

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP: J41C09000000005

U.O. COORDINAMENTO NO CAPTIVE E INGEGNERIA DI SISTEMA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA

**ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA
LOTTO 3A: PROJECT REVIEW CIRCONVALLAZIONE**

Relazione idrologica

SCALA:

-

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

I B 0 Q 3 A R 1 0 R I I D 0 0 0 1 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione Esecutiva	M.Carlino	Gennaio 2021	M.Villani	Gennaio 2021	C.Mazzocchi	Gennaio 2021	L. Berardi Gennaio 2021

File: IB0Q3AR10RIID0001001A.doc

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA.....	6
2	ELABORATI DI RIFERIMENTO	7
3	SINTESI E OBIETTIVI DELLO STUDIO	8
4	RIFERIMENTI NORMATIVI	10
5	INQUADRAMENTO E DESCRIZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO INTERFERENTE CON GLI INTERVENTI IN PROGETTO	11
5.1	AREA SCALO FILZI-RONCAFORT – CANALE LAVISOTTO-ADIGETTO	11
5.1.1	<i>Descrizione del reticolo idrografico interferente</i>	<i>11</i>
5.1.2	<i>Risoluzione delle interferenze con il reticolo idrografico esistente – Soluzione Post-Operam</i>	<i>18</i>
5.2	LOCALITÀ ACQUAVIVA – FOSSA MAESTRA DI MATTARELLO	18
6	ANALISI GEOMORFOLOGICA DEI BACINI IDROGRAFICI.....	21
6.1	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEI BACINI DI STUDIO	21
6.1.1	<i>Area Scalo Filzi-Roncafort – Bacino del Canale Lavisotto Adigetto.....</i>	<i>21</i>
6.1.2	<i>Località Acquaviva – Bacino della Fossa Maestra di Mattarello</i>	<i>28</i>
7	ANALISI PLUVIOMETRICA	30
7.1	STAZIONI PLUVIOMETRICHE E DATI ESTRATTI DAGLI ANNALI IDROLOGICI	30
7.1.1	<i>Serie Storiche Altezze Poggia Annuali Massime 1, 3, 6, 12, 24 Ore.....</i>	<i>31</i>
7.2	MODELLI PROBABILISTICI PER L'ANALISI STATISTICA DELLE PIOGGE.....	35
7.2.1	<i>Il modello probabilistico di Gumbel</i>	<i>35</i>
7.2.2	<i>Formulazione scala-invariante con la distribuzione di Gumbel.....</i>	<i>41</i>
7.3	CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA – AREA SCALO FILZI-RONCAFORT	44
7.3.1	<i>LSPP Ottenute con il Metodo probabilistico di Gumbel.....</i>	<i>44</i>

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

7.3.2	<i>LSPP ottenute con la formulazione scala-invariante.....</i>	51
7.3.3	<i>Confronto metodo probabilistico di Gumbel e formulazione scala - invariante.....</i>	51
7.3.4	<i>Curve di possibilità pluviometrica utilizzate.....</i>	53
7.4	CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA – LOCALITÀ ACQUAVIVA.....	54
7.4.1	<i>LSPP ottenute con la formulazione scala-invariante.....</i>	54
8	STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA.....	55
8.1	PORTATE AL COLMO AREA SCALO FILZI-RONCAFORT – CANALE LAVISOTTO-ADIGETTO.....	55
8.1.1	<i>Modello di infiltrazione - Metodo SCS-CN.....</i>	56
8.1.2	<i>Il metodo idrogramma unitario istantaneo (IUH).....</i>	59
8.1.3	<i>Costruzione modello in HEC-HMS.....</i>	62
8.1.4	<i>Risultati modellazione idrologica.....</i>	64
8.2	PORTATE AL COLMO LOCALITÀ ACQUAVIVA – FOSSA MAESTRA DI MATTARELLO.....	68
8.2.1	<i>Il metodo cinematico o della corrivazione.....</i>	68
8.2.2	<i>Definizione del tempo di corrivazione.....</i>	70
8.2.3	<i>Risultati portate al colmo.....</i>	73
9	BIBLIOGRAFIA.....	74

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 – Fossa Malvasia</i>	16
<i>Figura 2 – Fossa delle Bettine.....</i>	17
<i>Figura 3 – Inquadramento delle stazioni pluviometriche Trento Laste e Trento Roncafort.....</i>	31
<i>Figura 4 – Confronto LSPP Gumbel e scala invariante Stazione Laste per Tr=200 anni</i>	52
<i>Figura 5 – Confronto LSPP Gumbel e scala invariante Stazione Roncafort per Tr=200 anni</i>	52
<i>Figura 6 – Schema del bilancio idrologico di una porzione elementare di bacino</i>	57
<i>Figura 7 – Idrogramma unitario adimensionale di Mockus.....</i>	59
<i>Figura 8 – SCS Unit Hydrograph.....</i>	60
<i>Figura 9 – Esempio di output simulazione HMS.....</i>	64
<i>Figura 10 – Idrogrammi di Piena Sezione di chiusura (Sez. S-1) per Scenario 1: Gronda Attiva e Scenario 2: Gronda Inattiva</i>	67
<i>Figura 11 Idrogrammi di Piena sezione a monte del canale Lavisotto deviato (Sez. SL-2) per Scenario 1: Gronda Attiva e Scenario 2: Gronda Inattiva</i>	68

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1 – Elenco elaborati di riferimento</i>	7
<i>Tabella 2 – Sezioni di calcolo bacino Lavisotto-Adigetto.....</i>	23
<i>Tabella 3 – Caratteristiche morfometriche bacino Lavisotto-Adigetto – Scenario 1 (Gronda Attiva) Parte1.....</i>	24
<i>Tabella 4 – Caratteristiche morfometriche bacino Lavisotto-Adigetto – Scenario 1 (Gronda Attiva) Parte2.....</i>	25
<i>Tabella 5 – Caratteristiche morfometriche bacino Lavisotto-Adigetto – Scenario 1 (Gronda Attiva) Parte3.....</i>	26
<i>Tabella 6 – Caratteristiche morfometriche bacino Lavisotto-Adigetto – Scenario 2 (Gronda Inattiva)*</i>	27
<i>Tabella 7 – Bacini Fossa Maestra di Mattarello</i>	28
<i>Tabella 8 – Sezioni di calcolo bacino Fossa Maestra di Mattarello.....</i>	28
<i>Tabella 9 – Caratteristiche morfometriche bacino Fossa Maestra di Mattarello</i>	29
<i>Tabella 10 – Elenco stazioni pluviometriche di interesse</i>	30
<i>Tabella 11 – Massimi annuali Trento Laste.....</i>	33
<i>Tabella 12 – Massimi annuali Trento Roncafort.....</i>	34
<i>Tabella 13 – Valori parametri ottenuti per la stazione di Laste con il metodo dei momenti.....</i>	38
<i>Tabella 14 – Valori parametri ottenuti per la stazione di Roncafort con il metodo dei momenti.....</i>	38

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

<i>Tabella 15 – Valori parametri ottenuti per la stazione di Laste con il metodo della massima verosomiglianza</i>	<i>39</i>
<i>Tabella 16 – Valori parametri ottenuti per la stazione di Roncafort con il metodo della massima verosomiglianza</i>	<i>39</i>
<i>Tabella 17 – Valori del χ^2 ottenuti con i due metodi di stima per la stazione Laste</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 18 – Valori del χ^2 ottenuti con i due metodi di stima per la stazione Roncafort</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 19 – Coppia di parametri ottimali ottenuta per la stazione Laste</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 20 – Coppia di parametri ottimali ottenuta per la stazione Roncafort</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 21 – Parametri della forma monomia $h = a * tn$ (distribuzione di Gumbel-momenti convenzionali) Stazione Trento Laste</i>	<i>45</i>
<i>Tabella 22 – Parametri della forma monomia $h = a * tn$ (distribuzione di Gumbel-momenti convenzionali) Stazione Trento Roncafort</i>	<i>46</i>
<i>Tabella 23 – Parametri della forma monomia $h = a * tn$ (distribuzione di Gumbel-masima verosomiglianza) Stazione Trento Laste</i>	<i>47</i>
<i>Tabella 24 – Parametri della forma monomia $h = a * tn$ (distribuzione di Gumbel-massima verosomiglianza) Stazione Trento Roncafort</i>	<i>48</i>
<i>Tabella 25 – Parametri della forma monomia $h = a * tn$ (distribuzione di Gumbel-Test Pearson) Stazione Trento Laste</i>	<i>49</i>
<i>Tabella 26 – Parametri della forma monomia $h = a * tn$ (distribuzione di Gumbel-Test Pearson) Stazione Trento Roncafort</i>	<i>50</i>
<i>Tabella 27 – Parametri formulazione scala-invariante</i>	<i>51</i>
<i>Tabella 28 – Parametri di pioggia a ed n ottenuti dalla formulazione scala-invariante</i>	<i>51</i>
<i>Tabella 29 – Tabella riepilogativa Curve di Possibilità Pluviometrica utilizzate Area Scalo Filzi-Roncafort</i>	<i>53</i>
<i>Tabella 30 – Parametri formulazione scala-invariante</i>	<i>54</i>
<i>Tabella 31 – Parametri di pioggia a ed n ottenuti dalla formulazione scala-invariante</i>	<i>54</i>
<i>Tabella 32 – Tabella del parametro CN in funzione della tipologia di uso del suolo e del tipo di suolo</i>	<i>58</i>
<i>Tabella 33 – Riepilogo sezioni di chiusura bacini Canale Lavisotto-Adigetto</i>	<i>63</i>
<i>Tabella 34 – Risultati per Scenario 1: Gronda Attiva</i>	<i>65</i>
<i>Tabella 35 – Risultati per Scenario 2: Gronda Inattiva</i>	<i>66</i>
<i>Tabella 36 – Fossa Maestra di Mattarello – Tempo di corrivazione</i>	<i>72</i>
<i>Tabella 37 – Fossa Maestra di Mattarello – Portate al colmo $Tr=50$</i>	<i>73</i>
<i>Tabella 38 – Fossa Maestra di Mattarello – Portate al colmo $Tr=100$</i>	<i>73</i>
<i>Tabella 39 – Fossa Maestra di Mattarello – Portate al colmo $Tr=200$</i>	<i>73</i>

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA				
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A

1 PREMESSA

Il Lotto 3 “Circonvallazione di Trento e Rovereto” fa parte dei quattro lotti prioritari del progetto di Quadruplicamento della linea Fortezza – Verona, tratta di Accesso sud alla galleria di Base del Brennero, che ricade nel Corridoio della rete centrale europea denominato “Scandinavia – Mediterraneo”.

Il presente progetto sviluppa la sola circonvallazione ferroviaria della Città di Trento, denominata lotto 3A, ricadente interamente nel Comune di Trento, come parte integrante dei progetti di riqualificazione urbana e potenziamento della mobilità all’interno della città di Trento.

Gli interventi in progetto mirano al raggiungimento di importanti obiettivi in termini di incremento di capacità del corridoio e canalizzazione dei flussi, con il massimo beneficio per il territorio, dato dall’eliminazione del transito dei treni merci all’interno dell’abitato.

Il nuovo tracciato ferroviario si sviluppa per circa 13 km sulla sinistra orografica della Val d’Adige, tra i confini della Val Lagarina fino al tessuto insediativo della città di Trento, tra le località Acquaviva a sud e Roncafort a Nord. L’opera è costituita principalmente da una galleria naturale di linea, a doppia canna a singolo binario per uno sviluppo circa 11 km, con opere di imbocco in galleria artificiale a doppio binario. La riconnessione alla linea esistente Verona – Brennero avviene mediante tratti in trincea e rilevato in stretto affiancamento.



Figura 1 – Inquadramento generale dell’area di intervento

Oggetto della presente relazione è lo studio idrologico sui bacini idrografici delle aste idrauliche interferente con gli interventi in progetto.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

2 ELABORATI DI RIFERIMENTO

RELAZIONI	CODIFICA
Allegato 1 (Relazione idrologica)	IB0Q3AR10RIID0001002A
Relazione Idraulica	IB0Q3AR10RIID0002001A
Allegato 1 (Relazione idraulica) - Risultati Ante Operam; Scenario 1 (Gronda attiva)	IB0Q3AR10RIID0002002A
Allegato 2 (Relazione idraulica) - Risultati Post Operam; Scenario 1 (Gronda attiva)	IB0Q3AR10RIID0002004A
ELABORATI GRAFICI	
Corografia dei bacini idrografici - Scenario 1 (Gronda Attiva)	IB0Q3AR10P4ID0001001A
Corografia dei bacini idrografici - Scenario 2 (Gronda non attiva)	IB0Q3AR10P4ID0001002A
Aree a preesistente pericolosità idraulica da strumenti di pianificazione vigenti	IB0Q3AR10P4ID0002001A
Planimetria ante operam con Rogge, fosse e canali tombati	IB0Q3AR10P5ID0002001A
Planimetria post operam con configurazione di progetto	IB0Q3AR10P5ID0002002A
Planimetria con opere in progetto e profilo deviazione Fossa Lavisotto	IB0Q3AR10P6ID0002001A
Planimetria con opere in progetto e profilo deviazione Fossa Malvasia e Innesco Campotrentino Primario e Secondario	IB0Q3AR10P6ID0002002A
Sezioni tipo ferroviario con Lavisotto Deviato	IB0Q3AR10WAID0002001A
Circonvallazione di Trento - Planoprofilo su cartografia	IB0Q3AF10L5IF0001001-4A

Tabella 1 – Elenco elaborati di riferimento

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

3 SINTESI E OBIETTIVI DELLO STUDIO

Obiettivo della presente relazione è lo studio idrologico delle aree interessate dagli interventi in progetto, propedeutico alla risoluzione delle interferenze idrauliche riscontrate. In sintesi, lo studio idrologico effettuato si articola nelle seguenti fasi:

- Determinazione dei parametri pluviometrici di progetto;
- Censimento delle interferenze con il reticolo idraulico esistente;
- Individuazione delle sezioni di chiusura significative ai fini dello studio;
- Perimetrazione dei bacini idrografici;
- Determinazione delle portate al colmo per i bacini oggetto dello studio.

Le interferenze idrauliche riscontrate sono qui di seguito brevemente inquadrare all'interno delle relative aree di studio:

- Loc. Scalo Filzi-Roncafort, Km 11+315 (Inizio Galleria Artificiale GA02) – 13+992 (Fine intervento): si rilevano interferenze tra gli interventi in progetto ed alcune delle rogge facenti parte del reticolo idrografico di Trento, con particolare riferimento al Canale Lavisotto, che attraversa il centro abitato del comune di Trento;
- Loc. Acquaviva, tra Km 0+000 (Inizio intervento Linea Storica) e km 1+542 (Fine variante Linea Storica): si registrano alcune interferenze tra gli interventi in progetto e la Fossa Maestra di Mattarello.

Per l'area di studio Scalo Filzi-Roncafort, la determinazione dei parametri pluviometrici di progetto (Tr=200 anni) è stata effettuata mediante un confronto tra i risultati ottenuti dalla elaborazione statistica delle serie storiche registrate nelle stazioni pluviometriche presenti e quelli ottenuti a partire dalla valutazione su base regionale delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per il territorio della Provincia Autonoma di Trento, la cui procedura è esposta nello studio "Analisi del regime delle piogge intense per la provincia autonoma di Trento" (Aprile 2011), redatto dall'Ufficio Pianificazione e Rilevazioni Idriche della Provincia Autonoma di Trento. Dal confronto si evince che i risultati ottenuti con in due metodi, per le durate caratteristiche dei fenomeni studiati, sono praticamente sovrapponibili, le differenze sono minime e non significative. A base del progetto sono stati utilizzati i parametri pluviometrici "più gravosi" in esito a tale confronto.

	<p align="center">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA</p>					
<p>RELAZIONE IDROLOGICA</p>	<p>COMMESSA IB0Q</p>	<p>LOTTO 3A</p>	<p>CODIFICA R 10</p>	<p>DOCUMENTO RIID00010001A</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 9 di 74</p>

Per l'area di studio situata in Loc. Acquaviva, non essendo presenti stazioni pluviometriche aventi un numero significativo di anni di osservazione, si è fatto riferimento alla sola valutazione su base regionale contenuta nel suddetto studio.

Per la perimetrazione dei bacini idrografici si è fatto uso di un DTM a maglia 1x1.

Per le interferenze idrauliche ricadenti in loc. Scalo Filzi-Roncafort, caratterizzata dalla presenza di una complessa rete di canali (sia naturali che artificiali) interferente con gli interventi in progetto, è stato condotto uno studio in moto vario della rete idraulica nel suo complesso, valutando l'interazione tra il funzionamento idraulico dei singoli rami della rete, per i quali sono stati ricavati gli idrogrammi di progetto tramite il software HEC-HMS.

Per la definizione delle portate al colmo delle aste idrauliche presenti in Loc. Acquaviva, si è invece fatto uso del metodo della corrivazione, ritenuto appropriato trattandosi di interferenze puntuali con singole aste appartenenti al reticolo idraulico minore.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

4 RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli interventi in progetto sono stati analizzati con riferimento alle normative vigenti in materia di polizia idraulica e difesa del suolo. In particolare, sono stati presi in considerazione le seguenti norme:

- Piano Urbanistico Provinciale (Legge Provinciale del 27 maggio 2008, n. 5) e relative Norme di attuazione (Allegato B);
- PGUAP – Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche, D.P.R. 15 febbraio 2006;
- Carta delle pericolosità, redatte in attuazione dell’art. 10 della legge provinciale 1luglio 2011, n.9“Disciplina delle attività di protezione civile in provincia di Trento”, approvata (stralcio) con delib. G.P. del 14 settembre 2018, n. 1682, adottata preliminarmente con la delib. G.P. del 19 luglio 2019, n. 1067, approvata con delib. G.P. n. 1307 del 4 settembre 2020 comprensive del primo aggiornamento.
- Criteri e metodologia per la redazione e l’aggiornamento delle carte della pericolosità, Nuovo testo coordinato con le modifiche approvato con approvato con delib. G.P. n. 1306 del 4 settembre 2020;
- Carta di sintesi delle pericolosità, prevista dall’art. 22 della legge provinciale 4 agosto 2015, n. 15 (Legge provinciale per il governo del territorio) in applicazione delle disposizioni relative all’uso del territorio previste dalla legge provinciale 27 maggio 2008, n.5 “Approvazione del nuovo piano urbanistico provinciale”, approvata (stralcio) con delib. G.P. del 7 settembre 2018, n. 1630, adottata preliminarmente con delib. G.P. del 19 luglio 2019, n. 1080, approvate con delib. G.P. n.1317 del 4 settembre 2020, entrata in vigore il 2 ottobre 2020, giorno successivo alla pubblicazione della deliberazione nel Bollettino ufficiale della Regione.
- Disposizioni tecniche per la predisposizione della Carta di Sintesi della Pericolosità, Nuovo testo coordinato con le modifiche approvato con delib. G.P. n. 1078 del 19 luglio 2019;
- Piano di Protezione Civile Comunale del Comune di Trento, Approvato con deliberazione del Consiglio Comunale n.48 del 17/03/2015 Dicembre 2019;
- Piano Regolatore Generale del Comune di Trento e relative Norme tecniche di attuazione (approvate con modifiche con delib. G.P. n. 1503 del 4 ottobre 2019 e da ultimo aggiornate con le modifiche introdotte a seguito dell’entrata in vigore della “Variante al piano regolatore generale di adeguamento alle prescrizioni del piano di rischio aeroportuale”, approvata con deliberazione della Giunta provinciale n. 1536 di data 9 ottobre 2020.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

5 INQUADRAMENTO E DESCRIZIONE DEL RETICOLO IDROGRAFICO INTERFERENTE CON GLI INTERVENTI IN PROGETTO

5.1 AREA SCALO FILZI-RONCAFORT – CANALE LAVISOTTO-ADIGETTO

Il centro urbano di Trento e tutto il suo sviluppo urbanistico è stato condizionato dalla presenza delle Ferrovie e dalla preesistenza, in ambito urbano, di un sistema di canali e rogge per il drenaggio delle acque meteoriche di superficie. Inizialmente, il sistema di canali assolveva la funzione di canali di gronda a cielo aperto di terreni periurbani che con il progredire della urbanizzazione sono stati tombati e integrati nel tessuto urbano sotto forma di collettori delle acque bianche.

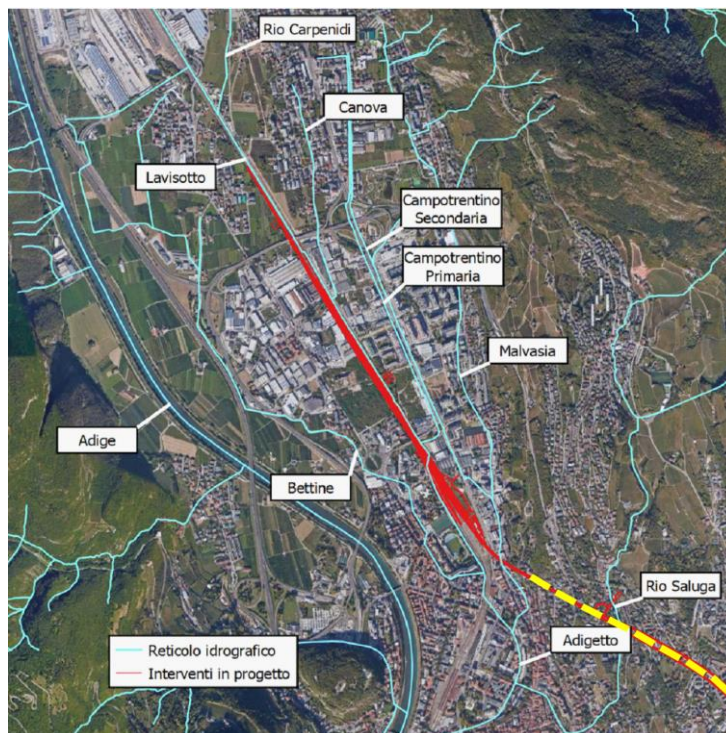


Figura 2 – Area Scalo Filzi-Roncafort: inquadramento del reticolo idraulico (in ciano) e del tracciato ferroviario: in rosso i tratti allo scoperto o in galleria artificiale, in giallo i tratti in galleria naturale.

5.1.1 Descrizione del reticolo idrografico interferente

Il reticolo idrografico interferente con gli interventi in progetto può essere così brevemente descritto:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

- Il Canale Lavisotto, nel suo tratto in cui scorre in affiancamento (ad Est) all'attuale linea Trento-Malè, risulta interferente con l'ampliamento della sede della linea stessa, prevista nel tratto compreso tra via dei Caduti di Nassirya e la SS12;
- Lo stesso canale attualmente sottopassa la linea esistente poco più a Sud di Via Caduti Nassirya, portandosi ad ovest della sede ferroviaria, risultando interferente con la variante della linea storica prevista in progetto, necessaria per creare lo spazio per l'inserimento della nuova coppia di binari della Circonvallazione di Trento;
- La Fossa Malvasia, facente anch'essa parte della rete di rogge di Trento, sovrappassa la galleria artificiale GA02 in progetto.
- La Fossa degli Armanelli, che scorre in stretto affiancamento alla linea esistente, ad Ovest della stessa, risulta interferente con la variante della linea storica.

Di seguito una breve descrizione delle rogge di Trento di maggiore interesse ai fini del presente studio.

5.1.1.1 *Canale Lavisotto - Adigetto*

La fossa Lavisotto fa parte della rete di fosse e canali (estesa per circa 130 km e dotata di 12 impianti idrovori) costruite ad inizio '900 dall'allora Consorzio Atesino di Bonifica di Trento (dal 2006 Consorzio Trentino di Bonifica) con il fine di bonificare la Valle dell'Adige. Con la successiva urbanizzazione e industrializzazione della valle, in particolare degli abitati periferici della città di Trento, questa rete di canali oltre ad essere utilizzata come organo collettore dell'acqua meteorica scolante sulle aree limitrofe e per l'irrigazione dei terreni agricoli, è stata utilizzata anche per convogliare acque bianche provenienti dalle reti fognarie costruite a servizio dei nuovi edifici.

La fossa Lavisotto ha origine in località Spini Gardolo, circa 500 m a sud della confluenza del torrente Avisio con il fiume Adige e prosegue con andamento circa N-S verso Trento per una lunghezza di circa 7160 m, parallelamente al tracciato della ferrovia del Brennero fino a confluire nell'Adigetto all'altezza del ponte San Lorenzo a Trento centro.

Nella fossa Lavisotto confluiscono diverse fosse e corsi d'acqua secondari:

- Ad ovest dell'abitato di Canova confluisce il rio Carpenedi (sx idraulica), detto anche rio Carpine. Il rio Carpenedi nasce in località Campagne a sud di Montevaccino alla quota di 629 m s.l.m.; è emissario del rio Barberino e della roggia Gardolo. Nel rio Barberino confluiscono anche il rio Camparta e il rio dell'Asino.
- La fossa Canova (sx idraulica) a Trento nord in corrispondenza dell'inizio di via Unterveger;

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

- La fossa primaria di Campotrentino (sx idraulica) a Trento nord in corrispondenza circa del cavalcavia di via Caduti di Nassirya;
- La fossa delle Bettine (dx idraulica) subito a valle del “Campo Coni”.

La fossa Lavisotto è caratterizzata da basse pendenze, prevalentemente inferiori allo 0,1 %, a cui si associa un regime di deflusso in corrente lenta. Nel tratto in esame sono presenti numerosi attraversamenti del corso d’acqua di diversa tipologia, alcuni sono ponti stradali, altri sono semplici passerelle.



Figura 3 – Canale Lavisotto

Poco a valle della confluenza con la fossa delle Bettine inizia il tratto tombato del Lavisotto (che prende il nome di Adigetto), lungo circa 1470 m. Questo tratto ha un andamento curvilineo e segue il percorso dell’antica ansa del fiume Adige prima della regimentazione austriaca. In corrispondenza del ponte San Lorenzo finisce il tratto tombato che diventando una fossa a cielo aperto prosegue parallelamente al corso del fiume Adige (per una lunghezza di circa 2480 m) per poi sfociare nello stesso fiume qualche centinaio di metri a monte del ponte per Ravina. Anche questo tratto è caratterizzato da pendenze modeste a cui si associa un regime di deflusso in corrente lenta.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A



Figura 4 – Canale Adigetto (tratto tombato)

Al fine di proteggere la città dalle piene del Lavisotto-Adigetto, verso la fine degli anni '90 è stata realizzata una galleria di gronda avente la funzione di intercettare le acque scolanti del versante orientale della Valle dell'Adige a nord di Trento e convogliarle al torrente Avisio a quota 243,37 m s.l.m. Il tracciato della galleria di gronda in sotterraneo ha una lunghezza complessiva di 3260 m ed intercetta il rio dell'Asino ad una quota di circa 269,40 m s.l.m., a quota 273,50 m s.l.m. il rio Carpenedi e a quota 269,40 la roggia di Gardolo.

Nel corso del 1999 è inoltre entrata in funzione l'idrovora a servizio dell'interporto doganale di Trento nord, realizzata con l'obiettivo di garantire l'allontanamento delle acque bianche dell'area che ospita l'interporto e da una parte della zona industriale di Spini di Gardolo. Tale idrovora è stata progettata per scaricare in Adige una portata di 5 mc/s, una parte dei quali provenienti dalla zona industriale Spini di Gardolo (compresa tra la ferrovia, il torrente Avisio e la SS del Brennero) attraverso due collegamenti: una tombinatura posta all'altezza dello svincolo autostradale, e una condotta interrata a sezione rettangolare, posta più a sud, che collega l'idrovora alla fossa Lavisotto. Il restante contributo di portata deriva dall'interporto doganale, in parte per precipitazione diretta e in parte per infiltrazione dall'argine dell'Adige. Il progetto iniziale prevedeva il posizionamento di 4 pompe da 1250 l/s ciascuna, pari a 5 mc/s complessivi, più una quinta pompa di emergenza. Successivamente è stato deciso di alimentare anche la quinta pompa portando quindi l'impianto ad avere una potenzialità teorica di 6.25 mc/s.

Per tener conto della presenza della galleria di gronda, nel presente studio idrologico e idraulico sono state svolte valutazioni di confronto considerando alternativamente la gronda come attiva e correttamente funzionante e la ipotesi eventuale di assenza o non funzionamento della gronda scolmatrice. Le porzioni di sottobacino afferenti ai tre corsi d'acqua, che risultano essere ad una quota maggiore a quella in cui vengono intercettati dalla galleria, per

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

lo scenario che considera il corretto funzionamento della gronda esistente, sono pertanto esclusi dal calcolo della superficie del bacino imbrifero della fossa Lavisotto. Per i dettagli si rimanda al prosieguo della presente relazione e alla relazione idraulica e di compatibilità idraulica.

Inoltre, per tener conto della presenza dell'idrovora dell'interporto, le aree afferenti alla stessa sono state escluse dalla perimetrazione dei bacini.

5.1.1.2 *Fossa Malvasia*

Anche la fossa Malvasia fa parte della rete di fosse e canali costruite all'inizio del '900 dal Consorzio Atesino di Bonifica di Trento.

La fossa Malvasia ha origine in località Panari a Gardolo e prosegue con andamento circa N-S verso Trento per una lunghezza di circa 3850 m attraversando l'area commerciale di Trento Nord, i Solteri – dove riceve le acque della fossa Secondaria di Campotrentino – e il rione San Martino per confluire infine nell'Adigetto in corrispondenza dell'incrocio fra via pretrarca e via J. Aconcio. Il tracciato si sviluppa in parte a cielo aperto e in parte tombato.

Il bacino della fossa Malvasia, oltre alle aree di fondovalle, include anche gran parte dell'abitato di Martignano visto che la rete di fognatura bianca confluisce in due punti nella fossa Malvasia.

La fossa Malvasia è caratterizzata da basse pendenze inferiori allo 0,1%, a cui si associa un regime di deflusso in corrente lenta.

Nel corso d'acqua sono presenti numerosi attraversamenti del corso d'acqua, di diversa tipologia; alcuni sono posti stradali, altri sono delle semplici passerelle.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A



Figura 1 – Fossa Malvasia

5.1.1.3 Fossa delle Bettine

La fossa delle Bettine è un affluente in destra idraulica del canale Lavisotto e non è direttamente interferente con le opere ferroviarie in progetto: la si riporta per completezza di trattazione in quanto le acque da essa drenate costituiscono un contributo significativo per il sistema indagato nel seguito dello studio.

La fossa delle Bettine fa parte della rete di fosse e canali costituite ad inizio '900 dal Consorzio Atesino di Bonifica di Trento. La fossa delle Bettine ha origine circa 500 m a ovest della località Roncafort, poco lontano dal cavalcavia dell'Autostrada del Brennero e prosegue con andamento curvilineo verso Trento per una lunghezza di circa 4000 m, attraversando la campagna a nord di Trento e costeggiando poi ad ovest l'area industriale di Trento Nord e il rione Cristo Re per confluire nel Lavisotto all'altezza circa del numero civico 15 di via Lavisotto, ossia poco a monte del tombinamento della fossa. Nella fossa delle Bettine confluiscono la fossa Roncafort, la fossa Ex-Lavisotto a sud dell'abitato di Roncafort e la fossa Sloi a sud della rotatoria di via Maccani. Il tratto è in parte a cielo aperto ed in parte tombato.

La fossa delle Bettine è caratterizzata da basse pendenze inferiori allo 0,1%, a cui si associa un regime di deflusso in corrente lenta.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA				
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A



Figura 2 – Fossa delle Bettine

5.1.1.4 Fossa degli Armanelli

La fossa degli Armanelli scorre con andamento N-S in stretto affiancamento alla linea esistente fino alla confluenza nel Lavisotto, che avviene poco a valle dell'attuale attraversamento della linea storica (circa 170m a valle di Via Caduti di Nassirya).

L'analisi dello stato di fatto mostra come la fossa non abbia natura di corso d'acqua naturale, rivestendo invece la sola funzione di scolo per alcune aree di modesta entità adiacenti ad essa in prossimità dell'attuale stazione di Trento Nord. La fossa risulta infatti non mappata nel reticolo idrografico della Provincia di Trento.

Per quanto detto la Fossa degli Armanelli non è stata analizzata nel presente studio-idrologico idraulico, fermo restando che la perimetrazione dei bacini svolta per le aste idrauliche indagate, e conseguentemente le rispettive portate al colmo, tengono conto delle aree afferenti alla stessa, essendo questa parte del reticolo di rogge dell'area scalo Filzi-Roncafort, confluenndo, come detto, nel Canale Lavisotto.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

5.1.2 Risoluzione delle interferenze con il reticolo idrografico esistente – Soluzione Post-Operam

Al fine di risolvere le interferenze degli interventi ferroviari con il reticolo idrografico esistente, è stata proposta la seguente configurazione geometrica di progetto (Planimetria con opere in progetto e profilo deviazione Fossa Lavisotto - IB0Q3AR10P6ID0002001A):

- Mantenimento del Canale Lavisotto nella sua sede attuale, nel tratto parallelo alla ferrovia fino alla nuova fermata Trento Nord Zona Commerciale della Trento-Malè;
- Deviazione del canale Lavisotto con sezione a cielo aperto, dalla fermata Trento Nord zona Commerciale (km 12+920 circa) fino all'area dello scalo Filzi, con conseguente dismissione dell'attuale attraversamento della ferrovia (km 96+157 L.S.). In tale configurazione il canale di progetto sovrappassa con sezione a cielo aperto la galleria GA02 di progetto in corrispondenza del km 11+463;
- Realizzazione di un nuovo tratto tombato del canale Lavisotto, che va dalla sezione immediatamente a valle della galleria artificiale GA02 fino a ricongiungersi con il tratto tombato dell'Adigetto esistente in corrispondenza dell'incrocio tra via Francesco Petrarca e Via Clementino Vannetti (Piazza Centa);
- Mantenimento in esercizio del tratto di Lavisotto posto ad ovest della linea ferroviaria esistente (tratto a valle dell'attraversamento esistente km 96+157 L.S.), con sola funzione di collettamento delle acque meteoriche provenienti dall'area urbana posta a ovest (zona Campo Coni);
- Disconnessione dell'attuale immissione della roggia Campotrentino Primaria nel Lavisotto, e recapito della stessa nel Campotrentino Secondaria, con immissione di quest'ultima nel Lavisotto di progetto e disconnessione dell'attuale confluenza nel Malvasia;
- Realizzazione di una nuova confluenza per la Fossa Malvasia nel Lavisotto di progetto, con la finalità di sgravare il tratto di valle tombato del Malvasia, che mantiene comunque la funzione di drenaggio urbano;
- Rifacimento del canale Malvasia in corrispondenza del tratto in cui sovrappassa la GA02.
- Deviazione della Fossa Armanelli al fine di risolvere l'interferenza della stessa con la variante della linea storica.

5.2 LOCALITÀ ACQUAVIVA – FOSSA MAESTRA DI MATTARELLO

In corrispondenza di Località Acquaviva si rilevano alcune interferenze tra gli interventi in progetto ed il reticolo idrografico esistente, in particolar modo con la Fossa Maestra di Mattarello, con cui viene indicata sia l'asta idraulica ad est che quella ad ovest (lato Adige) della Linea Storica.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

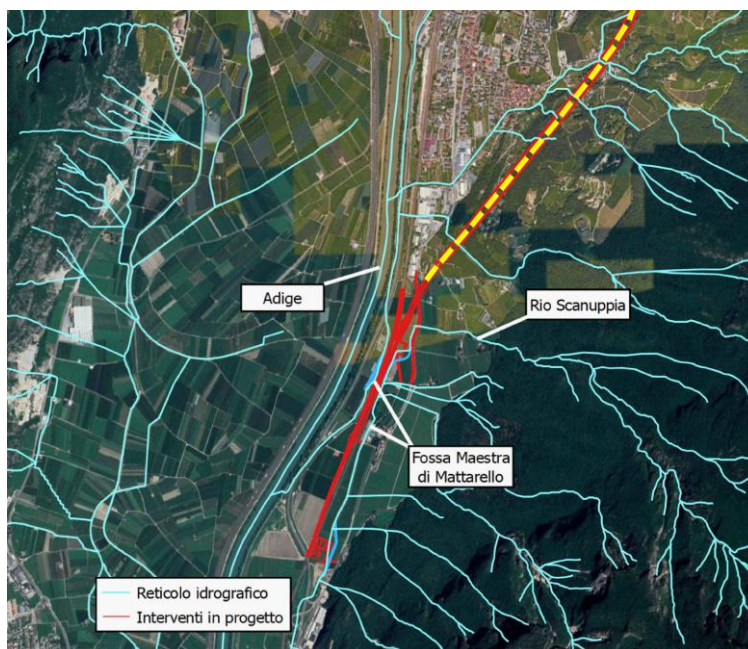


Figura 5 – Loc. Acquaviva: inquadramento del reticolo idraulico (in ciano) e del tracciato ferroviario: in rosso i tratti allo scoperto o in galleria artificiale, in giallo i tratti in galleria naturale.

Le interferenze riscontrate sono qui di seguito brevemente riportate:

- Km 0+000 (variante Linea Storica): si rileva l'interferenza tra la fossa Maestra di Mattarello (est) ed il piazzale della nuova SSE di Murazzi;
- Km 0+500 BP Circ.: si rileva l'interferenza tra la fossa Maestra di Mattarello (est) ed il piazzale di emergenza dell'imbocco sud della galleria.
- Pk 0+205 NV02 e pk 0+150 NV02 provvisoria: si rileva l'interferenza del Rio Scanupia (Affluente in sx idraulica della Fossa Maestra di Mattarello) con le due viabilità in progetto.

La risoluzione delle suddette interferenze consiste in una locale deviazione dei canali interferiti al fine di garantire il rispetto delle fasce di inedificabilità stabilite dal Regio Decreto.

In prossimità del km 1+100 (variante Linea Storica) l'allargamento della sede ferroviaria esistente comporta una riduzione della fascia di inedificabilità di 10 m rispetto al ciglio di sponda della Fossa Maestra di Mattarello (ovest). Nella presente fase progettuale si prevede di deviare localmente l'asta idraulica al fine di garantire il rispetto di tale fascia conservando l'attuale sezione d'alveo.



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R 10	RIID00010001A	A	20 di 74

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

6 ANALISI GEOMORFOLOGICA DEI BACINI IDROGRAFICI

La determinazione dei bacini idrografici e del reticolo idrografico interferente con l'asse ferroviario in progetto è stata effettuata utilizzando un modello digitale del terreno con procedura sviluppata in ambiente GIS. Il DTM (maglia 1x1), disponibile sul Portale Geocartografico Trentino, è stato elaborato mediante i comuni software GIS, che hanno consentito l'estrazione dei bacini idrografici di interesse, e le relative caratteristiche morfometriche.

6.1 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE DEI BACINI DI STUDIO

Si riportano di seguito le principali grandezze morfometriche ricavate dall'elaborazione eseguita in ambiente GIS:

- *Estensione superficiale del bacino (mq)*
- *Lunghezza dell'asta fluviale principale (km)*
- *Quote media e massima del bacino (m s.l.m)*
- *Quota della sezione di chiusura (m s.l.m).*
- *Pendenza media del bacino (%)*
- *Pendenza media dell'asta fluviale (%)*

6.1.1 Area Scalo Filzi-Roncafort – Bacino del Canale Lavisotto Adigetto

In relazione agli obiettivi prefissati, del presente studio idraulico, si sono posizionate le sezioni sul reticolo, per il calcolo delle portate e idrogrammi di piena, nei punti di interesse interferenti con le opere previste in progetto.

Pertanto, si sono fissate le sezioni di calcolo in tutti i rami di monte dei canali analizzati ed in tutte le immissioni laterali. Inoltre, si sono individuate e posizionate alcune sezioni di interesse per la configurazione post-operam.

Procedendo da valle verso monte, facendo riferimento ai canali e fosse della rete di drenaggio, si sono individuate le sezioni riportate in Tabella 2.

Come anticipato al paragrafo 5.1.1.1 in fase di perimetrazione dei bacini idrografici si è tenuto conto della presenza della galleria di gronda agente sul Rio Carpenidi, e dell'idrovora dell'interporto doganale di Trento, che agisce sulle aree Spini di Gardolo e Interporto.

In particolare, per la configurazione Post Operam si è analizzato l'effetto sul sistema di drenaggio esistente della Galleria di Gronda, individuando due possibili scenari:

	<p align="center">PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA</p>					
<p>RELAZIONE IDROLOGICA</p>	<p>COMMESSA IB0Q</p>	<p>LOTTO 3A</p>	<p>CODIFICA R 10</p>	<p>DOCUMENTO RIID00010001A</p>	<p>REV. A</p>	<p>FOGLIO 22 di 74</p>

- Scenario 1 – Gronda Attiva: si analizza lo stato attuale in cui la gronda intercetta le acque fluenti del rio dell’Asino, del rio Carpenedi e della roggia di Gardolo e le scarica sul torrente Avisio, contribuendo ad alleggerire i canali Lavisotto e Adigetto all’interno della Città di Trento.
- Scenario 2 – Gronda Non Attiva: si ipotizza uno stato di non esercizio-funzionamento della Gronda e si valutano gli effetti sul sistema drenante attuale.

Per tali considerazioni si sono introdotte le sezioni di calcolo SG-1 sul rio Gardolo, SG-2 sul rio Carpenedi e SG-3 sul rio dell’Asino, che individuano i bacini intercettati dalla galleria di gronda.

Per le sezioni di calcolo sul rio Carpenedi ILS-3 (Immissione in sinistra del Lavisotto) e per le sezioni SL1, SL2, SL3 sul Canale Lavisotto e S1, S2, S3, S4 ed S5 sull’Adigetto sono calcolate le caratteristiche morfologiche dei bacini idrografici anche per la configurazione di gronda inattiva.

Per il Canale Lavisotto, si è considerata l’area drenante fino all’immissione del rio Carpenedi, escludendo la parte terminale in zona Spini di Gardolo – Interporto Doganale di Trento, servita dall’idrovara dell’interporto.

Per le sezioni di chiusura definite e la perimetrazione dei bacini si faccia riferimento agli elaborati Corografia dei bacini idrografici – Scenario 1 e Scenario 2 - IBOQ3AR10P4ID0000001/2 A.

Nome	Rete idrografica	Posizione	Indicazione sezione
------	------------------	-----------	---------------------

CANALE ADIGETTO			
S-1	Adigetto	Confluenza in Sx Adige	Canale aperto
Is-1	Immissione Sx	Confl. Sx Villa Alle Albere	Canale tombato
S-2	Adigetto	a monte Is-1	Canale aperto
Id-1	Immissione Dx	Confluenza in dx Adigetto	Canale tombato
Is-2	Immissione Sx	Conf. su Adigetto della Roggia Grande	Canale tombato
Id-2	Immissione Dx	Confluenza in dx Adigetto	Canale tombato
S-3	Adigetto	a monte Id-2 e Is-2	Canale tombato
Is-3	Immissione Sx	Confluenza in sx Adigetto	Canale tombato
Is-4	Immissione Sx	Conf. su Adigetto del Rio Saluga	Canale tombato
S-4	Adigetto	A monte immis Rio Saluga	Canale tombato
Is-5	Immissione Sx	Confluenza in sx Adigetto	Canale tombato
Id-3	Immissione Dx	Confluenza in dx Adigetto	Canale tombato
S-M1	Immissione Sx	Confluenza in sx Malvasia su Adigetto	Canale tombato
S-5	Adigetto	A monte immis Malvasia	Canale tombato
Id-4	Immissione Dx	Confluenza in dx Adigetto	Canale tombato
Id-5	Immissione Dx	Confluenza in dx della Fossa delle Bettine	Canale tombato
SL-1	Lavisotto	A monte immis Fossa Delle Bettine	Canale aperto

Nome	Rete idrografica	Posizione	Indicazione sezione
------	------------------	-----------	---------------------

CANALE MALVASIA			
S-M1	MALVASIA	Confluenza in sx Malvasia su Adigetto	Canale tombato
IMs-1	Immis. Sx Malvasia	Confl. in sx Malvasia	Canale tombato
IMs-2	Immis. Sx Malvasia	Confl. in sx Malvasia	Canale tombato
IMd-1	Immis. dx Malvasia	Confl. in dx Malvasia	Canale tombato
IMs-3	Immis. Sx Malvasia	Confl. in sx Malvasia	Canale tombato
S-M2	Malvasia	Sezione idraulicamente a monte del canale da deviare in progetto.	Canale tombato
IMs-4	Immis. Sx Malvasia	Confl. in sx Malvasia	Canale tombato
IMd-2	Immis. Dx Malvasia	Confl. in dx Malvasia; Fossa Campotren. II	Canale tombato
S-M3	Malvasia	Sezione terminale di monte MALVASIA	Canale tombato
CANALE LAVISOTTO			
SL-1	Lavisotto	A monte immis Fossa Delle Bettine	Canale aperto
ILs-1	Immis. Sx Lavisotto	Confl. in Sx Lavisotto ; Fossa Campotren. I	Canale aperto
SL-2	Lavisotto	A monte immis Campotrentino Primario	Canale aperto
ILd-1	Immis. Dx Lavisotto	Confluenza in dx Lavisotto	Canale tombato
ILs-2	Immis. Sx Lavisotto	Confl. in Sx Lavisotto ; Fossa Canova	Canale aperto
SL-3	Lavisotto	A monte immis Fossa Canova	Canale aperto
ILs-3	Immis. Sx Lavisotto	Confl. in Sx Lavisotto ; Fossa Carpenedi	Canale aperto
SL-4	Lavisotto	A monte immis Fossa Carpenedi	Canale aperto
SG-1	Rio Gardolo	A monte canale di gronda	Canale aperto
SG-2	Rio Carpenedi	A monte canale di gronda	Canale aperto
SG-3	Rio dell'Asino	A monte canale di gronda	Canale aperto

Tabella 2 – Sezioni di calcolo bacino Lavisotto-Adigetto

Di seguito le caratteristiche morfometriche ottenute per i diversi sottobacini.



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R 10	RIID00010001A	A	24 di 74

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE - BACINI IDROGRAFICI. SCENARIO 1 (GRONDA ATTIVA)

Bac. Idrografico Principale			Adige	Adige	Adige	Adige	Adige	Adigetto	Adigetto	Adigetto	Adigetto	Adigetto	Adigetto	
Denominazione reticolo idrografico			Adigetto	Adigetto	Adigetto	Adigetto	Adigetto	Lavisotto	Lavisotto	Lavisotto	Lavisotto	Malvasia	Malvasia	
Sezione di calcolo			S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	SL-1	SL-2	SL-3	SL-4	S-M1	S-M2	
Dimensioni planimetriche														
Area del Bacino idrografico	Inquadramento bacini	[km ²]	17,708	15,757	14,771	11,815	7,002	4,653	4,179	3,128		4,654	4,201	3,697
Perimetro del contorno del bacino	P	[km]	44,23	40,99	39,18	35,45	32,29	27,74	25,23	20,75		17,46	15,50	16,07
Lunghezza asta principale "percorso idraulicamente più lungo"	L	[km]	13,04	11,17	9,93	9,62	9,33	8,84	8,00	6,98		5,30	4,53	4,40
Altimetria														
Quota massima del bacino	H _{mx}	[m s.l.m.]	1096,65	1096,65	1096,65	1062,54	471,49	471,49	471,49	471,49		1062,54	1062,54	1062,54
Quota mediana del bacino	H _m	[m s.l.m.]	219,49	229,07	232,30	223,60	198,83	208,77	216,26	250,97		282,15	300,53	317,64
Quota della sezione di chiusura.	H ₀	[m s.l.m.]	183,33	186,60	186,95	187,63	187,71	188,15	188,95	189,67		188,05	188,60	188,65
Pendenza media del bacino	i _b	[m/m]	0,24775	0,27056	0,28179	0,25106	0,15055	0,19877	0,21159	0,26644		0,40355	0,41807	0,44319
Pendenza media dell'asta principale	i _m	[m/m]	0,00150	0,00147	0,00160	0,00245	0,00254	0,00285	0,00374	0,00557		0,00196	0,00265	0,00253

Tabella 3 – Caratteristiche morfometriche bacino Lavisotto-Adigetto – Scenario 1 (Gronda Attiva) Parte1



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
 IB0Q 3A R 10 RIID00010001A A 25 di 74

Bac. Idrografico Principale			Adigetto	Adigetto	Adigetto	Adigetto	Adigetto	Adigetto	Adigetto	Adigetto	Adigetto	Adigetto - Lavisotto	Lavisotto	Lavisotto
Denominazione reticolo idrografico				Roggia Grande		Rio Saluga						Fossa Bettine	Campotentino primario	Fossa Canova
Sezione di calcolo			Is-1	Is-2	Is-3	Is-4	Is-5	Id-1	Id-2	Id-3	Id-4	Id-5	Ils-1	Ils-2
Dimensioni planimetriche														
Area del Bacino idrografico	inquadramento bacini	[kmq]	1,888	0,729	0,366	2,596	0,084	0,119	0,072	0,072	0,105	2,215	0,392	0,669
Perimetro del contorno del bacino	P	[km]	11,03	8,00	5,69	15,28	2,85	3,52	2,44	2,41	2,96	13,84	9,33	7,19
Lunghezza asta principale "percorso idraulicamente più lungo"	L	[km]	4,09	2,70	2,07	5,46	0,91	0,94	0,58	0,81	0,83	4,95	3,01	2,32
Altimetria														
Quota massima del bacino	H _{mx}	[m s.l.m.]	214,97	286,10	303,59	1096,65	296,08	199,90	196,54	197,89	196,38	203,39	202,29	202,70
Quota mediana del bacino	H _m	[m s.l.m.]	192,39	197,92	234,13	458,07	201,45	192,82	191,99	192,33	192,91	191,15	192,73	193,14
Quota della sezione di chiusura.	H _o	[m s.l.m.]	189,56	183,19	191,98	187,89	191,80	192,58	190,36	191,12	192,16	188,73	189,60	186,16
Pendenza media del bacino	i _b	[m/m]	0,05351	0,13827	0,18672	0,44026	0,26752	0,03674	0,10648	0,04516	0,10836	0,07820	0,08600	0,06334
Pendenza media dell'asta principale	i _m	[m/m]	0,00168	0,00584	0,02129	0,03310	0,03647	0,00023	0,00442	0,00127	0,00270	0,00072	0,00105	0,00311

Tabella 4 – Caratteristiche morfometriche bacino Lavisotto-Adigetto – Scenario 1 (Gronda Attiva) Parte2



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R 10	RIID00010001A	A	26 di 74

Bac. Idrografico Principale			Lavisotto	Lavisotto	Malvasia	Malvasia	Malvasia	Malvasia	Malvasia	Malvasia	Fossa Carpenedi	Fossa Carpenedi	Fossa Carpenedi
Denominazione reticolo idrografico			Fossa Carpenedi								Rio Gardolo	Rio Carpenedi	Rio dell'Asin
Sezione di calcolo			Ils-3	Ild-1	IMd-1	IMd-2	IMs-1	IMs-2	IMs-3	IMs-4	SG-1	SG-2	SG-3
Dimensioni planimetriche													
Area del Bacino idrografico	Inquadramento bacin	[kmq]	3,105	0,326	0,105	0,254	0,115	0,105	0,043	0,198	2,434	2,718	0,866
Perimetro del contorno del bacino	P	[km]	16,88	5,03	3,47	8,01	2,46	2,22	1,45	4,09	12,16	14,13	8,44
Lunghezza asta principale "percorso idraulicamente più lungo"	L	[km]	5,64	1,71	1,11	2,59	0,92	0,89	0,54	1,66	4,77	4,93	3,44
Altimetria													
Quota massima del bacino	H_{Mx}	[m s.l.m.]	471,49	198,08	193,71	219,71	299,65	299,41	291,87	406,26	1096,53	956,14	763,20
Quota mediana del bacino	H_m	[m s.l.m.]	252,77	192,76	191,98	192,13	260,87	255,63	241,67	316,30	632,21	689,52	480,44
Quota della sezione di chiusura.	H_0	[m s.l.m.]	190,69	187,82	190,30	190,63	192,10	192,22	193,02	190,63	281,98	281,85	269,56
Pendenza media del bacino	i_b	[m/m]	0,27460	0,06005	0,03050	0,12566	0,31	0,35	0,44	0,33	0,54141	0,43484	0,15731
Pendenza media dell'asta principale	i_m	[m/m]	0,00262	0,00113	0,00207	0,00081	0,06905	0,11096	0,16944	0,06908	0,10188	0,11578	0,14247

Tabella 5 – Caratteristiche morfometriche bacino Lavisotto-Adigetto – Scenario 1 (Gronda Attiva) Parte3



PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA
ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA
ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO
QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA

RELAZIONE IDROLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IB0Q	3A	R 10	RIID00010001A	A	27 di 74

CARATTERISTICHE MORFOMETRICHE - BACINI IDROGRAFICI. SCENARIO 2 (GRONDA NON ATTIVA)

Bac. Idrografico Principale			Adige	Adige	Adige	Adige	Adige	Adigetto	Adigetto	Adigetto	Lavisotto
Denominazione reticolo idrografico			Adigetto	Adigetto	Adigetto	Adigetto	Adigetto	Lavisotto	Lavisotto	Lavisotto	Fossa Carpenedi
Sezione di calcolo			S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	SL-1	SL-2	SL-3	lls-3
Dimensioni planimetriche											
Area del Bacino idrografico	Inquadramento bacini	[kmq]	23,663	21,711	20,726	17,770	12,953	10,604	10,126	9,079	9,155
Perimetro del contorno del bacino	P	[km]	43,88	40,63	38,84	35,89	39,69	35,16	32,56	28,21	24,32
Lunghezza asta principale "percorso idraulicamente più lungo"	L	[km]	14,50	12,63	11,40	11,08	10,79	10,30	9,46	8,44	7,11
Altimetria											
Quota massima del bacino	H_{mx}	[m s.l.m.]	1096,65	1096,65	1096,65	1096,53	1096,53	1096,53	1096,53	1096,53	1096,53
Quota mediana del bacino	H_m	[m s.l.m.]	291,60	327,93	343,13	316,20	343,17	422,05	444,24	496,26	501,15
Quota della sezione di chiusura.	H_0	[m s.l.m.]	183,33	186,60	186,95	187,63	187,71	188,15	188,95	188,95	190,69
Pendenza media del bacino	i_b	[m/m]	0,30427	0,32590	0,33654	0,32521	0,29896	0,35296	0,36558	0,40215	0,40663
Pendenza media dell'asta principale	i_m	[m/m]	0,00166	0,00158	0,00170	0,00173	0,00172	0,00182	0,00286	0,00280	0,00489

Tabella 6 – Caratteristiche morfometriche bacino Lavisotto-Adigetto – Scenario 2 (Gronda Inattiva)*

*le sezioni di calcolo riportate in Tabella 6 sono le uniche per le quali si rileva un diverso risultato per i due scenari considerati. Per tutte le altre sezioni si hanno i medesimi risultati tra i due scenari in quanto corrispondenti a bacini non influenzati dalla galleria di gronda: per tali sezioni si può quindi far riferimento a quanto riportato in Tabella 3, Tabella 4 e Tabella 5.

6.1.2 Località Acquaviva – Bacino della Fossa Maestra di Mattarello

A seguire si riporta l'inquadramento dei bacini idrografici ottenuti per la zona Località Acquaviva, e le relative caratteristiche morfometriche.

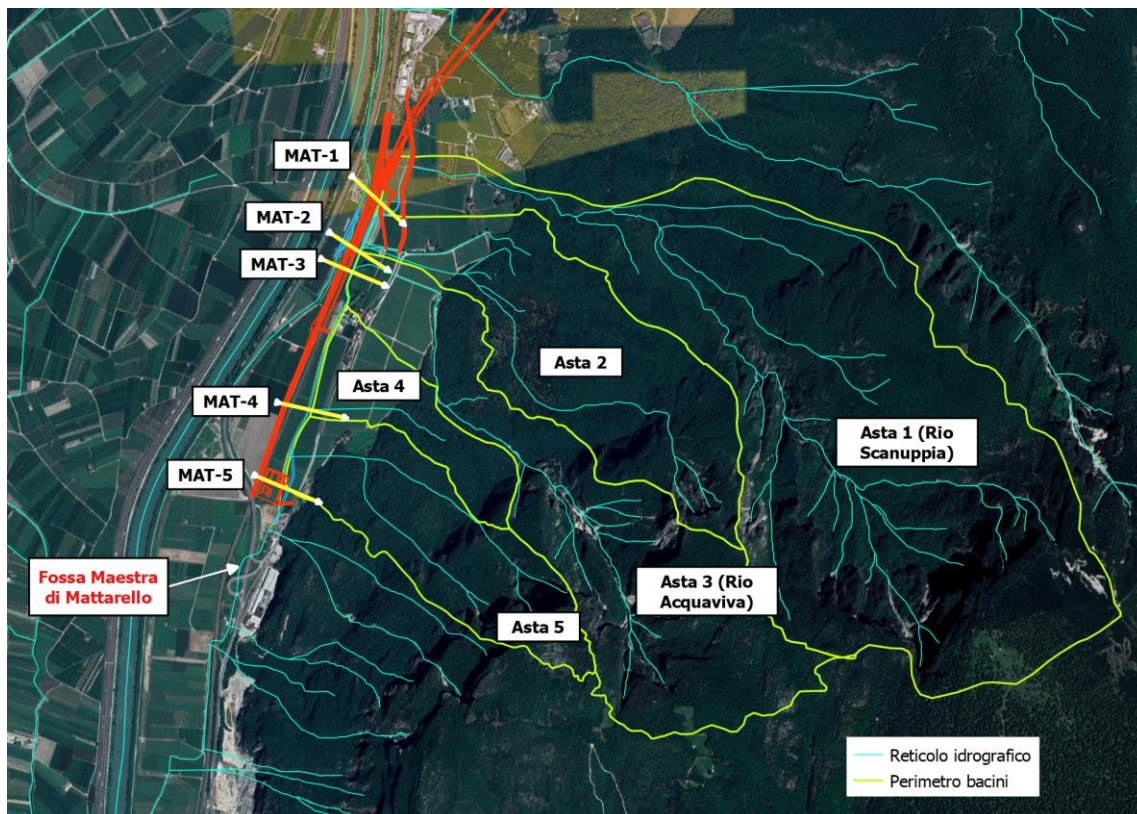


Tabella 7 – Bacini Fossa Maestra di Mattarello

Nome	Rete idrografica	Posizione	Indicazione sezione
FOSSA MAESTRA DI MATTARELLO			
MAT-1	Asta 1 (Rio Scanuppia)	Piazzale di emergenza imbocco sud galleria	Canale aperto
MAT-2	Asta 2	-	Canale aperto
MAT-3	Asta 3 (Rio Acquaviva)	-	Canale aperto
MAT-4	Asta 4	-	Canale aperto
MAT-5	Asta 5	SSE Murazzi	Canale aperto

Tabella 8 – Sezioni di calcolo bacino Fossa Maestra di Mattarello

Bac. Idrografico Principale			Adige	Adige	Adige	Adige	Adige	Adige
Denominazione reticolo idrografico			Asta 1 (Rio Scanuppia)	Asta 2	Asta 3 (Rio Acquaviva)	Asta 4	Asta 5	Fossa Maestra di Mattarello
Sezione di calcolo			MAT-1	MAT-2	MAT-3	MAT-4	MAT-5	MAT-TOT
Dimensioni planimetriche								
Area del Bacino idrografico	Area inquadramento bacini idrografici	[kmq]	2.21	0.74	0.96	0.22	0.47	4.60
Perimetro del contorno del bacino	P	[km]	8.28	4.74	6.45	2.63	3.52	9.49
Lunghezza asta principale "percorso idraulicamente più lungo"	L	[km]	3.46	1.90	2.25	0.56	1.24	4.77
Altimetria								
Quota massima del bacino	H_{max}	[m s.l.m.]	1932.57	1233.88	1504.71	655.22	1181.03	1932.57
Quota mediana del bacino	H_n	[m s.l.m.]	1053.26	514.62	818.99	288.70	540.27	828.39
Quota della sezione di chiusura.	H_o	[m s.l.m.]	184.08	182.20	181.90	181.16	180.42	180.42
Pendenza media del bacino	i_b	[m/m]	1.00	0.69	0.99	0.46	0.94	0.92
Pendenza media dell'asta principale	i_n	[m/m]	0.37	0.44	0.41	0.26	0.55	0.37

Tabella 9 – Caratteristiche morfometriche bacino Fossa Maestra di Mattarello

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IBOQ	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

7 ANALISI PLUVIOMETRICA

Per la determinazione dei parametri pluviometrici di progetto relativamente all'imbocco nord della galleria (Area Scalo Filzi-Roncafort) sono stati confrontati i risultati ottenuti dalla elaborazione statistica delle serie storiche delle altezze di pioggia massime annuali registrate nelle stazioni di interesse per gli interventi in progetto con la valutazione su base regionale delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per il territorio della Provincia Autonoma di Trento ottenute dall'Ufficio Pianificazione e Rilevazioni Idriche della Provincia Autonoma di Trento ed esposte nell' "Analisi del regime delle piogge intense per la provincia autonoma di Trento" dell'Aprile 2011.

Per l'analisi pluviometrica dell'area sita in Loc. Acquaviva si è fatto uso della sola formulazione su base regionale di cui al suddetto studio. Infatti, pur essendo presenti stazioni pluviometriche in prossimità degli interventi (Aldeno San Zeno, Trento Aeroporto), queste presentano un numero modesto di anni di osservazioni.

7.1 STAZIONI PLUVIOMETRICHE E DATI ESTRATTI DAGLI ANNALI IDROLOGICI

Per l'area Scalo-Filzi Roncafort sono stati presi in considerazione i dati relativi alle stazioni pluviometriche di Trento Laste e Trento Roncafort, ritenute di maggiore interesse visto il sufficiente numero di anni di osservazione:

Stazione pluviometrica	Bacino idrografico	Quota (mslm)	Anno inizio osservazioni	N° anni di osservazione
T0129 - Trento Laste	Adige	312.00	1936	71/74
T0135 - Trento Roncafort	Adige	194.00	1975	26/35

Tabella 10 – Elenco stazioni pluviometriche di interesse

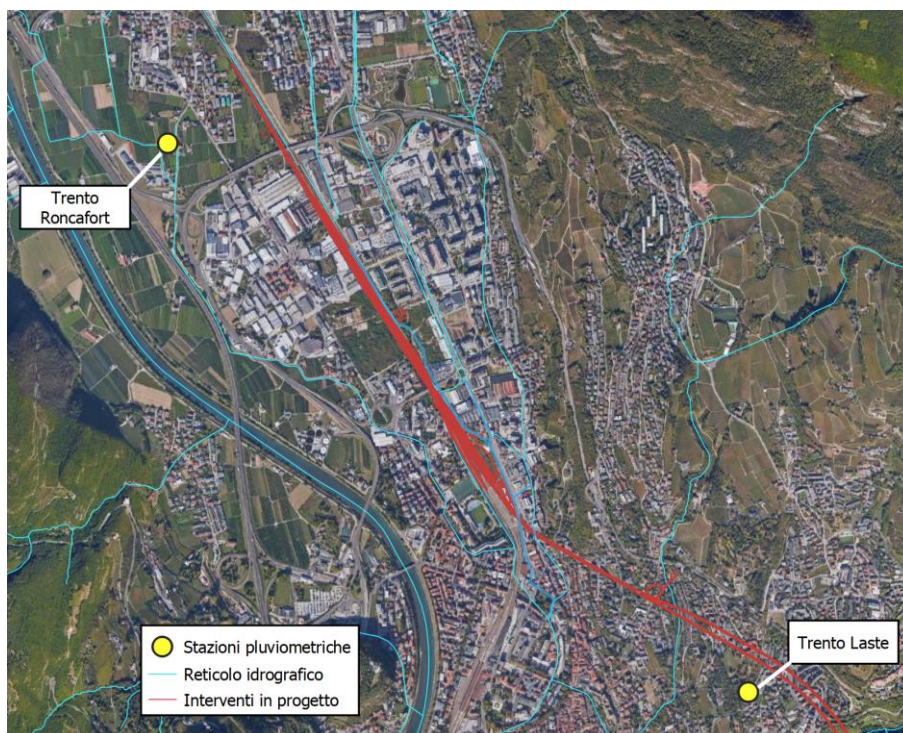


Figura 3 – Inquadramento delle stazioni pluviometriche Trento Laste e Trento Roncafort

7.1.1 Serie Storiche Altezze Poggia Annuali Massime 1, 3, 6, 12, 24 Ore

Per tutte le stazioni pluviometriche, vengono di seguito riportate le serie storiche delle altezze di pioggia massime annuali relative ad intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore, scaricabili dal sito <https://www.meteotrentino.it/#!/content?menuItemDesktop=141>. Per le due stazioni pluviometriche prese in considerazione sono disponibili i massimi annuali fino al 2009.

ALTEZZE DI PIOGGIA ANNUALI MASSIME

RELATIVE A 1,3,6,12,24 ORE

Dati Ufficiali rilevati dagli annali idrologici pubblicati dall'Ufficio Previsioni ed Organizzazione
della Pr. Autonoma di Trento Stazione Pluviometrica : **TRENTO LASTE**

Bacino : **FIUME ADIGE**

Provincia : **TRENTO** Altitudine = **312.00** (m.s.m.)

ANNO	INTERVALLO DI ORE				
	1 [mm]	3 [mm]	6 [mm]	12 [mm]	24 [mm]
1936	14.00	21.00	33.00	52.00	66.00
1937	45.00	56.00	56.00	56.00	60.60
1938	25.00	48.00	62.40	68.60	97.00
1939	15.00	33.00	54.00	94.60	96.40
1940	23.80	47.00	59.00	77.00	85.00
1941	13.20	19.00	33.00	41.60	54.00
1942	29.00	47.00	82.40	123.00	123.00
1943	21.80	25.00	31.80	31.80	47.40
1944	22.00	43.60	44.60	56.60	64.20
1945					
1946					
1947	35.60	37.40	37.80	47.40	82.60
1948	14.60	25.00	31.20	44.00	61.80
1949	12.00	21.00	35.00	50.80	62.80
1950	17.20	18.40	27.80	34.60	50.20
1951	40.00	62.00	79.00	99.00	116.40
1952	26.60	30.00	43.00	58.60	95.60
1953	16.80	32.80	40.40	67.00	104.60
1954	13.40	29.00	29.80	41.00	49.00
1955	12.80	16.00	25.00	38.40	47.60
1956	11.00	20.60	26.00	43.00	56.80
1957	20.80	23.60	27.20	35.80	64.60
1958	16.80	21.00	33.20	38.00	55.60
1959	20.40	26.00	47.20	68.40	109.60
1960	22.80	46.20	59.80	80.80	96.80
1961	23.00	30.20	38.60	52.40	69.60
1962	29.00	43.00	54.80	56.20	59.20
1963	20.00	26.00	28.60	43.60	55.40
1964	12.60	18.60	31.60	50.00	74.60
1965	14.20	22.00	42.60	61.60	113.00
1966	19.00	31.00	51.00	81.40	125.60
1967	12.60	14.00	26.00	37.40	44.40
1968	22.20	31.20	44.20	44.60	67.40
1969	19.40	38.20	38.80	65.60	77.20
1970	22.40	34.60	46.40	51.60	69.80
1971	17.00	21.80	27.80	40.00	73.60
1972	16.80	24.40	30.80	51.40	71.60
1973	32.80	33.00	34.80	42.00	56.00

ANNO	INTERVALLO DI ORE				
	1 [mm]	3 [mm]	6 [mm]	12 [mm]	24 [mm]
1974	17.00	25.60	44.20	50.00	50.40
1975	14.00	18.20	27.00	30.00	51.00
1976	21.00	44.20	74.00	112.00	147.60
1977	13.80	20.20	33.60	46.40	54.00
1978	21.60	22.60	26.00	40.00	66.00
1979	21.00	28.00	39.00	73.80	102.00
1980	26.00	41.40	57.80	86.80	106.80
1981	13.40	23.20	28.80	47.40	91.00
1982	26.20	27.40	36.00	51.00	60.40
1983	24.20	38.60	55.80	70.20	71.20
1984	13.80	18.60	37.60	39.20	41.40
1985	37.40	52.80	52.80	62.40	67.80
1986	12.80	22.80	44.00	80.20	120.80
1987	19.80	27.20	39.40	63.20	68.60
1988	14.40	22.40	38.00	48.60	56.80
1989	34.40	35.40	36.00	44.00	57.60
1990	18.40	46.20	75.20	117.20	121.20
1991	19.30	27.10	29.50	49.90	80.50
1992	16.90	30.50	36.70	62.30	94.90
1993	15.00	24.50	37.30	60.30	74.20
1994	15.10	21.20	35.60	47.90	56.40
1995	16.80	28.40	30.50	41.30	47.50
1996	15.70	29.80	37.60	46.80	71.90
1997	11.80	25.70	34.90	54.30	101.80
1998	27.90	44.60	44.80	46.90	57.50
1999	19.20	44.60	51.40	90.70	99.60
2000	13.20	28.20	44.70	58.00	95.30
2001	17.10	25.20	46.70	59.10	68.70
2002	16.80	30.00	40.10	48.30	81.70
2003	13.10	23.90	36.60	62.40	74.20
2004	35.60	51.60	53.20	54.20	61.60
2005					
2006	23.60	24.00	34.60	44.80	47.60
2007	28.20	31.20	39.20	44.80	71.40
2008	24.20	24.80	41.60	60.00	74.20
2009	18.40	24.40	33.80	49.80	74.80
Media	20.39	30.58	41.53	57.32	75.68
Massimo	45.00	62.00	82.40	123.00	147.60
Minimo	11.00	14.00	25.00	30.00	41.40
Scarto	7.32	10.51	12.81	19.48	23.38

Anni di osservazione n° : 74

Tabella 11 – Massimi annuali Trento Laste

ALTEZZE DI PIOGGIA ANNUALI MASSIME

RELATIVE A 1,3,6,12,24 ORE

Dati Ufficiali rilevati dagli annali idrologici pubblicati dall'Ufficio Previsioni ed Organizzazio:
della Pr. Autonoma di Trento Stazione Pluviometrica : **TRENTO RONCAFORT**

Bacino : **FIUME ADIGE**

Provincia : **TRENTO** Altitudine = **194.00** (m.s.m.)

ANNO	INTERVALLO DI ORE				
	1 [mm]	3 [mm]	6 [mm]	12 [mm]	24 [mm]
1975	11.60	22.00	29.30	49.00	55.20
1976	19.20	26.00	48.00	73.00	102.00
1977	28.80	31.20	35.00	44.40	52.20
1978	22.40	23.80	26.60	37.20	65.00
1979	19.60	21.40	35.20	64.00	97.80
1980					
1981	17.40	28.20	40.00	54.60	105.20
1982	24.00	40.20	42.70	50.50	64.60
1983	18.90	23.30	42.60	62.00	68.80
1984	15.80	29.60	41.90	44.70	47.70
1985	17.60	33.10	40.40	43.30	55.00
1986	13.30	21.20	36.10	60.60	117.50
1987	29.00	44.20	48.20	56.70	74.20
1988	16.30	23.10	31.30	40.60	56.00
1989					
1990					
1991					
1992					
1993					
1994					
1995	27.40	38.20	38.40	50.50	52.50
1996	23.30	37.20	43.90	56.00	69.00
1997	22.80	25.70	38.20	63.00	103.50
1998	31.50	35.90	36.30	37.50	50.40
1999	21.50	34.80	50.60	95.90	108.00
2000	17.60	29.50	48.40	58.70	84.00
2001	35.20	37.00	38.00	40.20	48.20
2002	29.40	40.60	44.60	51.20	73.40
2003	37.60	38.40	38.40	58.60	70.00
2004	32.80	34.00	34.00	36.40	48.00
2005	16.40	19.20	23.80	33.60	52.80
2006	32.40	35.80	35.80	36.00	36.60
2007					
2008					
2009	23.40	34.80	37.00	45.60	63.40
Media	23.28	31.09	38.64	51.68	70.04
Massimo	37.60	44.20	50.60	95.90	117.50
Minimo	11.60	19.20	23.80	33.60	36.60
Scarto	6.93	6.98	6.52	13.47	22.10

Anni di osservazione n° : 35

Tabella 12 – Massimi annuali Trento Roncafort

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IBOQ	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

7.2 MODELLI PROBABILISTICI PER L'ANALISI STATISTICA DELLE PIOGGE

In questo capitolo vengono esposti i richiami fondamentali teorici relativamente all'analisi probabilistica degli estremi idrologici. Viene descritta brevemente la legge teorica utilizzata in questo studio (Gumbel) con indicazioni sulle modalità di stima dei parametri.

7.2.1 Il modello probabilistico di Gumbel

Il metodo che verrà utilizzato per l'analisi dei dati di precipitazione è quello di Gumbel, il quale prevede l'applicazione della distribuzione doppio-esponenziale (o di Gumbel) al campione di dati di precipitazione intesi come variabili indipendenti.

La funzione di probabilità cumulata che la definisce è:

$$F(x) = P(X \leq x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}}$$

Introducendo la variabile ridotta y :

$$y = \alpha(x-u)$$

si ha la forma canonica:

$$F(y) = e^{-e^{-y}}$$

I parametri α e u sono legati alla media e alla varianza della popolazione. Elaborando e ricavando i valori di media e varianza di ogni serie di dati riferiti ad una durata (1, 3, 6, 12, 24 ore di durata) si procede alla loro stima seguendo diversi metodi. Si otterranno parametri diversi per ogni durata di precipitazione.

Per una data durata di precipitazione, si ordinano le N altezze di precipitazione in ordine crescente e si numerano da 1 ad N . Ad ogni altezza di precipitazione si associa la relativa frequenza cumulata di non superamento, calcolata con la formula di Weibull:

$$F_i = \frac{i}{N+1}$$

A denominatore si ha $N+1$ in luogo di N per evitare che il più grande evento verificatosi sia caratterizzato da una frequenza cumulata di non superamento pari a 1: valore che rappresenta l'evento impossibile da superare.

Il metodo di Gumbel per la stima dei parametri della distribuzione si fonda sull'ipotesi di confondere la probabilità di non superamento di una certa altezza di precipitazione (relativa ad una popolazione) con la sua

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IBOQ	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

frequenza cumulata di non superamento (che si riferisce, invece ad un campione della popolazione suddetta), cioè

$$F(h_i) \cong F_i$$

La variabile ridotta da associare ad ogni altezza di precipitazione viene quindi calcolata come:

$$F(h_i) = F_i = F(y) = e^{-e^{-y}} \quad \text{e} \quad F_i = \frac{i}{N+1} \Rightarrow y_i = -\ln \left[-\ln \left(\frac{i}{N+1} \right) \right]$$

Con questa assunzione, la variabile ridotta y dipende solamente da h con la relazione lineare:

$$y = \alpha(h-u)$$

Introducendo ora il concetto di tempo di ritorno, T_r , cioè il tempo che mediamente trascorre tra la realizzazione di un evento e di un altro di entità uguale o superiore, si riesce ad ottenere l'espressione che esprime le altezze di precipitazione in funzione del tempo di ritorno:

$$T_r(h) = \frac{1}{1-F(h)} \Rightarrow F(h) = \frac{T_r-1}{T_r}$$

$$e^{-e^{-\alpha(h-u)}} = \frac{T_r-1}{T_r} \Rightarrow h = u - \frac{1}{\alpha} \ln \left[-\ln \left(\frac{T_r-1}{T_r} \right) \right]$$

Grazie al metodo di Gumbel è stata ricavata un'espressione analitica della funzione $h(T_r, \tau)$ che fornisce il valore di h in funzione del tempo di ritorno per una prefissata durata di precipitazione. Si vuole ora trovare un'espressione analitica che, per un dato tempo di ritorno, fornisca l'altezza di precipitazione in funzione della durata.

A questo scopo, si assegna alla funzione $h(T_r, \tau)$ la seguente forma:

$$h(T_r, \tau) = a(T_r) \tau^n$$

Queste equazioni, una per ogni prefissato tempo di ritorno, sono dette curve di possibilità pluviometrica (o climatica).

L'intensità di precipitazione è definita come l'altezza di precipitazione per unità di tempo ed ha la forma:

$$j(T_r, \tau) = \frac{h(T_r, \tau)}{\tau} = a \tau^{n-1}$$

Passando alla notazione logaritmica, l'equazione della curva di possibilità pluviometrica assume la forma lineare, e viene ottenuta interpolando i valori per regressione lineare ai minimi quadrati. Gli scarti da minimizzare sono quelli verticali, in quanto la misura di h soffre di maggiori incertezze rispetto a quella del tempo di precipitazione.

$$\log h = \log a + n \log \tau$$

Il problema nella costruzione delle curve di Gumbel consiste nello stimare i valori dei parametri α e u che caratterizzano la distribuzione. Per determinare tali parametri sono stati applicati due differenti metodi:

- Metodo dei momenti;
- Metodo di massima verosomiglianza.

Una volta determinate le tre coppie di parametri, attraverso i rispettivi due metodi, si provvederà mediante un test non parametrico (test di Pearson), all'individuazione della coppia di parametri migliore per ciascuna durata caratteristica.

7.2.1.1 Stima dei parametri tramite il metodo dei momenti convenzionali

La stima dei parametri α e u si ottiene sfruttando il metodo dei momenti, in base al quale i parametri della distribuzione vengono ottenuti eguagliando la media campionaria alla media della distribuzione della popolazione. Otteniamo quindi per α e u le espressioni:

$$\alpha = \frac{1.283}{S_h} \quad u = m_h - \frac{0.577}{\alpha}$$

Avendo posto S_h la deviazione standard e m_h la media del campione di dati.

Per quanto riguarda i dati in esame, i parametri che sono stati estrapolati attraverso l'applicazione del metodo dei momenti sono riportati nella seguente tabella, dove: m è la media del campione di dati per $h(1,3,6,12,24)$, s è lo scarto quadratico medio del campione e u e c indicano rispettivamente i parametri u ed α della distribuzione di Gumbel.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IBOQ	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

Stazione Pluviometrica : **TRENTO LASTE**

Bacino : **FIUME ADIGE**

Provincia : **TRENTO**

Altitudine = 312.00 (m.s.m.)

	h(1)	h(3)	h(6)	h(12)	h(24)
m	20.39	30.58	41.53	57.32	75.68
s	7.32	10.51	12.81	19.48	23.38
u	17.10	25.85	35.77	48.56	65.16
c	0.18	0.12	0.10	0.07	0.05

Tabella 13 – Valori parametri ottenuti per la stazione di Laste con il metodo dei momenti

Stazione Pluviometrica : **TRENTO RONCAFORT**

Bacino : **FIUME ADIGE**

Provincia : **TRENTO**

Altitudine = 194.00 (m.s.m.)

	h(1)	h(3)	h(6)	h(12)	h(24)
m	23.28	31.09	38.64	51.68	70.04
s	6.93	6.98	6.52	13.47	22.10
u	20.16	27.95	35.71	45.62	60.09
c	0.19	0.18	0.20	0.10	0.06

Tabella 14 – Valori parametri ottenuti per la stazione di Roncafort con il metodo dei momenti

7.2.1.2 Stima dei parametri tramite il metodo della massima verosomiglianza

I parametri della distribuzione di Gumbel possono essere stimati utilizzando il metodo della massima verosomiglianza. La procedura di calcolo per la stima dei parametri α e u in questo caso è la seguente. Viene inizialmente determinato il valore del parametro α risolvendo in modo numerico per successive approssimazioni la seguente equazione:

$$F(\alpha) = \sum_{i=1}^N x_i \exp(-\alpha x_i) - \left(\mu_x - \frac{1}{\alpha}\right) \sum_{i=1}^N \exp(-\alpha x_i) = 0$$

Mentre il valore del parametro u viene determinato risolvendo la seguente equazione:

$$u = \frac{1}{\alpha} \ln \left[\frac{N}{\sum_{i=1}^N \exp(-\alpha x_i)} \right]$$

Per quanto riguarda i dati in esame, i parametri che sono stati estrapolati attraverso l'applicazione del metodo della massima verosomiglianza sono riportati nella seguente tabella, dove: m è la media del campione di dati per $h(1,3,6,12,24)$, s è lo scarto quadratico medio del campione e u e c indicano rispettivamente i parametri u ed α della distribuzione di Gumbel.

 Stazione Pluviometrica : **TRENTO LASTE**

 Bacino : **FIUME ADIGE**

Provincia : TRENTO

Altitudine = 312.00

(m.s.m.)

	h(1)	h(3)	h(6)	h(12)	h(24)
m	20.39	30.58	41.53	57.32	75.68
s	7.32	10.51	12.81	19.48	23.38
u	17.19	25.85	35.96	49.07	65.06
c	0.19	0.13	0.11	0.08	0.06

Tabella 15 – Valori parametri ottenuti per la stazione di Laste con il metodo della massima verosomiglianza

 Stazione Pluviometrica : **TRENTO RONCAFORT**

 Bacino : **FIUME ADIGE**

Provincia : TRENTO

Altitudine = 194.00

(m.s.m.)

	h(1)	h(3)	h(6)	h(12)	h(24)
m	23.28	31.09	38.64	51.68	70.04
s	6.93	6.98	6.52	13.47	22.10
u	20.13	28.31	36.11	46.08	59.35
c	0.16	0.12	0.11	0.09	0.06

Tabella 16 – Valori parametri ottenuti per la stazione di Roncafort con il metodo della massima verosomiglianza

7.2.1.3 Test di Pearson

L'adattamento della legge di Gumbel alla serie statistica presa in esame può essere valutato per mezzo di diversi test statistici quali permettono di verificare se la legge stessa si adatti più o meno bene ai dati del campione preso in esame.

Il test di Pearson (o della bontà dell'adattamento) è un test non parametrico utilizzato come criterio di confronto per determinare quale metodo (dei momenti o della massima verosomiglianza) approssima meglio i parametri di una distribuzione. Dopo aver ottenuto le due coppie di parametri u e c si è stabilito quale tra queste coppie risultasse la migliore per ciascuna durata per ciascuna delle stazioni idrometriche considerate.

Questo test consiste in varie fasi:

1. Si suddivide il campo di probabilità (asse delle ordinate) in k intervalli uguali in modo tale che in ogni intervallo ricada un numero sufficiente di dati;
2. Si individuano i rispettivi intervalli sull'asse delle ascisse (questi intervalli non sono tra loro uguali);
3. Si contano il numero di dati che ricadono in ciascun intervallo;
4. Si calcola la funzione:

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^n \frac{(N_j - n(P[H < h_{j+1}] - P[H < h_j]))^2}{n(P[H < h_{j+1}] - P[H < h_j])}$$

Dove N_j sono i valori assegnati

$$P[H < h_0] = P[H < 0]$$

$$P[H < h_{n+1}] = P[H < \infty]$$

5. Si ripete questo procedimento per ogni coppia di parametri (u e c) e si sceglie la coppia che presenta il valore di χ^2 minore;
6. Si ripetono tutte le operazioni per ogni durata (ad esempio 1, 3, 6, 12, 24 ore) visto che tutte le procedure si riferiscono ad una singola durata.

Si riportano nelle seguenti tabelle i valori del χ^2 ottenuti per le varie stazioni con i due metodi di stima, evidenziando in verde i valori minori. Per ciascuna stazione, per ogni durata si è scelta la coppia di parametri relativa al χ^2 minore che corrisponde a quella migliore. Un valore di χ^2 piccolo corrisponde infatti ad una minore discrepanza tra risultati osservati e risultati teorici e quindi ad un valore più preciso dei relativi parametri u e c .

Test adattamento stima con il metodo dei momenti convenzionali: calcolo del χ^2					Test adattamento stima con il metodo della massima verosomiglianza: calcolo del χ^2				
INTERVALLO DI ORE					INTERVALLO DI ORE				
1	3	6	12	24	1	3	6	12	24
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
2.03	6.96	1.18	2.03	8.37	3.58	4.42	1.32	2.45	6.82

Tabella 17 – Valori del χ^2 ottenuti con i due metodi di stima per la stazione Laste

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IBOQ	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

Test adattamento stima con il metodo dei momenti convenzionali: calcolo del χ^2					Test adattamento stima con il metodo della massima verosomiglianza: calcolo del χ^2				
INTERVALLO DI ORE					INTERVALLO DI ORE				
1	3	6	12	24	1	3	6	12	24
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
3.62	3.23	0.54	1.31	1.31	0.54	11.69	5.92	2.08	1.69

Tabella 18 – Valori del χ^2 ottenuti con i due metodi di stima per la stazione Roncafort

Infine, nelle tabelle seguenti, sono riportate le coppie di parametri u e c ottimali ottenute con il test di Pearson per ciascuna stazione.

Stazione Pluviometrica : **TRENTO LASTE**

Bacino : **FIUME ADIGE**

Provincia : **TRENTO**

Altitudine = 312.00

(m.s.m.)

	h(1)	h(3)	h(6)	h(12)	h(24)
u	17.10	25.85	35.77	48.56	65.06
c	0.18	0.13	0.10	0.07	0.06

Tabella 19 – Coppia di parametri ottimali ottenuta per la stazione Laste

Stazione Pluviometrica : **TRENTO RONCAFORT**

Bacino : **FIUME ADIGE**

Provincia : **TRENTO**

Altitudine = 194.00

(m.s.m.)

	h(1)	h(3)	h(6)	h(12)	h(24)
u	20.13	27.95	35.71	45.62	60.09
c	0.16	0.18	0.20	0.10	0.06

Tabella 20 – Coppia di parametri ottimali ottenuta per la stazione Roncafort

7.2.2 Formulazione scala-invariante con la distribuzione di Gumbel

Le LSPP, ottenute con la metodologia precedentemente descritta, sono state confrontate con quelle ottenute dall'Ufficio Pianificazione e Rilevazioni Idriche della Provincia Autonoma di Trento esposte nell' "Analisi del regime delle piogge intense per la provincia autonoma di Trento" dell'Aprile 2011. Secondo quanto esposto nella premessa lo "Scopo della presente indagine è quello di pervenire, tramite l'analisi statistica dei valori

massimi annuali di precipitazione di diversa durata, alla valutazione su base regionale delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per il territorio della Provincia Autonoma di Trento". In questo studio, "è stato ritenuto opportuno applicare metodologie di stima fondate sulla cosiddetta proprietà dell'invarianza di scala", utilizzando il modello a scala invariante della distribuzione di Gumbel per l'analisi delle piogge di durata compresa fra 1 e 24 ore.

7.2.2.1 Linee segnalatrici scala – invarianti

Recenti indagini relative al processo di precipitazione hanno ipotizzato la validità della seguente eguaglianza in probabilità

$$Z_{\lambda d}(t) = \lambda^n Z_d(t)$$

Dove $Z(t)$ rappresenta il processo integrale

$$Z_d(t) = \int_{t-d/2}^{t+d/2} X(\zeta) d\zeta$$

$X(t)$ rappresenta l'intensità di pioggia all'istante t , il simbolo $\overset{d}{=}$ indica l'eguaglianza in distribuzione di probabilità, λ indica un fattore di scala ed n un esponente caratteristico del sito esaminato. Questa relazione, detta di invarianza di scala del processo, indica che la distribuzione di probabilità del processo integrato è invariante rispetto alla scala utilizzata per integrare il processo $X(t)$. In questo caso vale la legge

$$\frac{h_T(\lambda d)}{h_T(d)} = \lambda^n$$

La relazione indica che il rapporto fra due quantili T -ennali di precipitazione, relativi a due diverse durate, è pari alla potenza n -esima del fattore di scala. Questa relazione implica l'invarianza di scala per il momento, calcolato rispetto all'origine, d'ordine qualsiasi delle variabili, ossia

$$E[H_{\lambda d}^l] = \lambda^{l \cdot n} E[H_d^l]$$

dove l rappresenta l'ordine del momento ed H_d rappresenta il processo dei massimi annuali di durata d . Pertanto, quando sia verificata, media e varianza dei massimi annuali per piogge di diversa durata vengono a riscalarsi rispettivamente secondo i fattori λ^n e λ^{2n} .

Conseguenza importante di questa proprietà è l'invarianza del coefficiente di variazione V rispetto alla durata; infatti, se consideriamo un intervallo di durate entro il quale la precipitazione è scala invariante nel tempo, si ha

$$V[H_d] = \sqrt{\frac{\text{var}[H_d]}{E^2[H_d]}} = \sqrt{\frac{d^{2n} \text{var}[H_d]}{d^{2n} E^2[H_d]}} = \sqrt{\frac{\text{var}[H_1]}{E^2[H_1]}} = V[H_1] = \text{cost}$$

Più in generale, si può verificare che, in quest'ipotesi, anche il coefficiente di asimmetria e quello di appiattimento sono indipendenti dalla durata.

Si può allora scrivere

$$h_T(d) = h_T(1) \left(\frac{d}{1}\right)^n = h_T(1) d^n$$

dove $h_T(1)$ indica il quantile T-ennale dell'altezza di pioggia per la durata di riferimento (per esempio oraria). La relazione sopra può dunque rappresentare la linea segnalatrice corrispondente al tempo di ritorno T, espressa come legge di potenza il cui esponente risulta invariante con la durata.

Il quantile T-ennale dell'altezza di pioggia generica si può scrivere utilizzando il fattore di frequenza introdotto da Chow (1951) (vedi anche Chow et al., 1988, p. 389) nel modo seguente

$$h_T(d) = E[H_d] + K_T \sqrt{\text{var}[H_d]}$$

dove K_T indica il fattore di frequenza. È pertanto possibile ottenere una famiglia di linee segnalatrici scala-invarianti nel modo seguente

$$h_T(d) = a_1 (1 + VK_T) d^n$$

Dove:

- $a_1 = E[H(1)]$ rappresenta il coefficiente di scala della linea segnalatrice, valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale per la durata di riferimento (si noti che il valore della variabile a_1 può ottenersi in termini generali come rapporto fra il valore atteso dell'altezza di pioggia massima annuale di durata T^* e la durata stessa elevata a potenza n-esima);
- $(1 + VK_T)$ rappresenta il fattore di crescita in frequenza, in quanto esso dipende da tempo di ritorno T e dalla distribuzione di probabilità scelta per rappresentare il processo dei massimi annuali;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IBOQ	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

- n rappresenta l'esponente di scala con cui la variabilità del fenomeno si trasmette dalla scala temporale di riferimento alle altre scale temporali.

7.2.2.2 Formulazione scala – invariante con la distribuzione di Gumbel

La formulazione scala-invariante con il modello di Gumbel si scrive nel modo seguente:

$$h_T(d) = a_1 \left\{ 1 - \frac{V\sqrt{6}}{\pi} [\varepsilon + y_T] \right\} d^n$$

Dove

$$y_T = \ln \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]$$

dove i parametri n , V ed a_1 sono definiti come alle precedenti sezioni. I valori dei parametri n , V ed a_1 vengono stimati come segue sulla base dei dati delle altezze di pioggia massime annuali di durata compresa nell'intervallo in cui viene verificata l'ipotesi di invarianza di scala.

I valori dei parametri n ed a_1 vengono stimati tramite regressione dei logaritmi delle medie campionarie delle altezze di pioggia massime annuali relative alle diverse durate rispetto ai logaritmi delle corrispondenti durate. Il valore del coefficiente di variazione globale V viene calcolato come media dei quadrati dei coefficienti di variazione calcolati per i massimi annuali relativi alle durate comprese nell'intervallo in cui viene verificata l'ipotesi di invarianza di stima.

I valori dei parametri n , V ed a_1 utilizzati sono stati estrapolati da file raster disponibili sul sito <https://dati.trentino.it/>.

7.3 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA – AREA SCALO FILZI-RONCAFORT

L'analisi pluviometrica delle aree interessate dai bacini oggetto del presente studio è stata condotta tramite l'elaborazione statistica dei dati pluviometrici con le differenti metodologie di stima precedentemente descritte.

7.3.1 LSPP Ottenute con il Metodo probabilistico di Gumbel

I tabulati di calcolo ed i risultati delle analisi statistiche eseguite con il metodo di Gumbel, vengono di seguito riportati.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IBOQ	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

7.3.1.1 *LSPP ottenute con la stima dei parametri tramite il metodo dei momenti convenzionali*

CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

La determinazione delle curve di possibilità pluviometriche $h = a t^n$ per assegnato tempo di ritorno è stata elaborata con la legge di distribuzione asintotica dei valori massimi meglio nota come legge di Gumbel, stimando i parametri tramite il metodo dei momenti convenzionali :

$$h = u - 1/c \ln \ln (T/(T-1))$$

$$u = m - 0,450 * s$$

$$c = 1,283 / s$$

Essendo : h = Altezza di pioggia (mm)
 T_r = Tempo di ritorno
 $u = f(m,s)$; $c = f(s)$
 m = Media del campione di dati $h(1,3,6,12,24)$
 s = Scarto quadratico medio del campione

Stazione Pluviometrica : **TRENTO LASTE**

Bacino : **FIUME ADIGE**

Provincia : **TRENTO**

Altitudine = 312.00

(m.s.m.)

	h(1)	h(3)	h(6)	h(12)	h(24)
m	20.39	30.58	41.53	57.32	75.68
s	7.32	10.51	12.81	19.48	23.38
u	17.10	25.85	35.77	48.56	65.16
c	0.18	0.12	0.10	0.07	0.05

Con i valori sopra riportati si calcola la pioggia di massima intensità per assegnata durata e per fissato tempo di ritorno e si determinano per i dati così ottenuti, per regressione lineare, i parametri della curva $h = a t^n$.

Tr anni	h (1) mm	h (3) mm	h (6) mm	h (12) mm	h (24) mm	a mm/ora^n	n
5	25.65	38.14	50.74	71.33	92.49	25.02	0.410
25	35.34	52.05	67.69	97.11	123.45	34.39	0.402
50	39.36	57.81	74.71	107.79	136.26	38.27	0.399
100	43.34	63.53	81.68	118.39	148.99	42.13	0.397
200	47.31	69.23	88.63	128.95	161.66	45.97	0.396
300	49.62	72.56	92.68	135.11	169.07	48.21	0.395
500	52.54	76.75	97.79	142.88	178.39	51.03	0.394

Tabella 21 – Parametri della forma monomia $h = a * t^n$ (distribuzione di Gumbel-momenti convenzionali) Stazione Trento Laste

CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

La determinazione delle curve di possibilità pluviometriche $h = a t^n$ per assegnato tempo di ritorno è stata elaborata con la legge di distribuzione asintotica dei valori massimi meglio nota come legge di Gumbel, stimando i parametri tramite il metodo dei momenti convenzionali :

$$h = u - 1/c \ln \ln (T/(T-1))$$

$$u = m - 0,450 * s$$

$$c = 1,283 / s$$

Essendo : h = Altezza di pioggia (mm)
 Tr = Tempo di ritorno
 $u = f(m,s)$; $c = f(s)$
 m = Media del campione di dati $h(1,3,6,12,24)$
 s = Scarto quadratico medio del campione

Stazione Pluviometrica : **TRENTO RONCAFORT**

Bacino : **FIUME ADIGE**

Provincia : **TRENTO**

Altitudine = 194.00 (m.s.m.)

	h(1)	h(3)	h(6)	h(12)	h(24)
m	23.28	31.09	38.64	51.68	70.04
s	6.93	6.98	6.52	13.47	22.10
u	20.16	27.95	35.71	45.62	60.09
c	0.19	0.18	0.20	0.10	0.06

Con i valori sopra riportati si calcola la pioggia di massima intensità per assegnata durata e per fissato tempo di ritorno e si determinano per i dati così ottenuti, per regressione lineare, i parametri della curva $h = a t^n$.

Tr anni	h (1) mm	h (3) mm	h (6) mm	h (12) mm	h (24) mm	a mm/ora^n	n
5	28.26	36.11	43.33	61.37	85.93	25.94	0.349
25	37.43	45.36	51.96	79.20	115.19	33.03	0.353
50	41.23	49.19	55.53	86.58	127.31	35.96	0.354
100	44.99	52.99	59.08	93.91	139.33	38.86	0.355
200	48.75	56.78	62.61	101.22	151.32	41.75	0.356
300	50.94	58.99	64.68	105.48	158.31	43.44	0.356
500	53.70	61.78	67.28	110.85	167.13	45.56	0.356

Tabella 22 – Parametri della forma monomia $h = a * t^n$ (distribuzione di Gumbel-momenti convenzionali) Stazione Trento Roncafort

CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

La determinazione delle curve di possibilità pluviometriche $h = a t^n$ per assegnato tempo di ritorno è stata elaborata con la legge di distribuzione asintotica dei valori massimi meglio nota come legge di Gumbel, stimando i parametri tramite il metodo della massima verosomiglianza:

$$h = u - 1/c \ln \ln (T/(T-1))$$

$$u = 1/c * \ln [N/\sum e^{(-c x_i)}] \quad \sum x_i e^{(-c x_i)} - (m-1/c) \sum e^{(-c x_i)} = 0$$

Essendo : h = Altezza di pioggia (mm)
 T_r = Tempo di ritorno
 $u = f(m,s)$; $c = f(s)$
 m = Media del campione di dati $h(1,3,6,12,24)$
 s = Scarto quadratico medio del campione

 Stazione Pluviometrica : **TRENTO RONCAFORT**

 Bacino : **FIUME ADIGE**

 Provincia : **TRENTO**

Altitudine = 194.00 (m.s.m.)

	h(1)	h(3)	h(6)	h(12)	h(24)
m	23.28	31.09	38.64	51.68	70.04
s	6.93	6.98	6.52	13.47	22.10
u	20.13	28.31	36.11	46.08	59.35
c	0.16	0.12	0.11	0.09	0.06

Con i valori sopra riportati si calcola la pioggia di massima intensità per assegnata durata e per fissato tempo di ritorno e si determinano per i dati così ottenuti, per regressione lineare, i parametri della curva $h = a t^n$.

Tr	h (1)	h (3)	h (6)	h (12)	h (24)	a	n
anni	mm	mm	mm	mm	mm	mm/ora^n	
5	29.56	40.80	49.17	62.68	82.57	28.87	0.319
25	40.25	54.95	63.96	81.49	108.87	39.13	0.306
50	44.67	60.81	70.09	89.27	119.77	43.38	0.302
100	49.06	66.63	76.17	97.00	130.58	47.60	0.299
200	53.44	72.42	82.23	104.70	141.35	51.80	0.297
300	56.00	75.81	85.77	109.20	147.64	54.25	0.295
500	59.21	80.07	90.22	114.86	155.56	57.34	0.294

Tabella 24 – Parametri della forma monomia $h = a t^n$ (distribuzione di Gumbel-massima verosomiglianza)
Stazione Trento Roncafort

CURVA DI POSSIBILITA' PLUVIOMETRICA

La determinazione delle curve di possibilità pluviometriche $h = a t^n$ per assegnato tempo di ritorno è stata elaborata con la legge di distribuzione asintotica dei valori massimi meglio nota come legge di Gumbel, scegliendo i parametri che per ciascuna durata minimizzano il valore di χ^2 :

$$h = u - 1/c \ln \ln (T/(T-1))$$

Essendo : h = Altezza di pioggia (mm)
 Tr = Tempo di ritorno
 $u = f(m,s)$; $c = f(s)$

 Stazione Pluviometrica : **TRENTO RONCAFORT**

 Bacino : **FIUME ADIGE**

 Provincia : **TRENTO**

Altitudine = 194.00

(m.s.m.)

	$h(1)$	$h(3)$	$h(6)$	$h(12)$	$h(24)$
u	20.13	27.95	35.71	45.62	60.09
c	0.16	0.18	0.20	0.10	0.06

Con i valori sopra riportati si calcola la pioggia di massima intensità per assegnata durata e per fissato tempo di ritorno e si determinano per i dati così ottenuti, per regressione lineare, i parametri della curva $h = a t^n$.

Tr	$h(1)$	$h(3)$	$h(6)$	$h(12)$	$h(24)$	a	n
anni	mm	mm	mm	mm	mm	mm/ora ⁿ	

5	29.56	36.11	43.33	61.37	85.93	26.76	0.337
25	40.25	45.36	51.96	79.20	115.19	34.71	0.332
50	44.67	49.19	55.53	86.58	127.31	37.99	0.331
100	49.06	52.99	59.08	93.91	139.33	41.23	0.330
200	53.44	56.78	62.61	101.22	151.32	44.45	0.330
300	56.00	58.99	64.68	105.48	158.31	46.33	0.329
500	59.21	61.78	67.28	110.85	167.13	48.70	0.329

Tabella 26 – Parametri della forma monomia $h = a \cdot t^n$ (distribuzione di Gumbel-Test Pearson) Stazione Trento Roncafort

Le curve elaborate per le stazioni prese in esame sono quelle che permettono di ottenere il miglior risultato del test di Pearson (Tabella 25, Tabella 26).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IBOQ	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

7.3.2 *LSPP ottenute con la formulazione scala-invariante*

Di seguito si riportano i risultati ottenuti per mezzo della formulazione scala-invariante.

T0129- Laste			T0135- Trento Roncafort		
a1	V	n	a1	V	n
18.91	0.33	0.430	21.22	0.28	0.370

Tabella 27 – Parametri formulazione scala-invariante

Stazione pluviometrica	T0129 - Laste		T0135 - Roncafort	
	a mm/ora ⁿ	n	a mm/ora ⁿ	n
Tempo Ritorno Tr [anni]				
5	23.40	0.430	25.49	0.370
25	31.66	0.430	33.36	0.370
50	35.09	0.430	36.62	0.370
100	38.48	0.430	39.86	0.370
200	41.87	0.430	43.08	0.370
300	43.85	0.430	44.96	0.370
500	46.33	0.430	47.33	0.370

Tabella 28 – Parametri di pioggia a ed n ottenuti dalla formulazione scala-invariante

7.3.3 *Confronto metodo probabilistico di Gumbel e formulazione scala - invariante*

Vengono riportati di seguito i grafici di confronto, tra le Curve di possibilità pluviometriche ottenute con il metodo probabilistico di Gumbel e quelle ottenute con la formulazione scala – invariante per Tr=200 anni.

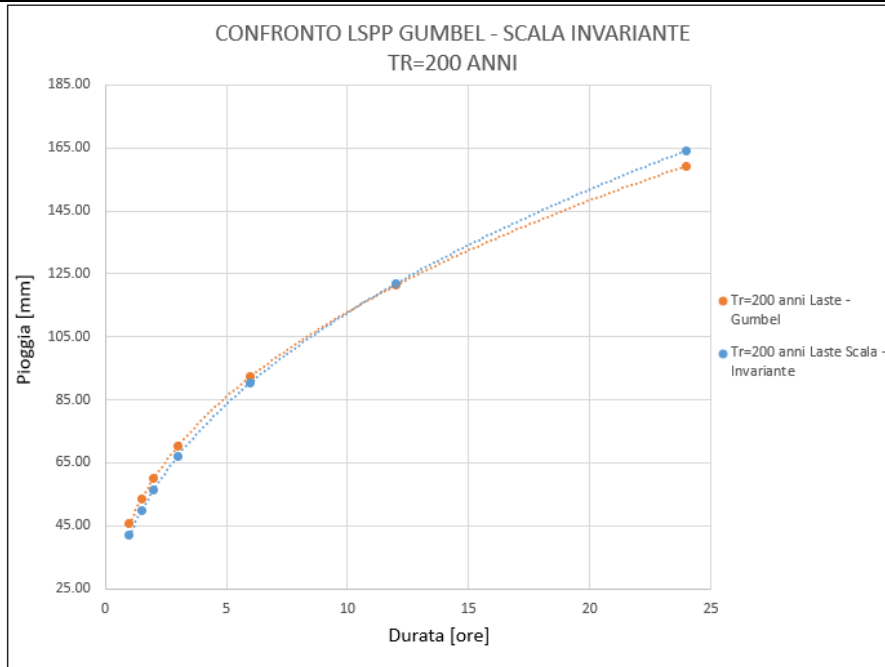


Figura 4 – Confronto LSPP Gumbel e scala invariante Stazione Laste per Tr=200 anni

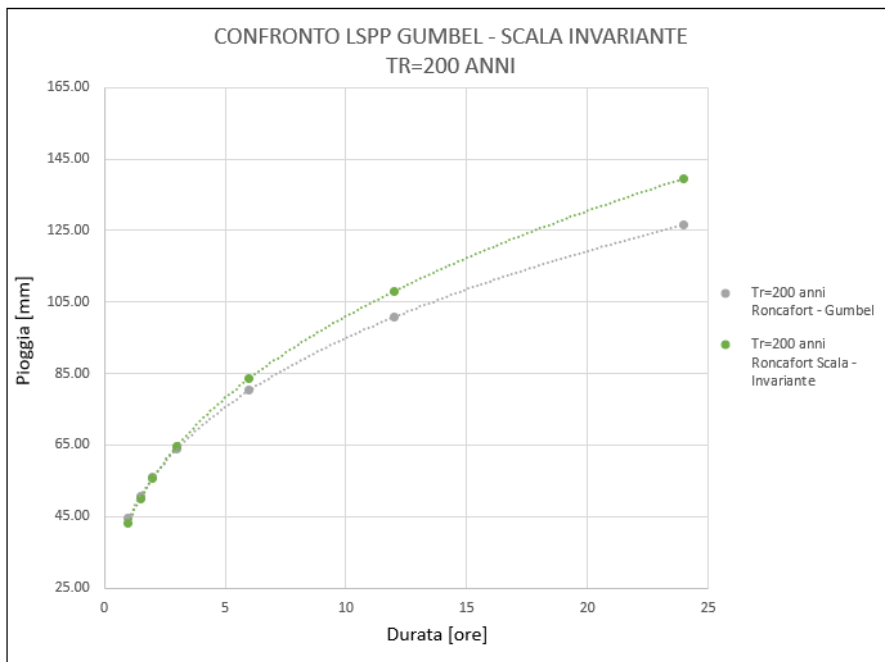


Figura 5 – Confronto LSPP Gumbel e scala invariante Stazione Roncafort per Tr=200 anni

Per la stazione di Laste, per durate di pioggia inferiori alle 10 ore le curve LSPP elaborate con Gumbel restituiscono valori leggermente superiori a quelli con formulazione a scala invariante, mentre la variazione si inverte per durate di pioggia maggiori.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IBOQ	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

Anche per la stazione di Roncafort, risulta che per durate inferiori alle 5 ore le curve risultano essere coincidenti, mentre per durate maggiori, le curve ottenute con la metodologia scala – invariante restituisce valori lievemente maggiori.

Per come riportato al paragrafo 8.1.4 “Risultati della modellazione idrologica”, l’evento critico nella configurazione di gronda attiva determina un portata di picco al colmo di piena, per la sezione di chiusura dell’Adigetto S-1, di circa 27,6 mc/s con tempo di corrivazione di circa 3,17 [h] e tempo di picco di 3,25 [h]; nella configurazione con gronda inattiva, nella medesima sezione, si determina una un portata di picco al colmo di piena di circa 39,6 mc/s con tempo di corrivazione di circa 3,35 [h] e tempo di picco di 3,5 [h].

Pertanto, atteso che i tempi di corrivazione del sistema di canali in esame, risultano sempre minori alle 5 ore, le curve elaborate risultano essere rappresentative del fenomeno ed a favore della sicurezza verranno considerate le CPP elaborate con il metodo di Gumbel che, per questi intervalli di durata, restituiscono valori leggermente maggiori.

7.3.4 Curve di possibilità pluviometrica utilizzate

Di seguito un riepilogo dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica adottati (Gumbel):

Stazione pluviometrica	T0129- Laste		T0135- Trento Roncafort	
	a	n	a	n
Tempo Ritorno Tr [anni]	mm/ora^n		mm/ora^n	
5	24.92	0.409	26.76	0.337
25	34.19	0.400	34.71	0.332
50	38.02	0.397	37.99	0.331
100	41.83	0.395	41.23	0.330
200	45.62	0.394	44.45	0.330
300	47.84	0.393	46.33	0.329
500	50.63	0.392	48.70	0.329

Tabella 29 – Tabella riepilogativa Curve di Possibilità Pluviometrica utilizzate Area Scalo Filzi-Roncafort

I parametri a ed n delle curve, verranno ragguagliati all’area, secondo le formule di Puppini e di Colombo, funzione dell’estensione dei bacini:

- Per bacini con superficie inferiore a 100 ha (1 kmq)

$$a' = a (1 - 0,052 S/100 + 0,002 (S/100)^2); \quad n' = n + 0,0175 S/100$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IBOQ	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

- Per bacini con superficie compresa tra 100 ha e 5000 ha (1-50 kmq)

$$a' = a (1 - 0,06 (S/100)^{0,4}); \quad n' = n + 0,003 (S/100)^{0,6} .$$

7.4 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA – LOCALITÀ ACQUAVIVA

7.4.1 LSPP ottenute con la formulazione scala-invariante

Di seguito si riportano i risultati ottenuti per mezzo della formulazione scala-invariante.

Loc. Acquaviva		
a1	V	n
20.00	0.37	0.450

Tabella 30 – Parametri formulazione scala-invariante

Come riportato nello studio “Analisi del regime delle piogge intense per la provincia autonoma di Trento” (Aprile 2011), per scrosci di durata inferiore all’ora è possibile assumere un esponente di scala praticamente costante sull’intero territorio trentino, pari a 0.366. Essendo il bacino afferente alla Fossa Maestra di Mattarello caratterizzato da tempi di corrivazione inferiori ad un’ora (cfr. paragrafo 8.2.2), tale valore è stato assunto come parametro di pioggia. Inoltre, data la modesta estensione del bacino in esame, non è stato effettuato alcun ragguaglio della precipitazione all’area.

Loc. Acquaviva			
Tempo Ritorno Tr [anni]	a mm/ora^n	n	
		d ≥ 1 ora	d < 1 ora
5	25.33	0.450	0.366
25	35.13	0.450	0.366
50	39.19	0.450	0.366
100	43.22	0.450	0.366
200	47.24	0.450	0.366
300	49.58	0.450	0.366
500	52.54	0.450	0.366

Tabella 31 – Parametri di pioggia a ed n ottenuti dalla formulazione scala-invariante

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

8 STIMA DELLE PORTATE AL COLMO DI PIENA

Come già anticipato ai precedenti paragrafi, per la stima delle portate al colmo di piena si è proceduto nel seguente modo:

- Per il bacino del Canale Lavisotto-Adigetto ricadente nell'area Scalo Filzi-Roncafort si è fatto uso del software di modellazione idrologica HEC-HMS, adottando l'IUH dell'SCS;
- Per il bacino afferente alla Fossa Maestra di Mattarello in Località Acquaviva, si è fatto uso del metodo della corrivazione.

8.1 PORTATE AL COLMO AREA SCALO FILZI-RONCAFORT – CANALE LAVISOTTO-ADIGETTO

Una volta perimetrati i bacini in ambiente GIS, per la simulazione del processo di trasformazione afflussi-deflussi e la determinazione degli idrogrammi di piena si è fatto uso del software HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center- Hydrologic Modeling System), sviluppato dal U.S. Army Corps of Engineers.

In questo studio, si è scelto di adottare un modello di infiltrazione basato sul metodo SCS-CN (Soil Conservation Service, 1986) e un modello di formazione dell'onda di piena basato sull'idrogramma unitario istantaneo IUH.

In particolare, l'idrogramma istantaneo adottato è l'IUH-SCS, che è un idrogramma adimensionale definito dal SCS in base all'analisi di idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di piccole e grandi dimensioni.

Per la simulazione del fenomeno di propagazione dell'onda di piena si è scelto di adottare Routing Lag Method di HEC-HMS, il quale prevede che l'onda di piena subisca una semplice traslazione passando da una sezione posta a monte ad una sezione posta a valle, con uno sfasamento nel tempo di un intervallo pari al tempo di ritardo del bacino. Il tempo di Lag è correlato al tempo di corrivazione del bacino e, pertanto è funzione delle sue caratteristiche geomorfologiche e delle caratteristiche della corrente.

Nei paragrafi che seguono sono descritte le caratteristiche dei modelli adottati.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

8.1.1 Modello di infiltrazione - Metodo SCS-CN

La determinazione della pioggia efficace, ovvero della frazione di pioggia che defluisce direttamente alla rete idrografica, è stata effettuata mediante il metodo SCS del Curve Number (CN).

Secondo il metodo SCS-CN la formazione del deflusso di piena è determinata fundamentalmente dai seguenti fattori:

- caratteristiche di permeabilità dei terreni superficiali e degli strati geologici immediatamente sottostanti;
- uso del suolo e copertura vegetale;
- condizioni di umidità iniziale del suolo all'inizio della precipitazione meteorica.

Questo metodo viene adottato sempre più spesso per la stima del deflusso di piena in quanto consente di tenere in considerazione tutti i fattori che effettivamente influiscono sul fenomeno della formazione della piena, che spesso sono trascurati dai metodi tradizionali, come ad esempio l'uso del suolo, e che sono determinabili sulla base di un numero limitato di informazioni facilmente reperibili.

Secondo il metodo SCS-CN, il volume di deflusso superficiale (altezza di pioggia effettiva) per un evento isolato di piena è dato da:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P + S_{CN} - I_a}$$

dove:

- P altezza di precipitazione (in mm) piovuta sino all'istante t;
- P_e altezza di precipitazione che partecipa al ruscellamento superficiale (in mm) all'istante temporale t;
- S_{CN} massima ritenzione potenziale del suolo;
- I_a assorbimento iniziale del suolo, in genere I_a = βxS_{CN} con 0<β<1.

Il metodo SCS-CN lega la pioggia lorda e la pioggia netta tramite una grandezza, S, che è funzione dalle caratteristiche del suolo, in particolare tipo e uso, e dalle condizioni di umidità iniziali. L'assorbimento iniziale I_a rappresenta il volume specifico di pioggia sottratto inizialmente per l'intercettazione della vegetazione, l'accumulo nelle depressioni superficiali e l'assorbimento iniziale del terreno. Sulla base di dati sperimentali di numerosi bacini statunitensi, il Soil Conservation Service ha suggerito per la stima di I_a un valore di β=0.2.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

Per un fissato stato iniziale di umidità del suolo, la massima ritenzione potenziale S_{CN} del bacino è funzione del tipo di terreno e dell'uso del suolo, il cui effetto combinato è descritto globalmente dal parametro adimensionale Curve Number CN ($0 < CN < 100$) dalla relazione che segue

$$S_{CN} = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Il parametro CN esprime le condizioni, dal punto di vista della formazione del deflusso, del complesso suolo-soprassuolo considerate le condizioni di umidità nei cinque giorni antecedenti l'evento di piena. In altri termini riassume l'attitudine propria e specifica del bacino a produrre deflusso.

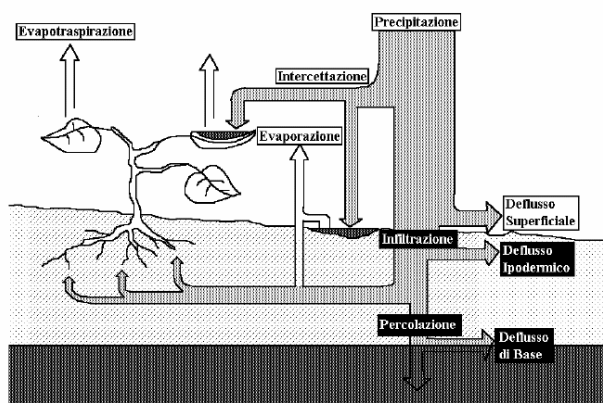


Figura 6 – Schema del bilancio idrologico di una porzione elementare di bacino

Per la stima del parametro CN è sufficiente acquisire gli strati informativi riguardanti la geologia, la pedologia, e l'uso/copertura del suolo del territorio in esame, scaricabili in formato shp dal Geoportale della Provincia Autonoma di Trento.

Unendo le informazioni provenienti dai tematismi relativi alla geologia ed alla pedologia è possibile attribuire una tipologia di suolo fra quelle proposte, caratterizzate da permeabilità sempre minori:

- A. elevata infiltrazione, per suoli con strati sabbiosi o di loess profondi, a siltosi aggregati (diametro 0,002-0,05 mm);
- B. infiltrazione moderata, per suoli con tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, quali limi sabbiosi;

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

C. infiltrazione lenta, per suoli con tessitura fine, quali argille limose, deboli strati di limo sabbioso, suoli con debole contenuto organico;

D. infiltrazione molto lenta, per argille plastiche e compatte.

Il valore di CN si ottiene per incrocio fra le caratteristiche idrologiche del suolo secondo i tipi A – B – C – D e le caratteristiche di uso prevalente del suolo, vedi tabella seguente. Si ottiene così una carta dei valori di CN, dalla quale si può ricavare, sempre con tecniche proprie dei Sistemi Informativi Geografici, il valore medio di CN per ciascun bacino.

Tipologie di uso del suolo	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Suoli coltivati	62-72	71-81	78-88	81-91
Pascoli	39-68	61-79	74-86	80-89
Prati	30	58	71	78
Boschi e foreste con copertura modesta	45	66	77	83
Boschi e foreste con buona copertura dall'erosione e sottobosco	25	55	70	77
Aree a parco e di fruizione ricreativa:				
- con copertura erbacea superiore al 75%	39	61	74	80
- con copertura erbacea dal 50 al 75%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabili per 185%)	89	92	94	95
Aree industriali (impermeabili per il 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con percentuale media impermeabile:				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	72	81	86
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Parcheggi, aree coperte (impermeabili)	98	98	98	98
Strade:				
- asfaltate	98	98	98	98
- inghiaiate	76	85	89	91

Tabella 32 – Tabella del parametro CN in funzione della tipologia di uso del suolo e del tipo di suolo

Per la carta litologica, di uso del suolo, della permeabilità e del CN si rimanda all'elaborato Allegato 1 (Relazione idrologica) – IB0Q3AR10RIID0001002A.

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

8.1.2 Il metodo idrogramma unitario istantaneo (IUH).

Il metodo si basa sulle ipotesi di linearità e stazionarietà del bacino ed effettua la combinazione tra pioggia in ingresso e IUH per il calcolo della portata diretta. In altre parole, la risposta $Q(t)$ ad una sollecitazione meteorica di intensità $p(t)$ variabile nel tempo, ma supposta costante su tutti i punti del bacino, è data dall'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = \int_0^t p(\tau)h(t - \tau)d\tau$$

dove $p(t)=A i(t)$ è la portata di afflusso meteorico al generico tempo t e la funzione $h(t)$, che prende il nome di IUH, è definita come l'idrogramma dei deflussi generato da un'ipotetica pioggia efficace di altezza unitaria ed intensità costante, distribuita uniformemente sul bacino, e caduta in un intervallo di tempo unitario (immissione di tipo impulsivo).

La funzione $h(t)$ può essere stimata mediante numerosi approcci, tra cui l'idrogramma unitario del SCS (quello scelto per il presente studio).

Questo IUH è adimensionalizzato rispetto al valore della portata di picco (Q_p) e del tempo corrispondente alla durata del ramo ascendente dell'idrogramma stesso (t_p).

Il punto di partenza del metodo del SCS è l'idrogramma unitario adimensionale di Mockus (IUM) riportato di seguito:

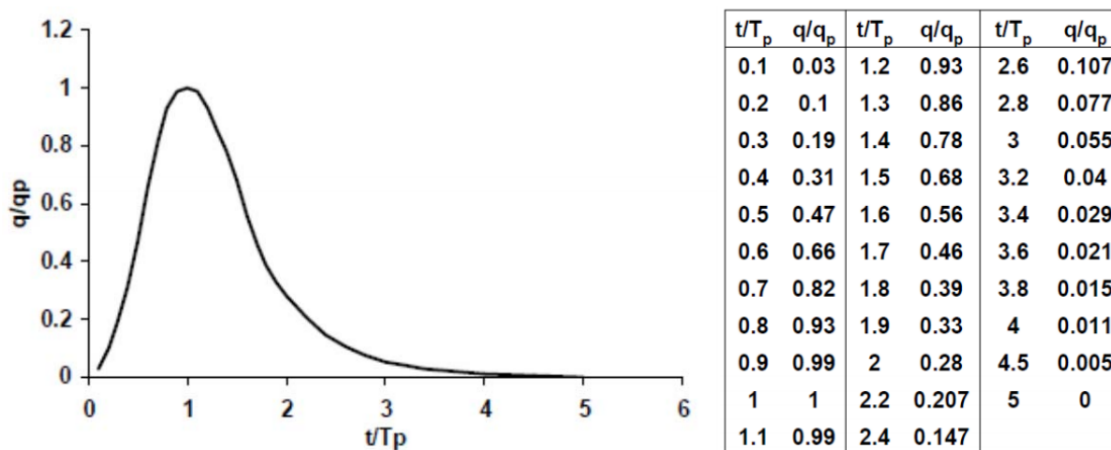


Figura 7 – Idrogramma unitario adimensionale di Mockus

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

L'idrogramma SCS è un idrogramma adimensionale definito dal SCS in base all'analisi di idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di dimensioni grandi e piccoli, che ha un vasto campo di applicazioni pratiche nel campo delle trasformazioni afflussi deflussi per la sua semplicità d'uso e per la sua generalità.

A partire dall'idrogramma unitario adimensionale di Mockus (IUM), il Soil Conservation Service ha sviluppato un idrogramma unitario (SCS-IUH) sintetico di forma triangolare con il picco localizzato al 37,5% dell'evento di piena.

SCS unit hydrograph

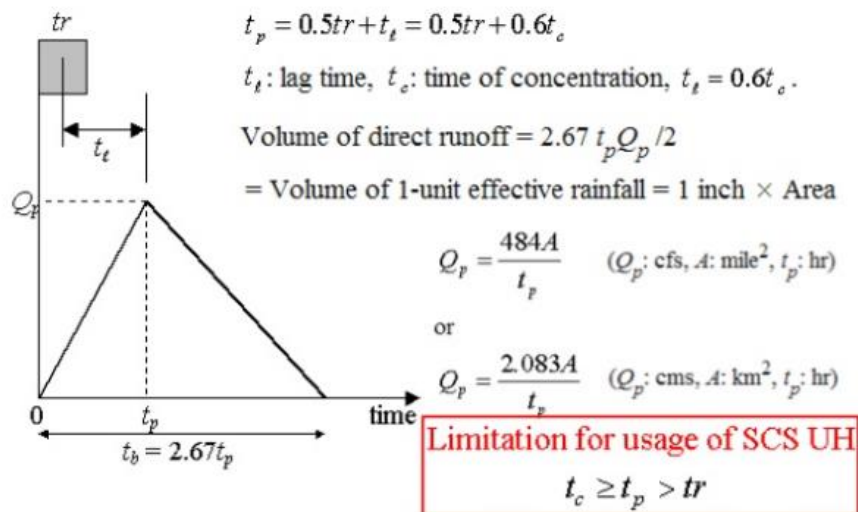


Figura 8 – SCS Unit Hydrograph

Dato un generico evento meteorico di durata t_r , e nota l'area (A) del bacino, il Soil Conservation Service prescrive che la portata al colmo (Q_p) si calcoli tramite la relazione seguente:

$$Q_p = PRF \cdot A / t_p$$

in cui:

- Q_p è la portata di picco in [m³/s],

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

- A è l'area di drenaggio in [m²]
- PRF è il peak rate factor, che deve essere scelto in funzione delle caratteristiche geomorfologiche del bacino ed è caratteristico del metodo impiegato.

La scelta del PRF si riflette in un cambiamento percentuale del volume trasportato nel tratto ascendente dell'idrogramma di piena e, quindi, della sua forma. Il valore di default proposto da HEC-HMS per il peak rate factor PRF è pari a 2.08 per il Sistema Internazionale e 484 per quello Anglosassone ed è definito sotto l'ipotesi che il volume trasportato dall'idrogramma di piena nel tratto ascendente sia pari al 37.5% di quello totale.

Ai fini del presente studio, si è assunto il valore del PRF di default pari a 2.08.

- t_p è il tempo di crescita dell'onda (o tempo in cui si realizza il picco) in [h]: esso è legato alla durata della pioggia efficace (t_r) e al tempo di lag (t_l) dalla seguente relazione:

$$t_p = 0.5 t_r + t_l$$

Il tempo di lag rappresenta il tempo di risposta medio del bacino definito come lo sfasamento tra il centroide dello ietogramma di pioggia effettiva e quello dell'idrogramma di deflusso diretto (Singh, 1975; 1988).

Il S.C.S. propone di calcolare il tempo di lag con la formula di Mokus, riportata di seguito:

$$t_l = 0.342 \cdot \frac{L^{0.8}}{i^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

in cui:

- L è la lunghezza dell'asta principale del bacino prolungata fino allo spartiacque, espressa in Km
- i è la pendenza media del bacino, espressa in %
- CN è il Curve Number del bacino

Secondo il metodo SCS, il tempo di lag (t_l) è legato al tempo di corrivazione del bacino (t_c) dalla seguente relazione:

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

$$t_l = 0.6 t_c$$

Ne segue che il tempo di corrivazione del bacino puo' essere ricavato in funzione delle proprietà del bacino quali lunghezza dell'asta principale (L), pendenza media (i) e Curve Number (CN), come segue:

$$t_c = \frac{t_l}{0.6} = \frac{0.342 \cdot \frac{L^{0.8}}{i^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}}{0.6}$$

8.1.3 Costruzione modello in HEC-HMS

Per la determinazione dell'idrogramma di piena secondo la sopra citata metodologia, come anzi detto, si è fatto uso congiuntamente degli strumenti GIS e del software HMS.

Gli idrogrammi di piena sono stati calcolati per due differenti scenari:

- Scenario di Gronda Attiva (Scenario 1)
- Scenario di Gronda Inattiva (Scenario 2)

Per la descrizione di tali scenari si rimanda al paragrafo 6.1.1.

Le sezioni notevoli sono state individuate come segue:

- a monte di ciascuno dei corsi d'acqua oggetto di studio
- in corrispondenza delle principali confluenze con il reticolo principale.

Nella seguente tabella per ciascuna sezione è riportato l'identificativo assegnato (ID), il canale sul quale la sezione è ubicata e una descrizione sintetica della ubicazione.

Per entrambi gli scenari studiati, le sezioni individuate sono le medesime, ad eccezione delle sezioni SGV_1, SGV_2 e SGV_3, rispettivamente sui corsi d'acqua secondari Rio Gardolo, Rio Carpenedi, Rio dell'Asino, che sono presenti esclusivamente per lo scenario di Gronda Attiva (scenario 1).

Per le sezioni di chiusura definite e la perimetrazione dei bacini si faccia riferimento agli elaborati Corografia dei bacini idrografici – Scenario 1 e Scenario 2 - IB0Q3AR10P4ID0000001/2.

ID Sezione	Canale	Descrizione
S-1	Adigetto	Confluenzain Sx Adige
Is -1	Immissione Sx	Confluenza Sx Villa Alle Albere
S-2	Adigetto	A monte Is-1
Id- 1	Immissione Dx	Confluenzain dx Adigetto
Is- 2	Immissione Sx	Conf. Adigetto Roggia Grande (Tomb.)
Id- 2	Immissione Dx	Confluenzain dx Adigetto
S-3	Adigetto	A monte Id-2
Is- 3	Immissione Sx	Confluenzain sx Adigetto
Is- 4	Immissione Sx	Conf. Adigetto Roggia
S-4	Adigetto	A monte immis Roggia
Is- 5	Immissione Sx	Confluenzain sx Adigetto
Id- 3	Immissione Dx	Confluenzain dx Adigetto
S-M1	Malvasia	Confluenzain sx Adigetto
IMs-1	Immissione Sx Malvasia	Confluenza in sx Malvasia
IMs-2	Immissione Sx Malvasia	Confluenza in sx Malvasia
IMd-1	Immissione dx Malvasia	Confluenza in dx Malvasia
IMs-3	Immissione Sx Malvasia	Confluenza in sx Malvasia
S-M2	Malvasia	Deviaz. In progetto
IMs-4	Immissione Sx Malvasia	Confluenza in sx Malvasia
S-M3	Malvasia	Sezione MALVASIA
IMd-2	Fossa Comp.II	Confluenza in dx Malvasia; Fossa Campotren. II
S-5	Adigetto	A monte immis Malvasia
Id- 4	Immissione Dx	Confluenzain dx Adigetto
Id- 5	Fossa delle Bettine	Confluenzain dx Adigetto
SL-1	Lavisotto	A monte immis Fossa Delle Bettine
ILs- 1	Campotrentino I	Confluenzain sx Lavisotto
SL-2	Lavisotto	A monte immis Fossa Delle Bettine
ILd- 1	immiss.	Confluenzain dx Lavisotto
ILs- 2	Fossa Canova	Confluenzain sx Lavisotto
SL-3	Lavisotto	A monte immis Fossa Canova
ILs- 3	Fossa Carpenedi	Confluenzain sx Lavisotto
SL-4	Lavisotto	A monte immis Fossa Carpenedi
SG-1	Rio Gardolo	A monte canale di gronda
SG-2	Rio Carpenedi	A monte canale di gronda
SG-3	Rio dell'Asino	A monte canale di gronda

Tabella 33 – Riepilogo sezioni di chiusura bacini Canale Lavisotto-Adigetto

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

Per entrambi gli scenari (Gronda Attiva e Inattiva) è stato creato un modello di bacino sotteso alla sezione S-1 e, all'interno di quest' ultimo, sono stati individuati i relativi sottobacini e le rispettive sezioni di chiusura, i punti di drenaggio e gli elementi di connessione fra questi ultimi.

A ciascuno dei sottobacini sono state assegnate le CPP calcolate in precedenza (Laste e Roncafort) pesate in funzione della rispettiva area di influenza.

8.1.4 Risultati modellazione idrologica

Per ciascuno degli scenari di Gronda Attiva e Inattiva, le simulazioni condotte tempi di ritorno T di 200 anni hanno consentito di ottenere l'idrogramma di piena in corrispondenza di tutti gli elementi costituenti il modello.

Nella figura seguente si riporta, a titolo di esempio, l'output della simulazione condotta per tempo di ritorno di 200 anni per la sezione di chiusura del bacino (sez. di calcolo n.1) e identificata come Outlet 1 in HMS.

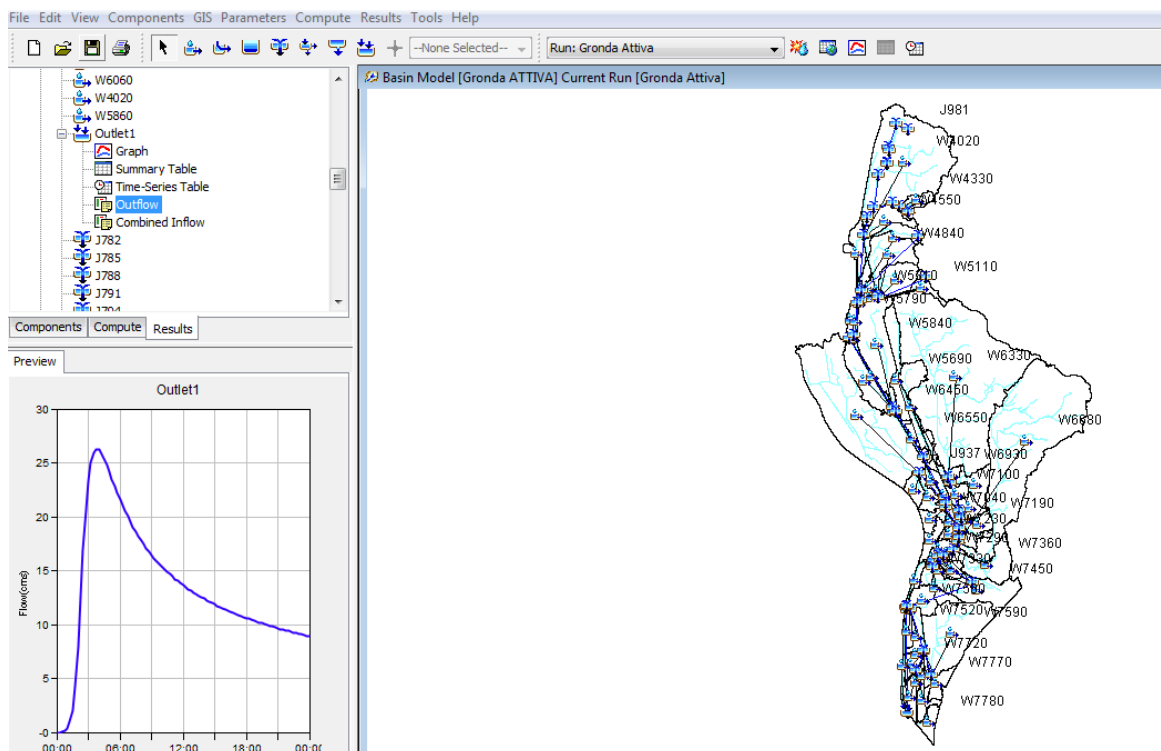


Figura 9 – Esempio di output simulazione HMS

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

Nelle tabelle che seguono si riportano i risultati ottenuti dalla modellazione idrologica nei due scenari di portata, rispettivamente con Gronda Attiva (Scenario 1) e Gronda Inattiva (Scenario 2).

Scenario 1: Gronda attiva						
Sezione Calcolo	Canale	ID Sezione HMS	Tempo di lag t_l	Tempo di corrivazione t_c	Tempo di picco t_p	Portata al picco Q_p
			[h]	[h]	[h]	[m ³ /sec]
S-1	Adigetto	Outlet1	1.9	3.17	3.25	27.6
Is-1	Immis. Sx	J830	1.21	2.01	2.5	2.7
S-2	Adigetto	J864	1.6	2.67	2.75	24.9
Id-1	Immis. Dx	W7230	0.29	0.49	2	0.2
Is-2	Immis. Sx	J858	0.45	0.76	2.25	0.8
Id-2	Immis. Dx	W7260	0.16	0.27	2	0.1
S-3	Adigetto	J848	1.52	2.53	2.75	23.9
Is-3	Immis. Sx	W7360	0.44	0.73	2.25	0.6
Is-4	Immis. Sx	W6680	0.92	1.54	3.25	5
S-4	Adigetto	J884	1.49	2.48	2.5	18.7
Is-5	Immis. Sx	W7200	0.15	0.25	2	0.1
Id-3	Immis. Dx	W7180	0.2	0.33	2	0.1
S-M1	Malvasia	J887	0.75	1.25	1.75	8.7
IMs-1	Immis. Sx Malvasia	W7190	0.12	0.19	2	0.2
IMs-2	Immis. Sx Malvasia	W7090	0.1	0.17	1	0.2
IMd-1	Immis. dx Malvasia	W7100	0.34	0.57	2.25	0.2
IMs-3	Immis. Sx Malvasia	W6990	0.16	0.27	2	0.2
S-M2	Malvasia	J928	0.68	1.13	1.5	8
IMs-4	Immis. Sx Malvasia	W6980	0.22	0.37	2	0.4
S-M3	Malvasia	W6330	0.67	1.12	1.5	7.2
IMd-2	Fossa Comp.II	W6060	0.5	0.83	1.25	0.4
S-5	Adigetto	J916	1.6	2.67	2.75	10.8
Id-4	Immis. Dx	W7040	0.23	0.38	1	0.1
Id-5	Fossa delle Bettine	J937	1.52	2.54	2.75	2.9
SL-1	Lavisotto	J814	1.32	2.2	2.25	7.7
ILs-1	Campotrentino I	W5690	0.57	0.95	1.25	0.5
SL-2	Lavisotto	J953	1.3	2.17	2.25	7.2
ILd-1	immissione	W6560	0.7	1.16	1.5	0.5
ILs-2	Fossa Canova	W5840	0.79	1.32	1.75	1
SL-3	Lavisotto	J785	1.12	1.87	2	5.7
ILs-3	Fossa Carpenedi	J797	0.98	1.63	1.75	5.7
SG-1	Rio Gardolo	J788				
SG-2	Rio Carpenedi	J950				
SG-3	Rio dell'Asino	J963				

Tabella 34 – Risultati per Scenario 1: Gronda Attiva

Scenario 2: Gronda inattiva						
Sezione Calcolo	Canale	ID Sezione HMS	Tempo di lag t_l	Tempo di corrivazione t_c	Tempo di picco t_p	Portata al picco Q_p
			[h]	[h]	[h]	[m ³ /sec]
S-1	Adigetto	Outlet1	2.01	3.35	3.5	39.6
Is-1	Immis. Sx	J830	1.21	2.01	2.5	2.7
S-2	Adigetto	J864	1.79	2.99	3	37.1
Id-1	Immis. Dx	W7230	0.29	0.49	2	0.2
Is-2	Immis. Sx	J858	0.45	0.76	2.25	0.8
Id-2	Immis. Dx	W7260	0.16	0.27	2	0.1
S-3	Adigetto	J848	1.66	2.76	3	36.1
Is-3	Immis. Sx	W7360	0.44	0.73	2.25	0.6
Is-4	Immis. Sx	W6680	0.92	1.54	3.25	5
S-4	Adigetto	J884	1.62	2.71	2.75	30.8
Is-5	Immis. Sx	W7200	0.15	0.25	2	0.1
Id-3	Immis. Dx	W7180	0.2	0.33	2	0.1
S-M1	Malvasia	J887	0.75	1.25	1.75	8.7
IMs-1	Immis. Sx Malvasia	W7190	0.12	0.19	2	0.2
IMs-2	Immis. Sx Malvasia	W7090	0.1	0.17	1	0.2
IMd-1	Immis. dx Malvasia	W7100	0.34	0.57	2.25	0.2
IMs-3	Immis. Sx Malvasia	W6990	0.16	0.27	2	0.2
S-M2	Malvasia	J928	0.68	1.13	1.5	8
IMs-4	Immis. Sx Malvasia	W6980	0.22	0.37	2	0.4
S-M3	Malvasia	W6330	0.67	1.12	1.5	7.2
IMd-2	Fossa Comp.II	W6060	0.5	0.83	1.25	0.4
S-5	Adigetto	J916	1.62	2.7	2.75	23.4
Id-4	Immis. Dx	W7040	0.23	0.38	1	0.1
Id-5	Fossa delle Bettine	J937	1.52	2.54	2.75	2.9
SL-1	Lavisotto	J814	1.48	2.47	2.5	20.2
ILs-1	Campotrentino I	W5690	0.57	0.95	1.25	0.5
SL-2	Lavisotto	J953	1.25	2.08	2.5	19.8
ILd-1	immissione	W6560	0.7	1.16	1.5	0.5
ILs-2	Fossa Canova	W5840	0.79	1.32	1.75	1
SL-3	Lavisotto	J785	1.15	1.92	2	18.5
ILs-3	Fossa Carpenedi	J797	1.18	1.96	2	18.5
SG-1	Rio Gardolo	J788	0.78	1.29	1.5	5.3
SG-2	Rio Carpenedi	J950	0.84	1.4	1.5	6
SG-3	Rio dell'Asino	J963	0.87	1.45	1.5	1.8

Tabella 35 – Risultati per Scenario 2: Gronda Inattiva

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

A titolo di esempio, di seguito si riportano alcuni idrogrammi relativi alle sezioni di maggiore interesse.

Per la sezione di chiusura dell'Adigetto S-1, si registrano:

- una portata di picco al colmo di piena di circa 27,6 mc/s con tempo di corrivazione di circa 3,17 [h] e tempo di picco di 3,25 [h], per lo scenario 1 (Gronda Attiva);
- una portata di picco al colmo di piena di circa 39,6 mc/s con tempo di corrivazione di circa 3,35 [h] e tempo di picco di 3,5 [h], per lo scenario 2 (Gronda Inattiva).



Figura 10 – Idrogrammi di Piena Sezione di chiusura (Sez. S-1) per Scenario 1: Gronda Attiva e Scenario 2: Gronda Inattiva

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

Per la sezione SL-2 a monte del canale Lavisotto deviato, in progetto, si registrano:

- una portata di picco al colmo di piena pari circa 7,2 mc/s con tempo di corrivazione di circa 2,17 [h] e tempo di picco di 2,25 [h], per lo scenario 1 (Gronda Attiva)
- un portata di picco al colmo di piena di circa 19,8 mc/s con tempo di corrivazione di circa 2,08 [h] e tempo di picco di 2,5 [h], per lo scenario 2 (Gronda Inattiva)

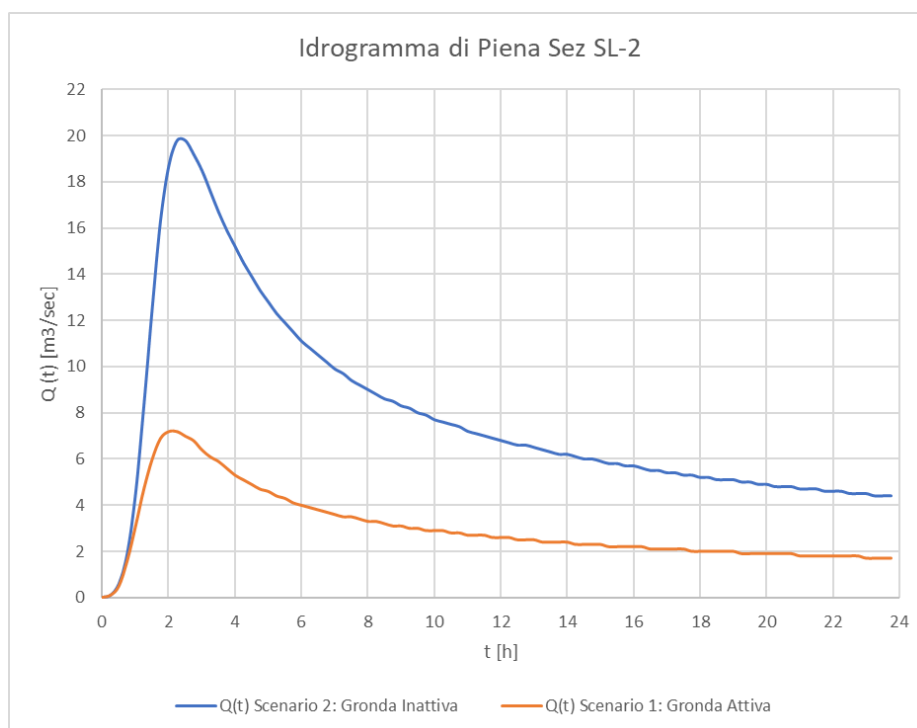


Figura 11 Idrogrammi di Piena sezione a monte del canale Lavisotto deviato (Sez. SL-2) per Scenario 1: Gronda Attiva e Scenario 2: Gronda Inattiva

8.2 PORTATE AL COLMO LOCALITÀ ACQUAVIVA – FOSSA MAESTRA DI MATTARELLO

8.2.1 Il metodo cinematico o della corrivazione

Il metodo cinematico viene utilizzato per il calcolo della portata conseguente ad un'assegnata precipitazione incidente su un bacino di caratteristiche note.

La schematizzazione alla base del metodo si basa sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

- la pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione del bacino (sotto l'ipotesi di legge area-tempi lineare);
- la precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
- il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

Il calcolo della portata si effettua con la formula seguente:

$$Q_{max} = \frac{\varphi \cdot i_{Tr}(t_c) \cdot S}{3,6}$$

con:

- Q_{max} portata al colmo [m^3/s];
- S area del bacino [km^2];
- $i_{Tr}(t_c)$ intensità di pioggia ($i_{Tr}(t_c) = h_{Tr}(t_c)/t_c$) di assegnato tempo di ritorno corrispondente al tempo di corrivazione del bacino [mm/ora];
- φ coefficiente di deflusso [-];
- t_c tempo di corrivazione del bacino [ora].

Il valore di h rappresenta l'altezza di pioggia che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione t_c : infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo t_c solo una parte del bacino contribuirebbe alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa, se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarebbe minore e quindi meno intenso il colmo di piena. Nella figura seguente è riportato uno schema del funzionamento del modello cinematico con tre precipitazioni di diversa durata (minore, uguale e maggiore rispetto al tempo di corrivazione).

Si noti come per un tempo di pioggia pari a quella di corrivazione l'idrogramma di piena assuma la forma triangolare.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

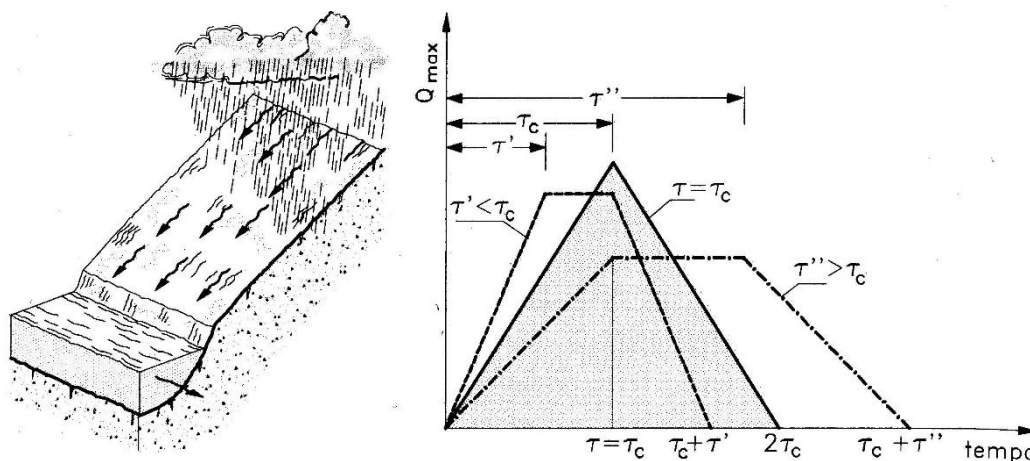


Figura 6 – Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione

8.2.2 Definizione del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione, parametro chiave quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d'acqua idraulicamente più lontana a percorrere l'intero bacino fino alla sezione di chiusura.

In letteratura esistono diverse formulazioni che permettono di stimare il valore del tempo di corrivazione sulla base delle caratteristiche geomorfologiche del bacino idrografico.

Di seguito si riportano le relazioni più comunemente utilizzate:

Giandotti: è una relazione frequentemente utilizzata per tale calcolo che tiene conto della morfologia del bacino ed è valida per superfici variabili fra 170 e 70'000 km²:

$$t_c = \frac{4 * \sqrt{A} + 1,5 * L}{0,8 * \sqrt{H_m - H_o}}$$

dove:

- A Area del bacino sotteso alla sezione di calcolo [km²];
- L Lunghezza dell'asta principale [km];

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

- H_{max} Quota massima del bacino [mslm];
- H_m Quota media del bacino [mslm];
- H_0 Quota della sezione di chiusura [mslm];

Pezzoli: sviluppata sui dati di piccoli bacini montani di dimensioni inferiori ai 20 km²:

$$t_c = \frac{0,055 L}{\sqrt{i}}$$

dove:

- L Lunghezza dell'asta principale [km];
- i Pendenza media dell'asta principale [m/m];

Pasini:

$$t_c = 0,108 \frac{(A \cdot L)^{\frac{1}{3}}}{\sqrt{i_m}}$$

dove:

- A Area del bacino sotteso alla sezione di calcolo [km²];
- L Lunghezza dell'asta principale [km];
- i_m Pendenza media dell'asta principale [m/m];

Ventura: con il medesimo significato delle grandezze riportate poc'anzi si ha la seguente formula:

$$t_c = 0,1272 * \sqrt{\frac{A}{i_m}}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

Kirpich: sviluppata su bacini di piccole dimensioni:

$$t_c = 0,0662 \cdot k \cdot \left(\frac{L}{\sqrt{i_m}} \right)^{0,77}$$

dove:

- L Lunghezza dell'asta principale [km];
- i_m Pendenza media del bacino [m/m];
- k coefficiente di correzione legato al tipo di terreno secondo la seguente tabella (posto pari a 2 nel caso in esame);

Ground Cover	Kirpich Adjustment Factor, k (Chow et al., 1988; Chin, 2000)
General overland flow and natural grass channels	2
Overland flow on bare soil or roadside ditches	1
Overland flow on concrete or asphalt surfaces	0.4

Nel caso in esame il tempo di corrvazione è stato calcolato come media dei risultati ottenuti dalle formule di Pezzoli, Pasini, Ventura e Kirpich, con riferimento all'intero bacino contribuente (per l'ubicazione delle sezioni si rimanda alla Figura 5).

SEZIONE DI CALCOLO	Area	Tc Pezzoli	Tc Pasini	Tc Ventura	Tc Kirpich	Tc Media
	[km ²]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]
MAT 5	4.60	0.43	0.50	0.45	0.45	0.46

Tabella 36 – Fossa Maestra di Mattarello – Tempo di corrvazione

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

8.2.3 Risultati portate al colmo

Per il calcolo della portata al colmo si è assunto un coefficiente di deflusso pari a 0.15 (boschi misti a conifere e latifoglie, vigneti), in accordo alla carta d'uso del suolo disponibile.

SEZIONE DI CALCOLO	Area	Tc	a_{T50}	n	i	ϕ	Q50
	[km ²]	[ore]	[mm/ora ⁿ]	[-]	[mm/ora]	[-]	[mc/s]
MAT 1	2.21	0.46	39.19	0.366	64.21	0.15	5.92
MAT 2	2.96	0.46	39.19	0.366	64.21	0.15	7.91
MAT 3	3.91	0.46	39.19	0.366	64.21	0.15	10.47
MAT 4	4.14	0.46	39.19	0.366	64.21	0.15	11.07
MAT 5	4.60	0.46	39.19	0.366	64.21	0.15	12.32

Tabella 37 – Fossa Maestra di Mattarello – Portate al colmo Tr=50

SEZIONE DI CALCOLO	Area	Tc	a_{T100}	n	i	ϕ	Q100
	[km ²]	[ore]	[mm/ora ⁿ]	[-]	[mm/ora]	[-]	[mc/s]
MAT 1	2.21	0.46	43.22	0.366	70.81	0.15	6.52
MAT 2	2.96	0.46	43.22	0.366	70.81	0.15	8.72
MAT 3	3.91	0.46	43.22	0.366	70.81	0.15	11.55
MAT 4	4.14	0.46	43.22	0.366	70.81	0.15	12.21
MAT 5	4.60	0.46	43.22	0.366	70.81	0.15	13.58

Tabella 38 – Fossa Maestra di Mattarello – Portate al colmo Tr=100

SEZIONE DI CALCOLO	Area	Tc	a_{T200}	n	i	ϕ	Q200
	[km ²]	[ore]	[mm/ora ⁿ]	[-]	[mm/ora]	[-]	[mc/s]
MAT 1	2.21	0.46	47.24	0.366	77.39	0.15	7.13
MAT 2	2.96	0.46	47.24	0.366	77.39	0.15	9.53
MAT 3	3.91	0.46	47.24	0.366	77.39	0.15	12.62
MAT 4	4.14	0.46	47.24	0.366	77.39	0.15	13.34
MAT 5	4.60	0.46	47.24	0.366	77.39	0.15	14.84

Tabella 39 – Fossa Maestra di Mattarello – Portate al colmo Tr=200

	PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICA ED ECONOMICA ASSE FERROVIARIO MONACO-VERONA ACCESSO SUD ALLA GALLERIA DI BASE DEL BRENNERO QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FORTEZZA-VERONA					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IB0Q	LOTTO 3A	CODIFICA R 10	DOCUMENTO RIID00010001A	REV. A

9 BIBLIOGRAFIA

- Piano Generale di utilizzazione delle Acque Pubbliche (PGUAP)
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, Distretto Idrografico delle Alpi Orientali.
- Piano Stralcio per la Tutela del Rischio Idrogeologico dell'Adige-Regione del Veneto.
- Piano di Protezione Civile Comunale del Comune di Trento.
- Piano Regolatore Generale Comune di Trento.
- Piano Urbanistico Provinciale- Provincia Autonoma di Trento.
- Carta di Sintesi della Pericolosità e Carte della Pericolosità, Provincia Autonoma di Trento, http://www.protezionecivile.tn.it/territorio/Cartografia/downloadcartografia_noflash/
- Studio Idrologico-Idraulico delle fosse di bonifica del Comune di Trento: Fossa del Lavisotto (tratto intubato) e fossa dell'Adigetto, Consorzio Trentino di Bonifica.
- Studio Idrologico-Idraulico delle fosse di bonifica del Comune di Trento: Fossa Carpenedi e Lavisotto (tratto aperto), Consorzio Trentino di Bonifica.
- Studio Idrologico-Idraulico delle fosse di bonifica del Comune di Trento: Fossa Malvasia, Consorzio Trentino di Bonifica.
- Studio Idrologico-Idraulico delle fosse di bonifica del Comune di Trento: Fossa delle Bettine, Consorzio Trentino di Bonifica.
- Prescrizioni generali per la progettazione di RFI (PTP).
- Hydrologic Modeling System HEC-HMS User's Manual, US Army Corps of Engineers.
- Caroni E., D'Alpaos L., Fattorelli S., Rossi F., Ubertini L., Versace P., Marchi E., Valutazione delle piene, C.N.R. °165, 1982.
- Marani M., Processi e modelli dell'Idrometeorologia, Dispense, 2005.
- AA. VV. Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.
- Maione U., Appunti di idrologia 3. Le piene fluviali, La Goliardica Pavese, 1977
- Ven Te Chow, Open-channel hydraulics, McGraw-Hill Book Company, USA, 1959.
- Da Deppo L., Datei C., Salandin P., Sistemazione dei corsi d'acqua, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 2004.
- Ferro V., La sistemazione dei bacini idrografici, McGraw-Hill, Milano, 2006.
- Ghetti A., Idraulica, Edizioni Libreria Cortina, Padova, 1996.