



Società per Azioni Autostrada Brescia Verona Vicenza Padova
 Via Flavio Gioia 71 37135 Verona
 tel. 0458272222 Fax 0458200051 Casella Postale 460M www.autobspd.it
 AREA COSTRUZIONI AUTOSTRADALI



AUTOSTRADA VALDASTICO A31 NORD

PROGETTO PRELIMINARE

CUP G19J1 00001 40005

COMMESSA 25 2005

COMMITTENTE



S.p.A. AUTOSTRADA BRESCIA VERONA VICENZA PADOVA
 Area Costruzioni Autostradali

CAPO COMMESSA
 PER LA PROGETTAZIONE
 Dott. Ing. Sergio Mutti

PROGETTISTA



CONSORZIO RAETIA

CAPO PROGETTO:
 Dott. Ing. Massimo Raccosta

RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE TRA LE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:
 Dott. Ing. Massimo Raccosta

RESPONSABILE DEL COORDINAMENTO:
 Dott. Ing. Andrea Renso

ELABORATO STUDI PER LA CONOSCENZA DEL CONTESTO
 Idraulica

Relazione

Progressivo

Rev.

02 09 01 001 00

Rev.	Data	Descrizione	Redazione	Controllo	Approvazione	SCALA -
00	Agosto 2011	Prima Emissione	GIRPA	S. Dal Forno	G. Biemmi	NOME FILE 2505_020901001_0101_OPP_00
						CM 2505 ELAB. 02090101001
						Fg. 0101 LIV. 00P REV. 00

**AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE**

Committente:



Progettazione:

CONSORZIO RAETIA



**PROGETTO PRELIMINARE
STUDI PER LA CONOSCENZA DEL CONTESTO**

**IDRAULICA
RELAZIONE IDRAULICA**

INDICE

1	PREMESSA	6
2	FIUME ADIGE	3
	2.1 FASE CONOSCITIVA	3
	2.1.1 <i>Descrizione del bacino</i>	3
	2.1.2 <i>Analisi delle portate</i>	7
	2.1.3 <i>Aree di rischio idraulico</i>	8
	2.1.4 <i>Interventi di mitigazione del rischio idraulico in programma dall'Autorità di Bacino del fiume Adige</i>	12
	2.1.5 <i>Laminazione dell'onda di piena</i>	13
	2.2 FASE PROPOSITIVA	15
	2.2.1 <i>Il progetto</i>	15
	2.2.2 <i>Opere di difesa dall'erosione</i>	16
3	TORRENTE FERSINA	17
	3.1 FASE CONOSCITIVA	17
	3.1.1 <i>Descrizione del bacino</i>	17
	3.1.1 <i>Aree di rischio idraulico</i>	18
	3.2 FASE PROPOSITIVA	20
4	TORRENTE CENTA	20
	4.1 FASE CONOSCITIVA	20
	4.1.1 <i>Descrizione del bacino</i>	20
	4.1.1 <i>Aree di rischio idraulico</i>	21
	4.2 FASE PROPOSITIVA	23
5	TORRENTE AVISIO	23
	5.1 FASE CONOSCITIVA	23
	5.1.1 <i>Descrizione del bacino</i>	23
	5.1 FASE PROPOSITIVA	24
6	TORRENTE ASTICO	25
	6.1 FASE CONOSCITIVA	25
	6.1.1 <i>Descrizione del bacino</i>	25
	6.1.1 <i>Aree di rischio idraulico</i>	26
	6.2 FASE PROPOSITIVA	30
7	TORRENTE ASSA	31
	7.1 FASE CONOSCITIVA	31

7.1.1	<i>Descrizione del bacino</i>	31
7.1.1	<i>Aree di rischio idraulico</i>	32
7.2	FASE PROPOSITIVA	32
8	TORRENTE POSINA	33
8.1	FASE CONOSCITIVA	33
8.1.1	<i>Descrizione del bacino</i>	33
8.1.1	<i>Aree di rischio idraulico</i>	33
8.2	FASE PROPOSITIVA	35
9	RETICOLO MINORE INTERFERITO	35
9.1	FASE PROPOSITIVA	35
10	OPERE DI SISTEMAZIONE PREVISTE	37
10.1	Briglie e soglie in massi a secco	38
10.2	Briglie e soglie in calcestruzzo	39
10.2.1	<i>Platea in massi a secco</i>	41
10.3	Muri di sponda in massi cementati	42
10.4	Scogliera in massi a secco	44
10.5	Rilevati arginali	46
10.5.1	<i>Realizzazione nuovo argine ($H \leq 4$ m)</i>	48
10.5.2	<i>Adeguamento rilevato stradale o ferroviario per difesa arginale</i>	49
10.5.3	<i>Adeguamento in sagoma e/o quota di argine esistente</i>	50
10.6	Copertura diffusa	51
10.7	Cunettoni	53
10.7.1	<i>Cunettone in massi a secco</i>	54
10.7.2	<i>Cunettone in massi cementati</i>	55
10.7.3	<i>Cunettone in calcestruzzo rivestito in pietrame</i>	56
10.8	Opere di sistemazione dei versanti	57
10.8.1	<i>Opere di drenaggio</i>	58
11	CONCLUSIONI	61

Indice delle tabelle

Tabella 1: Portate al colmo di piena, Tr 30.....	8
Tabella 2: Portate al colmo di piena, Tr 200.....	8
Tabella 3: Portate al colmo di piena, Tr 500.....	8
Tabella 4: Definizione dei parametri di rischio idraulico secondo il PAI dell'Adige	9
Tabella 5: Caratteristiche principali del bacino montano del torrente Fersina	17
Tabella 6: riassunto delle interferenze del tracciato T1.....	62
Tabella 7: riassunto delle interferenze del tracciato T2.....	64
Tabella 8: riassunto delle interferenze del tracciato T3.....	65
Tabella 9: riassunto delle interferenze del tracciato T4.....	66
Tabella 10: riassunto delle interferenze del tracciato T5.....	67
Tabella 11: riassunto delle interferenze del tracciato T6.....	68

Indice delle figure

Figura 1: Limite idrografico del bacino del fiume Adige	3
Figura 2: Limiti amministrativi del bacino del fiume Adige	4
Figura 3: Carta di uso del suolo CORINE nel bacino del fiume Adige	7
Figura 4: Legenda delle carte di rischio idraulico	9
Figura 5: Interferenza del tracciato T1 col fiume Adige in vicinanza della frazione di Vela (TN)	10
Figura 6: Interferenza del tracciato T3 col fiume Adige in vicinanza della frazione di Ravina (TN)	10
Figura 7: Interferenza del tracciato T4 col fiume Adige in vicinanza del comune di Besenello (TN)	11
Figura 8: Interferenza del tracciato T6 col fiume Adige in vicinanza della frazione di Acquaviva (TN)	11
Figura 9: Interferenza del tracciato T6 col fiume Adige in vicinanza della frazione di Vela (TN)	12
Figura 10: <i>Bacino del torrente Fersina il cui territorio risulta interamente nella provincia di Trento</i>	18

Figura 11: Interferenza del tracciato T1 col torrente Fersina in vicinanza di Pergine Valsugana (TN)	19
Figura 12: Interferenza del tracciato T2 col torrente Fersina in vicinanza di Pergine Valsugana (TN)	19
Figura 13: <i>Bacino del torrente Centa, interamente contenuto nella provincia di Trento</i>	20
Figura 14: Interferenza dei tracciati T1 e T2 col torrente Centa tra i comuni di Centa San Nicolò e di Caldonazzo	21
Figura 15: Interferenza del tracciato T3 col torrente Centa in prossimità della frazione di Campregheri (Centa S. Nicolò, TN)	22
Figura 16: Interferenza del tracciato T6 col torrente Centa in prossimità della frazione di Campregheri (Centa S. Nicolò, TN)	22
Figura 17: <i>Bacino del torrente Avisio: in verde il territorio relativo al bacino nella provincia di Trento, in arancio le superfici che drenano da altre province (2,07%).</i>	23
Figura 18: Interferenza in galleria del tracciato T1 col torrente Avisio, tra i comuni di Trento e Giovo	25
Figura 19: <i>Bacino del torrente Astico ricadente nella Provincia di Vicenza e in minor parte in quella di Trento</i>	26
Figura 20: <i>interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4, T5 e T6 col torrente Astico a nord di Piovene Rocchette</i>	27
Figura 21: <i>interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4, T5 e T6 col torrente Astico in rilevato in prossimità del nuovo sbarramento in terra in progetto</i>	27
Figura 22: <i>interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4, T5, T6 col torrente Astico in viadotto Velo e col tracciato T5 in viadotto Arsiero, in prossimità dell'abitato di Seghe di Velo</i>	28
Figura 23: <i>interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4, T6 col torrente Astico in viadotto a nord dell'abitato di Forni</i>	28
Figura 24: <i>interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4, T6 col torrente Astico in viadotto all'altezza dello svincolo di Lastebasse</i>	29
Figura 25: <i>interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4, T6 col torrente Astico in viadotto in prossimità dell'abitato di Scalzeri</i>	29
Figura 26: <i>interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4, T6 col torrente Astico in viadotto in vicinanza della frazione di Ciechi</i>	30
Figura 27: <i>Bacino del torrente Assa ricadente nella Provincia di Vicenza, con i bacini relativi agli affluenti Galmarara, Ghelpach e Martello</i>	31

Figura 28: <i>Interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4, T6 col Torrente Assa, in prossimità della frazione di Pedescala (Valdastico, VI)</i>	32
Figura 29: <i>Bacino del torrente Posina ricadente in massima parte nella Provincia di Vicenza, con i bacini relativi agli affluenti rio Freddo e rio La Zara</i>	33
Figura 30: <i>Interferenza del tracciato T5 col torrente Posina, in prossimità della frazione di Bazzoni (VI)</i>	34
Figura 31: <i>Interferenza del tracciato T5 col torrente La Zara, affluente del Posina</i>	34
Figura 32: <i>tipologico di tombino scatolare - sezioni</i>	35
Figura 33: <i>tipologico di tombino scatolare – pianta</i>	36
Figura 34: <i>tipologico di tombino circolare - sezione</i>	36
Figura 35: <i>tipologico di tombino circolare – pianta</i>	37
Figura 36: <i>Schema di una briglia in massi a secco – PGUAP</i>	39
Figura 37: <i>Schema di una briglia in calcestruzzo – PGUAP</i>	40
Figura 38: <i>Schema di una platea in massi a secco a protezione dello scavo a valle di un salto di fondo – PGUAP</i>	42
Figura 39: <i>Schema di un muro di sponda in massi cementati – PGUAP</i>	44
Figura 40: <i>Schema di una scogliera in massi a secco – PGUAP</i>	46
Figura 41: <i>Schema della realizzazione di un nuovo argine di altezza inferiore ai 4 m – PGUAP</i>	49
Figura 42: <i>Schema di un adeguamento di un rilevato stradale o ferroviario per difesa arginale – PGUAP</i>	50
Figura 43: <i>Schema di un adeguamento di un argine esistente – PGUAP</i>	51
Figura 44: <i>Schema di una copertura spondale diffusa – PGUAP</i>	53
Figura 45: <i>Schema di un cunettone in massi a secco – PGUAP</i>	55
Figura 46: <i>Schema di un cunettone in massi cementati – PGUAP</i>	56
Figura 47: <i>Schema di un cunettone in cemento, rivestito in massi – PGUAP</i>	57
Figura 48: <i>Schema di una canaletta di drenaggio inerbita – PGUAP</i>	60

1 PREMESSA

La fase di scelta dei tracciati rappresenta il momento di analisi del rapporto opera/territorio nei confronti dei potenziali corridoi sui quali l'infrastruttura potrebbe ragionevolmente inserirsi, valutando tracciati che, nella loro diversità, rappresentino le possibili risposte al quesito infrastrutturale legato al completamento a nord dell'Autostrada A31.

In questa fase progettuale propedeutica al progetto preliminare, sono state studiate n. 6 ipotesi di tracciato alternative così denominate:

- Tracciato T1 da Piovene Rocchette (VI) a Lavis (TN), con collegamento alla A22;
- Tracciato T2 da Piovene Rocchette (VI) a Pergine Valsugana (TN), con collegamento alla S.S. 47 ed alla Tangenziale di Trento;
- Tracciato T3 da Piovene Rocchette (VI) a Trento, con collegamento alla A22 in corrispondenza del nuovo casello di Trento Sud;
- Tracciato T4 da Piovene Rocchette (VI) a Besenello (TN), con collegamento alla A22;
- Tracciato T5 da Piovene Rocchette (VI) a Rovereto (TN), con collegamento alla A22 in corrispondenza del nuovo casello di Rovereto Nord;
- Tracciato T6 da Piovene Rocchette (VI) a Trento (TN), con collegamento alla A22 ed istituzione di un tratto di variante alla A22 tra i caselli di Trento Sud e Trento Centro, lasciando l'attuale sedime al solo servizio dei caselli cittadini.

Oltre alle opere stradali il progetto prevede la costruzione, in corrispondenza dell'attuale diga di Meda, di un nuovo sbarramento in terra che consentirà la realizzazione di un bacino artificiale con scopi sia di laminazione degli eventi di piena che di usi idroelettrici. Lo sbarramento e il suo bacino sono stati sviluppati a parte in elaborati specifici (si vedano gli elaborati del capitolo "05 OPERA DI SBARRAMENTO-DIGA DI BOIADORI").

Gli interventi previsti nel presente progetto preliminare della scelta del tracciato interessano le aree di pertinenza di alcuni corsi d'acqua delle regioni Veneto e Trentino Alto Adige. La presente relazione riporta le interferenze con il reticolo idrico, relative alle tratte oggetto di studio. In particolare, dall'analisi del reticolo idrico, sono state individuate per i tracciati in esame le interferenze con i seguenti corsi d'acqua principali:

- Torrente Astico,
- Torrente Assa,
- Torrente Centa,
- Torrente Fersina,
- Torrente Avisio,
- Torrente Posina,
- Fiume Adige.

Più numerose sono invece le interferenze col reticolo minore dei diversi tracciati. La presente relazione si pone come obiettivo l'inquadramento dei bacini idrografici dei corsi

d'acqua interferiti dai sei tracciati oggetto della valutazione e la descrizione dei possibili interventi di stabilizzazione dei corsi d'acqua in prossimità degli attraversamenti.

Per quanto riguarda la fase conoscitiva delle problematiche idrauliche si farà riferimento ai seguenti studi:

- Autorità di Bacino Nazionale dell'Adige - Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico:
 - Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico, da frana e da colata detritica – *Relazione Illustrativa di sintesi* (ottobre 2001, adottato con delibera del Comitato Istituzionale N.1/2005 del 15.02.2005);
 - Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico, da frana e da colata detritica – *Relazione Tecnica e quadro giuridico* (ottobre 2001, adottato con delibera del Comitato Istituzionale N.1/2005 del 15.02.2005);
 - Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico, da frana e da colata detritica – *Norme di attuazione e prescrizione di piano* (ottobre 2001, adottato con delibera del Comitato Istituzionale N.1/2005 del 15.02.2005);
 - Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico – *Aree a rischio idraulico Schede informative* (adottato con delibera del Comitato Istituzionale N.1/2005 del 15.02.2005)
 - Individuazione e perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica – *Relazione Tecnica di Variante* (giugno 2002).
- Provincia Autonoma di Trento - Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche, D.P.R. 15 febbraio 2006:
 - PARTE PRIMA, *Quadro conoscitivo di base*;
 - PARTE QUINTA, *Sistemazione dei corsi d'acqua e dei versanti*;
 - ALLEGATO ALLA PARTE QUINTA, *Quaderno delle opere*
 - PARTE OTTAVA, *Norme di attuazione*.
- Piano di Gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali, 2010

2 FIUME ADIGE

2.1 FASE CONOSCITIVA

2.1.1 Descrizione del bacino

Il fiume Adige nasce da una sorgente vicina al lago di Resia, a quota 1.586 m s.l.m., ha un bacino imbrifero di circa 12.100 km² ed un percorso di 409 km; sbocca nel mare Adriatico a Porto Fossone tra la foce del fiume Brenta ed il delta del fiume Po. Il bacino dell'Adige si sviluppa sul territorio della Provincia di Bolzano (62% dell'intero bacino), della Provincia di Trento (29%) e della Regione Veneto (9%).



Figura 1: Limite idrografico del bacino del fiume Adige

Il territorio delle province di Bolzano e di Trento è prevalentemente montuoso, con quote molto elevate e si addolcisce nei fondovalle dell'Adige e dei principali affluenti. La parte di

territorio veneto comprende il territorio montano della Lessinia, con quote contenute ed una parte della pianura veneta della Provincia di Verona comprendente la città stessa.

Il reticolo idrografico è generalmente semplice, con solchi vallivi unitari ramificati solo verso le testate delle valli; nelle valli più interne e settentrionali il fondovalle si trova tra i 1.300 ed i 1.500 m. s. m.. L'Adige scorre attorno alle quota di 240 m. s. m. nella piana di Bolzano e sui 190 m. s. m. a Trento. La larghezza della sezione varia da un minimo da 40 m. nel tratto Merano-Bolzano ad un massimo di 269 m. tra i cigli interni arginali a Zevio.

La pendenza di fondo, tra il lago di Resia e Borghetto (confine settentrionale della provincia di Verona) passa dal 53 al 0,91‰; tra Borghetto e le Bocche di Sorio è dell'1,3‰, scende allo 0,55‰ sino ad Albaredo, allo 0,37‰ sino a Legnano, allo 0,20‰ sino a Boara Pisani, allo 0,19‰ sino a Cavarzere infine allo 0,10‰ nell'ultimo tronco sino alla foce.



Figura 2: Limiti amministrativi del bacino del fiume Adige

Per quanto riguarda il territorio provinciale di Bolzano, nell'ambito del bacino idrografico dell'Adige sono stati individuati i sottobacini dei seguenti torrenti:

- Valsura;
- Gadera;
- Passirio;
- Talvera;

- Aurino;
- fiume Rienza.

Per quanto riguarda la provincia di Trento nell'ambito del bacino idrografico dell'Adige sono stati individuati i seguenti bacini principali dei torrenti:

- Avisio;
- Fersina;
- Noce.

In provincia di Verona esiste un unico affluente degno di nota sulla destra idrografica che è il torrente Tasso che nasce dalle pendici meridionali del Monte Baldo e sfocia in destra Adige in località Ragano di Rivoli Veronese; complessivamente la superficie del bacino è di 70 km² con uno sviluppo del reticolo idrografico di circa 20 km.

Tutti gli altri affluenti veronesi sono in sinistra idrografica e si originano nell'area montana dei Lessini; hanno caratteristiche fisiche e idrologiche simili con regime delle portate irregolari e risultano significative solo con eventi meteorici di forte intensità. Sono corsi d'acqua che hanno uno sviluppo planimetrico generalmente rettilineo e parallelo tra gli stessi e che, talvolta, confluiscono in unico collettore prima di gettarsi nell'Adige.

Tra questi affluenti si annoverano i sistemi Fibbio-Squaranto e Illasi-Mezzane che confluiscono le acque del fiume Antanello, provenienti dalle colline veronesi; il collettore formatosi da questo complesso sistema idrografico, dopo aver superato lo scarico del canale Sava e l'inizio del canale L.E.B., entra nel fiume Adige nei pressi di Zevio.

I laghi compresi nel bacino dell'Adige sono 546, di questi una percentuale abbastanza alta presentano una superficie molto ridotta, inferiore ad 1 ettaro. Non vi sono grandi laghi, tuttavia ve ne sono molti di origine glaciale di modeste dimensioni; il lago naturale più grande è quello di Caldaro che si trova nella provincia di Bolzano.

Il lago di Caldaro è il lago alpino più caldo delle Alpi e si estende in una conca che tempo fa era un letto di fiume dell'Adige, tra il massiccio della Mendola e il Monte di Mezzo ed ha una superficie di circa 150 ettari.

Nel bacino del fiume Adige sono presenti 298 superfici glaciali per un'estensione complessiva di 127,72 km²; in particolare nel territorio provinciale altoatesino sono state classificate 258 superfici glaciali, per un'estensione complessiva di 108,19 km², mentre in quello trentino sono state classificate 40 superfici ghiacciate, per un'estensione pari a 19,53 km².

Nel bacino idrografico dell'Adige si rileva un uso del suolo legato alla morfologia del territorio e alle modifiche antropiche.

Per una superficie di circa 9.700 km², (80% del totale) esso presenta caratteristiche

spiccatamente montane con una forte presenza del bosco. L'ambiente di pianura è molto limitato; le zone di fondovalle risultano essere invece le più antropizzate e diversificate nell'uso del suolo.

Considerando le "aree ad antropizzazione irreversibile", risultano particolarmente rilevanti quelle urbanizzate, con occupazione territoriale prevalentemente valliva pari al 3% della superficie totale del bacino, e le aree di cava che occupano lo 0,1% della superficie totale del bacino.

Le aree antropizzate in maniera reversibile o parzialmente reversibile sono strettamente legate all'attività agricola, che occupa una superficie pari all'8% del territorio del bacino e si suddivide tra colture agricole (prevalentemente mais o prati, 2,3%), frutteto (prevalentemente meli, 2,8%) e viticoltura (2,9%). Le aree non antropizzate ma comunque gestite dall'uomo, occupano una posizione di rilievo: i boschi coprono il 40,4% del bacino, i pascoli il 3,1% ed i prati-pascoli il 7,2%.

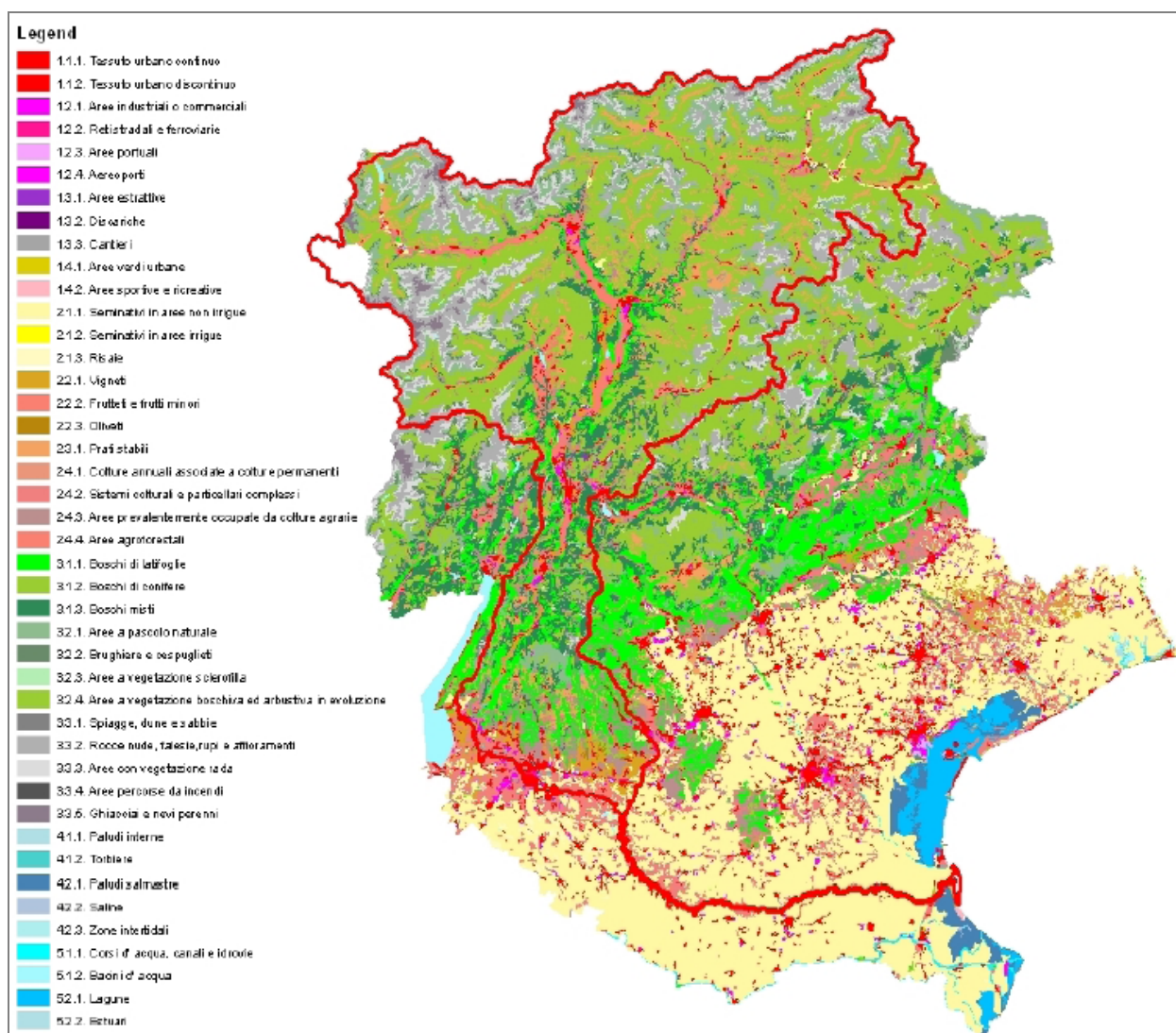


Figura 3: Carta di uso del suolo CORINE nel bacino del fiume Adige

2.1.2 Analisi delle portate

Secondo quanto indicato nel Piano stralcio per la sicurezza idraulica dell'Adige le massime portate di piena alle quali si deve far riferimento per la sistemazione dei fiumi dipendono dalla scelta della probabilità degli eventi alla quale è connesso il cosiddetto rischio idraulico che si è disposti ad accettare. Nelle seguenti tabelle sono indicate le portate al colmo delle onde di piena presso varie stazioni lungo il corso del fiume tratte dallo studio medesimo. I risultati dello studio dell'Autorità di Bacino sono stati ottenuti elaborando le serie storiche dei valori annuali di portata al colmo di piena che riportano i valori massimi di portata in corrispondenza dei tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni, ottenute con il modello di Gumbel (Q_G), con il modello GEV (Q_{GEV}), con il modello M.G. (Q_{MG}) e con il modello Vapi (Q_{Vapi}).

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

Tr = 30	Stazione	S [km ²]	Q _G	Q _{GEV}	Q _{MG}	Q _{vapi}
ADIGE	Tel	1675	261	257	259	396
	Ponte Adige	2642	652	656	675	785
	Bronzolo	6926	1386	1400	1409	1746
	Trento	9763	2021	2081	2130	2364
	Pescantina	10957	1809	1837	1923	
	Boara Pisani	11954	1675	1677	1737	

Tabella 1: Portate al colmo di piena, Tr 30

Tr = 200	Stazione	S [km ²]	Q _G	Q _{GEV}	Q _{MG}	Q _{vapi}
ADIGE	Tel	1675	333	307	312	503
	Ponte Adige	2642	859	845	844	998
	Bronzolo	6926	1801	1807	1736	2216
	Trento	9763	2021	2896	2696	3002
	Pescantina	10957	2425	2470	2448	
	Boara Pisani	11954	2210	2123	2173	

Tabella 2: Portate al colmo di piena, Tr 200

Tr = 500	Stazione	S [km ²]	Q _G	Q _{GEV}	Q _{MG}	Q _{vapi}
ADIGE	Tel	1675	367	328	335	396
	Ponte Adige	2642	959	930	920	1138
	Bronzolo	6926	2002	1998	1883	2527
	Trento	9763	3018	2896	2951	3423
	Pescantina	10957	2720	2773	2684	
	Boara Pisani	11954	2467	2316	2369	

Tabella 3: Portate al colmo di piena, Tr 500

Il valore della portata nella zona di interesse progettuale, il tratto interferito dai tracciati T1, T3, T4, T5 e T6, è da considerarsi, in questa fase preliminare, pari alla portata che transita presso Trento.

Come si può osservare dalle tabelle precedenti i valori di portata ottenuti utilizzando i metodi di calcolo, per tempi di ritorno assegnati, è sostanzialmente paragonabile. Si ottiene quindi un valore di circa 2100 m³/s con Tr 30, 2600 m³/s con Tr 200 e 3000 m³/s con Tr 500 anni.

2.1.3 Aree di rischio idraulico

Il rischio idraulico, da intendersi come rischio di inondazione da parte di acque provenienti da corsi d'acqua naturali o artificiali, risulta essere, anche secondo l'approccio dettato dalla normativa nazionale (L.267/98) in materia, il prodotto di due fattori: la pericolosità (ovvero

la probabilità di accadimento di un evento calamitoso di una certa entità) e il danno atteso (inteso come perdita di vite umane o di beni economici pubblici e privati). Il tempo di ricorrenza degli eventi pericolosi rappresenta un elemento essenziale nel determinare il "grado di sicurezza" attuale delle varie zone del territorio.

La definizione delle classi di rischio idraulico presenti nel PAI è stata redatta in ottemperanza alle vigenti normative e prevede 4 classi di rischio di seguito riassunte:

Danno potenziale	Pericolosità idraulica			
	Molto elevata	Elevata	Media	Moderata
Grave	R4	R4	R2	R2
Medio	R3	R3	R2	R1
Moderato	R2	R2	R1	R1
Basso	R1	R1	R1	R1

Tabella 4: Definizione dei parametri di rischio idraulico secondo il PAI dell'Adige



Figura 4: Legenda delle carte di rischio idraulico

Si riportano di seguito gli estratti delle carte di rischio idrogeologico in corrispondenza degli attraversamenti dei sei tracciati oggetto di valutazione.

I tracciati incrociano il corso dell'Adige in 5 diversi punti: solo l'interferenza del tracciato T3 in prossimità della frazione di Ravina risulta problematica, in quanto il viadotto attraversa delle aree a rischio elevato (R3).

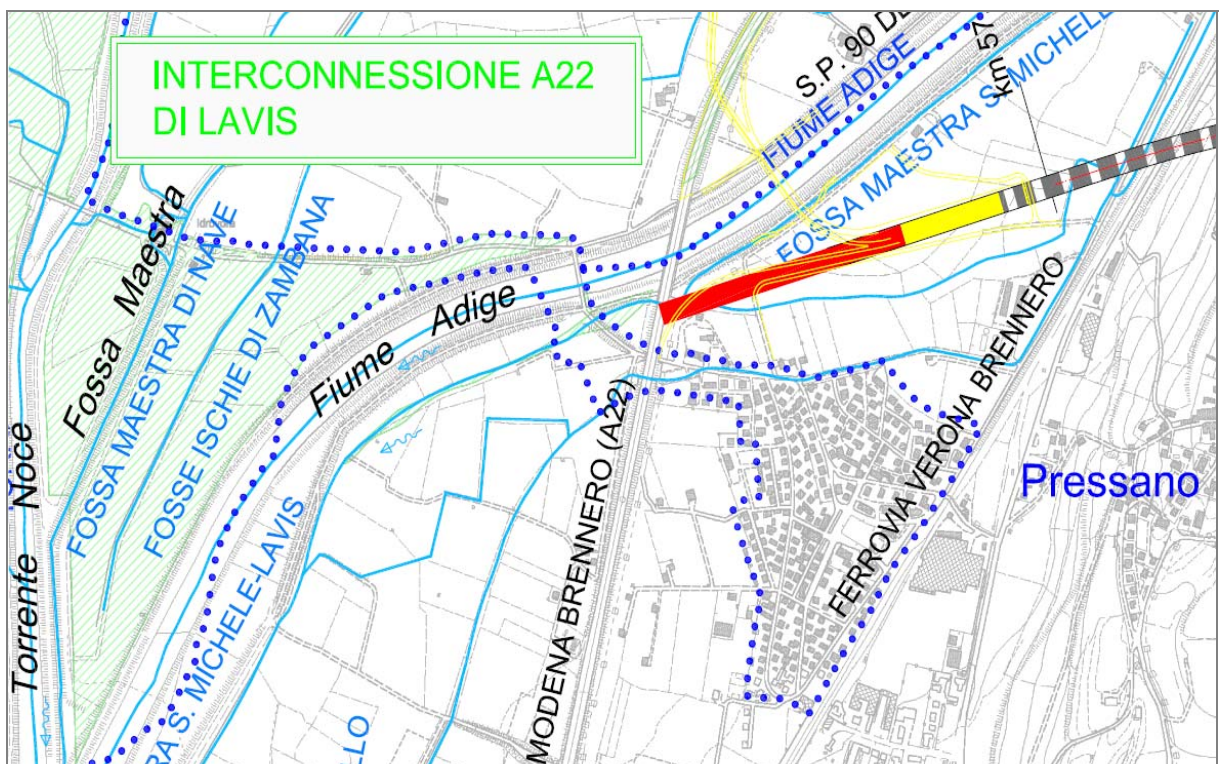


Figura 5: Interferenza del tracciato T1 col fiume Adige in vicinanza della frazione di Vela (TN)

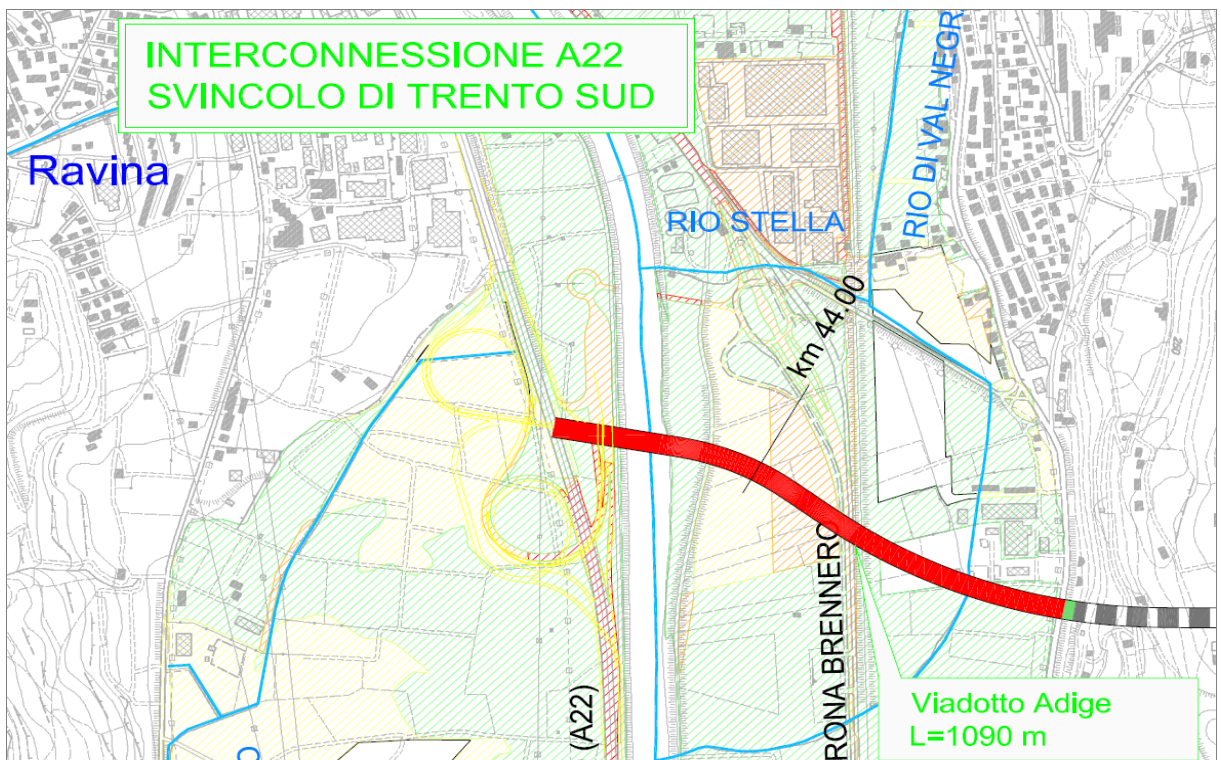


Figura 6: Interferenza del tracciato T3 col fiume Adige in vicinanza della frazione di Ravina (TN)

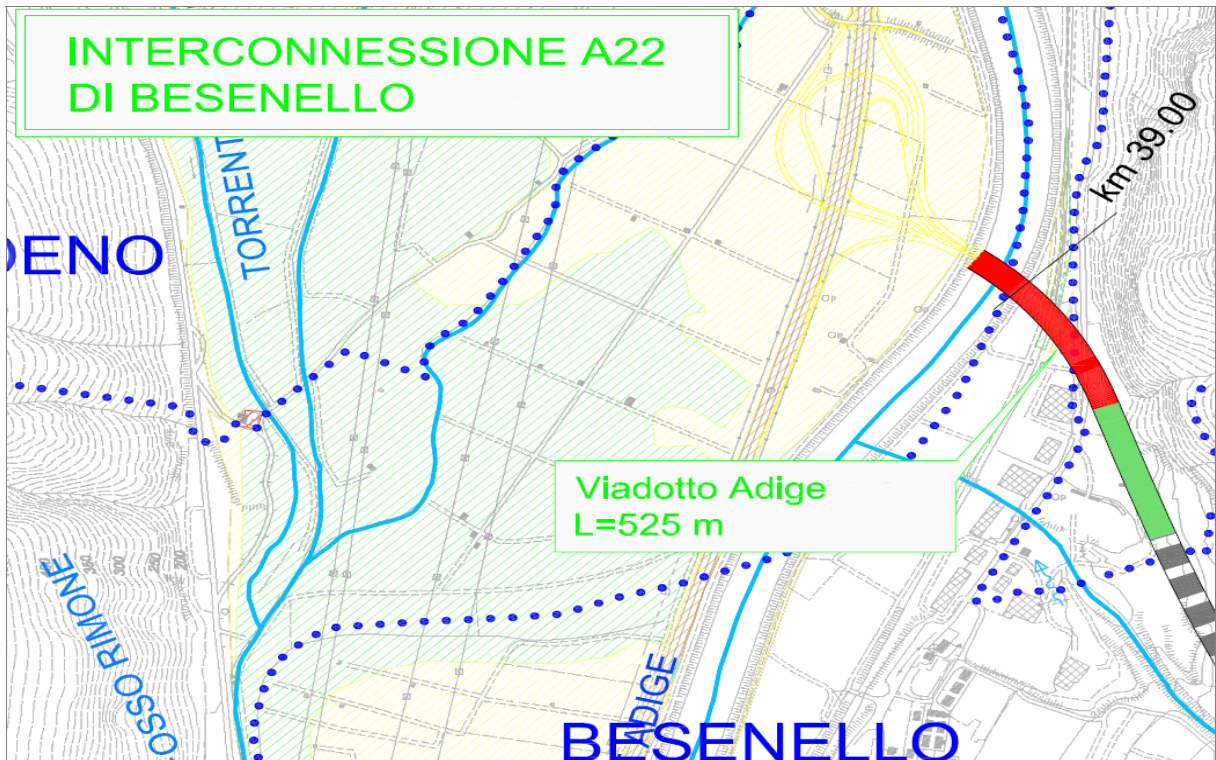


Figura 7: Interferenza del tracciato T4 col fiume Adige in vicinanza del comune di Besenello (TN)

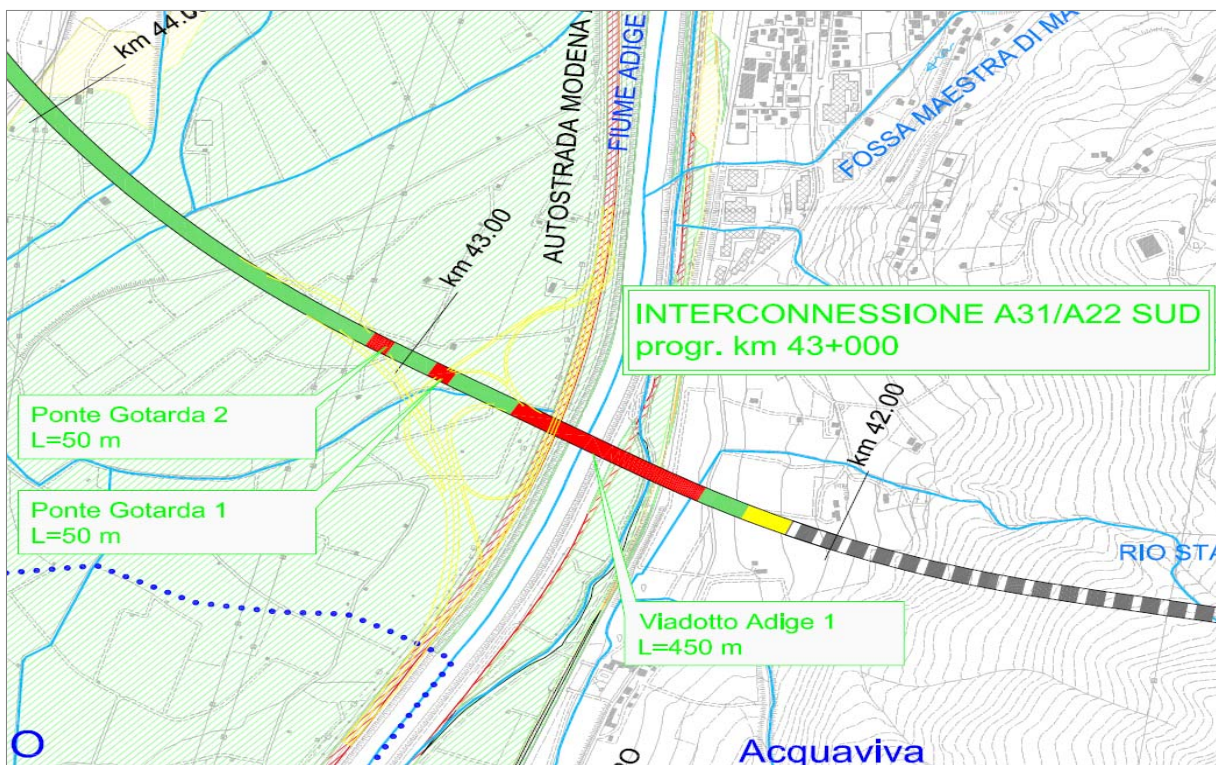


Figura 8: Interferenza del tracciato T6 col fiume Adige in vicinanza della frazione di Acquaviva (TN)

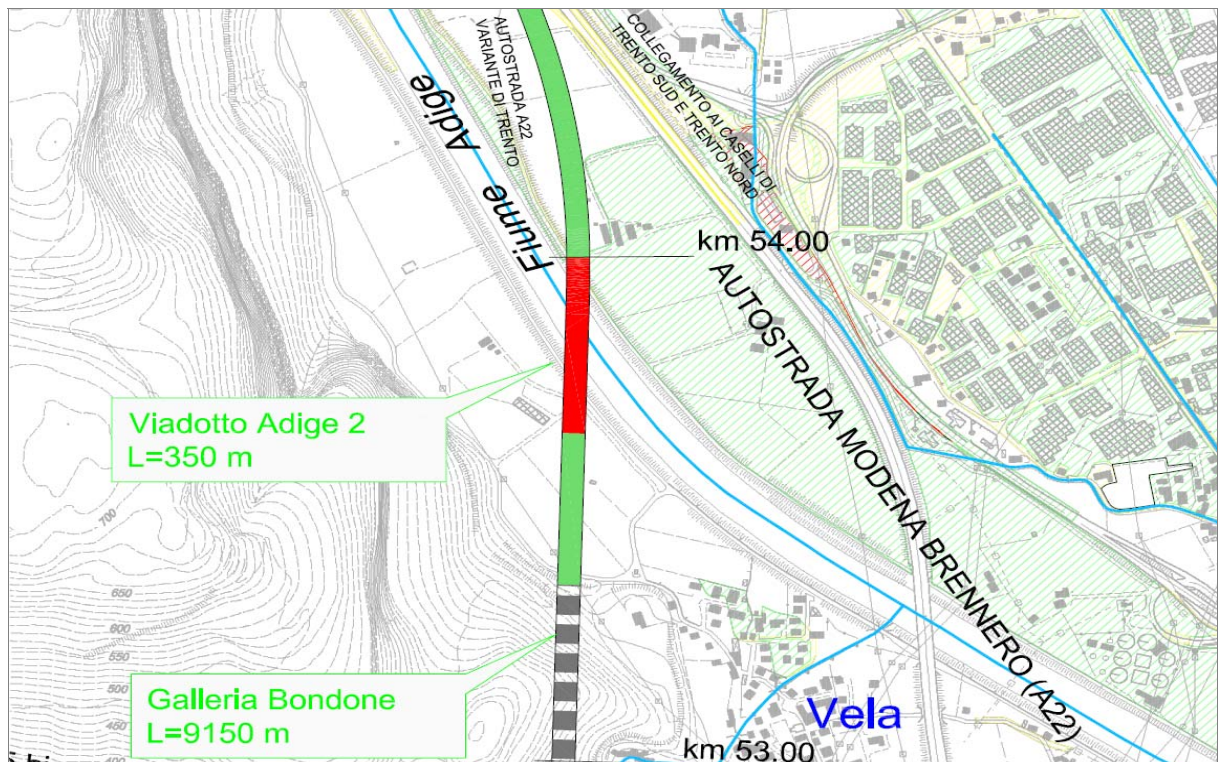


Figura 9: Interferenza del tracciato T6 col fiume Adige in vicinanza della frazione di Vela (TN)

2.1.4 Interventi di mitigazione del rischio idraulico in programma dall'Autorità di Bacino del fiume Adige

In conformità con il DPCM 29 settembre 1998 l'Autorità di Bacino del fiume Adige ha individuato gli interventi di mitigazione del rischio idraulico nelle aree individuate a pericolosità idraulica. Tale documento non viene recepito dalla Provincia Autonoma di Trento, che all'interno del Piano Generale di Utilizzo delle Acque illustra gli interventi prioritari nel territorio Trentino. Si riporta di seguito lo studio svolto dall'autorità di bacino nonostante le interferenze dei tracciati oggetto di valutazione siano localizzati in provincia di Trento (si rimanda quindi al paragrafo successivo per quanto riguarda eventuali interventi illustrati nel PGUAP).

L'Autorità di Bacino ha redatto delle tavole (codificate A4) con l'individuazione delle priorità di intervento nonché la segnalazione delle zone di interesse per la pianificazione di protezione civile.

Gli interventi previste nelle aree a rischio, secondo quanto indicato dal Piano stralcio, devono avere le seguenti prerogative:

- basso impatto ambientale;

- adozione di tecniche di ingegneria naturalistica;
- garanzia di un grado di sicurezza pari a quella di un'opera tradizionale.

Inoltre, sempre come specificato nel Piano stralcio, gli interventi di manutenzione idraulica, idrogeologica e di gestione del patrimonio forestale ad essi collegati, sono finalizzati a:

- conservare il buon regime idraulico dei corsi d'acqua;
- agevolare il deflusso delle piene;
- favorire la creazione di nuove aree di esondazione;
- curare l'efficace manutenzione delle opere idrauliche, dando preferenza al recupero di sezioni di deflusso a cielo aperto nei corsi d'acqua tombinati;
- ripristinare la naturalità degli alvei e tutelarne la relativa biodiversità;
- ricostruire la cenosi di vegetazione spontanea.

2.1.5 *Laminazione dell'onda di piena*

Con riferimento alle informazioni di tipo idrologico e idraulico disponibili, e tenuto anche conto delle recenti integrazioni allo studio di impatto ambientale relativo al progetto della diga di Valda per la laminazione delle piene del torrente Avisio richiesto dal Ministero dell'Ambiente in data 3.12.1997 (cfr. *Rapporto sintetico sullo stato dei lavori*, 2001) si può osservare che le alternative riportate nel PGUAP, *Parte Quinta*, prevedono:

- la realizzazione, nella città di Trento, di un rialzo arginale che permetta il passaggio di 2500 m³/s, al posto degli attuali 2100 m³/s circa. Va osservato che un tale intervento ne postula altri connessi. Infatti, oltre al rialzo arginale, sarà necessario intervenire sulla confluenza tra Adige ed Adigetto per evitare effetti di rigurgito del primo nel secondo che vanificherebbero l'efficacia degli interventi arginali (l'argine sinistro dell'Adigetto è attualmente insufficiente allo scopo);
- la laminazione delle portate del Torrente Noce assicurando in caso di piena la disponibilità di 20-30 milioni di metri cubi nell'invaso esistente di S. Giustina, la cui capacità complessiva è di circa 183 milioni di metri cubi;
- la laminazione della portata dell'Avisio tramite la costruzione di un vaso con potenzialità di trattenuta pari a 16-20 milioni di metri cubi. Una tale soluzione, certamente meno impattante della progettata diga di Valda, progressivamente riduce il margine di sicurezza che essa produce in ragione della sua dimensione;
- la regolazione modificata dell'esistente vaso di Stramentizzo, rispetto alla quale va

osservato che la capacità di questo serbatoio e la sua posizione relativa nel bacino idrografico non sono tali da consentire un intervento risolutivo paragonabile a quello che sarebbe invece consentito dalla realizzazione di nuove opere appositamente calibrate allo scopo prefisso;

Vale la pena di ricordare che un problema da considerare è la possibile riduzione della portata dell'Adige proveniente dalla provincia di Bolzano. Nella situazione attuale si può prevedere, a Bronzolo, una portata cinquecentesca dell'ordine di 1600 m³/s, portata che risulta piuttosto bassa anche in termini di contributo specifico di piena per confronto con situazioni alpine comparabili climaticamente. Ciò accade, in particolare, per alcune anomalie meteorologiche che è presumibile siano da ritenersi stazionarie, almeno nei tempi di interesse del Piano di Utilizzazione delle Acque: ma soprattutto grazie alla presenza diffusa di aree di esondazione naturale nei territori di monte. Qualora la provincia di Bolzano decidesse di proteggere tali zone ad esempio mediante diffusi rialzi arginali (non escludibili a priori nel contesto di uno sviluppo sociale ed economico dei territori in questione), la portata attesa per il medesimo tempo di ritorno salirebbe a circa 2000 m³/s, il che imporrebbe opere più consistenti nelle regioni più a valle.

Assume quindi notevole importanza la gestione coordinata degli interventi sugli argini del Fiume Adige, che dovrebbero essere alzati solo in casi eccezionali e comunque limitatamente alle esigenze di sicurezza degli abitati esistenti, individuando (e realizzando) al contempo le misure compensative atte ad impedire che si producano aumenti significativi delle portate in direzione dei territori posti più a valle.

In conclusione si sottolinea la necessità che l'insieme degli interventi prospettati venga realizzato in maniera coordinata e graduale, prestando particolare attenzione ai livelli di sicurezza ad essi associabili, utilizzando al meglio le strutture esistenti e considerando sinotticamente il contributo di tutte le opere. A tal fine si riassumono di seguito le considerazioni ritenute ineludibili in relazione alle problematiche poste:

1. attualmente la città di Trento è soggetta a rischio di inondazione con tempi di ritorno variabili dai 30 ai 50 anni, a seconda del tipo di analisi che le contempla. Pare opportuno considerare cautelativamente il tempo di ritorno della crisi idraulica in circa 30 anni. Indipendentemente dalle valutazioni specifiche, tale livello di rischio è da considerarsi inaccettabile;
2. un possibile intervento utile, non controverso e capace di aumentare il citato tempo di ritorno della crisi della città, consiste nella ricalibrazione degli argini in fregio a Trento ed alla sistemazione di opere complementari (e.g. il nodo idraulico della foce dell'Adigetto);

3. un consistente aumento della sicurezza idraulica di Trento può essere ottenuto con una regolazione del serbatoio esistente di S. Giustina che possa rendere certamente disponibili all'uso di piena 20-30 milioni di metri cubi. L'uso combinato dei rialzi arginali e dell'uso di piena di S. Giustina porta il tempo di ritorno dell'inondazione della città di Trento nel campo di 80-100 anni;
4. la predisposizione di nuovi volumi di invaso (pari ad almeno 16 milioni di metri cubi) preposti alla laminazione delle piene in alveo dell'Avisio consente di aumentare ulteriormente il tempo di ritorno della crisi di Trento fino all'ordine dei 200 anni;
5. ogni intervento di sistemazione nei territori di monte volto alla riduzione delle aree di naturale espansione delle piene (e.g. rialzi arginali) deve essere compensato dalla creazione di invasi supplementari in grado di non aggravare la situazione idraulica dei territori di valle.

2.2 FASE PROPOSITIVA

2.2.1 *Il progetto*

Come già anticipato in premessa per quanto riguarda il fiume Adige si è fatto riferimento agli studi specifici dell'autorità di Bacino in particolare a:

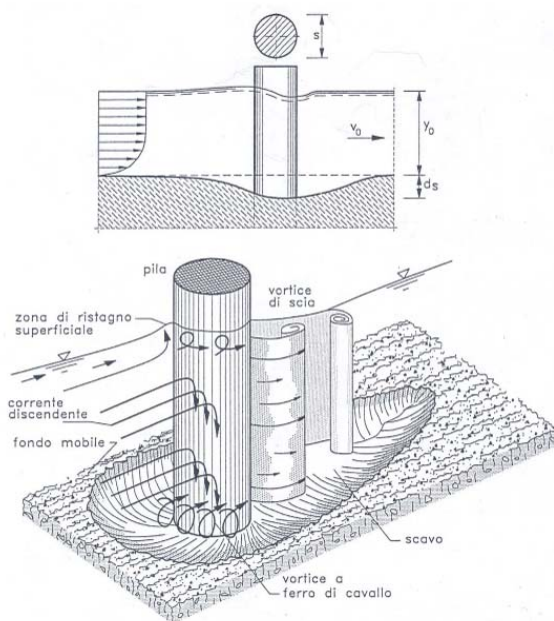
- Autorità di Bacino Nazionale dell'Adige - Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico - Individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idraulico, da frana e da colata detritica (adottato con delibera del Comitato Istituzionale N.1/2005 del 15.02.2005);
- Autorità di Bacino Nazionale dell'Adige - Piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico - Individuazione e perimetrazione delle aree a pericolosità idraulica – *Relazione Tecnica di Variante* (giugno 2002);
- Autorità di Bacino dei Fiumi dell'Alto Adriatico - Piano di gestione dei bacini idrografici delle Alpi Orientali (adottato con delibera dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino dell'Adige e dell'Alto Adriatico in data 24.02.2010).
- Provincia Autonoma di Trento - Piano Generale di Utilizzazione delle Acque Pubbliche, D.P.R. 15 febbraio 2006

Qualora gli attraversamenti avvengano in aree a rischio idrogeologico, nel PGUAP della Provincia di Trento, sono indicati gli interventi consentiti (Capo IV "Aree a rischio idrogeologico", Articoli 15-21).

Il progetto prevede la realizzazione in corrispondenza di tutti gli attraversamenti di opere di protezione in massi a secco delle pile e delle sponde.

L'attraversamento del fiume Adige comporterà quindi uno studio propedeutico con l'elaborazione di una soluzione che risolva la problematica del posizionamento delle pile in alveo tale da garantire le portate di massima piena previste dalle Autorità competenti, e che contemporaneamente soddisfi le esigenze di mobilità del corso d'acqua in area golenale, non impedendo le divagazioni future dell'alveo attivo, garantendo l'ispezionabilità degli argini.

2.2.2 Opere di difesa dall'erosione



Le opere di difesa dall'erosione in un tratto di un corso d'acqua si rendono necessarie in tutti quei casi in cui la velocità della corrente sia sufficientemente elevata da riuscire ad asportare materiale dal fondo e dalle sponde e la capacità di trasporto non sia già saturata dai sedimenti in carico alla corrente. Gli effetti erosivi si producono a causa dell'aumento della velocità della corrente e dei conseguenti fenomeni di turbolenza che si instaurano in corrispondenza della sezione controllata dal ponte. L'asportazione di materiale dalla base delle pile e delle spalle può creare problemi di stabilità alla struttura, conducendo allo scalzamento della fondazione. Secondo quanto

sopra accennato, in corrispondenza delle pile si dovranno prevedere degli interventi di protezione mediante massi sciolti la cui dimensione sarà determinata in una fase successiva di progettazione. Nel calcolo dello scavo in corrispondenza delle pile sarà considerato il parametro interasse/diametro pila fondamentale per la determinazione del massimo scalzamento. La progettazione di questi interventi richiede verifiche della stabilità delle protezioni attraverso la stima delle azioni di trascinarsi dovute alla corrente; queste verifiche però in alcuni casi sono piuttosto complesse in quanto non sempre sono di facile modellazione le azioni idrodinamiche dovute a particolari configurazioni degli alvei. Occorre quindi sottolineare le difficoltà che si incontrano nell'applicare modelli sperimentali ai casi reali e nell'interpretare i risultati ottenuti. Infatti le formulazioni sperimentali sono ricavate da prove su modelli in scala, funzionanti sotto condizioni idrauliche ben definite e che si mantengono inalterate nel tempo; eventuali riscontri con dati reali sono, al contrario, effettuati per situazioni particolari di morfologia, trasporto solido, condizioni idrodinamiche,

ecc. In particolare, la durata delle sperimentazioni è sufficiente a raggiungere un valore prossimo al valore massimo asintotico dell'erosione, mentre nella realtà le condizioni idrauliche, pur pericolose, hanno durata limitata nel tempo, così che l'evoluzione del fenomeno può interrompersi senza raggiungere il valore massimo che potrebbe compromettere la stabilità del ponte.

3 TORRENTE FERSINA

3.1 FASE CONOSCITIVA

3.1.1 Descrizione del bacino

Il torrente Fersina nasce dal lago di Erdemolo a quota 2005, sfocia nell'Adige a quota 191 m s.l.m. dopo un percorso di circa 30 km. La parte montana del bacino interessa il territorio dal Doss del Ciuss alle origini del corso d'acqua per una lunghezza pari a 14,3 km, con una pendenza media del 10%. Il restante sistema idrografico risulta assai sviluppato e alimentato da abbondanti sorgenti. Fra i principali affluenti di sponda destra si hanno i rivi Castellir, Val delle Vergini, Val Sigismondi, Val dei Lenzi e Val Battisti; in sinistra si hanno i rivi Rigolor, Molino, Orighel e Val Cava. Il regime idrico del torrente Fersina è influenzato dalle opere di derivazione che alimentano le centraline di Palù, S.Orsola e Canezza. Si riportano nelle seguenti tabelle le caratteristiche principali della parte montana del torrente Fersina e la consistenza delle opere di competenza del Servizio di Sistemazione Montana, aggiornata al 2001.

Asta principale		Testata			Versante destro			Versante sinistro			Totale						
Lungh.	Pend. media	Sup	Corsi d'acqua		Sup	Corsi d'acqua		Sup	Corsi d'acqua		Sup	Corsi d'acqua					
[km]	[%]	[km ²]	n.	Lungh [km]	Dens [km/m ²]	[km ²]	n.	Lungh [km]	Dens [km/m ²]	[km ²]	n.	Lungh [km]	Dens [km/m ²]				
14,3	10	18,5	15	16	1,09	24,7	33	31,2	1,27	34,8	41	32,1	0,93	78	89	79,3	1,01

Tabella 5: Caratteristiche principali del bacino montano del torrente Fersina

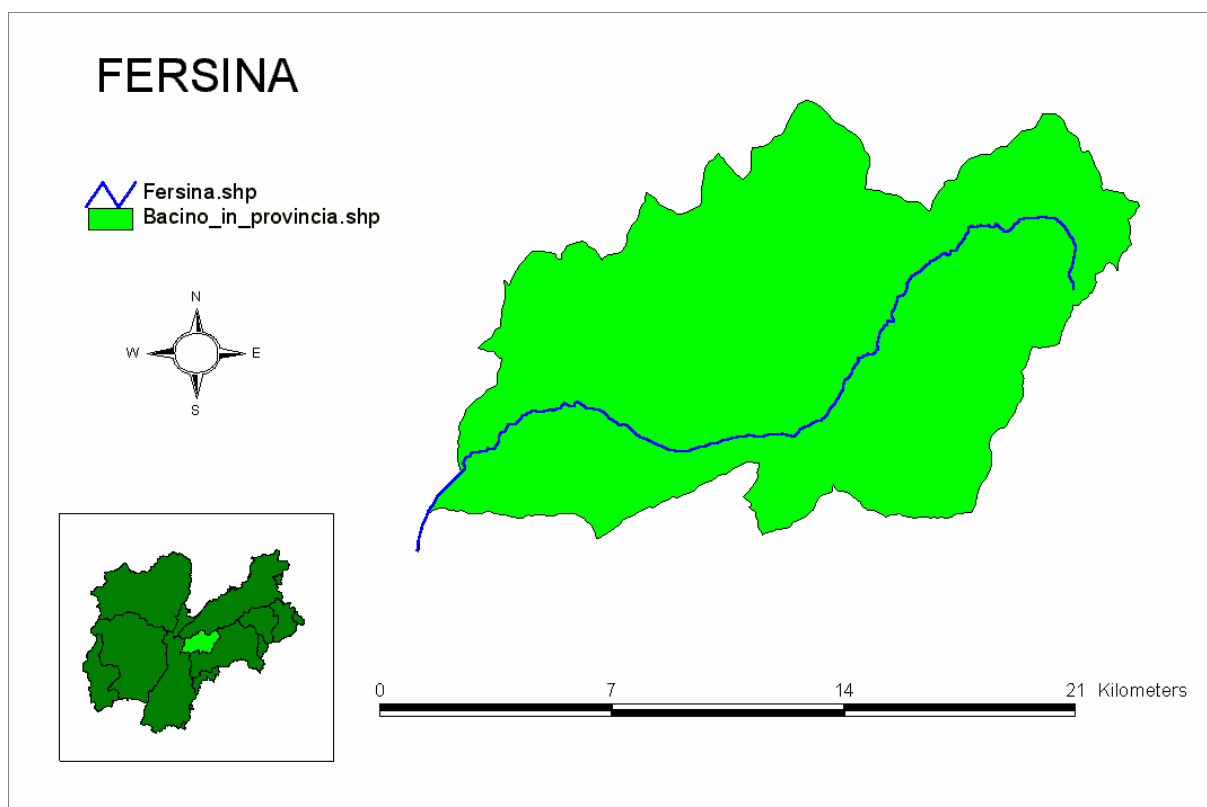


Figura 10: Bacino del torrente Fersina il cui territorio risulta interamente nella provincia di Trento

3.1.1 Aree di rischio idraulico

Il rischio idraulico, da intendersi come rischio di inondazione da parte di acque provenienti da corsi d'acqua naturali o artificiali, come da normativa nazionale (L.267/98) in materia, è stato dedotto dalla carta del rischio idraulico della Provincia di Trento.

Di seguito viene riportato un estratto di tale documento in corrispondenza dell'interferenza coi tracciati T1 e T2.

Come si può vedere dalle immagini seguenti, i due tracciati incontrano il torrente Fersina nel medesimo punto, in prossimità del quale non sono state individuate aree a rischio idraulico.



Figura 11: Interferenza del tracciato T1 col torrente Fersina in vicinanza di Pergine Valsugana (TN)

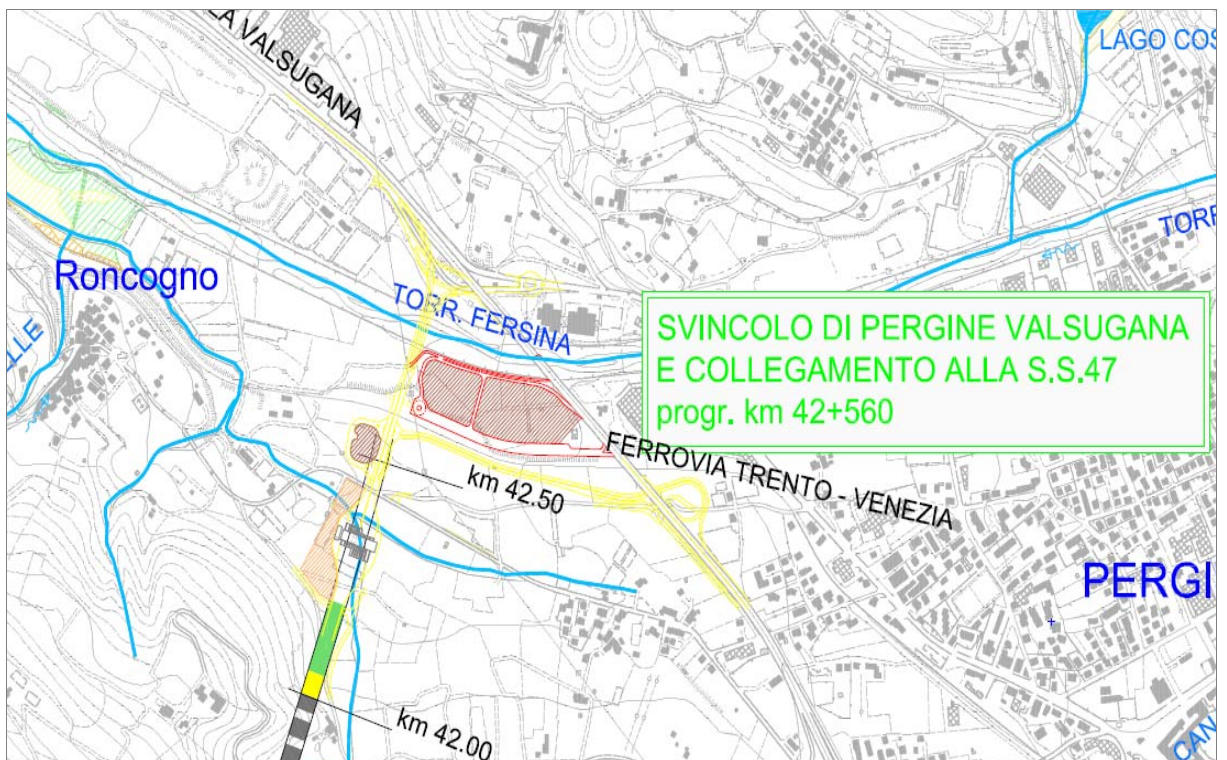


Figura 12: Interferenza del tracciato T2 col torrente Fersina in vicinanza di Pergine Valsugana (TN)

3.2 FASE PROPOSITIVA

In corrispondenza di entrambe le interferenze dei tracciati T1 e T2 col torrente Fersina, verranno previste in fase progettuale delle opere di protezione in massi sciolti, sia per quanto riguarda le pile del viadotto sia per la protezione spondale. Per quanto riguarda i criteri che si utilizzeranno per il dimensionamento, si rimanda al capitolo 10, in particolare al paragrafo 10.4 per quanto riguarda la difesa delle sponde e il paragrafo 2.2.2 per le pile.

4 TORRENTE CENTA

4.1 FASE CONOSCITIVA

4.1.1 Descrizione del bacino

Il torrente Centa è un affluente del più importante fiume Brenta, il cui bacino si trova su un territorio caratterizzato da un ricco sistema idrografico, condizionato dalla geologia e soprattutto dalla tormentata tettonica. Il fiume Brenta, che ha origine dai laghi di Caldonazzo e di Levico, riceve durante il suo corso importanti affluenti fra i quali, in sponda sinistra, i torrenti Larganza, Ceggio, Maso, Chieppena e Grigno. Questi ultimi, con portate abbastanza costanti ed elevate, provengono da convalle che si inoltrano profondamente nei gruppi montuosi (Val Calamento, Val Campelle, Val Malene, Val Tolvà, ecc.).

Il torrente Centa nasce in due rami: dal monte Cornetto (m 2045), e dal Becco di Filadonna (m 2150), presso Barco e scorre lungo l'omonima valle per circa 15 km.

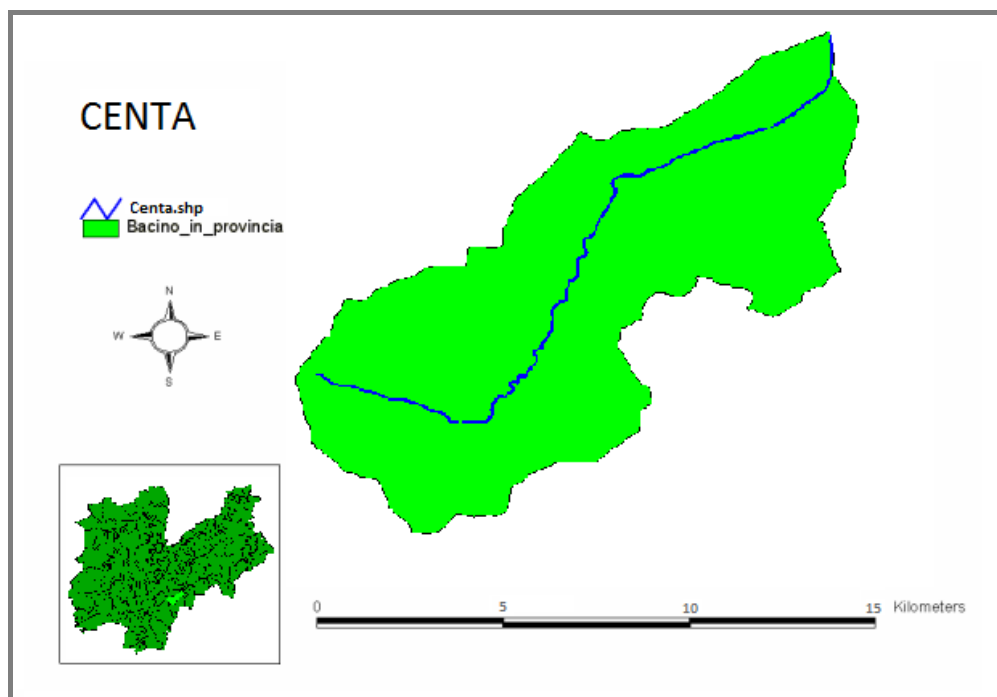


Figura 13: Bacino del torrente Centa, interamente contenuto nella provincia di Trento

4.1.1 Aree di rischio idraulico

Le aree di rischio idraulico, dedotte dall'omonima carta della Provincia di Trento, in prossimità delle interferenze delle tratte oggetto di questa analisi con il torrente Centa, vengono riportate nelle seguenti immagini.

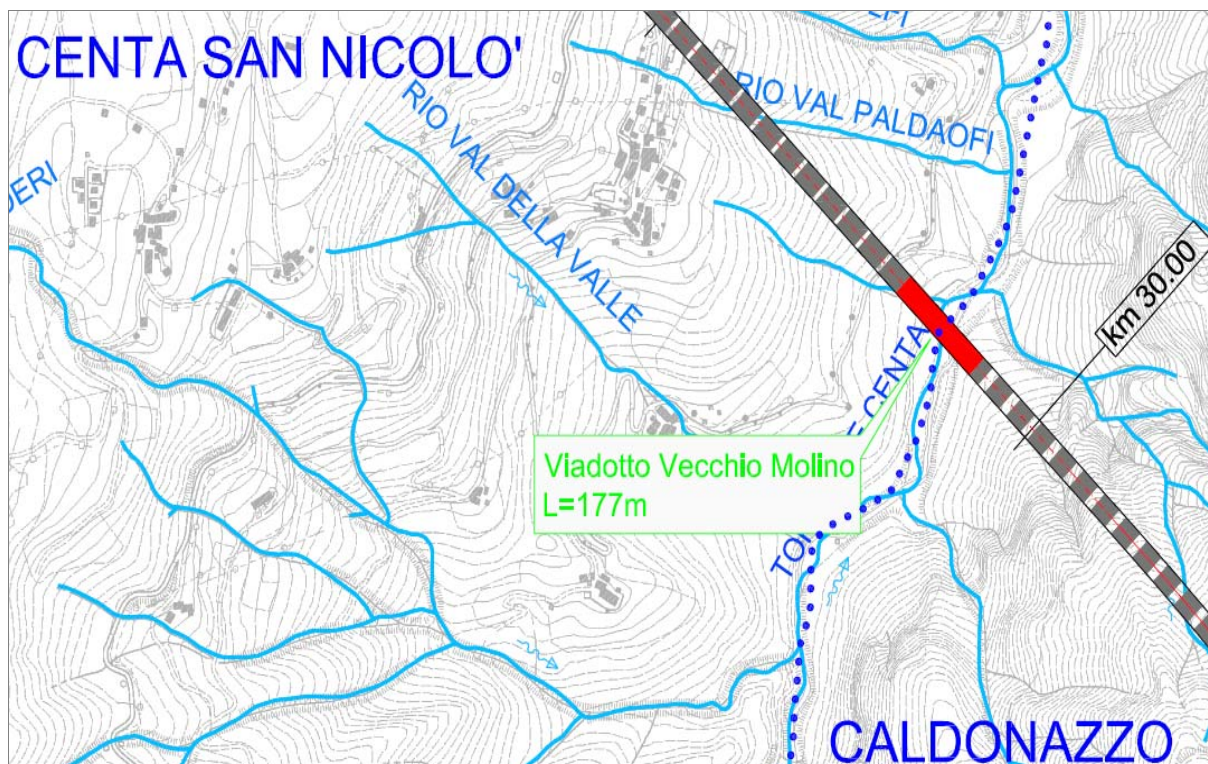


Figura 14: Interferenza dei tracciati T1 e T2 col torrente Centa tra i comuni di Centa San Nicolò e di Caldonazzo

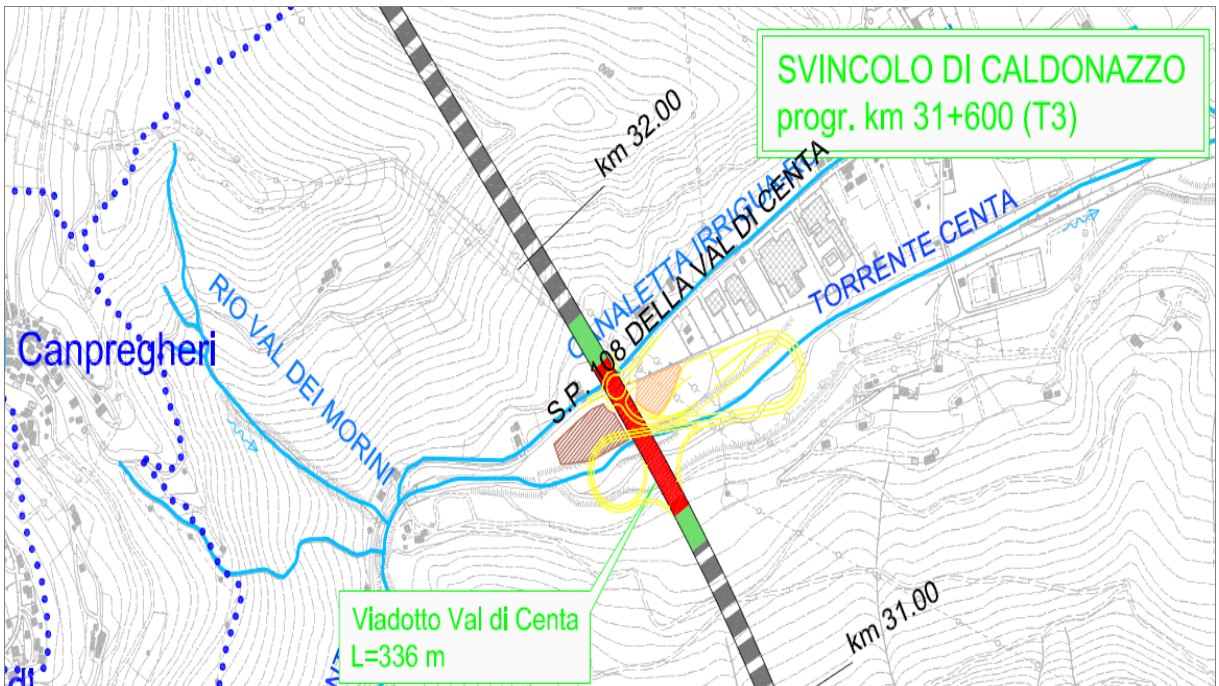


Figura 15: Interferenza del tracciato T3 col torrente Centa in prossimità della frazione di Campregheri (Centa S. Nicolò, TN)

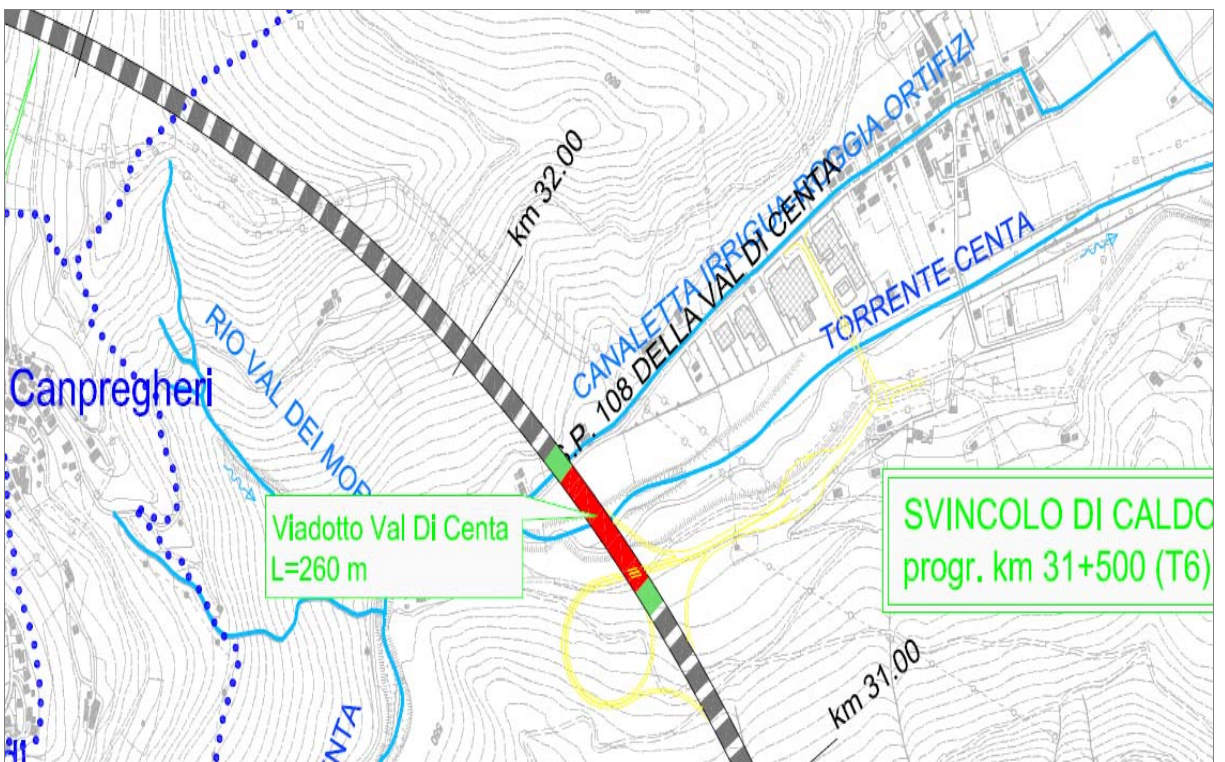


Figura 16: Interferenza del tracciato T6 col torrente Centa in prossimità della frazione di Campregheri (Centa S. Nicolò, TN)

4.2 FASE PROPOSITIVA

Analogamente a quanto previsto per i casi precedentemente esposti, anche in corrispondenza delle interferenze con il torrente Centa verranno previste delle opere di difesa spondale e delle pile di ponte. Tali opere vengono illustrate nel dettaglio nel capitolo 10 e al paragrafo 2.2.2. In riferimento all'interferenza riportata in Figura 14, verrà prevista una deviazione del corso d'acqua con sistemazione mediante salti di fondo a monte e a valle dell'attraversamento, da progettarsi secondo le linee guida del PGUAP come riportato ai paragrafi 10.1 e 10.2.

5 TORRENTE AVISIO

5.1 FASE CONOSCITIVA

5.1.1 Descrizione del bacino

Il bacino del torrente Avisio si estende per 939,58 km² di cui 920,16 km² compresi nella provincia di Trento.

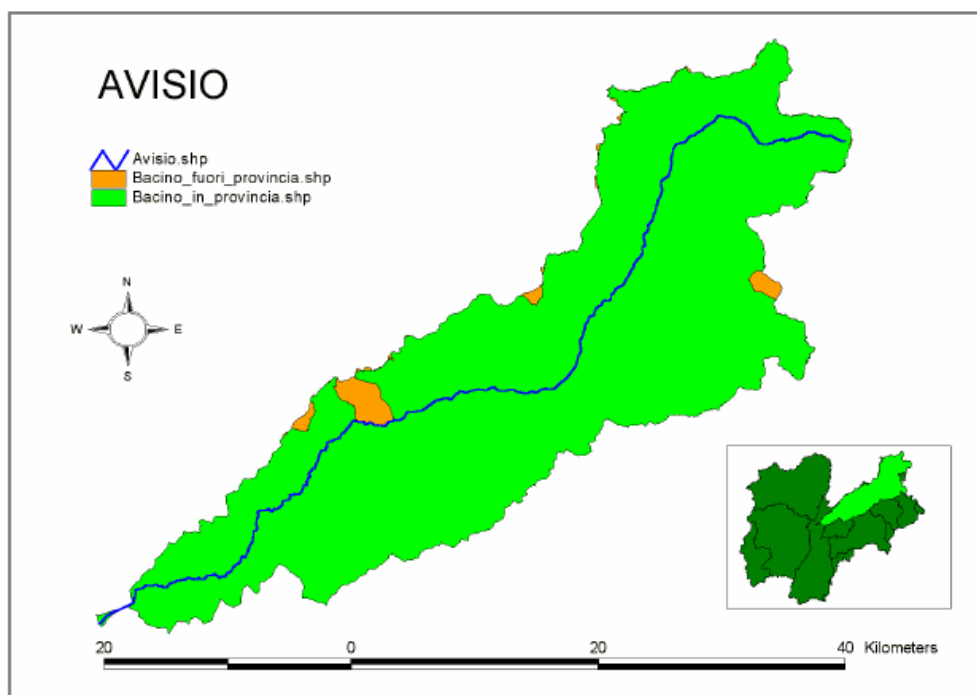


Figura 17: Bacino del torrente Avisio: in verde il territorio relativo al bacino nella provincia di Trento, in arancio le superfici che drenano da altre province (2,07%).

Il contributo di territorio extraprovinciale al deflusso del torrente Avisio è pari al 2,07 % della superficie del bacino imbrifero; queste zone sono localizzate per lo più nella parte medio-bassa del bacino. Il suo perimetro è in questo caso pari a 228 km.

L'asta principale del torrente Avisio si sviluppa da nord-est (appena sotto il bacino artificiale della Fedaià) a sud-ovest (dove confluisce nell'Adige a valle dell'abitato di Lavis) per una

lunghezza complessiva di 91,47 km con una pendenza media pari a 2,02 %.

Il bacino si sviluppa da un massimo di 3331 m ad un minimo di 195 m. Dal punto di vista morfologico esso è suddivisibile in due distinte zone: a monte di Predazzo, dove la valle è caratterizzata da quote più elevate (maggiori di 1000 m) e gli affluenti confluiscono nell'Avisio in gole scavate nei gradini glaciali, e a valle, dove la vallata si presenta più larga e con quote meno elevate. La quota media è pari a 1663 m, con una deviazione standard è pari a 529 m.

Le maggiori pendenze si concentrano nella parte medio alta del bacino dove spiccano i massicci del Sella, del Sassolungo, del Catinaccio ed il gruppo della Marmolada.

La pendenza media è pari al 52 % e la deviazione standard è pari al 34 %.

La maggior parte della superficie del bacino dell'Avisio è esposta verso nord, nord-ovest, ovest.

I laghi compresi nel bacino dell'Avisio sono ben 51 e occupano una superficie pari a 2,57 km². Quattro di essi sono regolati (Lago di Forte Buso, Lago della Fedaia, Lago di Stramentizzo, Lago di Pezzé di Moena).

Nel bacino sono presenti ghiacciai che occupano una superficie pari a 2,99 km², essi sono concentrati per lo più attorno al massiccio della Marmolada.

5.1 FASE PROPOSITIVA

Il torrente Avisio viene interferito dal tracciato T1 in galleria pertanto non presenta alcun problema dal punto di vista né del rischio idraulico né relativo ad eventuali sistemazioni da progettare lungo il corso d'acqua.

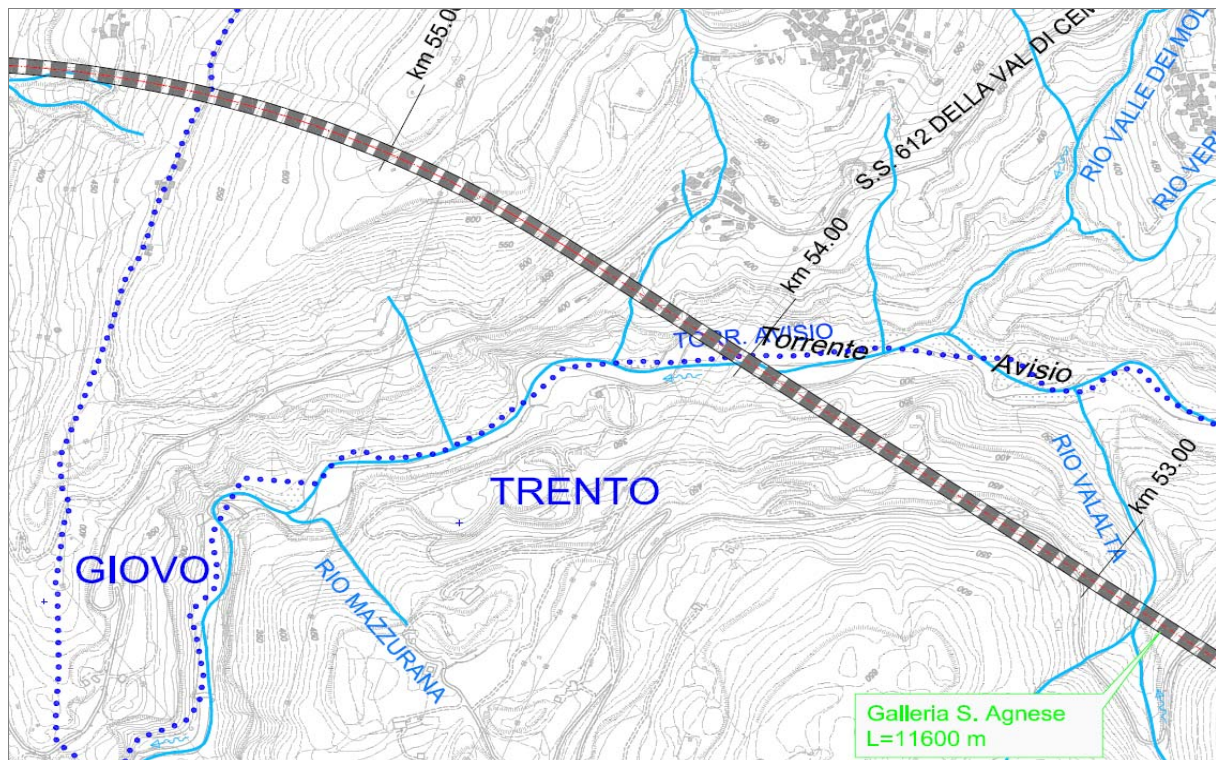


Figura 18: Interferenza in galleria del tracciato T1 col torrente Avisio, tra i comuni di Trento e Giovo

6 TORRENTE ASTICO

6.1 FASE CONOSCITIVA

6.1.1 Descrizione del bacino

Il bacino dell'Astico-Tesina costituisce il 40% della superficie totale del bacino del Bacchiglione. La superficie dell'Astico-Tesina infatti, è pari a circa 770 km² di cui circa il 10% in Provincia di Trento. Il Torrente Astico nasce fra il Sommo Alto ed il Monte Plant a quota 1.441 m presso Malga Orsara. A Pedescala confluisce in sinistra il Torrente Val d'Assa (si veda il paragrafo 7.1.1). A Seghe di Velo le sue scarse acque, in condizioni di magra, sono incrementate dai contributi idrici del Posina e a valle di Lugo sono deviate al Canale Mordini mediante una briglia di sbarramento, sicché il letto del torrente rimane completamente all'asciutto per molti periodi nell'anno sino a Lupia, nelle vicinanze di Sandrigo, dove riceve in sinistra il Tesina che dà il nome all'asta principale. La confluenza in sinistra Bacchiglione avviene a Longare.

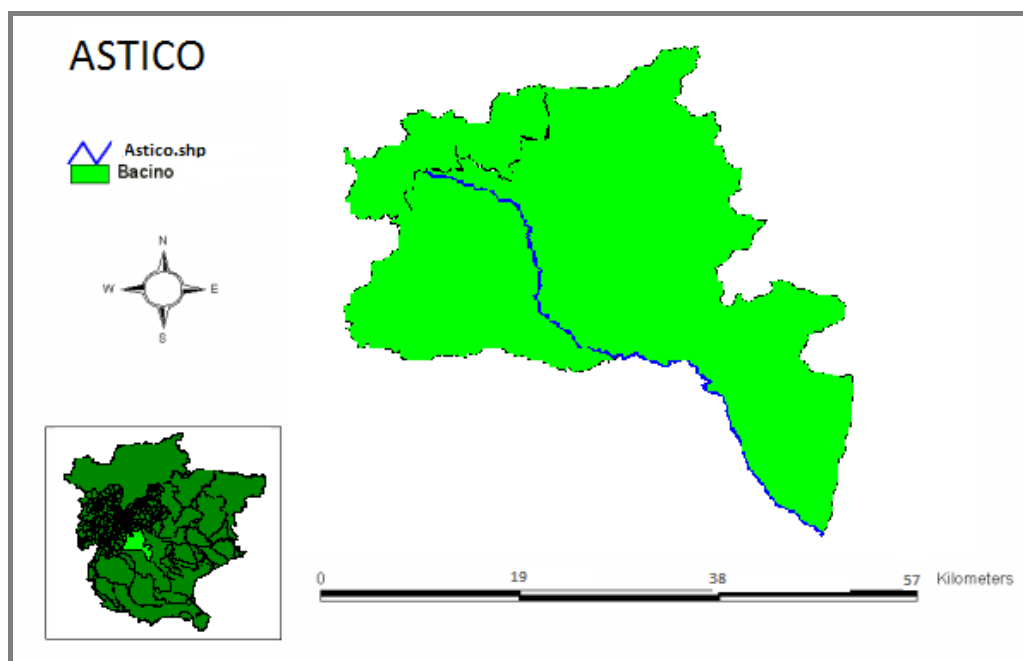


Figura 19: Bacino del torrente Astico ricadente nella Provincia di Vicenza e in minor parte in quella di Trento

Una descrizione più approfondita del bacino si trova nella “Relazione idrologica” (elaborato 2505-020801001-0101-0PP-00).

6.1.1 Aree di rischio idraulico

Tutti i tracciati oggetto di valutazione corrono in larga parte in affiancamento al torrente Astico, attraversandolo in diversi punti. Di seguito vengono riportati gli estratti planimetrici delle interferenze tra il corso d’acqua e la strada, evidenziando con un retino blu le aree allagate durante la piena del 1966 e in verde quelle dell’evento alluvionale del 1882. Alcuni attraversamenti del torrente avvengono in queste aree, in particolare: lo svincolo di Velo d’Astico, il viadotto Velo, il viadotto Arsiero e il viadotto Posta.

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

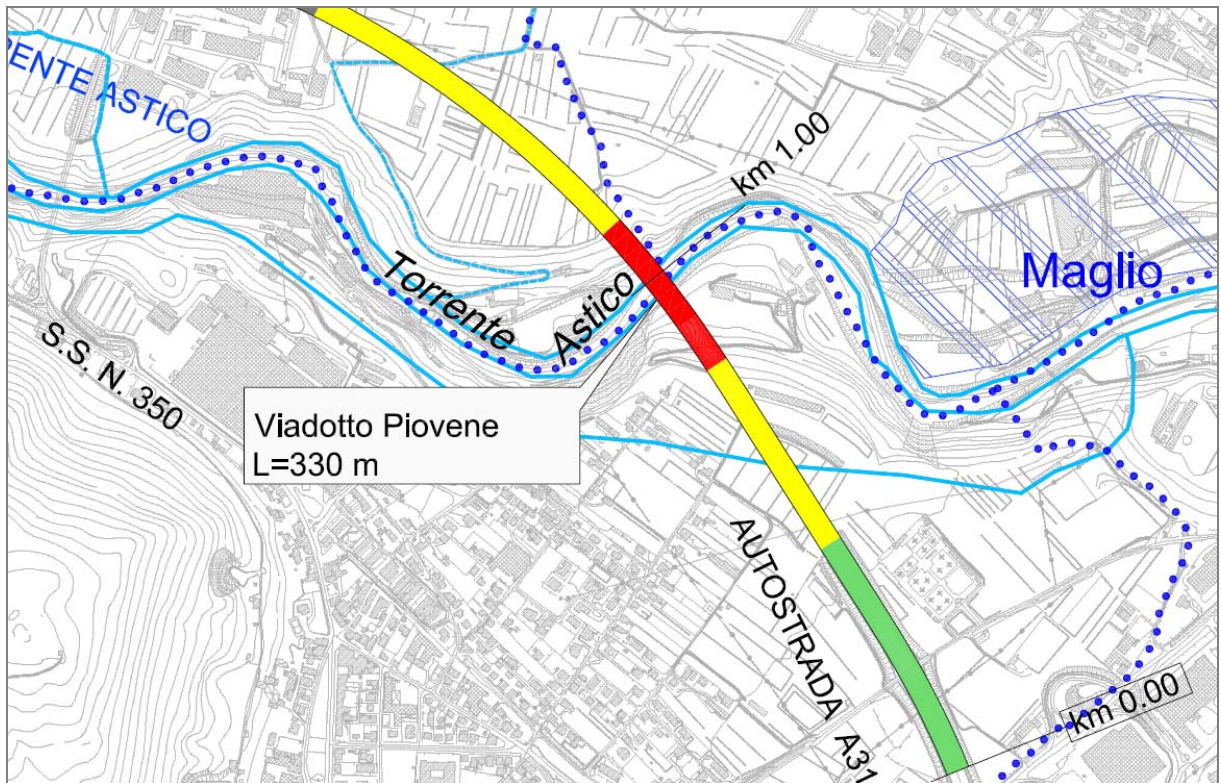


Figura 20: interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4, T5 e T6 col torrente Astico a nord di Piovene Rocchette

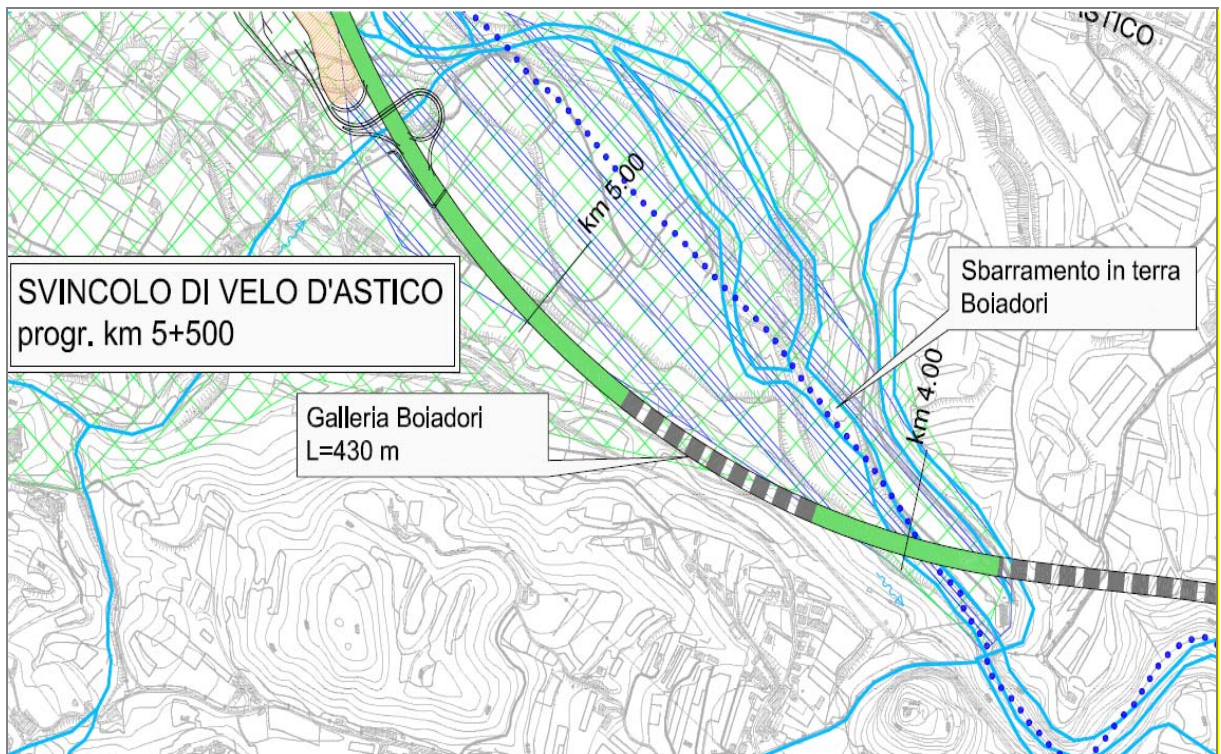


Figura 21: interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4, T5 e T6 col torrente Astico in rilevato in prossimità del nuovo sbarramento in terra in progetto

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

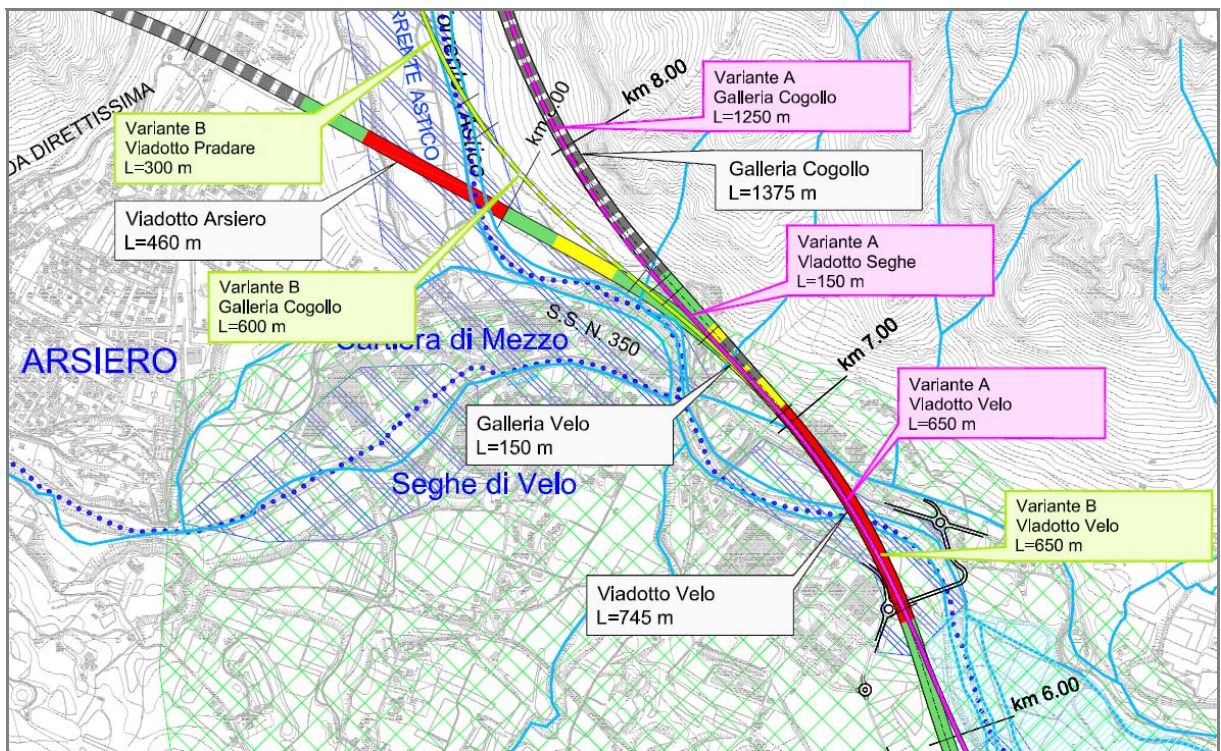


Figura 22: interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4, T5, T6 col torrente Astico in viadotto Velo e col tracciato T5 in viadotto Arsiero, in prossimità dell'abitato di Seghe di Velo

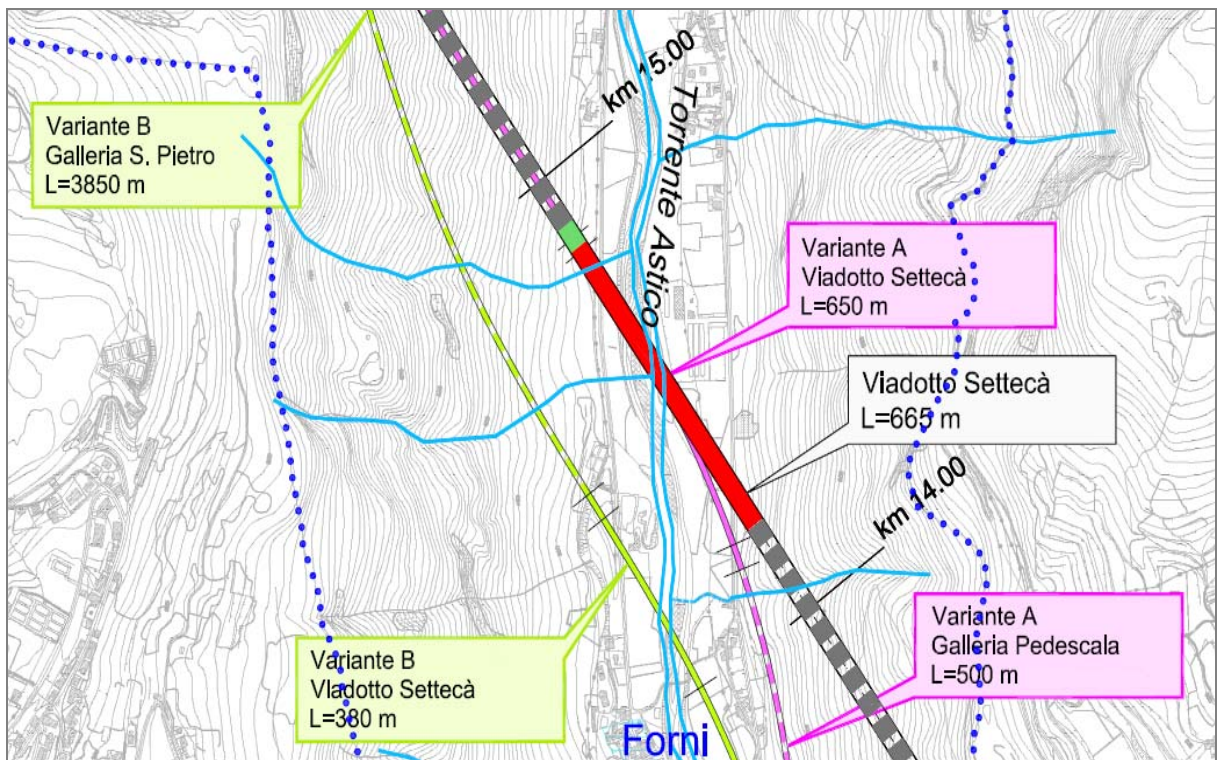


Figura 23: interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4, T6 col torrente Astico in viadotto a nord dell'abitato di Forni

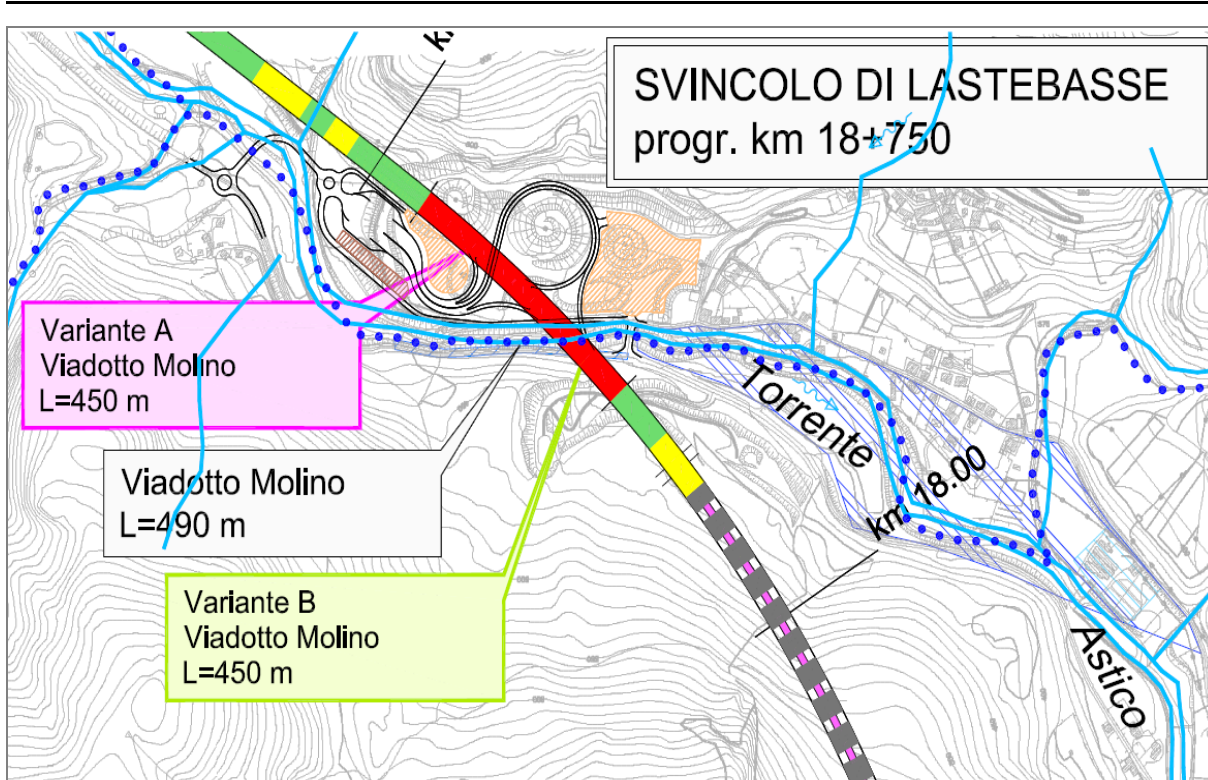


Figura 24: interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4, T6 col torrente Astico in viadotto all'altezza dello svincolo di Lastebasse

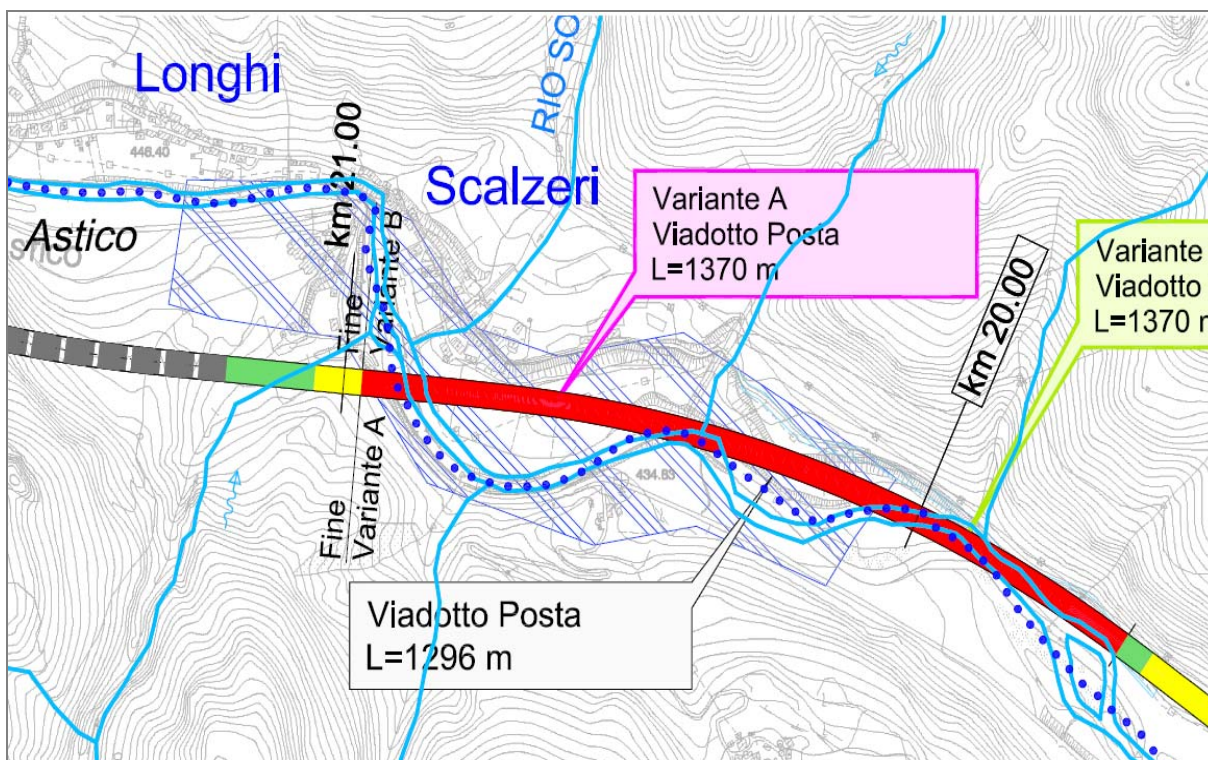


Figura 25: interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4, T6 col torrente Astico in viadotto in prossimità dell'abitato di Scalzeri

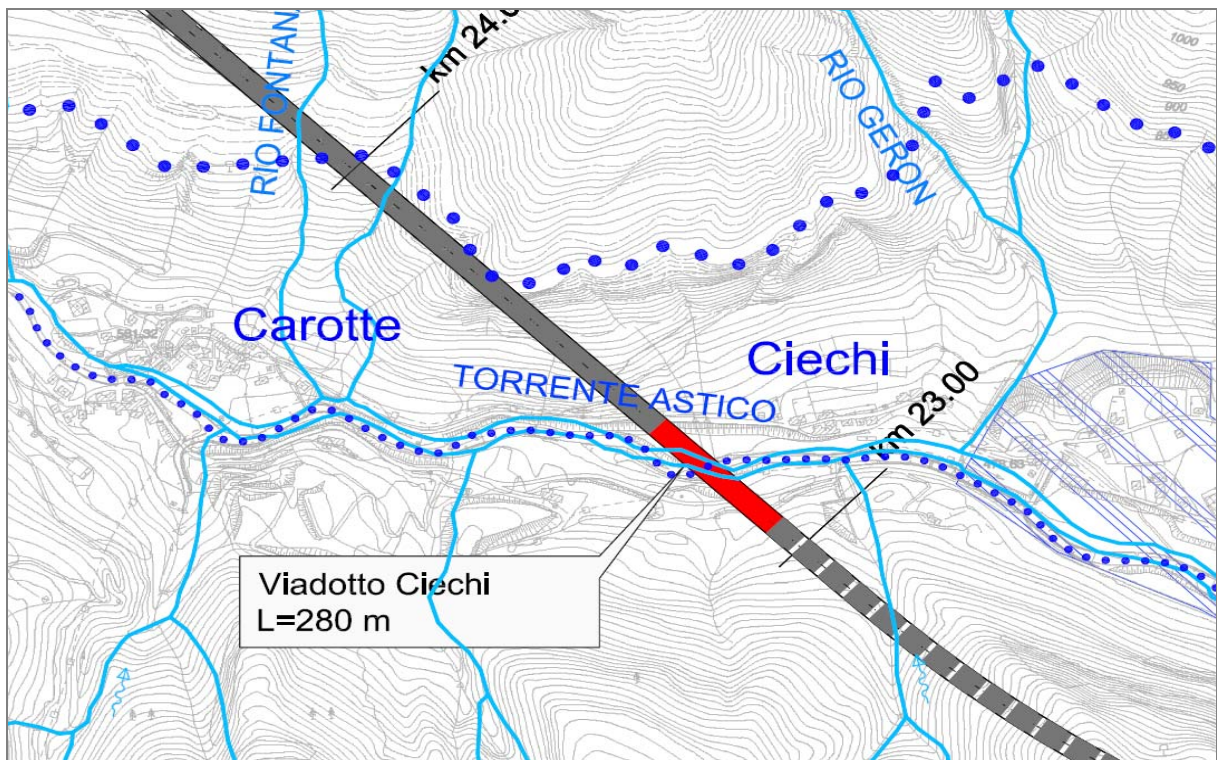


Figura 26: interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4, T6 col torrente Astico in viadotto in vicinanza della frazione di Ciechi

6.2 FASE PROPOSITIVA

Il torrente Astico viene attraversato dai tracciati considerati in viadotto, pertanto in corrispondenza di queste opere si dovranno prevedere degli interventi di protezione spondale e di protezione delle pile per prevenire l'erosione delle opere stesse (come spiegato al paragrafo 2.2.2). Essendo i tracciati spesso affiancati al torrente, verranno previste in alcuni punti delle opere di protezione del rilevato stradale e della sponda anche se il corso d'acqua non viene attraversato; tali interventi verranno progettati in conformità con quanto illustrato nei documenti precedentemente citati redatti dall'Autorità di Bacino e dalla Provincia Autonoma di Trento. In prossimità dei viadotti Posta e Ciechi (Figura 25 e Figura 26) verrà anche prevista una deviazione del corso d'acqua in modo che questo non lambisca il tracciato stradale previsto.

7 TORRENTE ASSA

7.1 FASE CONOSCITIVA

7.1.1 Descrizione del bacino

Il torrente Assa scorre tra le province di Trento e di Vicenza. Nasce a Passo Vezzena a quota 1400 m s.l.m., scende con direzione ponente-levante fino a Ghertele da dove piega a Sud fino a Roana; esso riceve le acque dell'Altopiano dei Sette Comuni. Nel primo tratto il Torrente Assa riceve, in sinistra, i contributi dei torrenti Val Sparvieri e Val La Rotta che scendono dai massicci del Vezzena e del Manderiolo. I torrenti tributari di destra convogliano le acque delle pendici settentrionali del Verena. Prima di Roana confluisce alla Val d'Assa il torrente Portule, che col suo affluente Galmarara scarica le acque dei versanti meridionali del Monte Pallone e Cima Dodici. A valle di Roana il torrente, profondamente incassato, piega ancora con ampia curva in direzione Sud-Ovest e riceve, in sinistra, il Ghelpach, il quale proviene dalle pendici del Monte Longara e del Monte Nos e passa da Gallio ad Asiago.

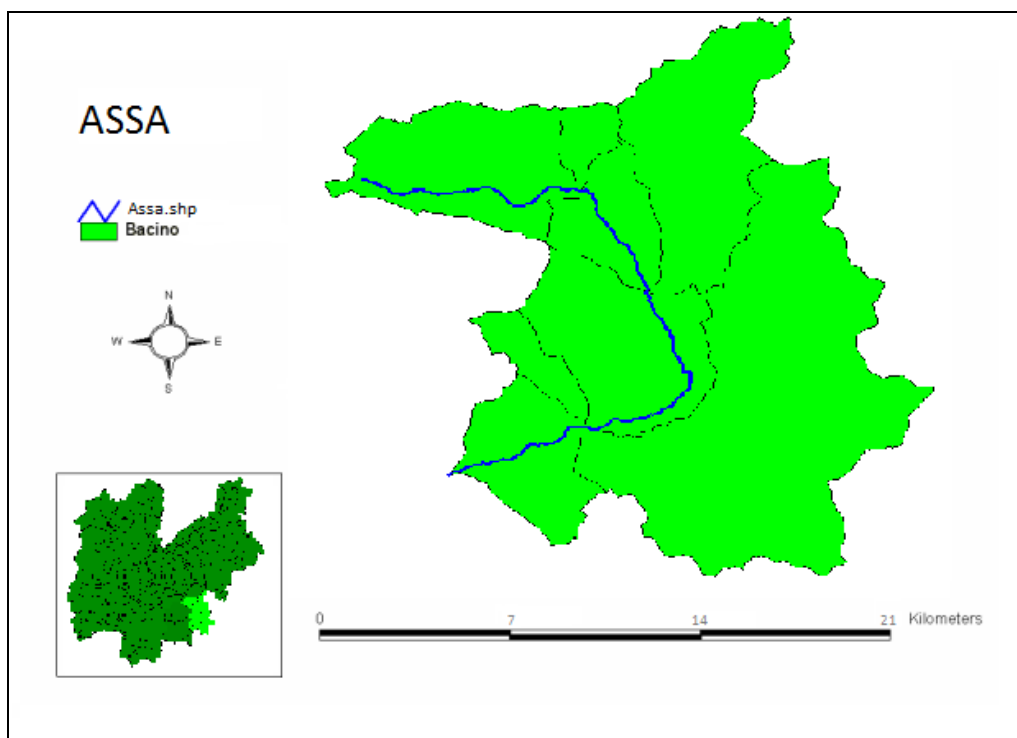


Figura 27: Bacino del torrente Assa ricadente nella Provincia di Vicenza, con i bacini relativi agli affluenti Galmarara, Ghelpach e Martello

7.1.1 Aree di rischio idraulico

Si riporta di seguito un estratto planimetrico dell'interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4 e T6 col torrente Assa, in prossimità dell'abitato di Pedescala (Vicenza) dove i tracciati in questione risultano sovrapposti. Nell'immagine sottostante vengono rappresentate anche le aree allagate nell'evento alluvionale del 1966 (retino blu a sud dell'abitato di Pedescala). Il viadotto Assa non risulta localizzato in prossimità di queste aree a rischio esondazione, come è possibile vedere dalla Figura 28.



Figura 28: Interferenza dei tracciati T1, T2, T3, T4, T6 col Torrente Assa, in prossimità della frazione di Pedescala (Valdastico, VI)

7.2 FASE PROPOSITIVA

In corrispondenza dell'attraversamento dei tracciati T1, T2, T3, T4 e T6 col torrente Assa mediante l'omonimo viadotto, verranno proposte delle opere di sistemazione del corso d'acqua mediante salti di fondo, che verranno progettati in conformità con quanto esposto ai paragrafi 10.1 e 10.2, prediligendo la realizzazione dei manufatti in massi a secco piuttosto che in calcestruzzo.

8 TORRENTE POSINA

8.1 FASE CONOSCITIVA

8.1.1 Descrizione del bacino

Il torrente Posina è uno dei principali affluenti del torrente Astico, scende col nome iniziale di Val del Lovo dal Monte Borcoletta e scorre in direzione ovest-est all'interno di una gola tra i monti Priaforà e Cimone. Lungo il suo corso il torrente riceve gli affluenti Zara e Rio Freddo e, dopo aver attraversato la cittadina di Arsiero, si butta nell'Astico.

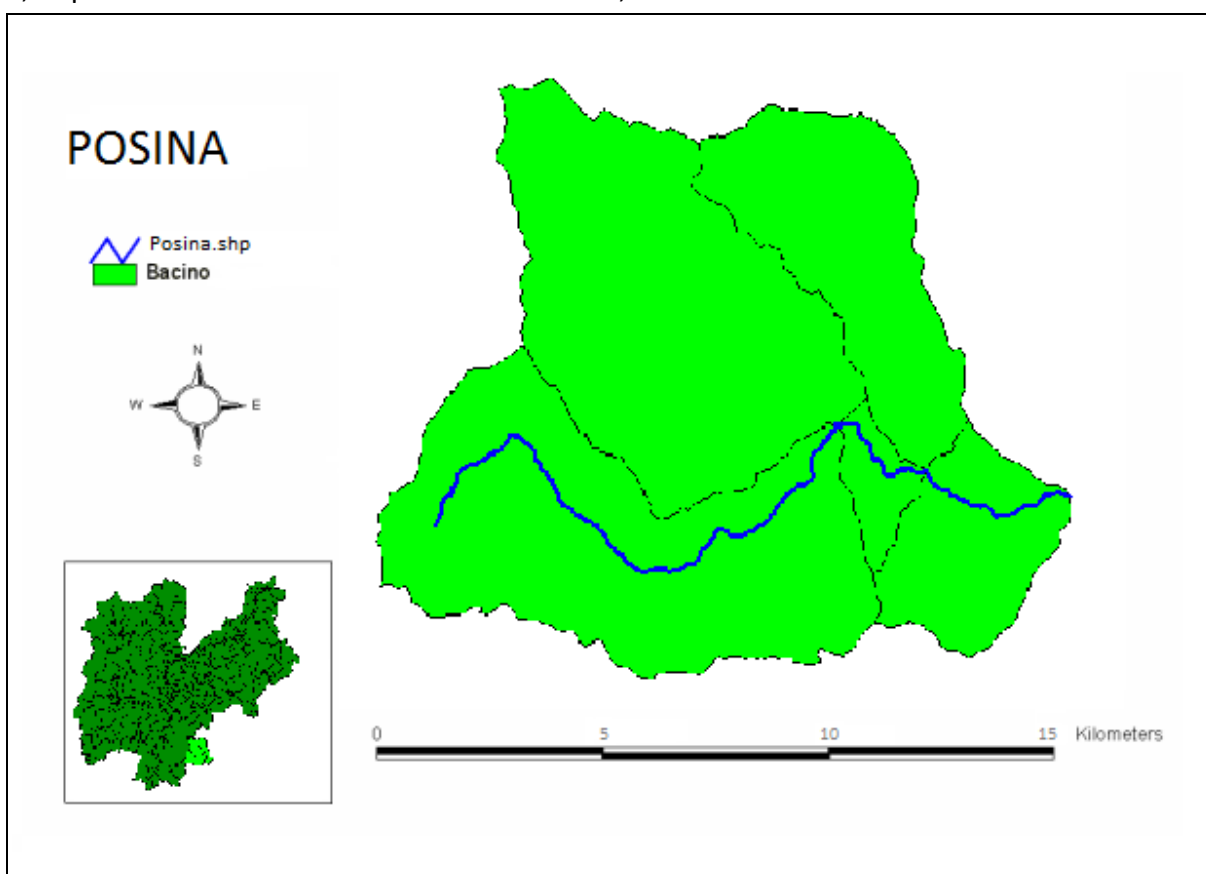


Figura 29: Bacino del torrente Posina ricadente in massima parte nella Provincia di Vicenza, con i bacini relativi agli affluenti rio Freddo e rio La Zara

8.1.1 Aree di rischio idraulico

Analogamente a quanto spiegato per il torrente Assa, le interferenze del tracciato T5 col torrente Posina avvengono in territorio Veneto. Entrambi i viadotti, Posina e Castana, si trovano in aree che durante l'evento di piena del 1966, evento preso come riferimento per il calcolo della portata di progetto nel torrente Astico, sono state allagate dal torrente. Per quanto riguarda invece l'attraversamento del medesimo tracciato col torrente La Zara,

affluente del Posina, il ponte non risulta localizzato in area a rischio alluvione, si veda a riguardo la Figura 31.

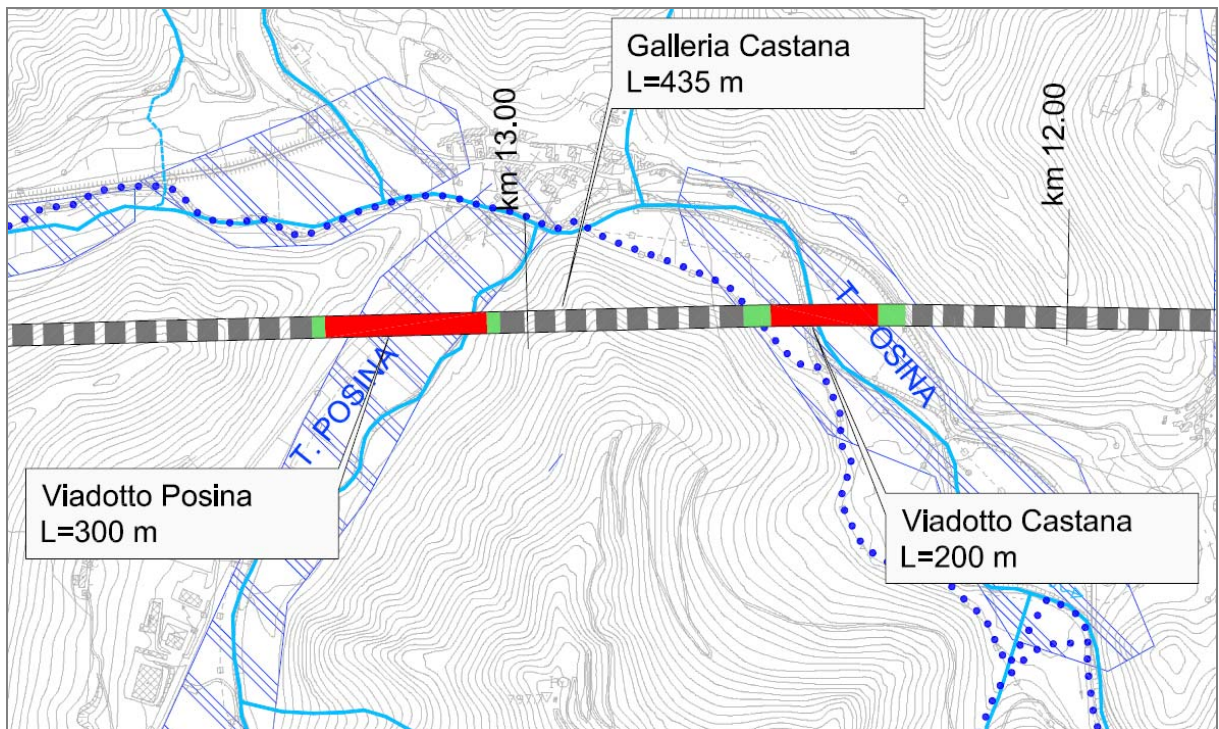


Figura 30: Interferenza del tracciato T5 col torrente Posina, in prossimità della frazione di Bazzoni (VI)

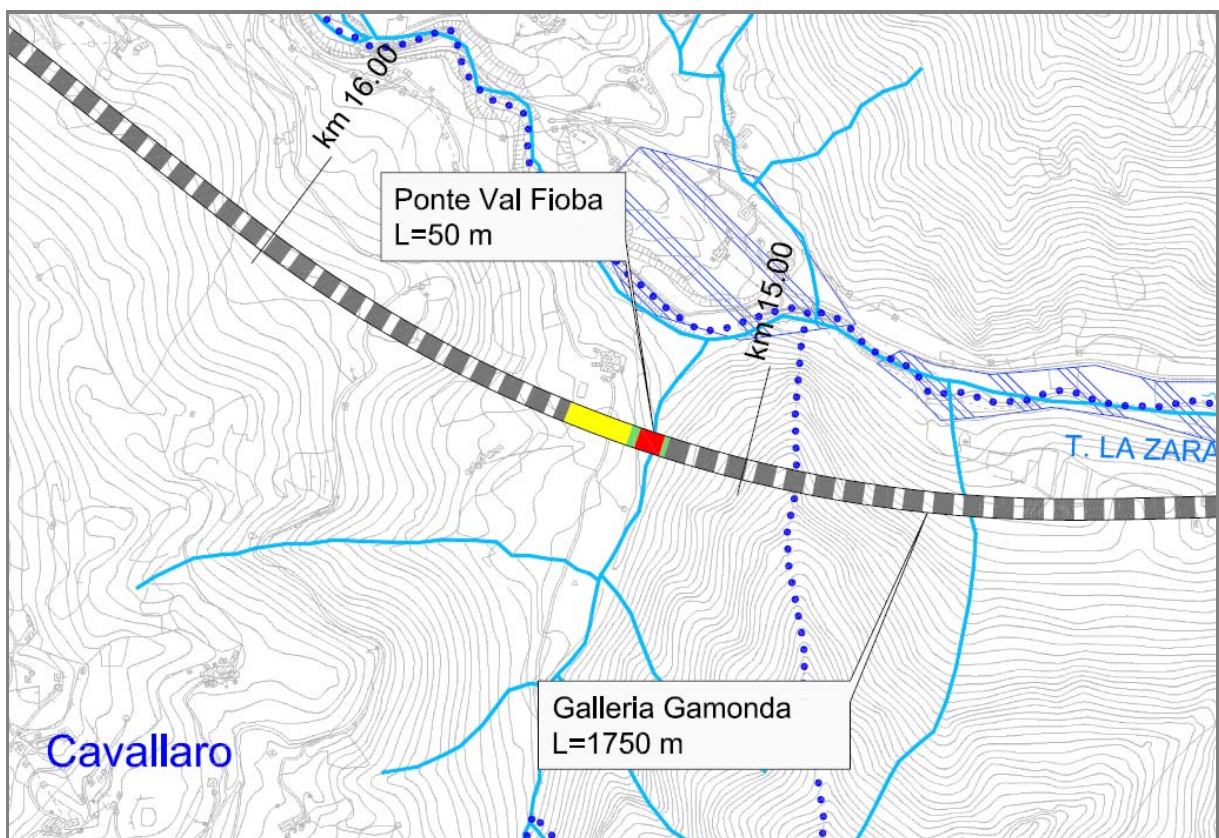


Figura 31: Interferenza del tracciato T5 col torrente La Zara, affluente del Posina

8.2 FASE PROPOSITIVA

Il torrente Posina viene interferito lungo il suo corso solamente dal tracciato T5; per i due viadotti in progetto verranno realizzate delle opere di protezione spondali a massi sciolti e analogamente verranno protette dall'erosione le pile dei viadotti stessi. Per quanto riguarda invece l'attraversamento del torrente La Zara, in Figura 31, verrà progettata una sistemazione del corso d'acqua mediante salti di fondo (in conformità con quanto indicato nel PGUAP e richiamato ai paragrafi 10.1 e 10.2).

9 RETICOLO MINORE INTERFERITO

9.1 FASE PROPOSITIVA

Per quanto riguarda questi corsi minori, per il cui attraversamento è spesso sufficiente la realizzazione di uno scatolare o di un tombino circolare, si prevede di realizzare opere sulla base degli schemi rappresentati dalle due figure successive. La protezione all'imbocco e allo sbocco dei tombini idraulici sarà garantita tramite la posa in opera di massi sciolti; i dettagli di tali intervento di protezione saranno specificati in una fase successiva di progettazione.

Le opere saranno opportunamente raccordate alle sezioni di monte e di valle mediante opportuni inalveamenti, da preferire se realizzati con tecniche di ingegneria naturalistica. Nella fase successiva di progettazione queste opere verranno studiate nel dettaglio per il tracciato prescelto.

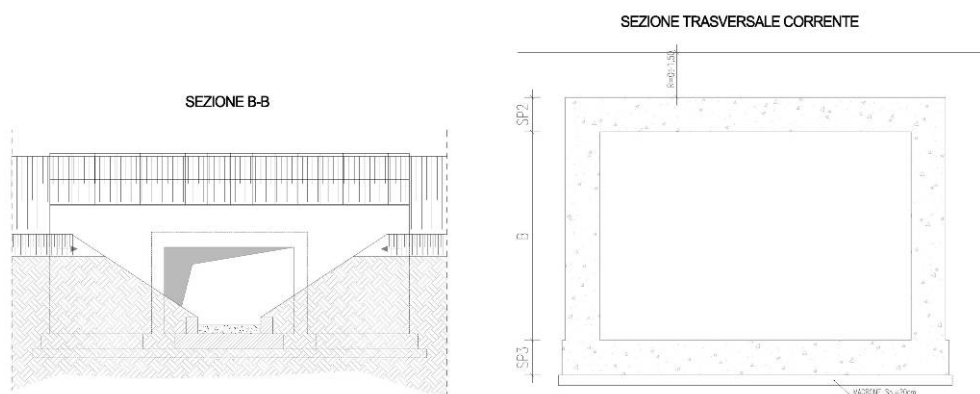


Figura 32: tipologia di tombino scatolare - sezioni

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

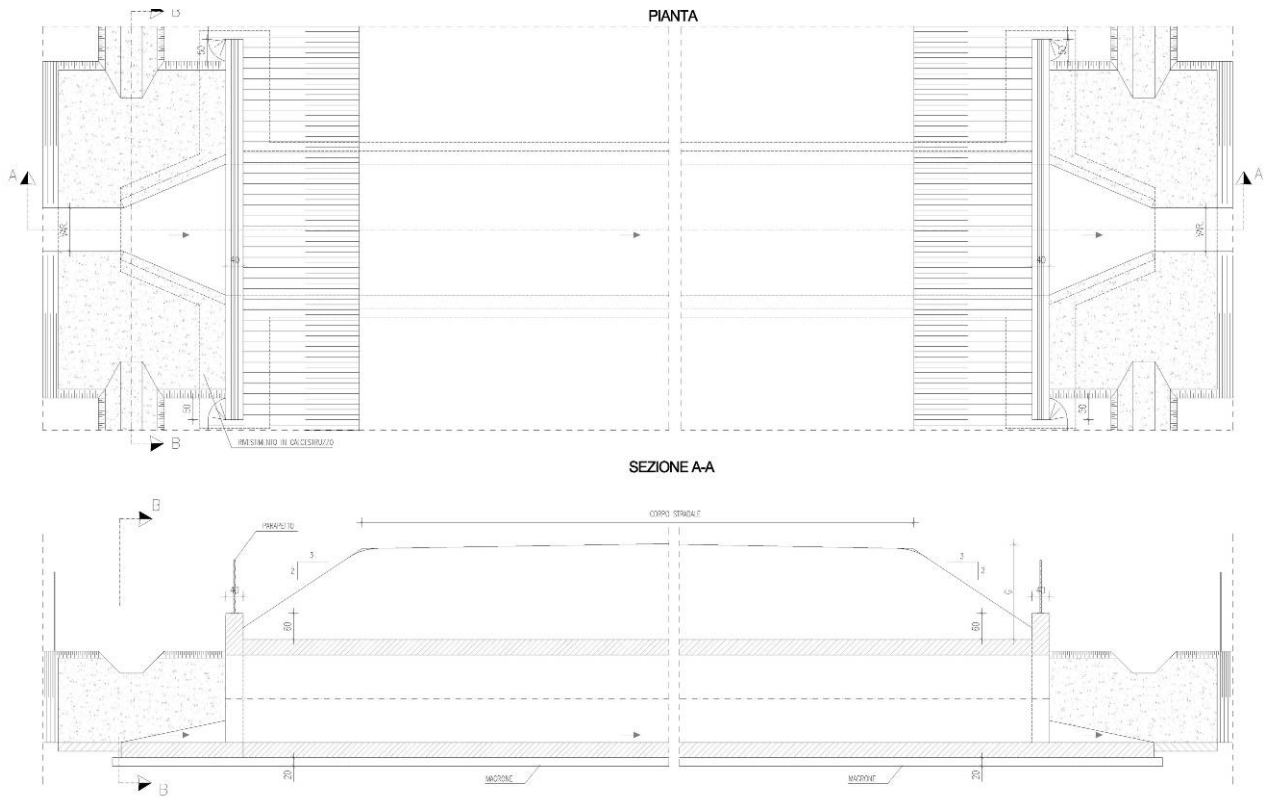


Figura 33: tipologico di tombino scatolare – pianta

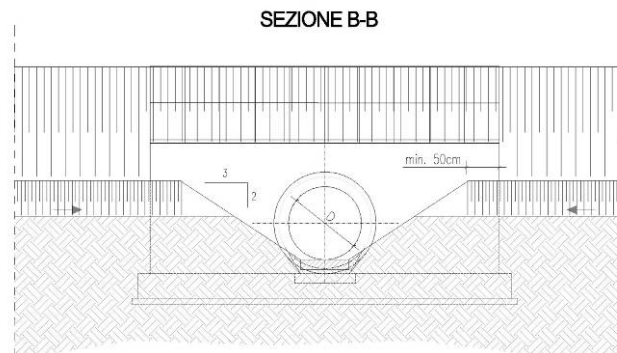


Figura 34: tipologico di tombino circolare - sezione

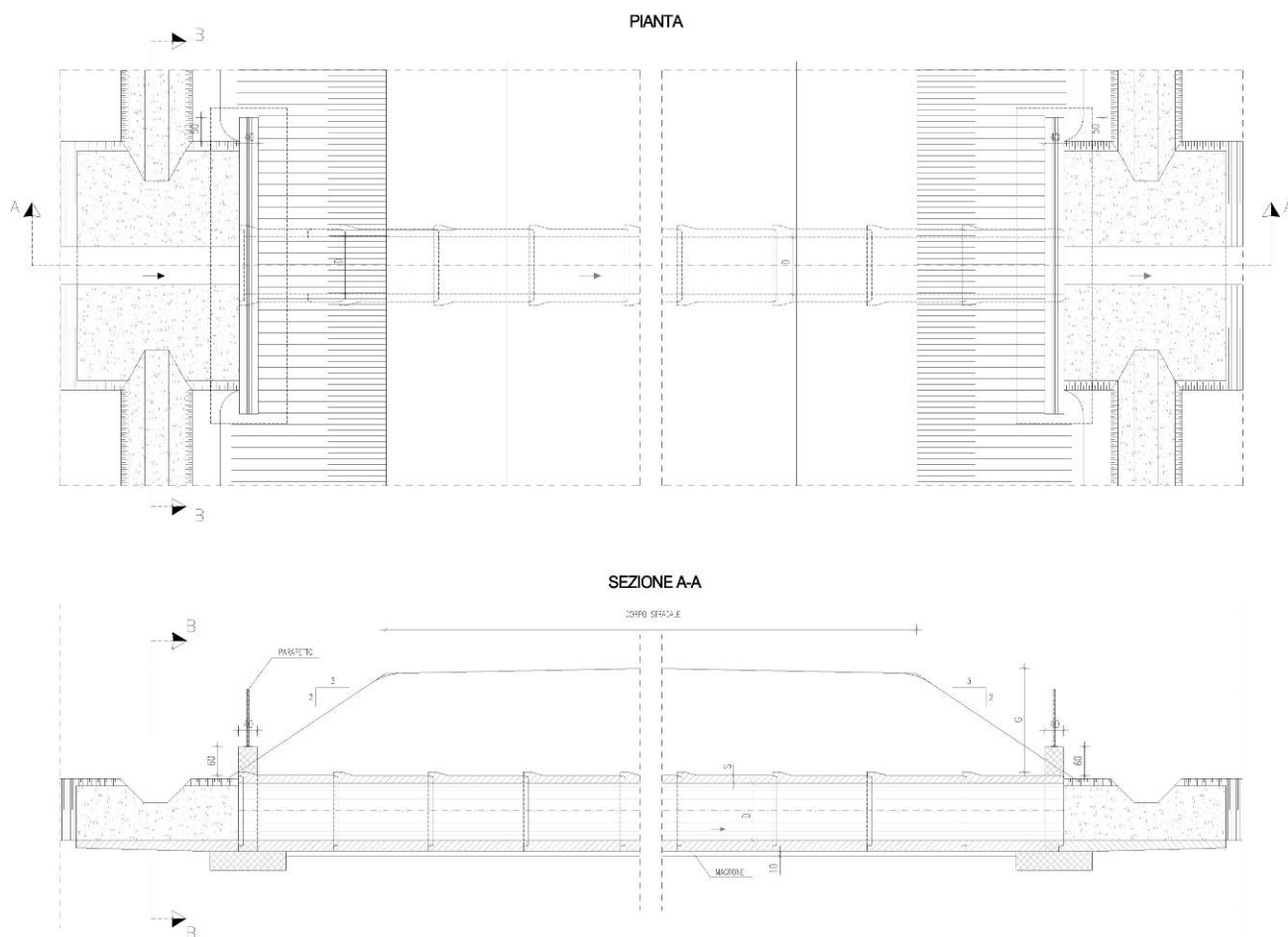


Figura 35: tipologico di tombino circolare – pianta

10 OPERE DI SISTEMAZIONE PREVISTE

Come già anticipato nella premessa, lo sviluppo dei tracciati stradali in studio interferisce con una serie di corsi d'acqua e rogge appartenenti al reticolo idrico secondario.

In prossimità degli attraversamenti del tracciato, verrà valutato l'inserimento di opere di sistemazione idraulica per la stabilizzazione del fondo dell'alveo e la salvaguardia del territorio circostante lo stesso da esondazioni.

Per queste opere di sistemazione idraulica, in riferimento a quanto indicato nel PGUAP della Provincia Autonoma di Trento, si prenderanno in considerazione le seguenti:

- *opere trasversali* che stabilizzano il fondo del corso d'acqua; realizzate allo scopo di determinare un equilibrio tra le attività di scavo e di trasporto esercitate dai corsi d'acqua negli alvei mobili al fine di evitare fenomeni di erosione o di sovralluvionamento con conseguenti fenomeni di dissesto idrogeologico e inondazioni.

- *opere di difesa spondale* quali i muri, le scogliere evitano l'erosione e la lesione delle sponde del corso d'acqua, proteggendo le attività adiacenti da pericolose esondazioni.
- *rilevati arginali*: sono opere realizzate per il contenimento della portata di piena e per la difesa del territorio circostante il corso d'acqua.
- *rivestimenti d'alveo*: proteggono il fondo del corso d'acqua da erosioni evitando fenomeni di scalzamento sulle opere esistenti, vengono realizzati in particolare per la difesa degli attraversamenti del corso d'acqua.
- *cunette e cunettoni*: sono dei canali a sezione ristretta rivestiti, relativamente profondi impiegati per evitare l'erosione del fondo e delle sponde.

Si riporta di seguito un approfondimento delle opere di sistemazione idraulica utili al fine dell'analisi in corso, tratto dal PGUAP.

10.1 Briglie e soglie in massi a secco

Queste opere trasversali, mediante le quali è possibile diminuire la pendenza del corso d'acqua, sono costituite da file di massi di diametro opportuno, disposti secondo una pendenza variabile (che può andare indicativamente dal caso verticale al caso 2:1), compatibilmente con le esigenze di carattere statico.

Per migliorare le caratteristiche di stabilità strutturale, in pianta l'opera assume un andamento arcuato verso monte e i massi possono essere legati tra loro con cavi in acciaio (si veda il particolare in Figura 12).

La gaveta va sagomata in modo da favorire la concentrazione della corrente in centro alveo.

Per calcolare la stabilità del singolo masso si può utilizzare la teoria di Shields, per lo studio dell'incipiente movimento del materiale d'alveo, tenendo in considerazione gli effetti dovuti alla pendenza longitudinale, al nascondimento e alla bassa sommergenza. Queste opere comportano basso impatto ambientale e paesaggistico, ma anche bassa resistenza strutturale per i materiali naturali utilizzati.

Campo di applicazione:

- Corsi d'acqua caratterizzati da trasporto solido contenuto (trasporto di fondo)
- Contesti di pregio paesaggistico elevato (non urbanizzati)
- Esigenza di mantenimento della continuità fluviale
- Granulometria dell'alveo molto eterogenea
- Presenza in loco di massi

- Pendenze non superiori al 12-14%

Interventi di mitigazione:

- Disposizione irregolare dei massi, specie nel caso di salti bassi (<70cm)
- Scale di rimonta (se giustificato dal contesto complessivo)
- Evitare collocazione di massi di protezione a valle del salto (dannosi per la fauna ittica), ma creare, al contrario, una buca che ne consenta sosta e rifugio
- Ridurre il più possibile la larghezza sommitale (in direzione parallela alla corrente)
- Sagomare la gaveta atta a concentrare la portata di magra

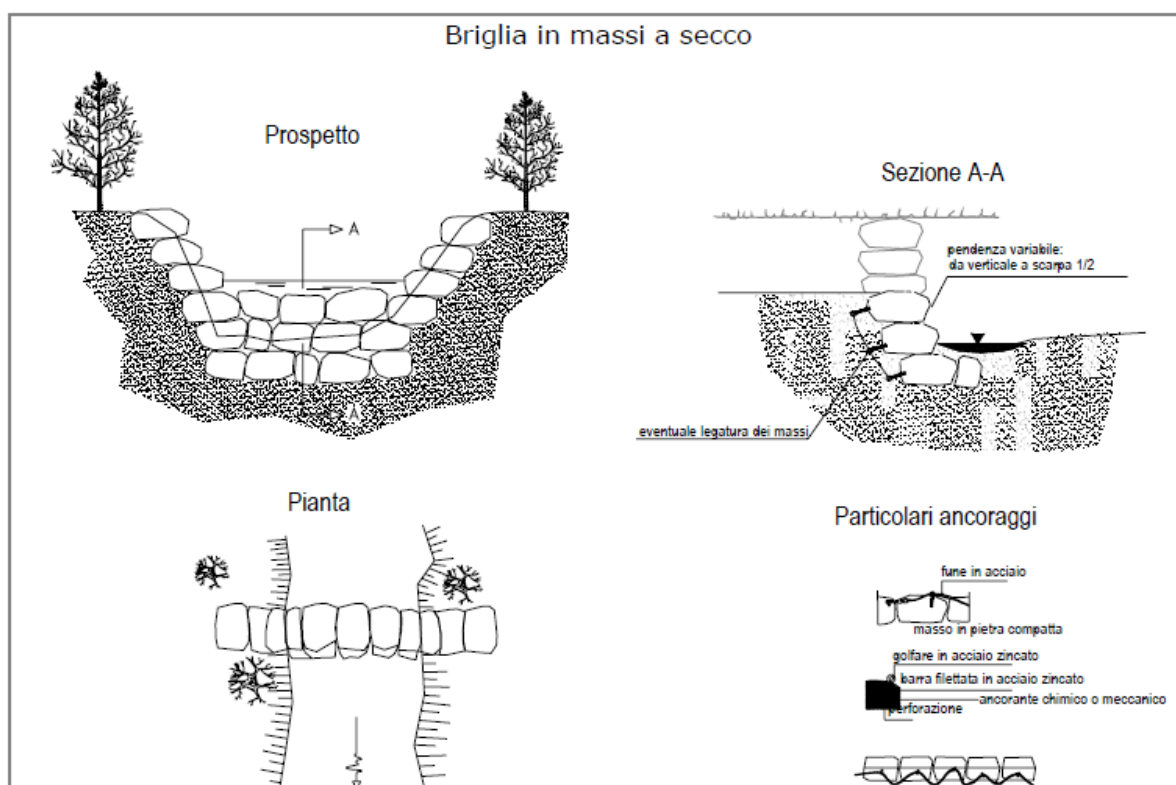


Figura 36: Schema di una briglia in massi a secco – PGUAP

10.2 Briglie e soglie in calcestruzzo

Si tratta di muri di sostegno in calcestruzzo fondati in alveo e normali alla corrente; solitamente il muro è di sezione trapezia con il paramento di monte verticale L'uso di un materiale artificioso quale il calcestruzzo va limitato alle opere di altezza notevole (dell'ordine di 3-5 metri), ripiegando su tipologie come quella precedentemente illustrata, per i casi di dislivello più limitato.

La briglia potrà essere armata; con minori ingombri e una maggiore flessibilità, o lavorare per gravità. A tergo del muro possono venire previsti tubi per il drenaggio di subalveo, al fine di evitare fenomeni di sifonamento.

La gaveta, essendo soggetta all'azione abrasiva della corrente, va rivestita con pietra avente diametro caratteristico di almeno 20 cm. Potrà sporgere dal paramento di valle per permettere di allontanare la lama stramazante dalla fondazione. Queste opere risultano di forte impatto ambientale ed introducono una forte discontinuità all'interno dell'alveo, impedendo se di altezza consistente, la risalita dei pesci a fronte però di un'elevata resistenza strutturale.

Campo di applicazione:

- Particolari esigenze di sicurezza strutturale (opere di altezza considerevole, possibilità di colate detritiche)
- Contesti di pregio paesaggistico non elevato, contesti urbanizzati
- Presenza di discontinuità naturali del corso d'acqua
- Mancanza o scarsa disponibilità di massi in loco

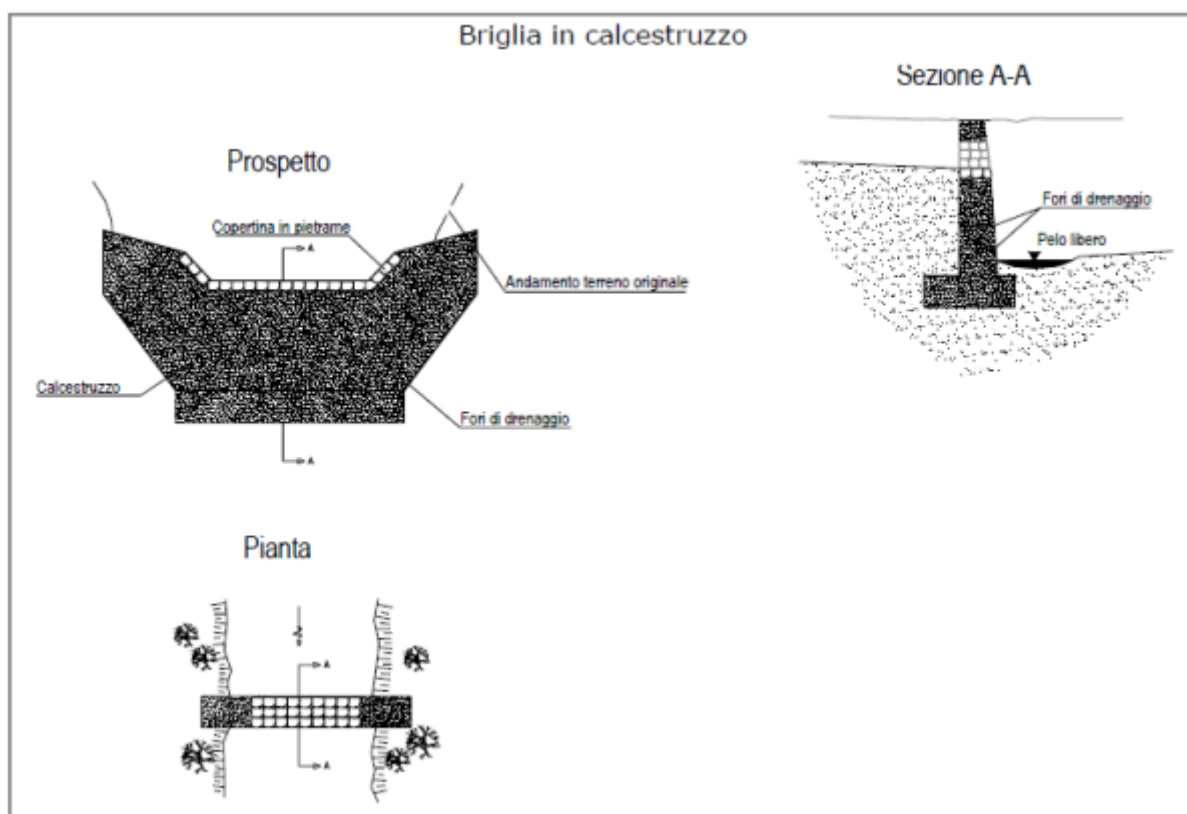


Figura 37: Schema di una briglia in calcestruzzo – PGUAP

Interventi di mitigazione:

- Se possibile prevedere il rivestimento in pietrame

- Scale di rimonta (se giustificato dal contesto complessivo)
- Evitare collocazione di massi di protezione a valle del salto (dannosi per la fauna ittica), ma creare, al contrario, una buca che ne consenta sosta e rifugio
- Ridurre il più possibile la larghezza sommitale (in direzione parallela alla corrente)
- Sagomatura della gaveta atta a concentrare la portata di magra

10.2.1 Platea in massi a secco

Questa tipologia di opera viene realizzata in genere a valle di salti di fondo, quali soglie e briglie per evitare fenomeni di scavo localizzati e in prossimità di attraversamenti del corso d'acqua. In questo caso l'effetto di protezione del fondo contro l'erosione si ottiene utilizzando pietrame di dimensioni tali da resistere alla forza di trascinamento della corrente e comunque di pezzatura media non inferiore a $0,4 \text{ m}^3$. La dimensione da assegnare ai massi per garantirne la stabilità va calcolata utilizzando il criterio di Shields modificato per tenere conto della pendenza del fondo α e delle sponde α_{sp} , della bassa sommergenza (parametro d/h), della non uniformità del moto e della sezione, come segue:

$$\left(\frac{u_*^2}{g\Delta d} \right) = \theta_0 \left(\cos \alpha - \frac{\text{sen} \alpha}{\tan \phi} \right) \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \alpha_{sp}}{\text{sen}^2 \phi}} \cdot \left[1 + 0.67 \frac{d}{h} \right]^{0.5}$$

con θ_0 valore critico del parametro di mobilità di Shields, calcolato nell'ipotesi di fondo orizzontale e sommergenza elevata; solitamente si ha $\theta_0=0,06$. Il valore del diametro critico così calcolato va opportunamente aumentato, moltiplicando per un coefficiente di sicurezza. Lo scavo localizzato a valle di un salto di fondo può essere calcolato con formule empiriche, ad esempio con la formula di Schoklitsch. L'impatto ambientale sul corso d'acqua è decisamente minore rispetto al caso di platea in calcestruzzo e pietrame in quanto il fondo del tratto di corso d'acqua conserva caratteristiche simili alla naturalità per la presenza dei massi e per la continuità dello strato di materiale costituente il fondo con la corrente d'acqua. Queste platee permettono quindi la protezione degli attraversamenti e delle opere trasversali, senza causare un eccessivo impatto ambientale poiché vengono impiegati materiali naturali e i massi liberi possono adattarsi ad eventuali cedimenti del fondo.

Campo di applicazione

- Tipologia impiegata per la protezione della zona a valle di salti di fondo o in prossimità di strutture di attraversamento del corso d'acqua per evitare erosioni localizzate pericolose

Interventi di mitigazione

- L'impatto paesaggistico dell'opera viene mitigato scegliendo massi reperiti in loco al fine di riprodurre le caratteristiche naturali del tratto di corso d'acqua in cui si interviene;
- La parte subito a valle del salto di fondo può essere conformata in modo tale da ottenere una buca per la sosta e il rifugio della fauna ittica.

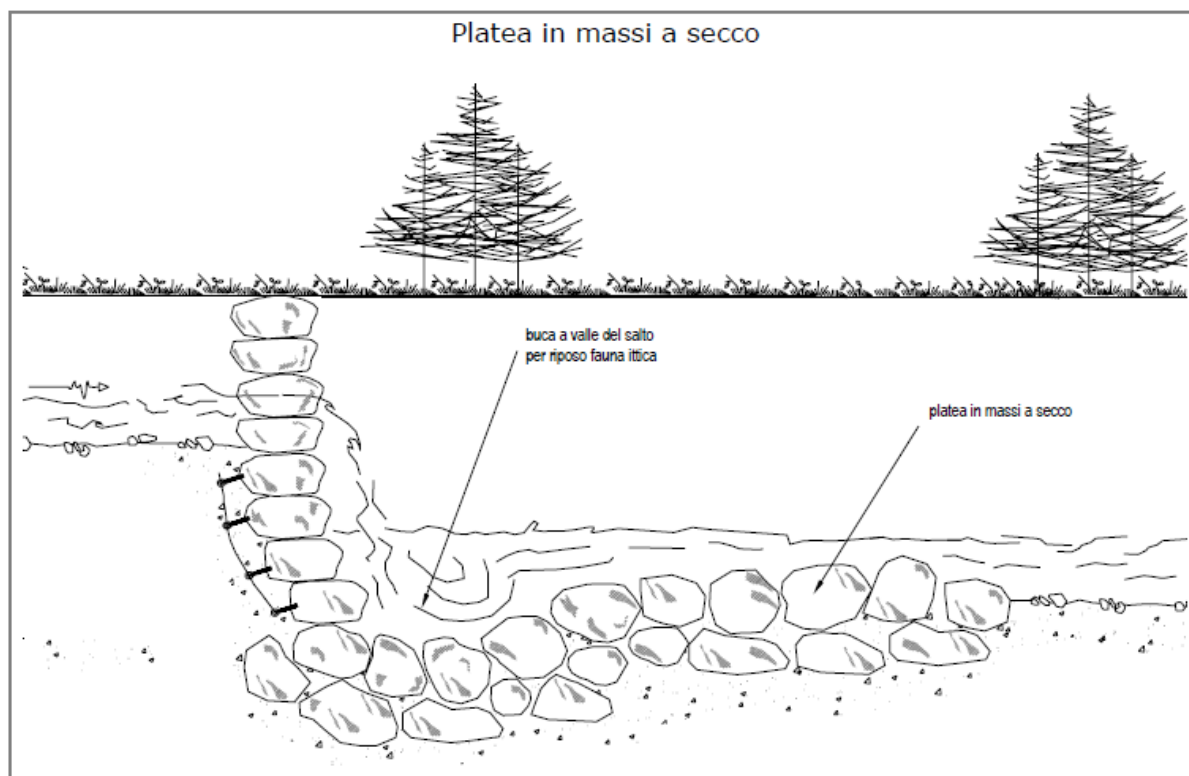


Figura 38: Schema di una platea in massi a secco a protezione dello scavo a valle di un salto di fondo – PGUAP

10.3 Muri di sponda in massi cementati

Per quanto riguarda invece le opere di protezione spondale, quando lo spazio a disposizione è ridotto e la pendenza della sponda deve essere mantenuta elevata per motivazioni di vario genere (interferenze con costruzioni da salvaguardare, raccordo con spalle di ponti e muri in cemento armato già esistenti e che si vogliono mantenere) oppure in speciali situazioni caratterizzate da forte erosione da parte della corrente, si ricorre a opere in massi cementati. Questi muri d'argine, solitamente con sezione trapezoidale, sono realizzati con grossi massi e calcestruzzo.

La sezione può essere suddivisa, sotto il profilo funzionale in due parti: l'unghia al piede con quota di posa sempre al di sotto dello scavo prevedibile nel tratto in esame per evitare lo scalzamento dell'intera opera e la parte "muro" vero e proprio fuori terra, di dimensioni variabili a seconda del contesto, ma tali da assicurare la stabilità per gravità del manufatto.

Quando l'unghia di fondazione non risulti sufficientemente robusta, è necessario realizzare una sottofondazione con un diaframma da dimensionare in funzione delle caratteristiche del terreno e con spessore indicativo pari a 1 m.

Il diaframma deve assicurare la stabilità di tutta l'opera e quindi va preferibilmente immerso in uno strato con buone caratteristiche rispetto all'erosione causata dalla corrente. Anche in questo caso, come per i muri di sponda in calcestruzzo, rivestiti o meno in pietrame, particolare attenzione va posta nel dimensionamento delle fondazioni dei tratti in curva a causa del problema degli scavi localizzati che si possono verificare per le correnti secondarie presenti e nei casi in cui il corso d'acqua presenti una tendenza all'erosione.

I muri in massi cementati sono opere in grado di resistere a pesanti sollecitazioni e solitamente sono caratterizzate da una buona durabilità; hanno però il difetto di eliminare totalmente le zone di ristagno e di bassa velocità della corrente che costituiscono dei microhabitat essenziali per la vita di molte specie presenti all'interno del corso d'acqua. Come per le altre tipologie di muro di sponda queste opere hanno un impatto negativo a causa dell'eliminazione della vegetazione lungo la riva e per la forte pendenza che impedisce l'attraversamento del corso d'acqua e l'accessibilità alle sponde da parte della fauna non acquatica.

Campo di applicazione

- in particolari situazioni di interferenza con costruzioni da salvaguardare, nei casi in cui ci sia mancanza di spazio per realizzare la sponda;
- per la protezione dei tratti di sponda in prossimità di attraversamenti del corso d'acqua.

Interventi di mitigazione

- è possibile creare una zona golenale rivegetata in prossimità della sponda, verificando che sia garantita la sicurezza del tratto di corso d'acqua in esame. A tal fine si possono piantare delle specie cespugliose adatte (ad esempio salici) nella zona adiacente al muro. Va sempre garantito che la banchina del muro si trovi al di sotto dell'alveo di magra; altrimenti durante gli eventi caratterizzati dalle maggiori portate si assiste ad un'asportazione del materiale riportato e la banchina in massi e calcestruzzo rimane scoperta;
- è possibile ridurre l'impatto dell'opera ricercando una certa irregolarità perimetrale del contorno del manufatto, differenziando la dimensione e l'allineamento dei massi, riducendo le pendenze adottate e lasciando tra i massi delle fughe di spessore di 10-20 cm circa.

- per evitare che la fondazione del muro venga scoperta durante gli eventi di piena è possibile collocare a protezione della fondazione del muro dei massi di dimensioni tali da resistere alla forza di trascinamento della corrente e nella zona così creata, ove possibile, si può riprodurre una zona golenale come detto al punto precedente;
- per ovviare alla mancanza di vegetazione lungo la sponda si possono piantare all'interno dell'alveo o sulla sommità del muro delle specie rampicanti, in modo da mitigare l'impatto visivo dell'opera.

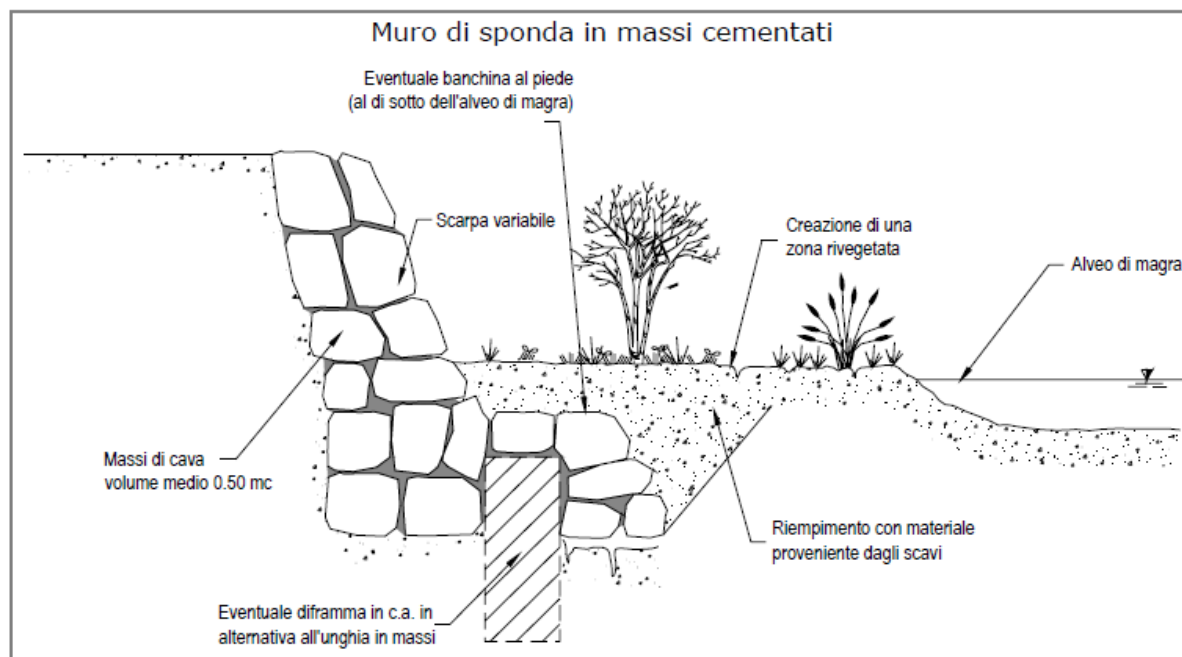


Figura 39: Schema di un muro di sponda in massi cementati – PGUAP

10.4 Scogliera in massi a secco

Questa tipologia di opera viene adottata nei tratti in cui è necessario proteggere infrastrutture importanti come, strade, ferrovie ecc. o centri abitati e sia richiesta una difesa di sponda in grado di resistere a sollecitazioni elevate, adattandosi ai cedimenti del terreno di posa. Le scogliere in massi a secco possono essere impiegate anche nel caso di protezione del lato fiume di argini realizzati in frodo al corso d'acqua essendo per garantire nel tempo la stabilità strutturale dell'argine stesso. La scogliera garantisce una buona protezione della sponda, permette il drenaggio delle acque ed è caratterizzata da elevata durabilità, e da costi ridotti. La protezione di sponda in massi sciolti ha un impatto ambientale decisamente inferiore rispetto ai muri di sponda, in quanto gli spazi tra i massi possono fornire un habitat favorevole all'insediamento di molte specie.

La scogliera è una difesa di sponda con scarpa generalmente di 3/2 o 2/1 realizzata tramite un rivestimento costituito da una massiciata in pietrame con dimensioni tali da resistere alla forza di trascinamento esercitata della corrente e comunque di pezzatura media non inferiore a 0,4 m³. La dimensione da assegnare ai massi per garantirne la stabilità va calcolata utilizzando il criterio di Shields modificato sommergenza (parametro d/h), della non uniformità del moto e della sezione, come segue:

$$\left(\frac{u_*^2}{g\Delta d} \right) = \theta_0 \left(\cos \alpha - \frac{\text{sen} \alpha}{\tan \phi} \right) \sqrt{1 - \frac{\text{sen}^2 \alpha_{sp}}{\text{sen}^2 \phi}} \cdot \left[1 + 0.67 \frac{d}{h} \right]^{0.5}$$

con θ_0 valore critico del parametro di mobilità di Shields, calcolato nell'ipotesi di fondo orizzontale e sommergenza elevata; solitamente si ha $\theta_0=0,06$. Il valore del diametro critico così calcolato va opportunamente aumentato, moltiplicando per un coefficiente di sicurezza. La scogliera deve avere un piede di fondazione sufficientemente robusto per garantire all'opera la necessaria stabilità evitando lo scalzamento. A tal fine è necessario realizzare un piede di fondazione che si estenda fino ad una profondità pari a 1,5 ÷ 2,0 m rispetto alla quota del talweg, garantendo che questa profondità sia compatibile con gli effetti di scalzamento prevedibili. Il piede di fondazione dovrà avere una larghezza minima di 2 m.

Fra i singoli massi è opportuno prevedere l'impianto di specie arbustive autoctone di facile attecchimento. Con l'attecchimento delle talee la stabilizzazione dell'argine inizia dopo la formazione delle radici, infatti lo sviluppo dell'apparato radicale dei salici permette di ottenere un collegamento tra la scogliera ed il terreno retrostante.

Il naturale aumento delle dimensioni dei tronchi delle piante dovuto alla crescita genera una compressione tra massi vicini con un aumento della stabilità globale dell'opera. Le parti aeree delle piante offrono inoltre un completo mascheramento dell'opera, migliorando l'inserimento paesaggistico e diminuendo la velocità dell'acqua nei pressi delle sponde, a causa dell'aumento della scabrezza. Un altro vantaggio dell'impianto di talee tra i massi è dovuto al fenomeno di traspirazione delle piante che sottrae acqua al terreno, soprattutto nel caso di sponde alla base di versanti umidi.

La protezione di sponda realizzata tramite scogliera ha il pregio ambientale di creare una serie di microhabitat favorevoli all'insediamento di molti organismi acquatici; in particolare le zone di calma tra i massi offrono riparo a quegli organismi che mal sopportano le condizioni di sforzo idrodinamico esercitate dalla corrente.

Inoltre la vicinanza di queste zone di calma con le zone caratterizzate da elevata velocità permette un buon ricambio delle acque e un continuo rifornimento di materia organica necessaria per la vita delle specie che qui vivono.

Campo di applicazione

- Per la protezione di importanti infrastrutture, centri abitati, ecc, nei casi in cui si abbia a disposizione spazio sufficiente per la realizzazione dell'opera.
- Per la protezione dei tratti di sponda adiacenti alle opere di attraversamento dei corsi d'acqua

Interventi di mitigazione

- L'opera presenta un buono, a volte ottimo, inserimento sia dal punto di vista ambientale sia da quello paesaggistico, in particolare nel caso in cui vengano infisse negli spazi tra i massi delle talee di specie autoctone, come i salici che permettono di ottenere un miglior impatto visivo dell'opera, favoriscono il drenaggio delle acque dal terreno retrostante e migliorano la stabilità dell'intero manufatto. La presenza della vegetazione e gli spazi tra i singoli massi ricreano sulla sponda un ambiente naturale adatto alla vita delle specie bentoniche e Ittiche;
- Un ulteriore passo avanti può consistere nel ricercare una certa irregolarità perimetrale del contorno del manufatto, qualora i massi più bassi non possano venire rivegetati.

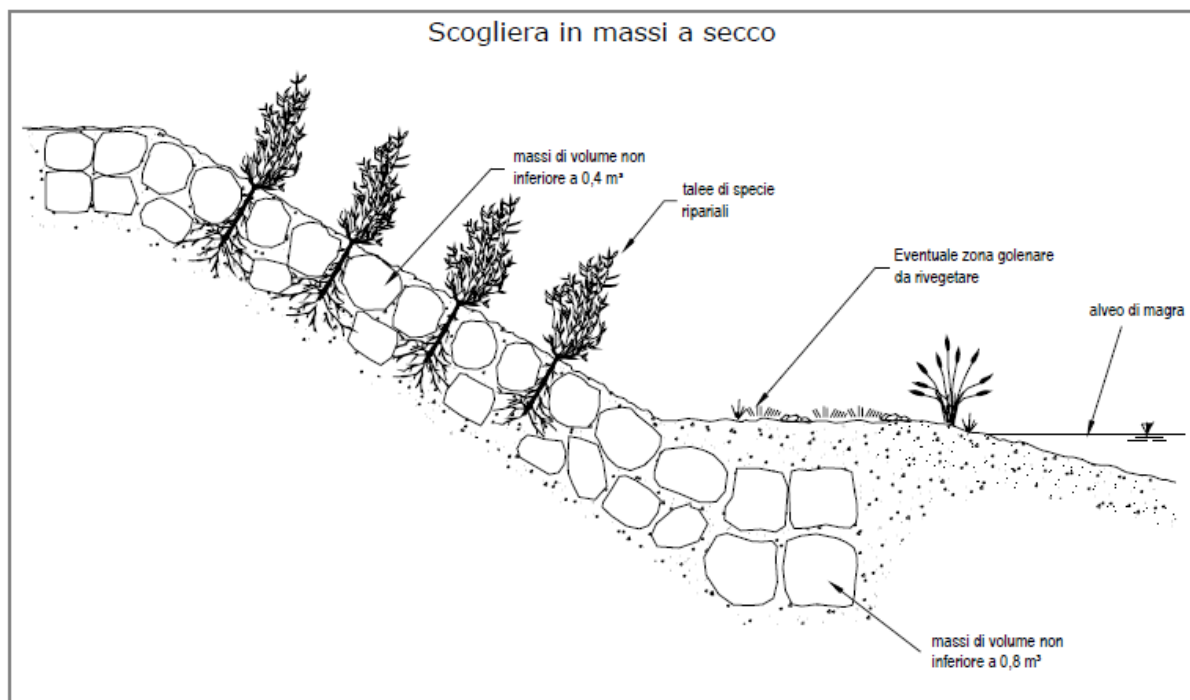


Figura 40: Schema di una scogliera in massi a secco – PGUAP

10.5 Rilevati arginali

Le arginature non devono essere solo opere idrauliche atte a contrastare l'erosione per sormonto ma devono anche costituire manufatti realizzati con magisteri tali da scongiurare pericoli di rotte per sifonamento.

Un ruolo predominante in tal senso è svolto dalla pendenza piezometrica, ovvero dalla linea di imbibizione che si determina all'interno del corpo arginale relativamente al paramento esterno, nonché dalla velocità di decrescita dei livelli per quanto concerne quello interno.

Gli argini sono costruiti in terra omogenea e di medio impasto, collocata in strati successivi di 50 ÷ 60 cm e costipata strato per strato; gli argini meno elevati sono senza banche, o con banche di larghezza minore; anche la larghezza degli argini è limitata nei corsi d'acqua che sono soggetti a piene più brevi, purché il terreno su cui poggiano sia sufficientemente resistente.

In analogie con le dighe in materiali sciolti, la verifica di stabilità del rilevato arginale deve essere condotta considerando tre diverse situazioni:

- a) a termine della costruzione (rilevato asciutto ed assenza di acqua nel fiume);
- b) con il fiume al livello di massima piena;
- c) a seguito di un rapido abbassamento del livello idrico nel fiume.

Un criterio empirico di prima approssimazione, frequentemente utilizzato nella pratica, è quello di ipotizzare che la linea freatica abbia andamento rettilineo a partire dal livello di massima piena, con pendenza compresa tra 1/5 a 1/7. Il paramento esterno deve essere sagomato in maniera tale che la linea freatica sia costantemente ricoperta da uno spessore di terreno non inferiore di 0,80 ÷ 1,00 m.

Pendenze maggiori della linea freatica possono assumersi per i materiali meno permeabili e per corsi d'acqua le cui piene abbiano durata limitata, così che i tiranti idrici prossimi a quello di massima piena permangano solo per periodi di tempo piuttosto brevi, non sufficienti a portare a regime il moto di filtrazione, specie se il materiale di costruzione è, come detto, poco permeabile.

Le scarpate arginali devono essere opportunamente rivestite per proteggerle dall'azione erosiva esercitata dalla corrente idrica (scarpata interna), dalle acque piovane e dagli agenti meteorici.

Per il paramento esterno è generalmente sufficiente un rivestimento erboso, impiantato su una ricopertura di terreno vegetale; per quello interno, i rivestimenti erbosi risultano applicabili limitatamente al caso in cui l'argine venga a contatto con l'acqua solo occasionalmente, altrimenti devono essere previsti rivestimenti particolari, in grado di resistere all'azione erosiva della corrente fluviali.

Invece quando il terreno è prevalentemente sabbioso conviene eseguire l'argine con nucleo di argilla, innestandolo nello strato di terreno impermeabile, semmai aggiungendo un diaframma in calcestruzzo armato.

In ogni caso occorre tenere presenti le seguenti norme prudenziali:

- evitare il pericolo del collasso dell'arginatura;
- eseguire uno studio preliminare delle caratteristiche delle terre;
- imporre che la linea di filtrazione sia totalmente interna all'argine;
- assicurarsi della stabilità dello stesso;
- assicurarsi che i vari carichi siano sopportati dal terreno;
- assicurarsi che l'acqua, che eventualmente filtri da fiume a campagna mantenga velocità così deboli da non potere trascinare neppure i materiali più fini;
- infine proteggere l'argine a fiume contro le eventuali erosioni.

10.5.1 Realizzazione nuovo argine ($H \leq 4$ m)

Per la realizzazione di un nuovo argine è necessario seguire alcune indicazioni circa la scelta più opportuna del tracciato da adottare, in particolare:

- tenere in debito conto la necessità di evitare il ricorso a linee geometriche troppo rigide, sempre nel rispetto di una corretta funzionalità idraulica dell'opera;
- favorire un adeguato rinverdimento dell'opera al fine di garantire un corretto ed impercettibile inserimento nell'ambiente fluviale;
- favorire linee di tracciato che riducano il più possibile l'attraversamento di paleoalvei, lanche depressioni avendo cura di rinforzare, in tali casi, la funzionalità strutturale e idraulica dell'argine attraverso protezioni o setti di impermeabilizzazione.

Nel caso in cui l'argine si trovi a diretto contatto con la corrente e sia sottoposto ad un'azione erosiva apprezzabile, occorre rivestire il paramento a fiume mediante la posa di un materiale che ne preservi la stabilità nel tempo. Si può adottare, allo scopo, un materasso metallico tipo "Reno" di spessore 23÷25 cm posato sulla scarpata (inclinata 1/2) fino ad una quota di 1,0 m inferiore rispetto al livello della piena di riferimento e risvoltato al piede sul piano campagna per una larghezza di almeno 3,0 m.

Il materasso poggia su un geotessile di peso 300 g/m² e viene ricoperto con uno strato di terreno vegetale inerbito che ne favorisce il rinverdimento.

Nella parte superiore della scarpata viene praticato un adeguato impianto vegetativo con seminagione di un miscuglio di fiorume o sementi prative, che con il loro apparato radicale potranno consentire un adeguato rinforzo delle scarpate arginali.

Anche in questo caso verrà adottata una sagoma arginale di forma trapezia semplice per rilevati di altezza non superiore a 4,0 m.

Si prevede di destinare sul lato di monte una fascia di rispetto di larghezza non inferiore a 3,5 m e comunque estesa di 1,0 m oltre il limite definito dall'eventuale canaletta di drenaggio.

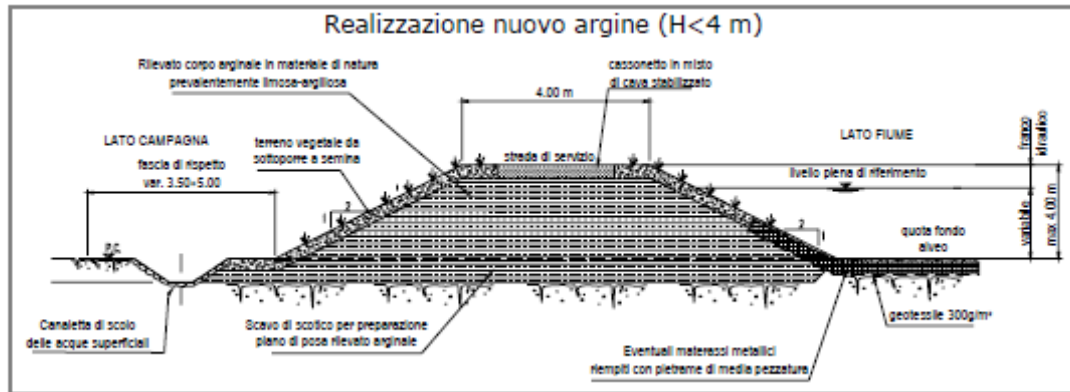


Figura 41: Schema della realizzazione di un nuovo argine di altezza inferiore ai 4 m – PGUAP

10.5.2 Adeguamento rilevato stradale o ferroviario per difesa arginale

Questa tipologia di intervento può essere impiegata in tutti quei casi per i quali si considera il rilevato stradale o ferroviario esistente come il futuro limite al contenimento dei livelli idrici di piena.

Il criterio proposto è quello di realizzare, sul lato fiume, una struttura arginale, immorsata sullo stesso rilevato esistente, che possa svolgere totalmente la funzione idraulica alla quale è destinata proteggendo l'opera viaria che assume una posizione retrostante.

Una corretta realizzazione dei lavori prevede le seguenti operazioni:

- scavo di scotico (~ 50 cm) per la preparazione del piano di posa del nuovo rilevato;
- gradonature di immorsamento per la posa e compattazione del materiale di riporto;
- messa in opera del rilevato per strati di spessore non superiore a 30 cm, compattati e regolarizzati in modo da formare sia a monte che a valle un paramento inclinato 1/2;
- realizzazione della strada di servizio di sommità mediante la costituzione di un cassonetto di misto di cava stabilizzata (1 = 2,5 m);
- posa di uno strato di 25 cm di terreno vegetale, da sottoporre ad inerbimento.

Sul lato di monte verrà realizzata, al bordo della sede stradale, una canaletta per il drenaggio delle acque di piattaforma; il nuovo rilevato presenterà la scarpata di monte a partire da una distanza di 1,0 m rispetto alla canaletta.

Nel caso in cui l'argine si trovi a diretto contatto con la corrente e sia sottoposto ad un'azione erosiva apprezzabile, occorrerà rivestire il paramento a fiume mediante la posa di un materiale che ne preservi la stabilità nel tempo.

Si può adottare, allo scopo, un materasso metallico tipo "Reno" di spessore $23 \div 25$ cm posato sulla scarpata (inclinata $1/2$) fino ad una quota di 1,0 m inferiore rispetto al livello della piena di riferimento e risvoltato al piede sul piano campagna per una larghezza di almeno 3,0 m. Il materasso poggerà su un geotessile di peso 300 g/m^2 e verrà ricoperto con uno strato di terreno vegetale inerbito che ne favorirà il rinverdimento.

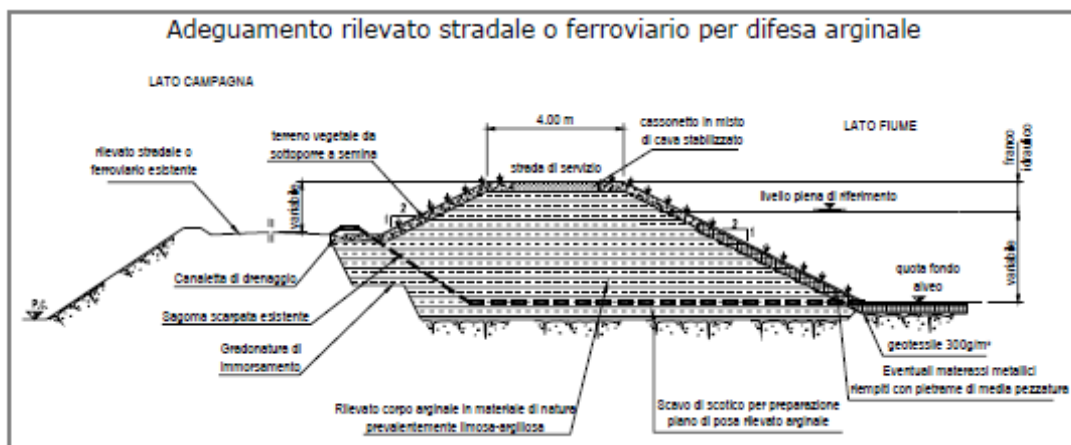


Figura 42: Schema di un adeguamento di un rilevato stradale o ferroviario per difesa arginale – PGUAP

10.5.3 Adeguamento in sagoma e/o quota di argine esistente

L'intervento viene applicato ai casi di rilevato arginale in terra esistenti e di dimensioni e consistenza inadeguati.

Una corretta realizzazione dei lavori prevede le seguenti operazioni:

- scavo di scotico (~ 50 cm) per la preparazione del piano di posa del nuovo rilevato;
- gradonature di immorsamento per la posa e compattazione del materiale di riporto;
- messa in opera del rilevato per strati di spessore non superiore a 30 cm, compattati e regolarizzati in modo da formare sia a monte che a valle un paramento inclinato $1/2$;
- realizzazione della strada di servizio di sommità mediante la costituzione di un cassonetto di misto di cava stabilizzato ($l = 2,5$ m);
- posa di uno strato di 25 cm di terreno vegetale, da sottoporre ad inerbito;
- realizzazione a monte di eventuale canaletta per il drenaggio ed il convogliamento delle acque superficiali; l'opera potrà essere realizzata in calcestruzzo laddove verrà richiesta la tenuta idraulica, ovvero mediante l'utilizzo di materiali permeabili quali: materassi metallici, georeti, terra rinforzata.

L'intervento di adeguamento viene realizzato secondo la forma descritta fino ad un'altezza d'argine di 4,0 m: per altezze maggiori occorre prevedere una berma lato monte, di altezza >1,0 m al fine di contrastare eventuali effetti di permeazione o sifonamento (fontanazzi) e, nel contempo, assicurare all'argine una maggiore consistenza strutturale.

La berma ha una larghezza di almeno 2,50 m ed una leggera pendenza verso campagna ($i=2\%$) per favorire lo scorrimento dell'acqua di pioggia lungo il paramento arginale. La berma, se non opportunamente predisposta, non deve essere transitabile dai mezzi.

Si prevede di destinare sul lato di monte una fascia di rispetto di larghezza non inferiore a 3.50 m e comunque estesa di 1,00 m oltre il limite definito dall'eventuale canaletta di drenaggio.

L'arginatura deve garantire la piena funzionalità idraulica, per cui è buona norma seguire tracciati compatibili con le esigenze idrauliche (evitando brusche variazioni di linea che potrebbero costituire punti di maggior vulnerabilità in conseguenza dell'azione erosiva della corrente), pur nel rispetto delle esigenze ambientali che normalmente consigliano di non dare luogo a linee geometriche troppo rigide e di prevedere un adeguato rinverdimento dell'opera al fine di favorirne un corretto ed impercettibile inserimento nell'ambiente fluviale. Laddove risulti necessario, si provvede a rivestire il paramento lato fiume con i criteri e le metodologie descritte al punto A.2

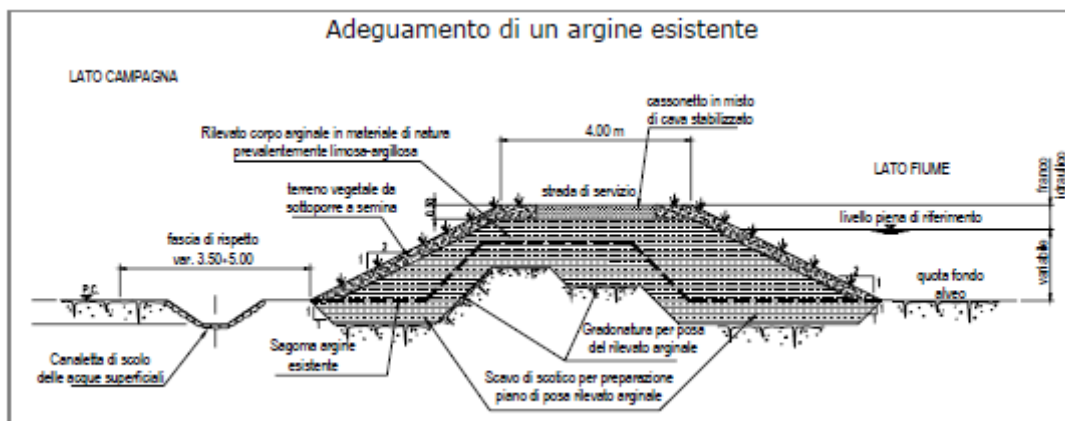


Figura 43: Schema di un adeguamento di un argine esistente – PGUAP

10.6 Copertura diffusa

La copertura diffusa è un metodo di rivestimento spondale di natura bioingegneristica che crea un'azione di copertura e di difesa della sponda di tipo permanente.

È un metodo di sistemazione a verde di tipo intensivo effettuato nel periodo di riposo vegetativo impiegato soprattutto nei corsi d'acqua di fondovalle (a regime fluviale), a

debole pendenza caratterizzati da scarso trasporto solido e con una certa costanza nei deflussi, soprattutto nei periodi di magra. A volte la copertura diffusa viene impiegata anche sui torrenti montani, ma limitatamente alla loro porzione terminale o nei tratti in cui il fondo risulta stabilizzato da opere trasversali quali soglie o briglie che mantengono la pendenza longitudinale dell'alveo su valori inferiori al 2-5%.

Per la realizzazione della difesa di sponda tramite copertura diffusa si procede innanzitutto ad un modellamento della sponda tramite escavatore in modo tale da ottenere una rampa a profilo regolare, con pendenza variabile tra il 50% e l'80% fino ad un massimo del 100% nelle situazioni in cui lo spazio a disposizione sia limitato.

Alla base della sponda viene scavato un fossato largo 50-80 cm circa e con profondità minima pari a 50 cm, in modo tale da raggiungere la quota della falda di subalveo.

Sulla sponda viene messo uno strato continuo di astoni, verghe e rami vivi di salice, disposti in senso trasversale alla direzione della corrente. Indicativamente vengono posizionati circa 20-50 elementi per metro lineare di rampa.

Successivamente il fosso viene riempito con sassi e ciottolate, per favorire l'afflusso di acqua ai salici e la copertura diffusa viene parzialmente ricoperta con il materiale d'alveo. Subito dopo l'esecuzione l'area della scarpata risulta coperta in modo efficace e protetta contro l'erosione. Ben presto si assiste ad una cacciata rapida e densa e ad un'intensa radicazione. Questo tipo di intervento ha il pregio di un ottimo inserimento ambientale grazie all'uso di materiale vivo e risulta economicamente vantaggioso.

Esistono diverse metodologie che possono essere applicate per la difesa del piede delle sponde: generalmente si utilizzano una o più file di massi da scogliera (eventualmente collegati tra loro tramite una fune metallica); altrimenti il piede può essere protetto tramite palificate in legno. È possibile inoltre proteggere il piede della sponda ricorrendo a tondi di larice posti longitudinalmente rispetto alla corrente. La durata limitata di questi materiali è legata al fine specifico di difendere le giovani piante nei primi anni, fino all'ottenimento di una buona radicazione.

Campo di applicazione

- nei corsi d'acqua di fondovalle (a regime fluviale), a debole pendenza caratterizzati da scarso trasporto solido e con una certa costanza nei deflussi, soprattutto nei periodi di magra.
- sui torrenti montani limitatamente alla loro porzione terminale o nei tratti in cui il fondo risulta stabilizzato da opere trasversali quali soglie o briglie che mantengono la pendenza longitudinale dell'alveo su valori inferiori al 2-5%.

- In generale per la protezione di sponde non soggette a fenomeni di sotto-escavazione e per corsi d'acqua caratterizzati da debole trasporto solido.

Interventi di mitigazione

- La difesa di sponda tramite copertura diffusa presenta un buon impatto sia visivo sia ambientale grazie all'impiego di materiali naturali e alla ricostruzione di un ambiente naturale sulla sponda; non necessita quindi di ulteriori operazioni di mitigazione.

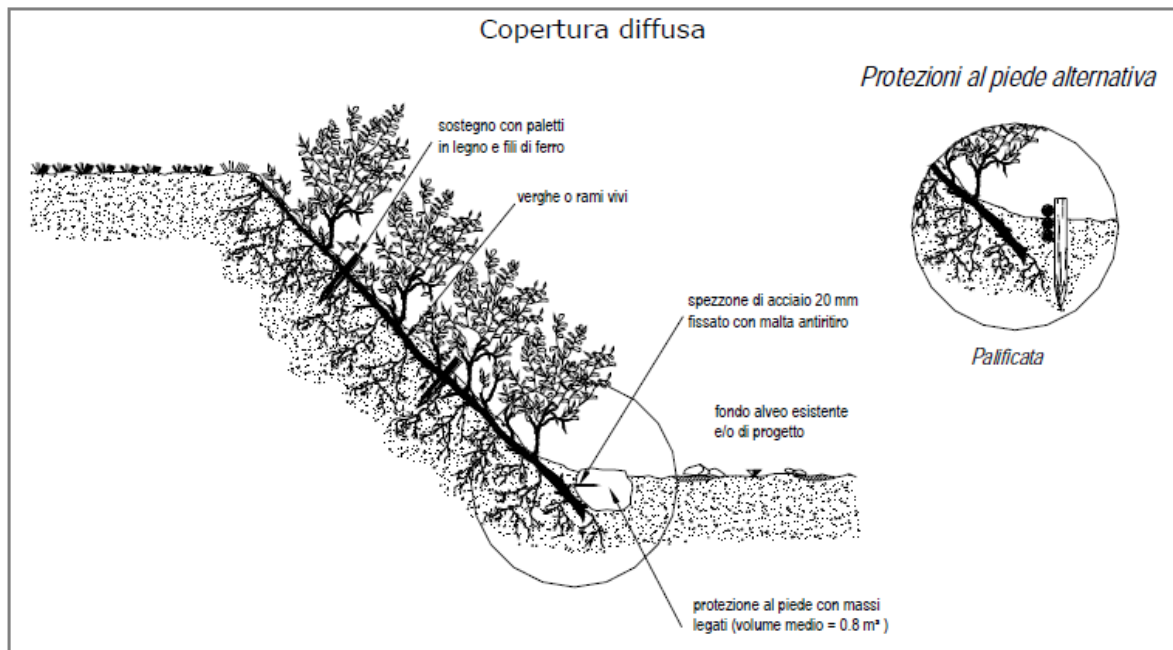


Figura 44: Schema di una copertura spondale diffusa – PGUAP

10.7 Cunettoni

Questa tipologia di opera trova di solito applicazione quando un corso d'acqua attraversa un centro abitato e vi è poco spazio a disposizione. I cunettoni sono quindi dei canali stretti e di norma piuttosto pendenti, caratterizzati inoltre da bassa scabrezza al fine di favorire il deflusso e scongiurare pericoli di esondazione.

Spesso si prevedono cunettoni anche per far defluire correnti caratterizzate da elevate portate solide o addirittura per le colate di detriti: in questo caso il requisito della scabrezza viene a cadere.

In ogni caso i cunettoni devono essere realizzati per resistere a sforzi tangenziali al fondo particolarmente elevati; la verifica di stabilità assume un'importanza primaria.

Esistono varie tipologie di cunettone:

- Cunettone in massi a secco
- Cunettone in massi cementati
- Cunettone in legname
- Cunettone in calcestruzzo rivestito in pietrame

Di seguito si riportano le caratteristiche delle tipologie di opera che verranno previste in questo progetto, in particolare i cunettoni in massi a secco o in alternativa, per corsi d'acqua a pendenza più elevata, in massi cementati e nei canali di dimensione maggiore cunettoni in calcestruzzo.

10.7.1 Cunettone in massi a secco

Il cunettone in massi a secco è un canale realizzato in grossi massi posti direttamente sul fondo del corso d'acqua. La verifica di stabilità per i massi costituenti il fondo va fatta imponendo le condizioni di moto incipiente (teoria di Shields) utilizzando il coefficiente di correzione dovuto all'elevata pendenza. In alcuni casi, quando i massi risultano soggetti a elevate forze di trascinamento da parte della corrente è possibile prevedere una legatura degli stessi infiggendo ed ancorando in essi un golfare nel quale viene fatto passare un golfare in acciaio. È importante che i chiodi di ancoraggio e la fune che lega i massi siano posti in posizione riparata rispetto alla corrente, in modo tale da evitarne rotture, soprattutto a causa degli urti con i massi trasportati. Le sponde possono essere anche esse realizzate tramite rivestimento in massi, oppure è possibile l'utilizzo di altre tecniche, ad esempio di ingegneria naturalistica per mitigare l'effetto sul paesaggio e sull'ambiente. Il cunettone in massi sciolti è la soluzione costruttiva meno impattante tra i vari tipi di cunettoni, grazie all'impiego di materiale naturale e grazie alla sua permeabilità che non ostacola i rapporti tra il corso d'acqua e la falda sottostante.

Qualora tale soluzione si riveli stabile è possibile prevedere l'innesto di talee tra i massi, soluzione però che richiede molte attenzioni perché l'impianto radicale non deve compromettere la stabilità, e la resistenza del cespuglio non deve ostacolare il deflusso.

Campo di applicazione:

- contesti di pregio paesaggistico
- portate solido/liquide non eccessive
- assenza di fenomeni di colata.

Interventi di mitigazione:

- rinverdimento delle sponde con talee

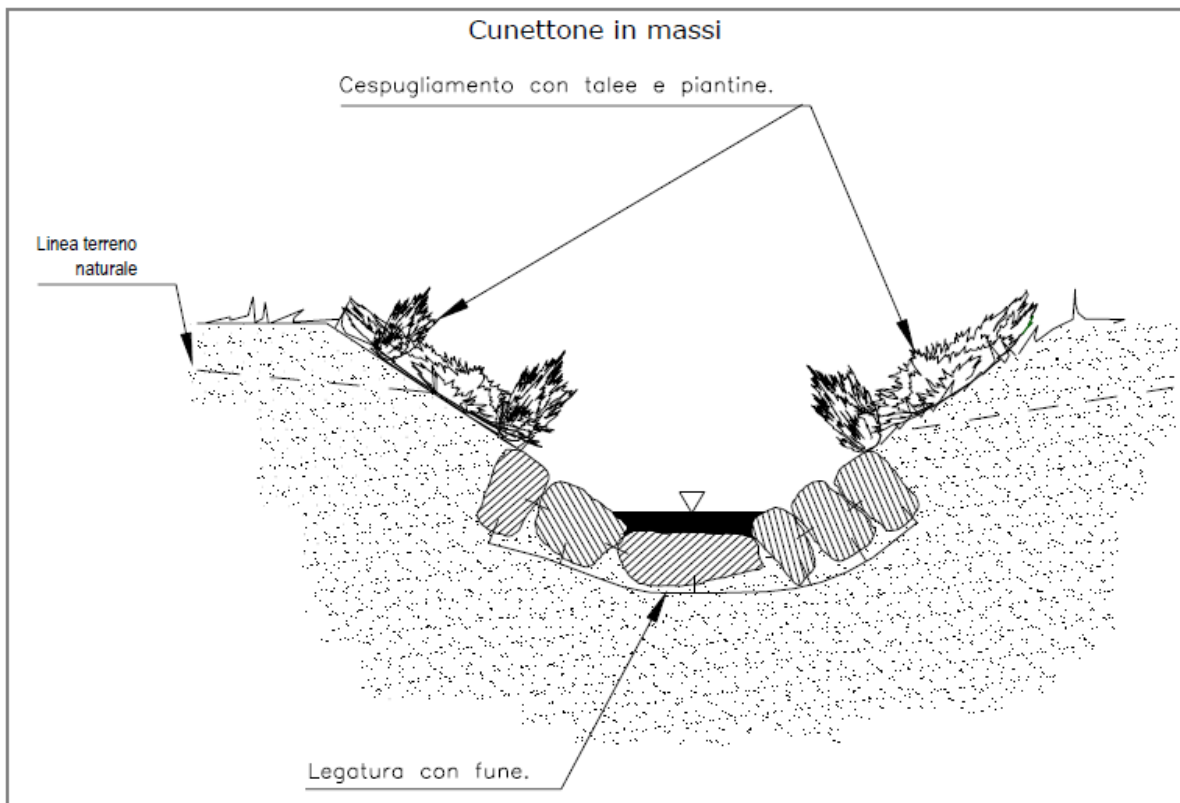


Figura 45: Schema di un cunettone in massi a secco – PGUAP

10.7.2 Cunettone in massi cementati

Questa tipologia di opera è analoga alla precedente, ma ne differisce per il fatto che i massi utilizzati per la realizzazione sono intasati con calcestruzzo. Questo fatto rende l'opera impermeabile ostacolando i flussi tra falda e corso d'acqua. Inoltre è stato osservato che questa tipologia di cunettone è caratterizzato da scarsa curabilità. Infatti lievi cedimenti differenziali del fondo possono portare a rotture del manufatto con infiltrazioni di acqua anche sotto l'opera e sotto-scorrimenti. Dopo un po' di tempo si assiste al dilavamento del materiale costituente il fondo naturale al di sotto del cunettone e alla perdita della stabilità della stessa. L'uniformità del fondo del cunettone e le elevate velocità della corrente che in esso scorre rende inoltre difficile la vita delle specie bentoniche e ittiche all'interno del corso d'acqua a causa della banalizzazione della sezione e alla mancanza di zone di riparo e rifugio. La situazione si complica dal punto di vista ambientale e paesaggistico se anche le sponde vengono realizzate in massi e calcestruzzo, per la mancanza di vegetazione lungo le rive.

Campo di applicazione:

- attraversamenti di centri abitati;
- portate solido/liquide non eccessive;

- assenza di fenomeni di colata.

Svantaggi:

- Scarsa durabilità
- Opera impermeabile: ostacolo agli scambi idrici tra falda e corso d'acqua
- Forte impatto ambientale

Interventi di mitigazione:

- Realizzazione di interventi di rinverdimento delle sponde

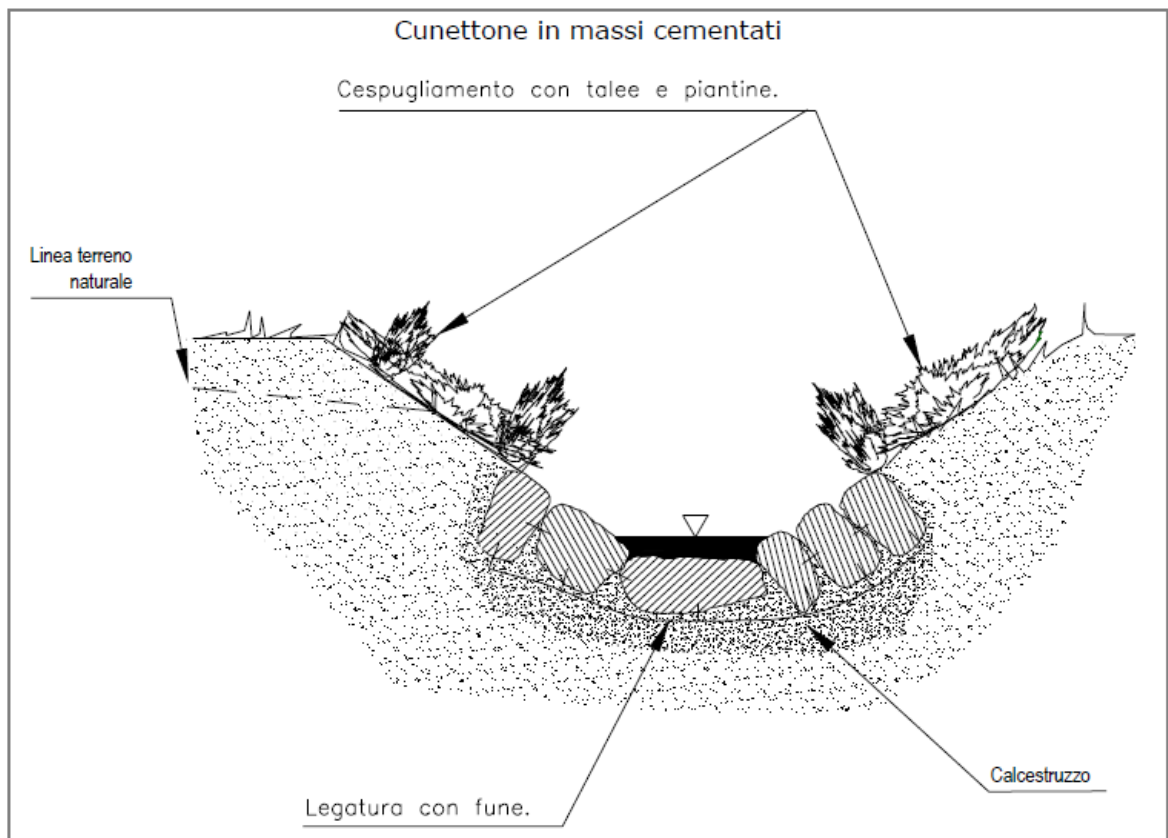


Figura 46: Schema di un cunettone in massi cementati – PGUAP

10.7.3 Cunettone in calcestruzzo rivestito in pietrame

Nei casi in cui la portata di progetto porti a sforzi tangenziali non sopportabili da strutture più "leggere", è necessario ricorrere a opere di canalizzazione più impegnative ed artificiali, in particolare ricorrendo al calcestruzzo.

Per contenere l'impatto visivo legato all'artificialità di tale materiale è possibile, come nei casi delle opere spondali e trasversali, ricorrere ad un rivestimento in pietra.

Si sottolinea comunque che la presenza del rivestimento, dal punto di vista biologico, non apporta alcun miglioramento significativo, rimanendo il cunettone un ambiente inospitale

per la maggior parte delle specie bentoniche ed ittiche a causa della sua semplificazione e delle forti velocità che in esso si instaurano.

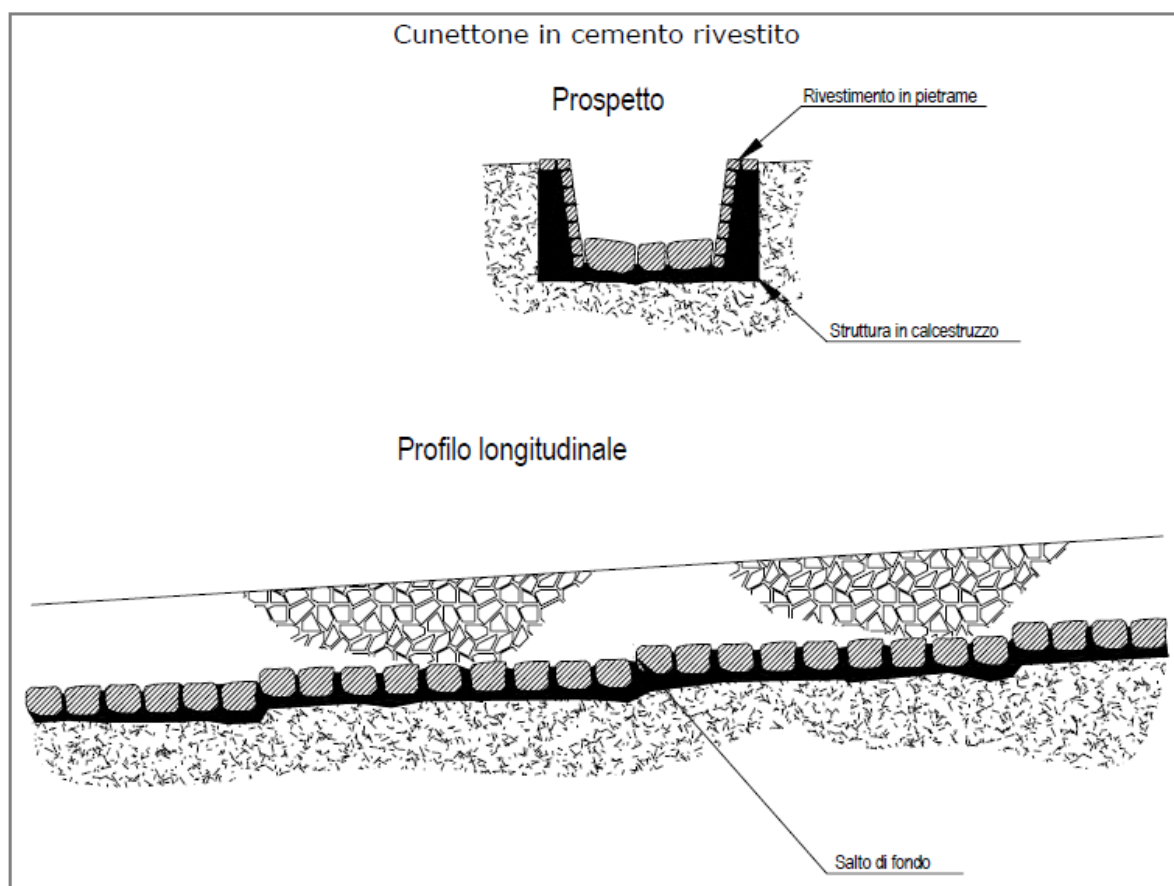


Figura 47: Schema di un cunettone in cemento, rivestito in massi – PGUAP

Campo di applicazione:

- previsione di elevate portate liquide e/o solide
- forti esigenze di sicurezza

10.8 Opere di sistemazione dei versanti

La sistemazione di un pendio naturale in frana o di un'area soggetta ad escavazione presentano caratteristiche molto differenti a seconda della causa che ha generato il dissesto e a seconda delle tipologie che si possono avere.

Nei casi in cui l'area in esame risulta sufficientemente stabile ed evoluta, si adottano dei metodi che tendono a mantenere la forma geometrica del pendio. In questi casi gli interventi attuati sono rivolti alla difesa del versante dall'erosione superficiale e al ripristino vegetazionale. In alcuni casi prima di attuare questo tipo di interventi è necessario provvedere alla realizzazione di opere in legname che consolidano e ricostruiscono il

versante. In altri casi è necessario modificare la forma del pendio per ottenere delle condizioni ottimali per i successivi interventi di ripristino della vegetazione o per la costruzione di opere di sostegno. A seconda dell'ambiente, del tipo di terreno e delle pendenze del versante, si possono impiegare specifiche tipologie di intervento.

Il consolidamento e la stabilizzazione dei versanti viene attuata attraverso le seguenti tipologie di opere:

1. opere di regimazione delle acque superficiali;
2. opere di protezione e consolidamento superficiale
3. opere di sostegno.

La regimazione delle acque superficiali avviene tramite la realizzazione di drenaggi, che possono essere superficiali come le canalette o le cunette per la raccolta delle acque che scorrono lungo il terreno, o di tipo profondo allo scopo di allontanare le acque di infiltrazione. Dopo aver eseguito questa operazione si passa in genere al modellamento del terreno secondo un profilo prestabilito, raggiungendo un'inclinazione tale da ottenere una condizione di stabilità del pendio e riproducendo quanto più fedelmente possibile il profilo naturale del terreno. In molti casi è necessario realizzare delle strutture di sostegno del pendio, ad esempio delle murature a secco, con grossi massi a formare delle scogliere, con gabbioni, fascinate o viminate o con muri in legname.

Gli interventi di sistemazione vanno poi completati con inerbimento delle scarpate, in quanto in questo modo si ottiene una copertura del terreno in grado di eliminare o rallentare i fenomeni erosivi dovuti alle precipitazioni intense. In altre situazioni si può ricorrere a tecniche di cespugliamento del versante attraverso l'utilizzo di materiale vivente come talee, astoni, ecc. Un'altra possibilità è quella di ricorrere al vero e proprio rimboschimento del versante da sistemare, essendo il bosco l'impianto vegetale più idoneo alla difesa del suolo.

Va sottolineato infine che in un ambiente montano come quello trentino, la geologia, la morfologia e la pendenza dei versanti limitano le possibilità di utilizzo delle piante come materiale da costruzione vivo. Ad esempio oltre il limite della vegetazione arborea è possibile ricorrere solo a specie erbacee ed in alcune situazioni, come nel caso di versanti molto ripidi, gli interventi di ingegneria naturalistica non sono sempre realizzabili.

10.8.1 Opere di drenaggio

Per ottenere la riuscita ottimale di un intervento di sistemazione di un versante franoso è necessario individuare le cause destabilizzanti e cercare di porre rimedio alla situazione. In particolare non può essere trascurata l'azione dell'acqua sul pendio. Va distinto tra azione

erosiva dovuta alle precipitazioni meteoriche intense, che con il loro scorrimento provocano danni, prevalentemente di carattere superficiale e di erosione del terreno e azione erosiva dovuta alla presenza di risorgive perenni o periodiche. Mentre la prima azione dovuta all'acqua può essere controllabile tramite rinverdimenti di copertura, il secondo tipo di erosione è molto più pericoloso e per contrastarla è necessario ricorrere ad interventi di regimazione idraulica.

Il principio dei drenaggi è quello di riuscire ad intercettare l'acqua e a disperderla senza problemi.

La regimazione delle acque avviene tramite la realizzazione di drenaggi, che possono essere superficiali come le canalette o le cunette per la raccolta delle acque che scorrono lungo il terreno, o di tipo profondo allo scopo di allontanare le acque di infiltrazione.

Nel seguito si mostrano alcune tipologie di drenaggi, superficiali e profondi, con esclusivo riferimento ad interventi di drenaggio complessivi di un pendio, con o senza la presenza di un'opera di sostegno, e non ai normali interventi associati alle opere al fine di minimizzare le spinte idrostatiche.

10.8.1.1 Drenaggi superficiali: canalette

I drenaggi superficiali sono costituiti generalmente da canalette o cunette a sezione trapezoidale o semicircolare e sono destinate a raccogliere le acque meteoriche che scorrono disordinatamente sulla superficie del terreno, prevenendo eventuali ulteriori fenomeni erosivi o la creazione di nuove falde idriche sotterranee.

Esistono diverse tipologie di drenaggi superficiali, ad esempio:

1. canaletta inerbita
2. canalette in sassi
3. canaletta in legname
4. canaletta in legname e pietrame
5. canaletta in elementi prefabbricati.

10.8.1.2 Canaletta inerbita

Le canalette in terra inerite sono utilizzate allo scopo di allontanare le acque di ruscellamento superficiali per evitare i fenomeni di erosione superficiale e di scalzamento delle opere e di instabilità del terreno. Le canalette in terreno possono essere non presidiate, realizzate cioè interamente in scavo, di forma trapezia.

Nel caso di canalette in terra a mezza costa o comunque non disposte secondo la linea di massima pendenza del terreno viene realizzato sul lato di valle un rinforzo con terreno

costipato utilizzando il materiale proveniente dallo scavo, in modo tale da raggiungere la quota del ciglio di monte. Laddove la pendenza e le caratteristiche del terreno non garantiscano la funzionalità delle canalette si realizzano opere di presidio in massi per il contenimento della sponda di valle della canaletta. In alcuni casi si ha un completo rivestimento in massi della canaletta.

L'inerbimento dei fossi può avvenire tramite coltre protettiva in paglia, se non sono da temere fenomeni erosivi. In questo caso andranno utilizzate reti metalliche e sintetiche. L'inerbimento dei fossi è consigliato sulle piste da sci, nelle infrastrutture viarie e sui versanti in erosione.

Campo di applicazione

- Per la sistemazione di pendii, piste da sci, rilevati stradali caratterizzati dalla presenza di acque di ruscellamento superficiale

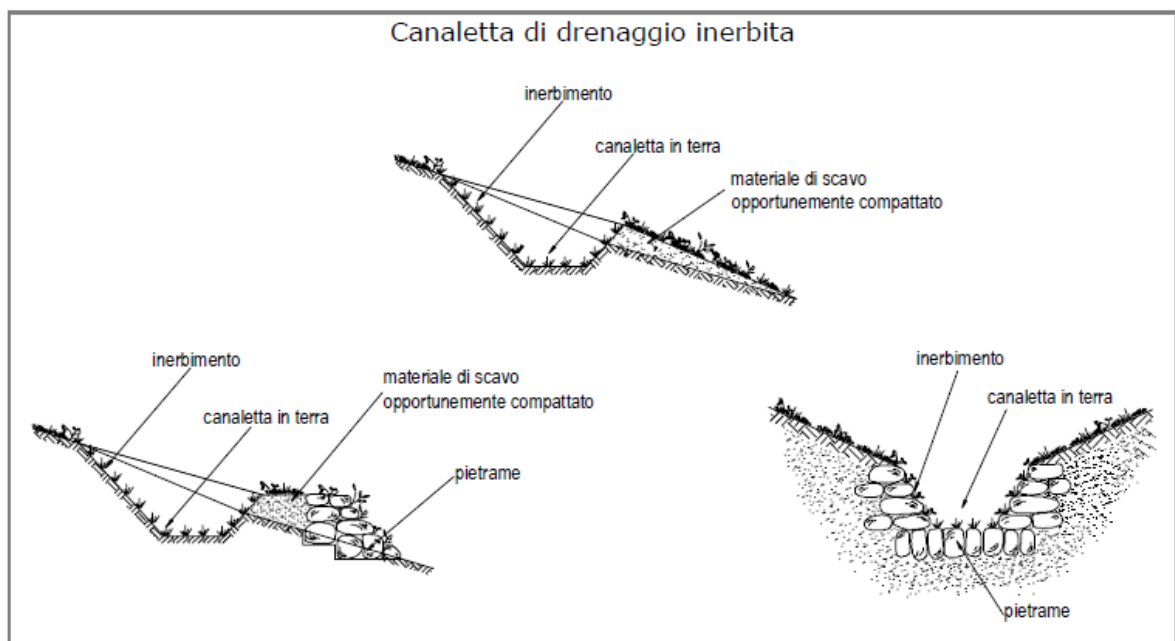


Figura 48: Schema di una canaletta di drenaggio inerbita – PGUAP

11 CONCLUSIONI

Si riportano di seguito delle tabelle riassuntive per ciascuno dei sei tracciati in fase di studio. Vengono inserite solamente le interferenze col reticolo principale, la progressiva a cui si trovano, la presenza di rischio idraulico o di aree alluvionate in prossimità dell'attraversamento e le opere che si prevede di realizzare a protezione del corso d'acqua. Per quanto riguarda invece la risoluzione delle interferenze col reticolo secondario, verranno studiate in una fase successiva di progettazione opere di attraversamento quali tombini, come illustrato al paragrafo 9.1, per il tracciato prescelto.

<i>T1</i>			
<i>INTERFERENZA</i>	<i>PROGRESSIVA</i>	<i>RISCHIO</i>	<i>OPERE PREVISTE</i>
T. Astico	Km 1+000	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Piovene
T. Astico	Km 4+000	Area alluvionata nel 1882	DIGA BOIADORI
T. Astico	Km 6+640	Area alluvionata nel 1882 e nel 1966	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Velo
T. Assa	Km 12+450	-	Sistemazione alveo con salti di fondo
T. Astico	Km 14+534	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Setteca'
T. Astico	Km 18+582	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Molino
T. Astico	Km 19+600 ÷21+000	Area alluvionata nel 1966	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Posta Deviazione e protezione spondale con massi a secco
T. Astico	Km 23+205	-	Protezione spondale e delle

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

<i>T1</i>			
<i>INTERFERENZA</i>	<i>PROGRESSIVA</i>	<i>RISCHIO</i>	<i>OPERE PREVISTE</i>
T. Centa	Km 30+244	-	<p>pile in massi sciolti per il viadotto Ciechi.</p> <p>Protezione al piede del rilevato con massi sciolti</p> <p>Protezione spondale in massi sciolti per il viadotto Vecchio Molino.</p>
Rio Mandola	Km 34+779	-	<p>Deviazione corso d'acqua e sistemazione a salti del fondo</p> <p>Deviazione e protezione dell'alveo con massi</p>
T. Fersina	Km 42+787	-	<p>Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Fersina</p>
Sc.Lago Pudrio	Km 45+436	-	<p>Protezione pile in massi sciolti, deviazione protezione alveo con massi a secco</p>
F. Adige	Km 57+796	R2	<p>Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Sv. Adige</p>

Tabella 6: riassunto delle interferenze del tracciato T1

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

<i>T2</i>			
<i>INTERFERENZA</i>	<i>PROGRESSIVA</i>	<i>RISCHIO</i>	<i>OPERE PREVISTE</i>
T. Astico	Km 1+000	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Piovene
T. Astico	Km 4+000	Area alluvionata nel 1882	DIGA BOIADORI
T. Astico	Km 6+640	Area alluvionata nel 1882 e nel 1966	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Velo
T. Assa	Km 12+450	-	Sistemazione alveo con salti di fondo
T. Astico	Km 14+534	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Setteca'
T. Astico	Km 18+582	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Molino
T. Astico	Km 19+600 ÷21+000	Area alluvionata nel 1966	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Posta Deviazione e protezione spondale con massi a secco
T. Astico	Km 23+205	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Ciechi. Protezione al piede del rilevato con massi sciolti
T. Centa	Km 30+244	-	Protezione spondale in massi sciolti per il viadotto Vecchio Molino. Deviazione corso d'acqua e sistemazione a salti del fondo

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

T2			
<i>INTERFERENZA</i>	<i>PROGRESSIVA</i>	<i>RISCHIO</i>	<i>OPERE PREVISTE</i>
Rio Mandola	Km 34+779	-	Deviazione e protezione dell'alveo con massi
T. Fersina	Km 42+787	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Fersina

Tabella 7: riassunto delle interferenze del tracciato T2

T3			
<i>INTERFERENZA</i>	<i>PROGRESSIVA</i>	<i>RISCHIO</i>	<i>OPERE PREVISTE</i>
T. Astico	Km 1+000	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Piovene
T. Astico	Km 4+000	Area alluvionata nel 1882	DIGA BOIADORI
T. Astico	Km 6+640	Area alluvionata nel 1882 e nel 1966	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Velo
T. Assa	Km 12+450	-	Sistemazione alveo con salti di fondo
T. Astico	Km 14+534	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Setteca'
T. Astico	Km 18+582	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Molino
T. Astico	Km 19+600 ÷21+000	Area alluvionata nel 1966	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Posta. Deviazione e protezione spondale con massi a secco
T. Astico	Km 23+205	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

T3			
<i>INTERFERENZA</i>	<i>PROGRESSIVA</i>	<i>RISCHIO</i>	<i>OPERE PREVISTE</i>
			Ciechi.
			Protezione al piede del rilevato con massi sciolti
T. Centa	Km 31+584	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Centa
Rio Mandola	Km 34+258	-	Sistemazione alveo con salti di fondo
F. Adige	Km 44+201	R1-R2-R3	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Adige

Tabella 8: riassunto delle interferenze del tracciato T3

T4			
<i>INTERFERENZA</i>	<i>PROGRESSIVA</i>	<i>RISCHIO</i>	<i>OPERE PREVISTE</i>
T. Astico	Km 1+000	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Piovene
T. Astico	Km 4+000	Area alluvionata nel 1882	DIGA BOIADORI
T. Astico	Km 6+640	Area alluvionata nel 1882 e nel 1966	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Velo
T. Assa	Km 12+450	-	Sistemazione alveo con salti di fondo
T. Astico	Km 14+534	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Setteca'
T. Astico	Km 18+582	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Molino

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

T4			
<i>INTERFERENZA</i>	<i>PROGRESSIVA</i>	<i>RISCHIO</i>	<i>OPERE PREVISTE</i>
T. Astico	Km 19+600 ÷21+000	Area alluvionata nel 1966	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Posta. Deviazione e protezione spondale con massi a secco
T. Astico	Km 23+205	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Ciechi. Protezione al piede del rilevato con massi sciolti
F. Adige	Km 39+040	R1	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Adige

Tabella 9: riassunto delle interferenze del tracciato T4

T5			
<i>INTERFERENZA</i>	<i>PROGRESSIVA</i>	<i>RISCHIO</i>	<i>OPERE PREVISTE</i>
T. Astico	Km 1+000	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Piovene
T. Astico	Km 4+000	Area alluvionata nel 1882	DIGA BOIADORI
T. Astico	Km 6+640	Area alluvionata nel 1882 e nel 1966	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Velo
T. Astico	Km 8+061	Area alluvionata nel 1966	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Arsiero
T. Posina	Km 12+468	Area alluvionata nel 1966	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Castagna

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

T5			
<i>INTERFERENZA</i>	<i>PROGRESSIVA</i>	<i>RISCHIO</i>	<i>OPERE PREVISTE</i>
			Protezione piede del rilevato con massi a secco
T. Posina	Km 13+104	Area alluvionata nel 1966	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Posina
La Zara	Km 17+825	-	Sistemazione alveo con salti di fondo
Rio Pazaul	Km 25+090	-	Sistemazione alveo con salti di fondo
Rio di Val Cinecco	Km 28+260	-	Deviazione canale con tratto tombinato
Rio valle della Zal	Km 29+600	-	Sistemazione alveo con salti di fondo
Leno di Vallarsa	Km 35+125	-	Sistemazione alveo con salti di fondo
Vecchio alveo di Marco	Km 40+250	-	Deviazione e protezione dell'alveo con massi sciolti Deviazione canale con tratto tombinato

Tabella 10: riassunto delle interferenze del tracciato T5

T6			
<i>INTERFERENZA</i>	<i>PROGRESSIVA</i>	<i>RISCHIO</i>	<i>OPERE PREVISTE</i>
T. Astico	Km 1+000	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Piovene
T. Astico	Km 4+000	Area alluvionata nel 1882	DIGA BOIADORI
T. Astico	Km 6+640	Area alluvionata nel 1882 e nel 1966	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Velo
T. Assa	Km 12+450	-	Sistemazione alveo con salti di

AUTOSTRADA A31 TRENTO - ROVIGO
TRONCO TRENTO - VALDASTICO - PIOVENE ROCCHETTE

<i>T6</i>			
<i>INTERFERENZA</i>	<i>PROGRESSIVA</i>	<i>RISCHIO</i>	<i>OPERE PREVISTE</i>
			fondo
T. Astico	Km 14+534	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Setteca'
T. Astico	Km 18+582	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Molino
T. Astico	Km 19+600 ÷21+000	Area alluvionata nel 1966	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Posta.
			Deviazione e protezione spondale con massi a secco
T. Astico	Km 23+205	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Ciechi.
			Protezione al piede del rilevato con massi sciolti
T. Centa	Km 31+584	-	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Centa
F. Adige	Km 42+580	R2, R4	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Adige 1
F. Adige	Km 53+868	R2	Protezione spondale e delle pile in massi sciolti per il viadotto Adige 2

Tabella 11: riassunto delle interferenze del tracciato T6