calcolo. La portata di progetto viene pertanto calcolata come segue:

$$q_p = q_i \cdot x_T$$

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:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione idrologica generale	IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	23 di 40

dove q_p è la portata di progetto e x_T il fattore di crescita che tiene conto del tempo di ritorno dell'evento. Il calcolo delle portate di piena con la metodologia adottata passa inoltre necessariamente attraverso la stima di un esponente caratteristico m che può essere tarato sulla base delle caratteristiche del bacino e che rende in questo modo la valutazione tramite regionalizzazione più facilmente adattabile alle diverse situazioni studiate data la differente natura dei bacini imbriferi considerati.

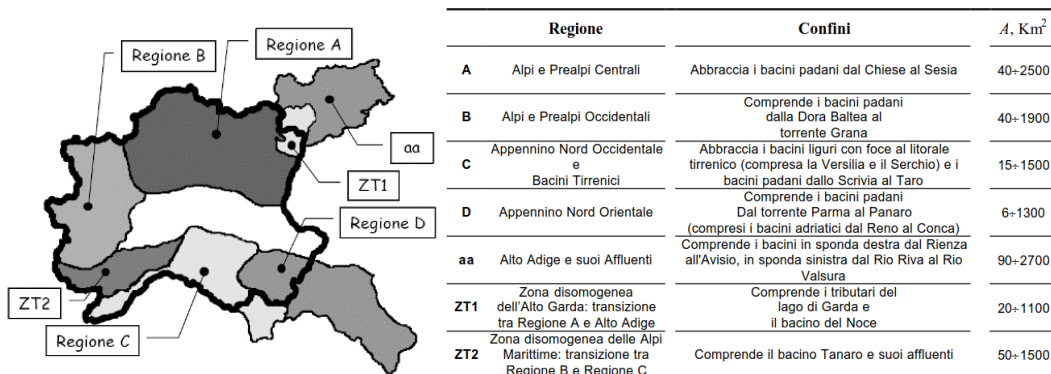


Fig. 18 – Suddivisione in macrobacini e limiti di validità della regionalizzazione proposta da Rosso (2000).

Regione	m	$\bar{q}(1), m^3 s^{-1} Km^{-2m}$	$R^2(LN)$
A Alpi e Prealpi Centrali	0.799 (± 0.183)	2.098	0.61
B Alpi e Prealpi Occidentali	0.901 (± 0.148)	0.525	0.76
C Appennino Nord Occidentale e Bacini Tirrenici	0.728 (± 0.077)	5.866	0.74
D Appennino Nord Orientale	0.772 (± 0.062)	2.487	0.89
aa Alto Adige e suoi affluenti	0.638 (± 0.089)	1.586	0.69

Tabella 12 – Subregioni individuate nella procedura di Rosso e De Michele (2000) e valori di progetto dei coefficienti.

Regione	Periodo di Ritorno, anni					
	10	20	50	100	200	500
A Alpi e Prealpi Centrali	1.61+1.74	1.93+2.12	2.37+2.68	2.71+3.15	3.05+3.69	3.49+4.51
B Alpi e Prealpi Occidentali	1.69+1.90	2.20+2.56	3.00+3.74	3.71+4.95	4.47+6.58	5.45+9.69
C Appennino NO & B. Tirrenici	1.74+1.86	2.23+2.43	2.99+3.36	3.66+4.25	4.41+5.35	5.51+7.26
D Appennino Nord Orientale	1.56+1.66	1.84+1.98	2.22+2.44	2.52+2.83	2.81+3.26	3.19+3.90
aa Alto Adige e suoi affluenti	1.49+1.57	1.74+1.85	2.07+2.26	2.33+2.59	2.59+2.96	2.92+3.52

Tabella 13 – Valori dei limiti di confidenza del fattore di crescita per alcuni valori salienti del periodo di ritorno T.

Da quanto riportato precedentemente si nota che anche in questo caso la validità della regionalizzazione è verificata per l'Alto Adige ed i suoi affluenti fino a 2.700 Km². Per quanto concerne la sezione di controllo di Funes (BZ) si ritiene in ogni caso che tale metodologia consenta di ricavare valori sufficientemente attendibili delle portate di picco del Fiume Isarco, dato il leggero scostamento ravvisato rispetto al limite di validità dichiarata. Si assume un coefficiente m pari a 0,671. L'Isarco a Ponte Gardena invece eccede di molto i 3.000 Km² di estensione, pertanto si ritiene che tale approssimazione non risulti più valida, pertanto anche la metodologia del Rosso non risulta applicabile.

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						
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione idrologica generale		IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	24 di 40

7.4 IL FIUME ISARCO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA DI FUNES (BZ)

In Tabella 14 sono riportati i picchi al colmo di piena relativi all'Isarco presso la sezione di Funes (BZ) così come determinati nel Progetto Definitivo alla sezione posta a monte della confluenza con il Rio Funes, che sottende una superficie del bacino imbrifero pari a 2.964 Km².

Tempo di ritorno (anni)	Portata al colmo (m ³ /s)
30	642
100	810
200	866
300	961
500	1.193

Tabella 14 – Portate al colmo di piena definite per la sezione di Funes nell'ambito del Progetto Definitivo.

Ai sensi del PZP del Comune di Chiusa risultano al confine comunale con Velturmo e Bressanone, quindi in una sezione prossima a quella considerata nel Progetto Definitivo, i seguenti valori dei picchi di piena al variare del tempo di ritorno.

Tempo di ritorno (anni)	Portata al colmo (m ³ /s)
30	670
100	846
300	1.004

Tabella 15 – Portate al colmo di piena definite in ingresso nel PZP del Comune di Chiusa (BZ).

Occorre sottolineare che l'Agenzia per la Protezione Civile della Provincia Autonoma di Bolzano ha commissionato all'Università degli Studi di Padova uno studio idrologico di dettaglio per la definizione di una procedura di calcolo dell'idrogramma di piena a frequenza di superamento assegnata per il territorio provinciale. La stessa Agenzia ha fornito il seguente range di plausibilità delle portate di piena nella sezione di controllo posta in corrispondenza dello sbocco del Rio Funes nel Fiume Isarco.

Tempo di ritorno (anni)	Portata al colmo (m ³ /s)
30	670 – 770
100	825 – 1.025
300	965 – 1.340

Tabella 16 - Limiti di plausibilità dei valori delle portate di piena del Fiume Isarco a Funes (BZ) secondo l'applicativo Webbasin 2.0 dell'Agenzia della Protezione Civile della Provincia Autonoma di Bolzano.

Dal confronto dei dati riportati in Tabella 15 ed in Tabella 16, si nota come i valori assunti per la sezione di chiusura di Funes siano leggermente inferiori al limite inferiore del range di plausibilità dettato dall'applicativo dell'Agenzia per la Protezione Civile della Provincia Autonoma di Bolzano. Pertanto si è provveduto a ricalcolare i valori del colmo di piena per i vari tempi di ritorno anche con la metodologia di regionalizzazione del VAPI di Rosso, secondo le specifiche prima illustrate. Si ottengono i dati illustrati di seguito.

Tempo di ritorno (anni)	Portata al colmo (m 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:	Mandatario: SWS Engineering S.p.A.	Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 25 di 40

10	518,6
30	662,4
100	833,4
200	939,8
300	1.005
500	1.091

Tabella 17 – Valori al colmo di piena determinati con la metodologia di regionalizzazione del VAPI di Rosso.

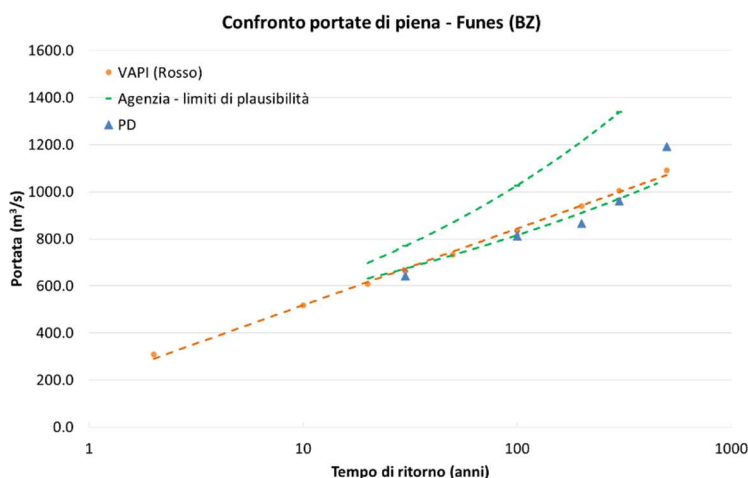


Fig. 19 – Confronto tra le portate di piena determinate nell’ambito del Progetto Definitivo e con la metodologia del VAPI di Rosso, rapportati ai limiti di validità forniti dall’Agenzia per la Protezione Civile della Provincia Autonoma di Bolzano.

Si ritiene pertanto che i risultati della regionalizzazione con la metodologia del VAPI di Rosso siano sufficientemente rappresentativi, dato che fittano bene sia il dato del Progetto Definitivo che i valori propri del limite inferiore di plausibilità fornito dall’Agenzia per la Protezione Civile della Provincia Autonoma di Bolzano. Per le verifiche idrauliche del Progetto Esecutivo si sono pertanto adottati i picchi di piena illustrati in Tabella ZZ, i relativi idrogrammi di piena sono rappresentati graficamente di seguito e sono stati ottenuti per normalizzazione di quelli utilizzati nell’ambito del Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Chiusa (BZ).

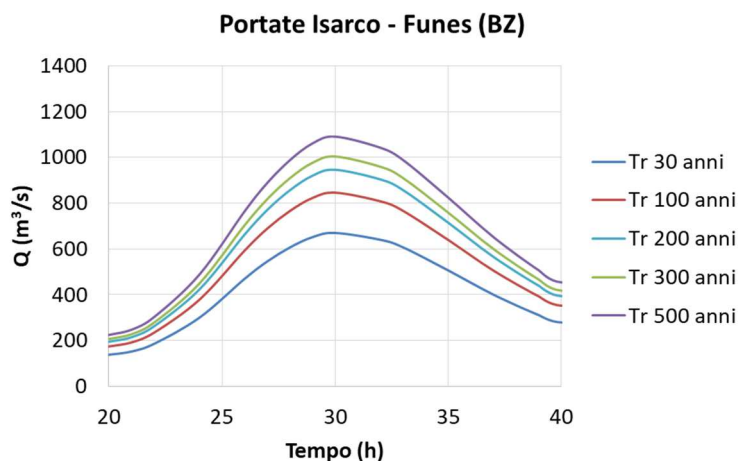


Fig. 20 – Idrogrammi di piena assunti nel Progetto Esecutivo alla sezione di chiusura di Funes (BZ).

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:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	26 di 40
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA							
Relazione idrologica generale							

7.5 IL FIUME ISARCO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA DI PONTE GARDENA (BZ)

In Tabella 18 sono riportati i picchi al colmo di piena relativi all'Isarco presso le sezioni di chiusura di Ponte Gardena (BZ), sia a monte (3.137 Km²) che a valle (3.345 Km²) dello sbocco del Rio Gardena, così come determinati nel Progetto Definitivo.

Tempo di ritorno (anni)	Portata al colmo (m ³ /s) (monte)	Portata al colmo (m ³ /s) (valle)
30	669	709
50	728	787
100	808	893
200	889	998
300	1.019	1.060

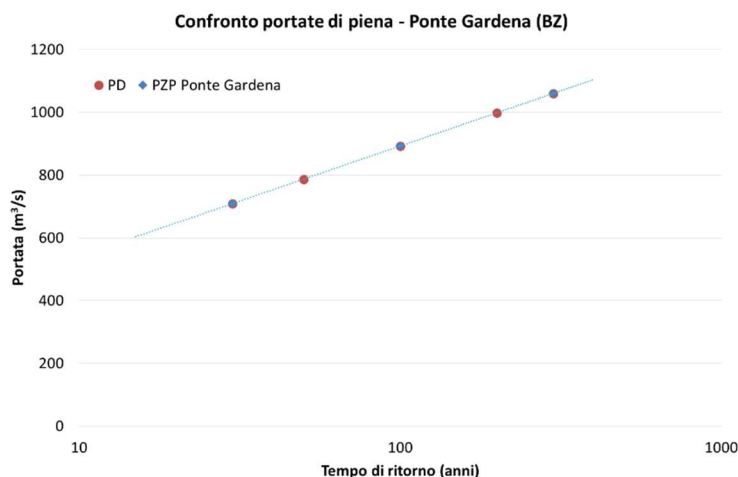
Tabella 18 – Portate al colmo di piena definite per la sezione di Ponte Gardena nell'ambito del Progetto Definitivo.

Ai sensi del PZP del Comune di Ponte Gardena, approvato e ad oggi in vigore, risultano presso la sezione di chiusura assunta a valle dello sbarramento trasversale di Barbiano a servizio dell'impianto idroelettrico di Cardano (BZ) nella titolarità di ALPERIA S.p.a., i seguenti valori dei picchi di piena al variare del tempo di ritorno.

Tempo di ritorno (anni)	Portata al colmo (m ³ /s)
30	709
100	893
300	1.060

Tabella 19 – Portate al colmo di piena definite in ingresso nel PZP del Comune di Ponte Gardena (BZ).

Si evince quindi come nel Progetto Definitivo siano stati adottati cautelativamente per le verifiche idrauliche i valori dei picchi di piena determinati a valle dello sbocco del Rio Gardena. Ricordando che le metodologie di regionalizzazione in questo caso non risultano utilizzabili, si nota come i valori assunti nel Progetto Definitivo siano sostanzialmente identici a quelli approvati del Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Ponte Gardena (BZ). Si rimanda anche a quanto rappresentato graficamente di seguito.



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			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 27 di 40

Fig. 21 – Confronto tra le portate di piena utilizzate nel Progetto Definitivo e le portate di piena approvate del Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Ponte Gardena (BZ).

Nell’ambito del Progetto Esecutivo si è quindi scelto di recepire integralmente quanto assunto in sede di progettazione definitiva, in quanto in linea con le portate di progetto approvate per il Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Ponte Gardena (BZ). Si utilizzeranno pertanto per tutte le verifiche idrauliche i valori del colmo di piena indicate nella seguente tabella. Si sottolinea che il valore della portata di piena marcata da un tempo di ritorno di 500 anni è stato ricavato per estrapolazione dai dati disponibili. I relativi idrogrammi di piena sono rappresentati graficamente di seguito e sono stati ottenuti per normalizzazione di quelli utilizzati nell’ambito del Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Ponte Gardena (BZ).

Tempo di ritorno (anni)	Portata al colmo (m ³ /s)
30	670
100	893
200	998
300	1.060
500	1.138

Tabella 20 – Portate al colmo di piena considerate per la sezione di chiusura di Ponte Gardena (BZ).

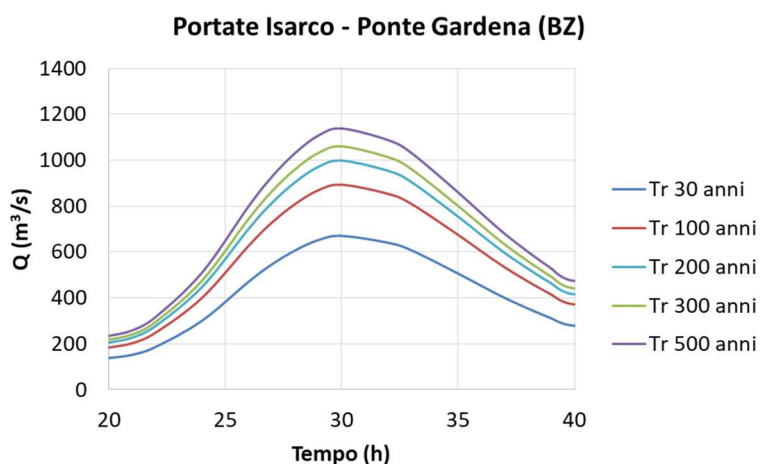


Fig. 22 – Idrogrammi di piena assunti nel Progetto Esecutivo alla sezione di chiusura di Ponte Gardena (BZ).

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:		PROGETTO ESECUTIVO			
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA	GDP GEOMIN	SIFEL SIST			
	M Ingegneria					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione idrologica generale	IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	28 di 40

8. STUDIO IDROLOGICO BACINI MINORI

8.1 PREMESSA

Al fine di determinare i picchi di piena e gli idrogrammi di progetto propri dei diversi bacini considerati, è necessario dapprima procedere ad un'analisi del regime pluviometrico che genera il deflusso. Vengono riportate le piogge di progetto, quindi le portate massime e la forma degli idrogrammi di piena ottenuti utilizzando diversi metodi, a seconda delle caratteristiche e delle dimensioni dei bacini imbriferi oggetto di studio.

8.2 BASE TEORICA ANALISI DEL REGIME DELLE PIOGGE INTENSE PER LA PROVINCIA DI BOLZANO

La conoscenza del regime delle piogge intense costituisce elemento di fondamentale per la valutazione del rischio idraulico e idrogeologico, in particolare dal punto di vista della determinazione della portata al colmo di piena. Nella progettazione delle opere idrauliche, così come negli interventi di ingegneria naturalistica e nella pianificazione delle misure intese a mitigare il rischio alluvionale, il calcolo della portata di progetto è spesso eseguito sulla base di semplici modelli 'afflussi-deflussi'. Attraverso una descrizione semplificata dei processi idrologici a scala di bacino e sulla base di una descrizione probabilistica del processo di pioggia, tali metodi consentono di trasformare la pioggia di durata e tempo di ritorno assegnati in valori temibili della portata al colmo. L'analisi statistica delle piogge intense è sintetizzata, per ciascun sito di misura, in una relazione che descrive, per un assegnato valore di probabilità di superamento, la crescita dell'altezza di pioggia temibile al crescere della durata. Tale relazione prende il nome di linea segnalatrice di probabilità pluviometrica (LSPP). Obiettivo dell'analisi è la stima del massimo annuo della precipitazione per una durata qualsiasi (inferiore al giorno) nella zona di interesse, e relativa – in particolare – ad un periodo di ritorno di 50, 100, 200, 300 e 500 anni. Le elaborazioni statistiche sono state eseguite utilizzando il modello GEV, che ha evidenziato una buona capacità di rappresentare la variabilità naturale delle osservazioni pluviometriche. L'analisi svolta consente di accettare, con qualche limite per assegnate durate, come zona omogenea quella costituita dall'area di studio, e di individuare le relazioni che permettono la stima puntuale dell'altezza di pioggia compresa fra 15 min e 24 ore, per assegnati valori del tempo di ritorno (fino ad un valore massimo di 500 anni).

Per una stima dei quantili di precipitazione per tempi di ritorno anche elevati ($T > 100-500$ anni), occorre operare mediante tecniche di tipo regionale che, utilizzando l'informazione disponibile su tutte le stazioni di misura dislocate su un'area omogenea rispetto alla grandezza idrologica in esame, consentono di compensare la limitata informazione disponibile in ciascuna di esse. Al fine di definire in maniera dettagliata il regime pluviometrico caratteristico del comprensorio in studio, sono state prese in esame le serie storiche misurate alle stazioni dotate di pluviografo, presenti nell'area e ritenute rappresentative (24 stazioni pluviografiche), in particolare sono state considerate le durate pari a 15, 30, 45 min. e 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Sulla base dell'analisi dei valori medi dei massimi annuali, $h(d)$, dove d indica la durata, viene individuata una relazione:

$$h(d) = a \cdot d^n$$

in cui la costante a e l'esponente di scala n sono stimati tramite regressione. Nell'ambito di questo studio la relazione è stata generalizzata utilizzando due diversi valori per l'esponente di scala per le durate inferiori all'ora e per quelle superiori. La stima dei parametri a , n ed n_s (dove n ed n_s indicano rispettivamente

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			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 29 di 40

l'esponente di scala per l'intervallo di durate compreso fra 1h e 24h, e quello valido per l'intervallo 15 min – 1h) è stata ottenuta utilizzando il metodo dei minimi quadrati.

I valori così ottenuti sono stati moltiplicati, al fine di ottenere il quantile di durata e tempo di ritorno T desiderato, per la seguente curva di crescita, ottenuta come media generale (tramite applicazione di nuovo della distribuzione GEV):

T (anni)	K_T
50	1.884
100	2.168
200	2.452
500	2.828

Tabella 21 – Coefficiente di crescita assunti nella trattazione della Provincia Autonoma di Bolzano.

Per ulteriori dettagli si rimanda alla Relazione "Analisi del regime delle piogge intense per la provincia autonoma di Bolzano" redatta dall'Azienda Speciale per la regolazione dei corsi d'acqua e la difesa del suolo della provincia Autonoma di Bolzano.

8.3 ANALISI DEI REGIMI PLUVIOMETRICI PER I BACINI MINORI

Per la determinazione delle piogge di progetto caratteristiche dei diversi bacini imbriferi oggetto di studio si sono assunte le curve di possibilità pluviometrica proprie di ogni bacino in esame fornite dall'applicativo Basin30 del Servizio Bacini Montani dell'Agenzia per la Protezione Civile della Provincia Autonoma di Bolzano. Nei diagrammi seguenti si riportano le precipitazioni in funzione del tempo di ritorno per le zone di riferimento:

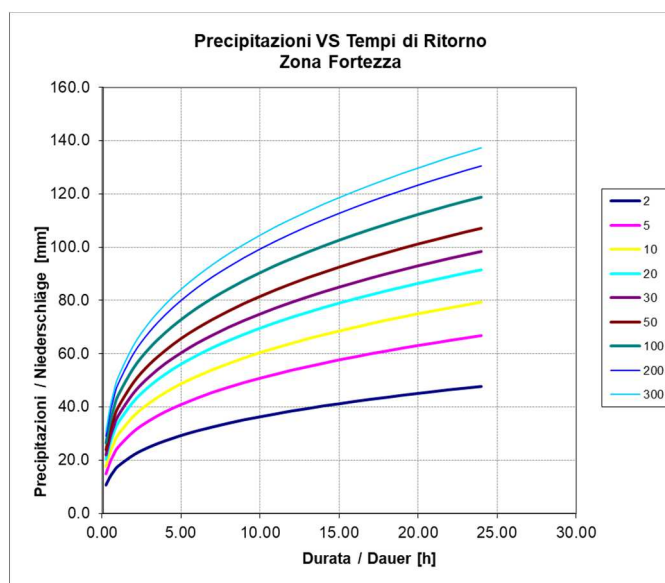


Fig. 23 – Curve di possibilità pluviometrica – Zona Fortezza.

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 GOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 30 di 40

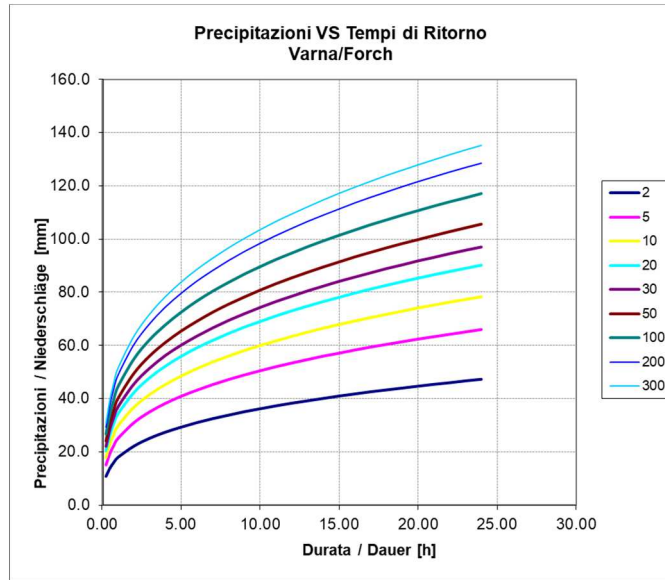


Fig. 24 – Curve di possibilità pluviometrica – Zona Varna/Forch.

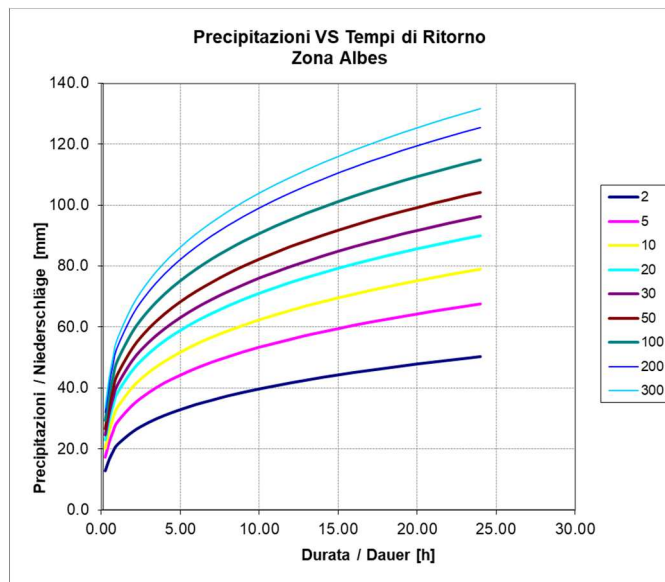


Fig. 25 – Curve di possibilità pluviometrica – Zona Albes.

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			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 31 di 40

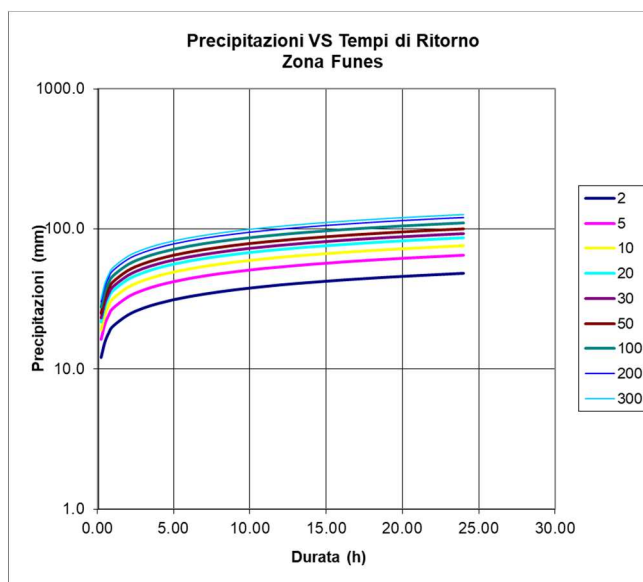


Fig. 26 – Curve di possibilità pluviometrica – Zona Funes.

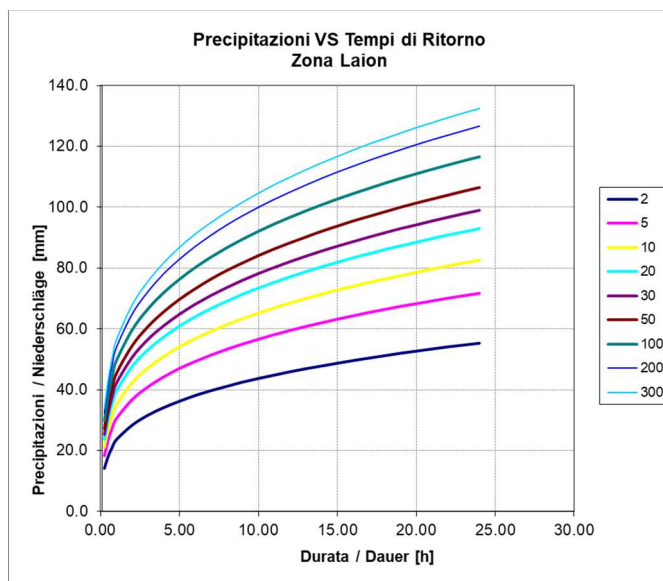


Fig. 27 – Curve di possibilità pluviometrica – Zona Laion.

Come già anticipato nel Capitolo 6.1, i dati pluviometrici assunti per tutte le elaborazioni idrologiche alla base delle attività di progettazione svolte sono riferiti all'analisi del regime delle piogge intense per la Provincia Autonoma di Bolzano, redatto per conto dell'Azienda Speciale per la Regolazione dei Corsi d'Acqua e la Difesa del Suolo dall'Associazione Italiana di Idronomia (*WebBasin 2.0*, 2015 e successivi aggiornamenti). Le serie di dati messe a disposizione dal competente Ufficio idrografico della Provincia Autonoma di Bolzano coprono quasi cento anni di dati (dal 1923), sono stati considerati sia i massimi annuali di intensità della precipitazione di durata compresa tra 15 min e 24 h (113 stazioni pluviografiche della Provincia) che i valori giornalieri di precipitazione. Dalle elaborazione svolte per ogni punti afferente al reticolo idrografico della Provincia

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					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione idrologica generale	IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	32 di 40

Autonoma di Bolzano è possibile ottenere le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometria per differenti tempi di ritorno.

8.4 BASE TEORICA PER IL CALCOLO DELLE PORTATE LIQUIDE

Per bacini imbriferi oggetto di studio si è utilizzata la classica formulazione del metodo razionale (Chow, 1959), così definita:

$$Q = \phi \cdot i \cdot EG$$

ϕ ... coefficiente di deflusso superficiale (-)

i ... intensità di pioggia in funzione del tempo di corrivazione t_c (mm/h)

EG ... superficie del bacino imbrifero sotteso (km^2)

Il metodo utilizzato assume che il contributo di piena sia massimo quando ogni singola particella d'acqua, anche la più lontana, che cade sul bacino imbrifero considerato raggiunge la sezione di controllo scelta. Pertanto, occorre determinare il tempo che le particelle d'acqua più lontane impiegano a raggiungere la sezione di chiusura. Questo intervallo temporale è noto come tempo di corrivazione t_c caratteristico del bacino imbrifero considerato.

Nella formulazione del metodo razionale viene utilizzata l'intensità di pioggia che corrisponde a questo intervallo temporale. Nel presente studio il tempo di corrivazione è stato ricavato in base a numerose formulazioni presenti in letteratura, fra cui non è stata inclusa quella sviluppata da Giandotti in quanto essa tende a fornire valori sovrastimati per bacini inferiori a 50 km^2 . In particolare sono state utilizzate le seguenti equazioni:

Kerby
$$t_c = 0,83 \cdot \left(\frac{Ln}{S^{1/2}} \right)^{0,467}$$

Bransby William
$$t_c = 21,3 \cdot \frac{L}{5280} \left(\frac{1}{A^{0,1} S^{0,2}} \right)$$

F.A.A.
$$t_c = \frac{1,8 \cdot (1,1 - C) \cdot L^{0,5}}{S^{0,33}}$$

dove si indica con L la lunghezza del canale di riferimento (m), con S la pendenza media (m/m) del canale, con A la superficie del bacino imbrifero sotteso (km^2). I coefficienti N e C rappresentano rispettivamente un fattore di *Retardance Roughness* e un parametro razionale, e dipendono dalle caratteristiche di uso del suolo.

La formulazione di **Kerby** si applica generalmente a bacini di modestissima estensione, con pendenze degli alvei non elevate e lunghezze attive di ruscellamento inferiori a 500 m. Il coefficiente di ritardo N assunto nella formulazione di Kerby assume concettualmente lo stesso significato del parametro di scabrezza di Strickler ed è definito da letteratura come segue in funzione delle caratteristiche dei suoli.

Copertura terreno	Retardance coefficient (N)
Pavement	0,02
Smooth, bare, packed soil	0,10
Poor grass, cultivated row crops, or moderately rough packed surfaces	0,20
Pasture, average grass	0,40

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			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 33 di 40

Deciduous forest	0,60
Dense grass, coniferous forest or deciduous forest with deep litter	0,80

Tabella 22 – Valore del coefficiente di ritardo N utilizzato nella formulazione di Kerby.

Nei casi in esame, il valore di N assunto deriva da una media pesata del coefficiente sulla superficie dei bacini imbriferi sempre in funzione dei differenti usi del suolo esistenti, secondo la seguente formulazione:

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \cdot S_i}{S_{tot}}$$

in cui N_i e S_i sono i valori del coefficiente di ritardo e dell'estensione superficiale dell'i-esimo sottobacino mentre S_{tot} rappresenta l'estensione totale del bacino. I valori di N_i dipendono dalle coperture di suolo che caratterizzano ogni sottobacino. Per i bacini analizzati si ottengono valori compresi tra 0,6 e 0,8.

La formula **FAA** è stata sviluppata per superfici poco permeabili e di piccole dimensioni. Il coefficiente di runoff R generalmente è inferiore a 0,4 per i bacini non antropizzati in base ai valori indicativi riportati nella letteratura internazionale forniti di seguito.

Type of surface	Factor "C"
For all watertight roof surfaces.....	.75 to .95
For asphalt runway pavements.....	.80 to .95
For concrete runway pavements.....	.70 to .90
For gravel or macadam pavements.....	.35 to .70
For impervious soils (heavy)*.....	.40 to .65
For impervious soils, with turf*.....	.30 to .55
For slightly pervious soils*.....	.15 to .40
For slightly pervious soils, with turf*.....	.10 to .30
For moderately pervious soils*.....	.05 to .20
For moderately pervious soils, with turf*.....	.00 to .10

Fig. 28 – Valori del coefficiente di runoff C (Advisory Circular, 07/01/1970, 150/5320-5B).

Nei casi analizzati Il coefficiente C presenta valori relativamente bassi variabili tra 0,05 e 0,22 ottenuti da una media pesata dello stesso sulla superficie dei bacini imbriferi sempre in funzione dei differenti usi del suolo esistenti.

Anche la formula di **Bransby Williams** è sviluppata per contesti in cui gli alvei non sono particolarmente indici ed in cui in contributo dominanti deriva dal ruscellamento superficiale dai versanti ed in generali dalle superfici latitanti ai corsi d'acqua. Si applica per bacini imbriferi inferiori a 100 Km².

Pertanto, al fine di valutare in dettaglio il tempo di corrivazione di ogni bacino imbrifero oggetto di studio, sono state di volta in volta analizzate le principali caratteristiche morfometriche e le diverse coperture (vegetali e detritiche) presenti. Il tempo di corrivazione per le successive elaborazioni è stato infine assunto pari al valore medio tra quelli calcolati. Tale scelta è dettata dalla sostanziale impossibilità di considerare un'unica formulazione idonea ed applicabile per tutti i bacini imbriferi, che risultano essere differenti per dimensioni, esposizione, pendenze e copertura dei suoli. Pertanto, considerando differenti approcci a loro volta basati su ipotesi differenti, si ritiene di aver implicitamente considerato nelle stime effettuate anche un'analisi di sensibilità, esprimendo i valori del tempo di concentrazione successivamente utilizzati come

APPALTATORE:						
PROGETTAZIONE:	PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"					
Mandatario:	Mandanti:	PROGETTO ESECUTIVO				
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione idrologica generale	IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	34 di 40

valore medio rispetto ad un range di possibile variabilità. I coefficienti di deflusso superficiale ϕ sono stati assunti in base agli usi del suolo dominanti del bacino imbrifero ed al tempo di ritorno dell'evento considerato (ad es. Chow et al., 1988). In particolare, per ogni bacino imbrifero è stato calcolato un coefficiente di deflusso medio, dato dalla media pesata sulla superficie dei diversi coefficienti presenti a seconda dei vari tipi di copertura del suolo. È inoltre stato tenuto conto delle caratteristiche geologiche dei terreni e della permeabilità degli stessi (McCuen, 2004). Si è tenuto conto inoltre anche dell'esposizione dei versanti, date le diverse condizioni in cui versano i bacini imbriferi sui lati nord (lato sole) e sud (lato ombra) dell'area di studio.

Sui corsi d'acqua minori oggetto di studio sono stati determinati, oltre ai picchi di piena, anche gli idrogrammi di progetto e i volumi liquidi ad essi associati. A tal fine si è fatto riferimento alla metodologia sviluppata da Aron e White (1982), che a partire dalle caratteristiche dei bacini imbriferi (superficie e tempo di corrivazione) e dai valori massimi di portata calcolati in precedenza, attraverso una distribuzione di tipo gamma permette di estrapolare i corrispondenti idrogrammi di piena. L'utilizzo di una distribuzione matematica quale quella gamma ha infatti il vantaggio che essa possiede caratteristiche simili a quelle di un idrogramma unitario ideale, caratterizzato da una più ripida fase di crescita e da una parte terminale con una pendenza meno accentuata.

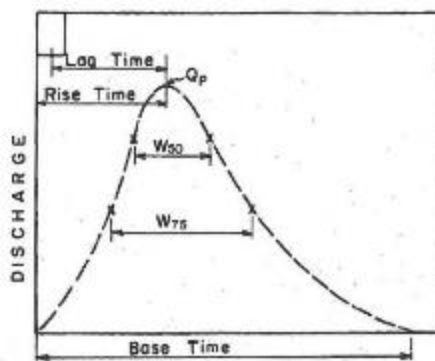


Fig. 29 - Tipica definizione dell'idrogramma unitario sintetico (fonte: Aron e White, 1982)

L'approccio proposto permette di calcolare la portata ad ogni stante temporale secondo la seguente espressione:

$$Q(t) = Q_{\max} \cdot z^{\alpha} \cdot e^{-(1-z)^{\alpha}}$$

in cui Q_{\max} rappresenta la portata di picco, z è pari a t/t_c (dove t_c è il tempo di corrivazione) e α è funzione della portata di picco, dell'area del bacino e del tempo di corrivazione attraverso una funzione di tipo gamma. Per maggiori dettagli sulla metodologia proposta da Aron e White si rimanda alla pubblicazione scientifica citata. Gli idrogrammi di progetto assunti nelle presenti valutazioni sono riportati nelle schede monotematiche di ogni singolo torrente.

Per la determinazione degli idrogrammi sintetici di progetto, si è utilizzata la procedura descritta ad esempio in Majone et al. (2006). La parametrizzazione dell'idrogramma sintetico tipo è stata ottenuta su ogni registrazione disponibile presso l'idrometro di Tel (evento dell'agosto 2010, maggio 1983, luglio 1981, agosto 1985, agosto 2014, luglio 2001, agosto 1987, e settembre 1999).

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			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 35 di 40

8.5 ANALISI STUDI PREGRESSI

Alcuni dei bacini minori oggetto del presente studio sono stati indagati in recenti studi, come precedentemente accettano. Si riportano brevemente i valori di portata liquida riportati nei diversi studi considerati.

Nell'ambito del **Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Fortezza (2019)** si riportano i valori di picco relativi alla portata liquida per i corsi d'acqua analizzati e di interesse per il presente studio:

Nr. BACINO	Q T=30 [m ³ /s]	Q T=100 [m ³ /s]	Q T=300 [m ³ /s]
03	5.64	8.34	11.07
06	2.55	3.65	4.98
05.1	2.45	3.42	4.37

Tabella 23 – Portate di piena per i bacini minori 03, 06 e 05.1.

Il corso d'acqua 05.1 è stato inoltre indagato nell'ambito del **Progetto: Opere di protezione idraulica e da caduta massi, Fossato Schindler - B.440 (2019)**:

Nr. BACINO	Q T=100 [m ³ /s]
05.1	2.4

Tabella 24 – Portata di piena per Tr 100 per il bacino 05.1.

Nell'ambito del **Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Bressanone (2020)** si riportano i valori di picco relativi alla portata liquida per i corsi d'acqua analizzati e di interesse per il presente studio:

Nr. BACINO	Q T=30 [m ³ /s]	Q T=100 [m ³ /s]	Q T=300 [m ³ /s]
01	1.96	3.60	4.66

Tabella 25 – Portate di piena per il bacino 01.

Nell'ambito del **Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Veltuno (2017)** si riportano i valori di picco relativi alla portata liquida per i corsi d'acqua analizzati e di interesse per il presente studio:

Nr. BACINO	Q T=30 [m ³ /s]	Q T=100 [m ³ /s]	Q T=300 [m ³ /s]
01	3.68	5.43	7.20

Tabella 26 – Portate di piena per il bacino 01.

Nell'ambito del **Piano delle Zone di Pericolo del Comune di Funes (2020)** si riportano i valori di picco relativi alla portata liquida per i corsi d'acqua analizzati e di interesse per il presente studio:

Nr. BACINO	Q T=30 [m ³ /s]	Q T=100 [m ³ /s]	Q T=300 [m ³ /s]
08	57.18	84.22	111.06

Tabella 27 – Portate di piena per il bacino 08 (Rio di Funes, B.330).

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:					
SWS Engineering S.p.A.	PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria	PROGETTO ESECUTIVO				
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
	IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	36 di 40

Nel presente studio sono stati considerati coerenti con le analisi effettuate le portate dei corsi d'acqua 08 riportate nel PZP di Funes e 01 riportate nel PZP di Velturmo, mentre nel caso degli altri bacini si è provveduto ad una nuova valutazione delle portate di picco.

8.6 PORTATE LIQUIDE DI PROGETTO

I valori ottenuti per i bacini in esame sono riportati nelle tabelle che seguono; in esse sono indicati i parametri morfometrici dei bacini idrografici delimitati e i valori di portata stimate, per tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni. I simboli presenti nella tabella sono:

- AREA area bacino [Km²];
- L Asta lunghezza asta [m];
- J Asta pendenza asta [m/m];
- tr Kerby tempo di corrivazione calcolato con la relazione di Kerby [min];
- tr B-W tempo di corrivazione calcolato con la relazione di Bransby William [min];
- tr F.A.A. tempo di corrivazione calcolato con la relazione di F.A.A. [min];
- tr medio tempo di corrivazione calcolato come la media dei precedenti tre valori [min];
- ϕ Tr30, 100 e 300 coefficiente di deflusso superficiale in funzione del tempo di ritorno [-];
- h Tr30, 100 e 300 altezza di pioggia in funzione del tempo di ritorno [-].

Nr. BACINO	ZONA	AREA [Km ²]	L Asta [m]	J Asta [m/m]	tr Kerby [min]	tr B-W [min]	tr F.A.A. [min]	tr medio [min]	h Tr30 [mm]	h Tr100 [mm]	h Tr300 [mm]	ϕ Tr30 [-]	ϕ Tr100 [-]	ϕ Tr300 [-]
01	Albes	1.24	1548	0.32	VALORI DESUNTI DAL PIANO DELLE ZONE DI PERICOLO DEL COMUNE DI VELTURNO									
01.1	Albes	0.09	480	0.74	24.41	9.43	18.16	17.33	25.93	30.93	35.45	0.21	0.26	0.30
01s	Albes	0.08	478	0.65	25.39	9.78	18.88	18.02	26.30	31.37	35.96	0.21	0.26	0.29
02.1	Varna	0.94	2000	0.64	50.36	32.06	35.17	39.19	31.47	37.97	43.86	0.42	0.52	0.60
03	Fortezza	1.14	2033	0.61	49.16	32.24	34.80	38.73	31.10	37.56	43.40	0.41	0.50	0.58
05	Fortezza	0.22	1905	0.66	48.83	32.06	33.94	38.28	30.97	37.39	43.22	0.42	0.52	0.60
05.1	Fortezza	0.31	1688	0.68	44.38	30.94	30.51	35.28	30.06	36.29	41.94	0.43	0.53	0.61
06	Fortezza	0.54	1760	0.61	44.67	31.74	30.95	35.79	30.22	36.49	42.17	0.43	0.54	0.62
07	Forch	0.04	312	0.06	32.17	10.96	30.39	24.51	26.50	31.98	36.94	0.39	0.48	0.56
08	Funes	72.78	16543	0.09	193.73	256.15	177.57	209.15	54.39	64.89	74.41	0.18	0.22	0.26
09.1	Laion	0.18	876	0.33	36.96	18.83	31.89	29.23	32.26	37.99	43.19	0.31	0.38	0.44

Tabella 28 – Parametri principali dei bacini minori.

In particolare per i corsi d'acqua afferenti ai bacino 08 e 01 si fa riferimento a quanto riportato rispettivamente nei Piani delle Zone di Pericolo dei Comune di Funes e di Velturmo, a seguito di nostre valutazioni in linea con i risultati presenti nei suddetti piani. Pertanto non si è provveduto a replicare il calcolo ma a recepire i valori già determinati, senza procedere con la determinazione di un coefficiente di deflusso globale né a valutare le forzanti di precipitazione al variare dei tempi di ritorno di progetto.

Come si evince nella seguente tabella, esclusivamente per il bacino 08 (Rio di Funes) si è provveduto a stimare anche il valore della portata di piena marcata da un tempo di ritorno di 200 anni. Tale scelta nasce dalle mere

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			
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 37 di 40

esigenze di progetto: mentre per gli altri bacini minori il focus dell'analisi è orientato alla valutazione della massima erosione profonda e laterale attesa in alveo senza bisogno di approfondire le interazioni con le opere ed i manufatti presenti, per il Rio di Funes vi è la necessità di verificare idraulicamente anche il nuovo ponte previsto nel tratto terminale. Ai sensi delle normative ad oggi in vigore (NTC) il franco idraulico di sicurezza deve essere verificato per una portata marcata da tempi di ritorno di 200 anni. Il valore della portata in questione è stato determinato per interpolazione lineare dei valori già disponibili (30, 100 e 300 anni). Si rimanda per i dettagli del calcolo effettuato a quanto riportato nella Relazione Idraulica Bacini Minori (elaborato IB0U1BEZZRIID0000002B).

Nr. BACINO	ZONA	Q T=30 [m³/s]	Q T=100 [m³/s]	Q T=300 [m³/s]	Q T=200 [m³/s]
01	Albes	3.68	5.43	7.20	
01.1	Albes	0.49	0.72	0.94	
01s	Albes	0.40	0.58	0.77	
02.1	Varna	5.29	7.88	10.47	
03	Fortezza	6.18	9.21	12.24	
05	Fortezza	3.06	4.56	6.07	
05.1	Fortezza	1.33	1.98	2.63	
06	Fortezza	1.91	2.84	3.78	
07	Forch	0.30	0.45	0.59	
08	Funes	57.18	84.22	111.06	101.19
09.1	Laion	1.04	1.51	1.98	

Tabella 29 – Portate di piena per i bacini minori.

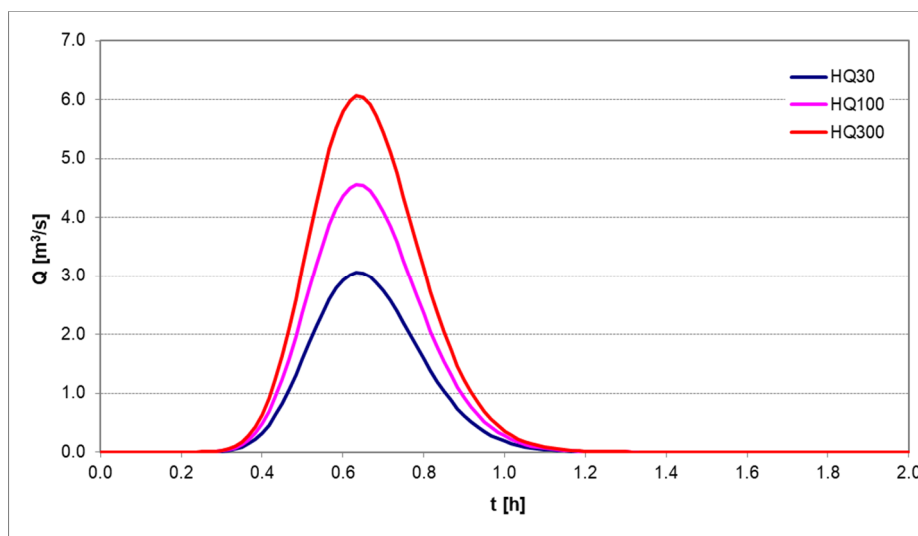


Fig. 30 – Idrogrammi Bacino nr.06 per scenari con tempo di ritorno pari a 30, 100 e 300 anni.

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				
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA Relazione idrologica generale	COMMESSA IBOU	LOTTO 1BEZZ	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0000001	REV. C	FOGLIO. 38 di 40	

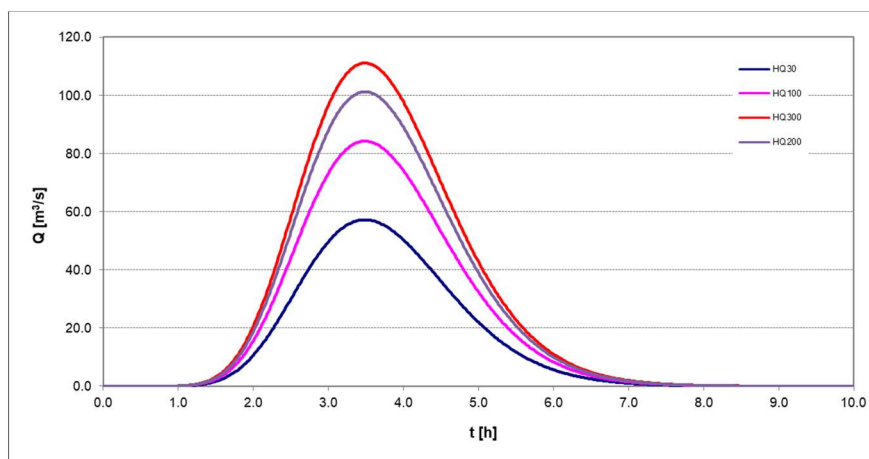


Fig. 31 – Idrogrammi Bacino nr.08 per scenari con tempo di ritorno pari a 30, 100, 200 e 300 anni.

A tali dati si aggiunge quanto calcolato per il sottobacino 05.01 il cui perimetro è delimitato a monte dal cunettone di deviazione.

Nr. BACINO	ZONA	AREA [Km²]	L Asta [m]	J Asta [m/m]	tr Kerby [h]	tr B-W [h]	tr F.A.A. [h]	tr medio [h]	h Tr30 [mm]	h Tr100 [mm]	h Tr300 [mm]	φ Tr30 [-]	φ Tr100 [-]	φ Tr300 [-]
05.1 cunettone	Fortezza	0.02	235	0.51	18.24	5.93	12.04	12.07	20.3	24.51	28.33	0.43	0.54	0.62

Tabella 30 – Parametri principali per il bacino 05.01.

Nr. BACINO	ZONA	Q T=30 [m³/s]	Q T=100 [m³/s]	Q T=300 [m³/s]
05.1 cunettone	Fortezza	0.20	0.30	0.39

Tabella 31 – Portate di piena per il bacino 05.01.

Di seguito si propone in ultimo il confronto tra quanto stimato nell'ambito della redazione del Progetto Esecutivo e quanto invece determinato nel Progetto definitivo approvato. Si fa notare che nell'ambito del Progetto Definitivo è stato fatto riferimento alla normativa nazionale, che si riferisce esplicitamente a tempi di ritorno di 50, 100 e 200 anni. Nel corso dell'elaborazione del Progetto Esecutivo si è fatto invece riferimento alla normativa della Provincia Autonoma di Bolzano (DGP 989/2016), in cui si citano per le indagini idrauliche i tempi di ritorno di 30, 100 e 300 anni. Pertanto il confronto proposto di seguito è eseguito solamente rispetto alla portata TR 100 anni. Si sottolinea altresì ancora una volta come, rispetto al Progetto Definitivo, alcuni bacini minori sono stati stralciati perché ininfluenti ai fini delle analisi idrologiche e idrauliche necessarie allo sviluppo del Progetto Esecutivo ed altri siano stati clusterizzati in bacini più piccoli, come precedentemente descritto.

Nr. BACINO	ZONA	Q T=100 [m³/s]	
		PD	PE
01	Albes	22,54	5,43
01.1	Albes	---	0,72

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						
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione idrologica generale		IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	39 di 40

01s	Albes	---	0,58
02.1	Varna	9,67	7,88
03	Fortezza	8,04	9,21
05	Fortezza	1,75	4,56
05.1	Fortezza	---	1,98
06	Fortezza	5,33	2,84
07	Forch	0,613	0,45
08	Funes	191,91	84,22
09.1	Laion	---	1,51

Tabella 32 – Portate di piena per i bacini minori – confronto valori PD e PE per TR 100 anni. (---) confronto non possibile in quanto il singolo sottobacino non era stato indagato nell'ambito del Progetto Definitivo.

Come si evince dalla tabella, per alcuni bacini si rilevano differenze sostanziali rispetto a quanto determinato in sede di Progetto Definitivo. Tali differenze sono ascrivibili non tanto all'utilizzo di formulazioni ed approcci diversi, ma ad assunzioni idrologiche troppo cautelativa (portate specifiche $m^3/s/Km^2$ non rappresentativa della realtà altoatesina) e ad non dettagliata perimetrazioni di alcuni bacini imbriferi sottesi alle varie sezioni considerate nelle valutazioni tecniche effettuate.

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					
09 - IDROLOGIA ED IDRAULICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO.
Relazione idrologica generale	IBOU	1BEZZ	RI	ID0000001	C	40 di 40

9. BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

Aron, G., White, E.L., *Fitting a Gamma Distribution over a Synthetic Unit Hydrograph*, JAWRA Journal of the American Water Resources Association 18: 95–98 (1982).

Associazione Italiana di Idronomia, *Analisi del Regime delle Piogge Intense per la Provincia Autonoma di Bolzano*, Provincia Autonoma di Bolzano, Azienda Speciale per la Regolazione dei Corsi d'Acqua e la Difesa del Suolo (2013).

Chow, V. T., *Open Channel Hydraulics*, McGraw-Hill Book Company (1959).

Chow, V. T., Maidment, D. R., and Mays, L. W., *Applied hydrology*, McGraw-Hill (1988).

McCuen, R. H., *Hydrology Analysis and Design*, Prentice-Hall. 3ed (2004).

Università degli Studi di Padova, *Procedura di calcolo dell'idrogramma di piena a frequenza di superamento assegnata per il territorio della Provincia Autonoma di Bolzano* (2015).