

**REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA
REGION AUTONOME VALLEE D'AOSTE**



COMUNE DI
COMMUNE DE

BRISOGNE E POLLEIN

**COSTRUZIONE IMPIANTO ELETTRICO A 15KV NEI COMUNI DI
BRISOGNE E POLLEIN PER ALLACCIAMENTO NUOVA CABINA
ELETTRICA DENOMINATA LAURES IN LOCALITA' ILE BLONDE
NEL COMUNE DI POLLEIN DELLA REGIONE AUTONOMA VALLE
D'AOSTA-ART.6 DELLA L.R. N.8 DEL 28/04/2011 (L.E. N.0363 BIS)**

**RELAZIONE GEOLOGICA
STUDIO DI COMPATIBILITA' CON LO STATO
DI DISSESTO**

R1

02			IL TECNICO	PROPRIETA'
01			  Geol. Alex Chabod	Società Idroelettrica Laures
00	10/06/24	<i>Prima emissione</i>		
<i>emissione</i>	<i>data</i>	<i>Oggetto</i>		

Sommario

1	Introduzione.....	3
1.1	Quadro normativo di riferimento	4
2	Inquadramento geografico	5
3	Descrizione delle opere in progetto	13
4	Caratterizzazione e modellazione geologica del sito	16
5	Idrogeologia	17
6	Caratterizzazione sismica	18
6.1	Indagine sismica attiva	20
7	Caratterizzazione Geotecnica	26
8	Prescrizioni costruttive	26
9	Gestione delle terre e rocce da scavo	27
10	Studio sulla compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente e sull'adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le opere di mitigazione del rischio necessarie.	28
10.1	Caratterizzazione dei vincoli presenti (ARTT. 35 comma1, 35 comma2, 36 e 37 della L.R. n. ° 11/98)	28
10.2	Classificazione urbanistico-edilizia dell'intervento	30
10.3	Disciplina d'uso	30
10.4	Dissesti passati.....	33
10.5	Opere realizzate a seguito dell'alluvione del 2000.....	34
10.6	Individuazione e illustrazione delle dinamiche e della pericolosità dei fenomeni che caratterizzano il vincolo.	37
10.7	Valutazione della compatibilità dell'intervento con il fenomeno di dissesto considerato, con la sua dinamica e con la sua pericolosità.....	38
10.7.1	Art. 36 - INONDAZIONI	40
10.7.2	Art. 35 c.1 - FRANE.....	51
10.8	Valutazione della vulnerabilità dell'opera da realizzare in relazione anche agli usi alla quale essa è destinata.	62
10.9	Definizione degli interventi di protezione adottati per ridurre la pericolosità	

	del fenomeno, e la vulnerabilità dell'opera e valutazione della compatibilità dell'intervento con il fenomeno di dissesto considerato.	63
10.10	Dichiarazione di compatibilità con le condizioni di pericolosità indicate dalla cartografia degli ambiti inedificabili ai sensi della L.R. 11/1998.	63
11	Conclusioni	64

1 Introduzione

Su incarico della *Società Idroelettrica Laures*, è stata eseguita la presente relazione relativa al progetto di costruzione di un elettrodotto interrato ed aereo tra la località Le Clapey, nel comune di Brissogne e la località L'Ile Blonde, nel comune di Pollein.

Il presente studio, condotto in osservanza alla normativa vigente, si prefigge di:

- definire il modello geologico e geotecnico di riferimento per la progettazione preliminare dell'intervento quindi una caratterizzazione e modellazione geotecnica del volume significativo;
- evidenziare le possibili problematiche di natura geologica o geotecnica in riferimento sia alla staticità della struttura sia alle varie fasi di cantierizzazione e realizzazione dell'opera;
- valutare la pericolosità del sito quindi l'interazione della struttura in progetto con lo stato di dissesto in essere e potenziale;
- fornire le prescrizioni costruttive per effettuare le scelte operative e progettuali più idonee.

Tenuto conto delle peculiarità dell'opera e della sua specifica ubicazione, le informazioni sono state acquisite mediante:

- consultazione della cartografia tecnica comunale e regionale;
- consultazione della bibliografia reperibile sull'argomento;
- esecuzione di sopralluoghi in sito;
- consultazione A.A.I.I. del comune di Brissogne e Pollein.

1.1 Quadro normativo di riferimento

L'indagine è stata effettuata in ottemperanza a quanto previsto dalle normative vigenti ed in particolare alle prescrizioni delle seguenti:

- ✓ **L.R. 06 aprile 1998 n° 11 e s.m.i.** (Normativa urbanistica e di pianificazione territoriale della Valle d'Aosta);
- ✓ **D.G.R. n. 2939 del 10 ottobre 2008** (approvazione delle nuove disposizioni attuative della legge regionale 6 aprile 1998 n. 11 previste agli artt. 35, 36 e 37 in sostituzione dei capitoli I, II e III dell'allegato a alla deliberazione della giunta regionale 15 febbraio 1999, n. 422 e revoca della deliberazione della giunta regionale n. 1968/2008) e s.m.i.;
- ✓ **D.M. LL.PP. 14 gennaio 2008** (Norme Tecniche per le Costruzioni);
- ✓ **D.M. LL.PP. 17 gennaio 2018** Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».
- ✓ **D.M. LL.PP. 11 marzo 1988** (Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione);
- ✓ **D. Lgs. 152 del 03 aprile 2006** (Norme in materia ambientale) e successive modifiche ;
- ✓ **D.P.R n.120 del 13 giugno 2017** Disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo ai sensi dell'articolo 8 del decreto –legge 12 settembre 2014, 133, convertito con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n164.
- ✓ **D.G.R. n. 529 del 18 aprile 2014** (Approvazione, in sostituzione di quanto approvato con DGR 821/2013, delle linee-guida per la gestione dei materiali/rifiuti inerti derivanti dalle attività di demolizione, costruzione e scavo, comprese le costruzioni stradali, con particolare riferimento alla gestione dei materiali inerti derivanti da attività di scavo, in attuazione della parte IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152);
- ✓ **O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 2003** (Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica);
- ✓ **L.R. 31 luglio 2012, n. 23** (Disciplina delle attività di vigilanza su opere e costruzioni in zone sismiche);
- ✓ **D.G.R. n. 1603 del 04 ottobre 2013** (approvazione delle prime disposizioni attuative di cui all'art. 3 comma 3, della legge regionale 31 luglio 2012, n. 23 "disciplina delle attività di vigilanza su opere e costruzioni in zone sismiche").

2 Inquadramento geografico

L'intero intervento si sviluppa su di una lunghezza di 3 km circa, tra loc. Le Clapey, a quota circa 538 m s.l.m., nel comune di Brissogne, a loc. L'Île Blonde, a quota circa 539 m s.l.m., nel comune di Pollein.

I lavori prevedono la costruzione di un elettrodotto 15 kV, sia in interrato che in aereo e lo spostamento del punto di scambio produzione della Società Idroelettrica Laures s.r.l.

Due sono i torrenti che verranno attraversati dal cavidotto, ovvero il Torrente Grand Val, nella parte occidentale, ed il torrente Les Laures, nella parte orientale. Entrambi i corsi d'acqua hanno andamento circa N-S nel tratto terminale, dove sono presenti i ponti di attraversamento.

L'intero cavidotto sarà interrato in destra idrografica rispetto alla Dora Baltea, tranne che nell'ultimo tratto, nel quale attraverserà la Dora mediante linea aerea. La costruzione di due pali in ammarro, rispettivamente in destra ed in sinistra idrografica della Dora Baltea, permetteranno di attraversarla e condurre il cavidotto sino all'area dove verrà costruita la cabina di restituzione, in sinistra idrografica.

In corrispondenza degli attraversamenti sui ponti, il cavidotto sarà staffato lateralmente al ponte stesso.

In Figura 1 è indicato l'intero tracciato dell'elettrodotto da ortofoto. Nei cerchi gialli sono indicati i due ponti che permettono di attraversare i torrenti Les Laures e Grand Val, nel cerchio rosa è indicata l'ubicazione del primo palo di ammarro da realizzare, mentre nel cerchio rosso il secondo palo di ammarro e la nuova cabina di restituzione.

Di seguito saranno descritti nel dettaglio i diversi tratti raffigurati in Figura 1.



Figura 1: Tracciato dell'elettrodotto. Parte iniziale del percorso è raffigurata in basso, da destra verso sinistra; seconda parte di percorso raffigurata in alto, da destra verso sinistra. Nel cerchio rosa è indicata l'ubicazione del primo palo di ammarro; nel cerchio rosso il secondo palo di ammarro e la cabina di trasformazione nei cerchi gialli sono indicati i due ponti sui quali verrà staffato il cavidotto.

Il primo tratto di cavidotto interrato è situato in località Le Clapey. Il percorso segue una direzione circa S-N nel settore prativo in destra idrografica rispetto al T. Les Laures. Il punto dove sarà intercettato l'elettrodotto è situato circa 30 m a monte del ponte che attraversa il torrente (freccia blu in Figura 2).



Figura 2: Punto di intercettazione dell'elettrodotto nel settore prativo in destra idrografica rispetto al T. Les Laures (freccia blu).

Dopo un primo tratto interrato, il cavidotto attraverserà il torrente Les Laures, staffato ad esso, lato di monte (Figura 3). **La scelta di staffare il cavidotto verso il lato di monte del ponte è data dalla stretta vicinanza con il ponte autostradale (Figura 4) e dalla presenza di infrastrutture di rete ed elettriche interrate nel tratto d'interesse, a servizio dell'autostrada stessa.**

Il cavidotto verrà staffato all'impalcato del ponte senza modificarne la sezione di deflusso.



Figura 3: Ponte sul torrente Les Laures. Il cavidotto passerà lato monte, staffato ad esso. Nella figura, il cavidotto è raffigurato con il poligono rosso. (Sezione 2 di progetto Tavola T03-Tavola T04).



Figura 4: Dettaglio fotografico che evidenzia la vicinanza del ponte in oggetto e il ponte autostradale. Evidenti le tubazioni che ospitano le linee elettriche e di rete, staffate al ponte autostradale (freccia rossa).

Dopo l'attraversamento del torrente Les Laures, il cavidotto continua in interrato al di sotto di una pista poderale che costeggia l'autostrada sino a congiungersi con la Strada Regionale

N.19 (Figura 5).



Figura 5: Tratto di pista poderalo in cui verrà interrato il cavidotto. (Sezioni 2-4 di progetto Tavola T03-Tavola T04).

Dopodiché, il tracciato si sposterà al di sotto della carreggiata asfaltata, nel lato Nord della stessa, seguendola per circa 1750 m, per poi abbandonarla prendere il tracciato della pista ciclabile in direzione Ovest. In tale tratto cavidotto verrà posato in corrispondenza della piccola scarpata di raccordo tra la pista ciclabile e la strada regionale (Figura 6).



Figura 6: Punto in cui il cavidotto lascerà la strada regionale e verrà interrato al di sotto del settore prativo tra la strada e la pista ciclabile (Sezioni 12-13 di progetto Tavola T03-Tavola T04)

Circa 200 m oltre l'innesco con la pista ciclabile, il dislivello tra la strada regionale e la ciclabile diventa maggiore e la scarpata lascia spazio ad un muro di contenimento in pietra e malta e un piccolo settore sub-pianeggiante inerbito largo circa 2m di raccordo tra il muro stesso e la ciclabile. Proprio in tale fazzoletto di terreno verrà posato il cavidotto, ponendo attenzione a mantenere le dovute distanze dal muro (almeno 1,5 m) al fine di non sottoesvarlo. La strada regionale tende dunque a virare verso Sud Est e si ripresenta nuovamente una scarpata di raccordo inerbita che verrà attraversata al piede. Si segnala la presenza di un palo telefonico che verrà interessato momentaneamente dallo scavo. (Figura 7).



Figura 7: Punto in cui il cavidotto costeggia il muro di valle della strada regionale: Evidente il palo che deve essere riposizionato (Sezione 14 di progetto Tavola T03-Tavola T04).

Il tracciato raggiunge dunque il ponte sul torrente Grand Val mantenendo sempre la destra idrografica rispetto alla ciclabile in modo da evitare scavi nel manto stradale dunque disagi nell'utilizzo della ciclabile stessa.

L'attraversamento del torrente Grand Val, avverrà pertanto nel lato di monte del sul Grand Val. Come per l'attraversamento del torrente Les Laures verrà posizionata una tubazione di acciaio sul lato di monte dell'impalcato, a sua volta contenuta in una sella di acciaio. La sezione di deflusso non verrà minimamente modificata.



Figura 8: Ponte che attraversa il torrente Grand-Val, lato monte, dove verrà staffato il cavidotto (rappresentato dal poligono rosso).

Oltrepassato il ponte, il cavidotto sarà nuovamente interrato per altri 150 m circa, in un settore prativo, sino al punto in cui verrà costruito il primo palo di ammarro (Figura 9).



Figura 9: Ubicazione del primo palo di ammarro (freccia blu) per poter proseguire il cavidotto per via area.

Dal palo di ammarro il cavidotto diventerà aereo e attraverserà la Dora Baltea con una unica

campata lunga 119 m e posta ad almeno 8 m, di altezza (franco minimo in corrispondenza della testa delle arginature). Il secondo palo di ammarro, posto in sinistra idrografica, verrà realizzato a tergo della cabina elettrica esistente a servizio dell'impianto di depurazione. In adiacenza della cabina esistente verrà realizzata anche la nuova cabina elettrica.

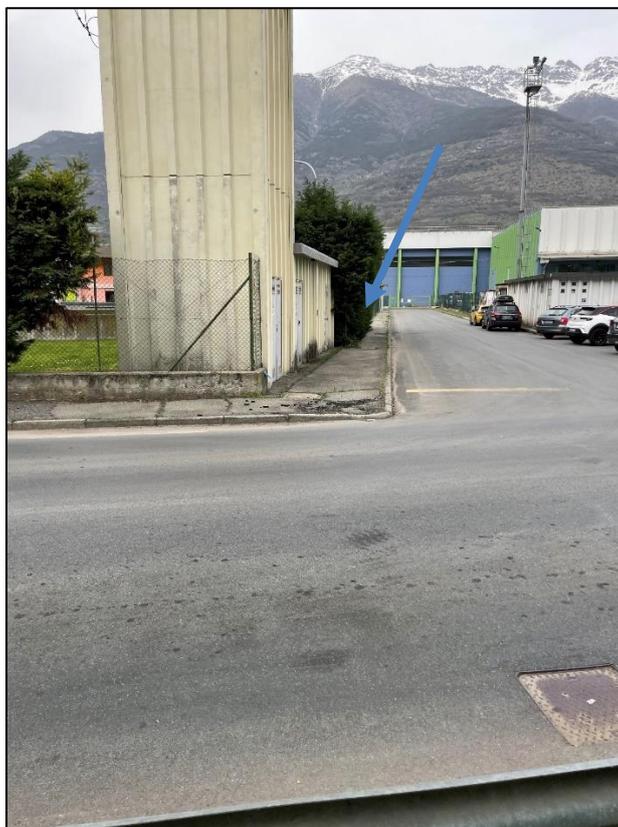


Figura 10: Area dove verrà realizzata la cabina di restituzione e il secondo palo di ammarro.

3 Descrizione delle opere in progetto

Come illustrato al capitolo precedente, il **cavidotto** sarà perlopiù interrato, costituito da un cavidotto 750 N, di diametro 160 mm.

A seconda delle aree in cui verrà interrato, si prevedono differenti sezioni di scavo:

Sezione tipo su prati e strade sterrate.

Il cavidotto sarà posto ad una profondità di 1.20 m e sarà adagiato su di un letto di posa di circa 5-7 cm, costituito da materiale di risulta, debitamente vagliato (materiale sabbioso ghiaioso) e accuratamente compattato, in modo da permettere un'uniforme ripartizione dei carichi lungo il cavidotto. Il rinfiacco e la copertura primaria (5-7 cm circa) saranno eseguiti con il suddetto materiale di risulta vagliato. La costipazione verrà eseguita solamente sui fianchi del cavidotto.

Il restante riempimento della trincea avverrà per strati di spessore pari a 30 cm utilizzando il materiale proveniente dallo scavo, depurato dalle pietre di diametro superiore a 5 cm e

dai frammenti vegetali. La compattazione degli strati verrà eseguita con la massima attenzione, avendo cura di eliminare i materiali difficilmente comprimibili.

La sistemazione superficiale verrà eseguita con terreno vegetale, se in presenza di prato e con terreno stabilizzato, se in presenza di poderale.

Sezione tipo pista ciclabile.

Le modalità di posa dell'elettrodotto e di riempimento della trincea, sono le medesime della sezione tipo precedente, fatta eccezione del tratto sommitale, ove in tale caso verrà ripristinato il sottofondo stradale e la pavimentazione stradale esistente.

Sezione tipo strada regionale.

Il cavidotto sarà posto ad una profondità di 1.20 m e sarà adagiato su di un letto di posa di circa 5-7 cm costituito da materiale di risulta debitamente vagliato (materiale sabbioso ghiaioso) e accuratamente compattato in modo da permettere un'uniforme ripartizione dei carichi lungo la condotta. Il rinfiacco e la copertura primaria (5-7 cm circa) saranno eseguiti con il suddetto materiale di risulta vagliato. La costipazione verrà eseguita solamente sui fianchi del cavidotto.

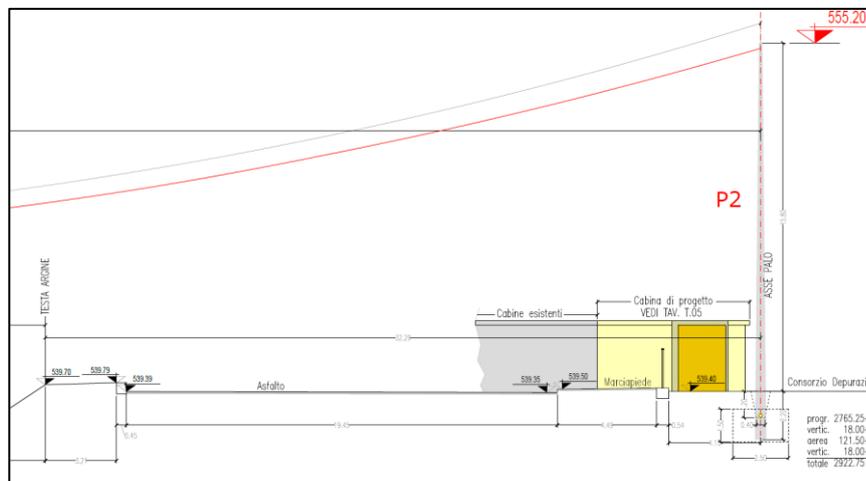
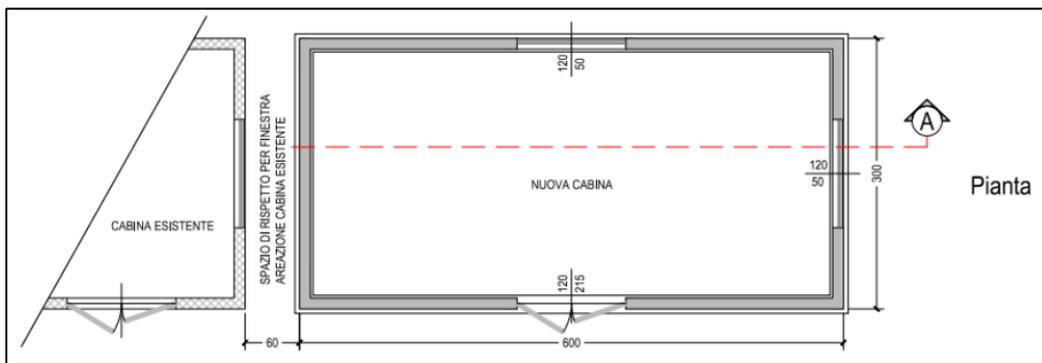
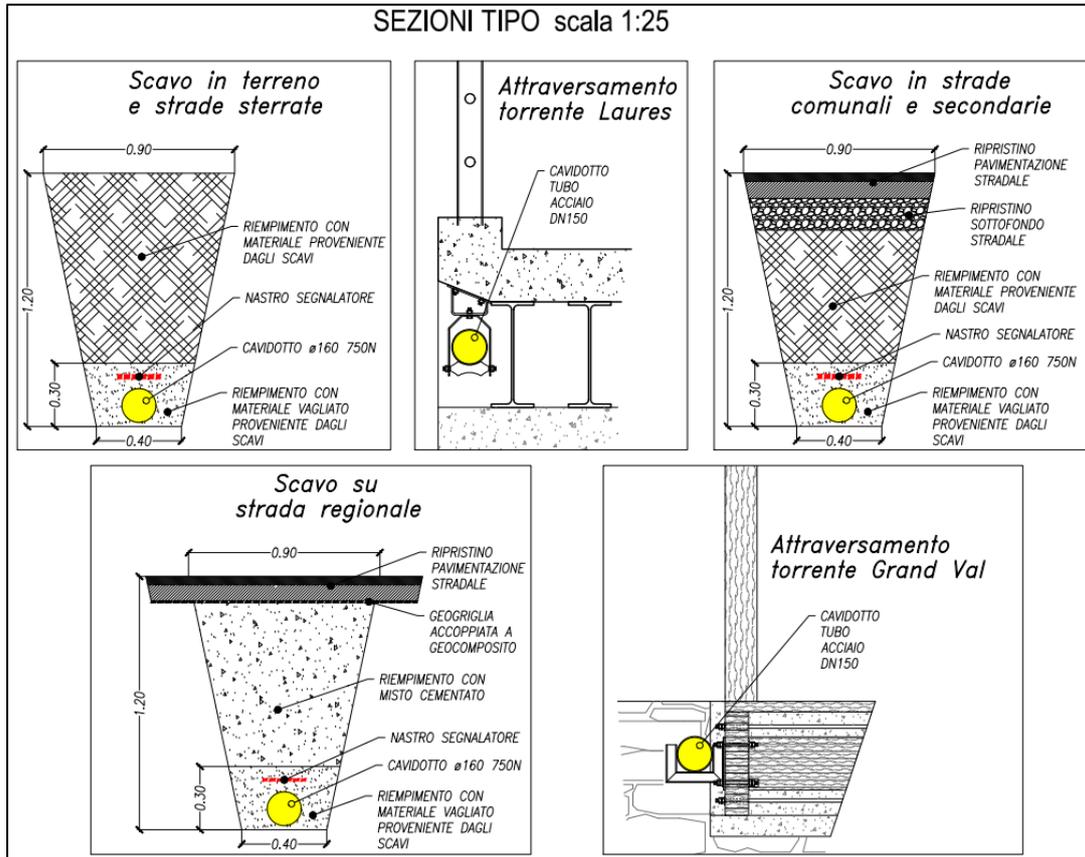
Il restante riempimento della trincea sarà costituito da misto cementato, a tetto del quale verranno stesi un geocomposito e una geogriglia di ripartizione dei carichi, dunque verrà ripristinata la pavimentazione stradale.

In Figura 11 sono indicate le diverse sezioni di posa del cavidotto sopra descritte.

In corrispondenza dei due **attraversamenti fluviali** il cavidotto sarà costituito da una tubazione in acciaio del diametro di 150 mm, a sua volta contenuto da una sella di acciaio debitamente ancorata all'impalcato del ponte, lato di monte, senza modificarne la sezione di deflusso, come riportato nella figura 11 a seguire.

I due **pali di ammarro** presenteranno un'altezza fuori terra di 15,80 m e saranno sorretti da plinti in cemento armato di dimensione H 1,5 m*L1 2,5m*L2 2,5 m, fondati a 2,2 m di profondità. La campata sarà lunga 119,67 m e presenterà un'altezza minima da terra di circa 8m (altezza minima rilevata in corrispondenza della testata degli argini).

La **nuova cabina elettrica** sarà posta in adiacenza a quella esistente, lato Nord presenterà dimensioni 3,0 m *6,0 m e sarà fondata su di una platea in c.a, posta a circa 0,5 m di profondità.



4 Caratterizzazione e modellazione geologica del sito

Le opere in progetto sono ubicate nel fondovalle pianeggiante della piana di Aosta.

La conca di Aosta risulta essere molto sovraescavata. Dapprima, l'esarazione glaciale del grande ghiacciaio Balteo ha inciso e modellato il substrato roccioso, ed in seguito sono stati depositati i sedimenti più fini, risultato dell'azione glaciale prima e delle acque ruscellanti dopo. La potenza di sedimenti totali si attesta attorno ai 250-300 m.

Nel fondovalle, i numerosi strati di depositi fini e ghiaiosi sono il risultato della sedimentazione lacustre formatasi a seguito del ritiro glaciale e delle acque ruscellanti a seguito dello svuotamento del lago. La potenza dei depositi di età quaternaria è di qualche centinaio di metri, delle quali gli strati più superficiali corrispondono alle alluvioni più recenti della Dora Baltea, composte da ghiaia e ciottoli molto grossolani. Più in profondità, si verifica una sensibile diminuzione della granulometria dei materiali. La sedimentazione lacustre limo-sabbiosa è stata riconosciuta tra Pollein e Brissogne, ma nessun sondaggio ne ha individuato la potenza totale. Alla base di tali depositi lacustri si hanno depositi glaciali di fondo, posti a contatto con il substrato cristallino.

In particolare, il cavidotto verrà interrato al di sotto di terreni costituiti da depositi alluvionali e fluvioglaciali, ovvero costituiti da ghiaie sabbiose stratificate, a supporto di clasti, con ciottoli arrotondati, embricati, in matrice sabbiosa medio-grossolana. Trattandosi di terreni prossimi alla Dora Baltea ed in particolare nell'ampio fondovalle della valle centrale, in cui si sono succedute fasi erosive e deposizionali da parte delle acque fluviali, sono localmente presenti settori con componenti limose.

Analogamente il primo palo di ammarro andrà fondato in terreni che potenzialmente presentano componenti limose che devono essere tenute in considerazioni.

Il secondo palo di ammarro e la cabina di restituzione saranno fondati su depositi chiaramente di natura fluviale che però superficialmente sono stati profondamente rimodellati dall'azione antropica.

Per completezza si segnala la presenza di un sondaggio geognostico diretto eseguito a ridosso della casa circondariale che rileva, a livello superficiale, tre livelli di materiale:

- Depositati ghiaiosi-sabbiosi caratterizzati da sostanziale assenza di materiale limoso, fino a 11,5 m dal piano campagna.
- Quote comprese tra 11,5 m e 33 m: ulteriori depositi ghiaiosi ma con frequenti livelli di materiale fortemente limoso, di potenza talvolta elevata (3,6 m).

- Oltre i 33 m dal piano campagna: depositi antichi caratterizzati da ghiaie e sabbie prive di frazione fine.

In Figura 14 è indicato lo stralcio di carta geologica dell'area oggetto di studio.

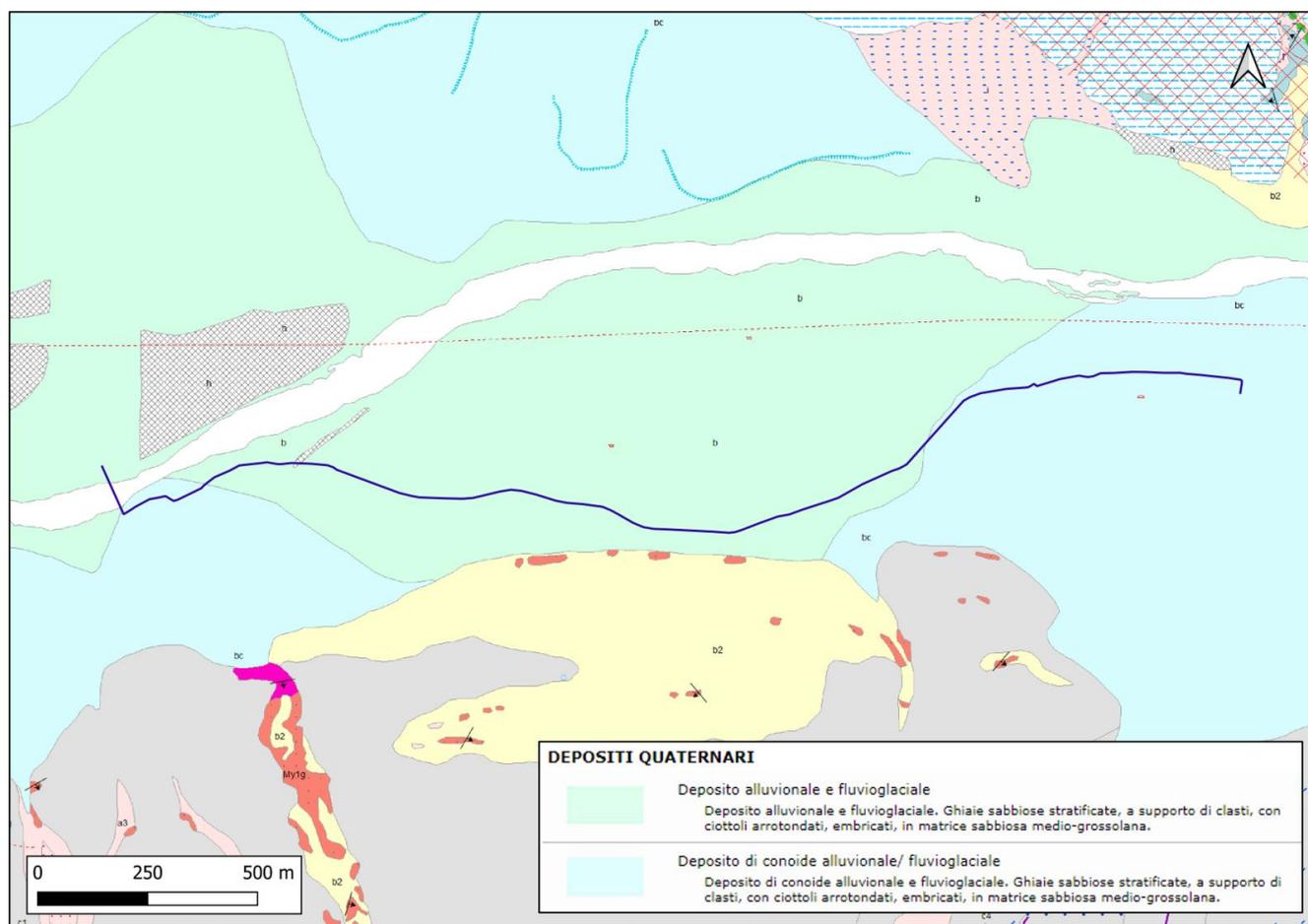


Figura 14: Stralcio della carta geologica dell'area oggetto di studio.

5 Idrogeologia

L'idrologia del settore è fortemente influenzata dalla presenza della Dora Baltea e dai suoi affluenti in destra che drenano le acque di versante.

Anche la circolazione idrica sotterranea risulta influenzata da tali corpi idrici: la falda più superficiale risente infatti degli apporti provenienti dalla Dora e in parte anche dalle acque di versante.

In base all'analisi diretta di scavi effettuati nell'area si evidenzia la presenza di una falda freatica posta a circa 3 m dal piano campagna; si tratta di una falda di subalveo, in diretta connessione con la Dora Baltea; le linee di deflusso principali vanno quindi intese in direzione ovest-est.

Dai sondaggi effettuati in prossimità della casa circondariale è inoltre stato messo in evidenza un livello a permeabilità praticamente nulla costituito da prevalenti limi posto a

circa 21 m dal piano campagna; tale livello è da considerare come la base della falda sopraccitata.

Un secondo livello a bassissima permeabilità è inoltre presente alla quota di circa 25 m dal piano campagna. L'estensione di tali livelli sembra inoltre suggerire una buona continuità laterale determinando così un certo grado di protezione alla falda compresa tra tali quote; vista la bassissima permeabilità dei materiali si esclude uno scambio per infiltrazione verticale tra le due falde.

6 Caratterizzazione sismica

La Regione Autonoma Valle d'Aosta con D.G.R. n. 1603 del 04 ottobre 2013 recante "approvazione delle prime disposizioni attuative di cui all'art. 3 comma 3, della legge regionale 31 luglio 2012, n. 23 - disciplina delle attività di vigilanza su opere e costruzioni in zone sismiche" ha riclassificato l'intero territorio regionale in zona sismica 3.

La valutazione della pericolosità sismica locale utilizzando la procedura indicata nelle NTC/2008 e nella successiva Circolare n° 617/2009, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido ($V_s > 800$ m/s), viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente". La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento riportato nell'Allegato B delle NTC/2008. Più precisamente la pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in tale sito si verifichi un evento sismico di entità pari ad un valore prefissato. Il suddetto lasso di tempo è denominato "periodo di riferimento" (V_R), mentre la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" (P_{VR}). Il periodo di riferimento V_R è dato per ciascun tipo di costruzione dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N * C_U$$

dove:

V_N = vita nominale della costruzione

C_U = coefficiente d'uso dipendente dalla classe d'uso dell'opera

In particolare la vita nominale di una costruzione V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo alla quale è destinata. Il coefficiente d'uso C_U esprime la Classe d'uso nella quale sono suddivise le opere, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso.

Sulla base di quanto indicato nelle normative per le opere in progetto si assume $V_N \geq 50$ anni (**Opere ordinarie**) e una **Classe d'uso II** (affollamenti normali, senza funzioni pubbliche o sociali) a cui corrisponde un valore di CU pari a 1.0 e quindi si ottiene il seguente periodo di riferimento:

$$V_R = 50 \text{ anni}$$

Per quanto riguarda le probabilità (P_{V_R}) di superamento nel periodo di riferimento (V_R) esse variano al variare dello stato limite considerato. In particolare i valori cui riferirsi per individuare l'azione sismica sono riportati nella tabella sottostante.

Stati Limite		P_{V_R} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 1: Probabilità di superamento per i diversi stati limite e tempi di ritorno

La pericolosità sismica è definita dalle NTC in funzione delle accelerazioni (a_g) e dello Spettro di Risposta $S_e(T)$ su riferimento rigido in base ai seguenti tre parametri:

- ✓ a_g - accelerazione orizzontale massima al sito;
- ✓ F_0 - valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- ✓ T^*_c - periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono tabulati per i 9 diversi Periodi di Ritorno (T_R) e definiti su un Reticolo di Riferimento con maglia di 10 km.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato nel § 7.11.3 delle NTC. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Cfr. Tabella).

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Tabella 2: Categorie sismiche di suolo secondo NTC 2008

Le configurazioni topografiche superficiali sono altresì considerate per la valutazione dell'azione sismica e, nel caso di semplici morfologie, si possono adottare le seguenti categorie:

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

Tabella 3: Categorie topografiche

Nel caso in esame la **categoria della superficie topografia** da assumere ai fini della valutazione dell'azione sismica locale è la T1.

6.1 Indagine sismica attiva

Nelle immediate vicinanze del sito ove verrà realizzato l'attraversamento aereo, dunque anche la cabina di restituzione è stata eseguita nel recente passato una campagna di indagini geofisiche finalizzate alla definizione della sismicità locale: in particolare sono state analizzate le velocità delle onde di taglio V_s nei primi 30 metri di profondità mediante metodi geofisici attivi MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves). L'elaborazione finale dei dati ottenuti dalla prospezione consente, oltre alla individuazione della categoria sismica del sito come definito dalle NTC del 2018, l'acquisizione di utili informazioni sulle caratteristiche geotecniche del semispazio di terreno interessato dalle sollecitazioni trasmesse dalla

struttura.

La strumentazione utilizzata per l'indagine geofisica è costituita da un sismografo GEA24 P.A.S.I. a 24bit, collegato ad un PC portatile. Lo stendimento sismico realizzato con 2 cavi sismici (12 +12 canali) collegati a 24 geofoni verticali 4.5 Hz, è stato energizzato (per la sola sismica attiva) attraverso una mazza battente di 10 Kg collegata al sismografo mediante uno starter piezoelettrico.

La configurazione degli stendimenti sismici è riassunta nella tabella seguente:

Metodo indagine	N° e frequenza geofoni	Interasse geofoni	Tipo Energizzazione	Distanza sorgente	Frequenza di campionamento	Tempo di acquisizione
MASW	12 x 4.5 Hz	2.5 m	massa battente 10 kg	-10 m -4 m	1 ms / 1000 Hz	2500 ms

Tabella 4: Strumentazione utilizzata

Il metodo attivo è quello che meglio permette la classificazione sismica dei suoli perché fornisce con un miglior dettaglio il profilo delle velocità sismiche nei primi 30 metri dal piano campagna. Infatti si ottiene una curva di dispersione per un range di frequenze normalmente compreso tra 5 e 70 Hz, la cui propagazione avviene prevalentemente nella parte più superficiale del suolo, in funzione soprattutto delle sue caratteristiche elastiche. Utilizzando il metodo passivo si può ottenere invece una maggiore investigazione in termini di profondità, ma una minore risoluzione nelle velocità degli strati, soprattutto per quelli più superficiali.

L'indagine è stata effettuata nel settore di terreno posto immediatamente a est della casa circondariale nello stesso contesto geomorfico.

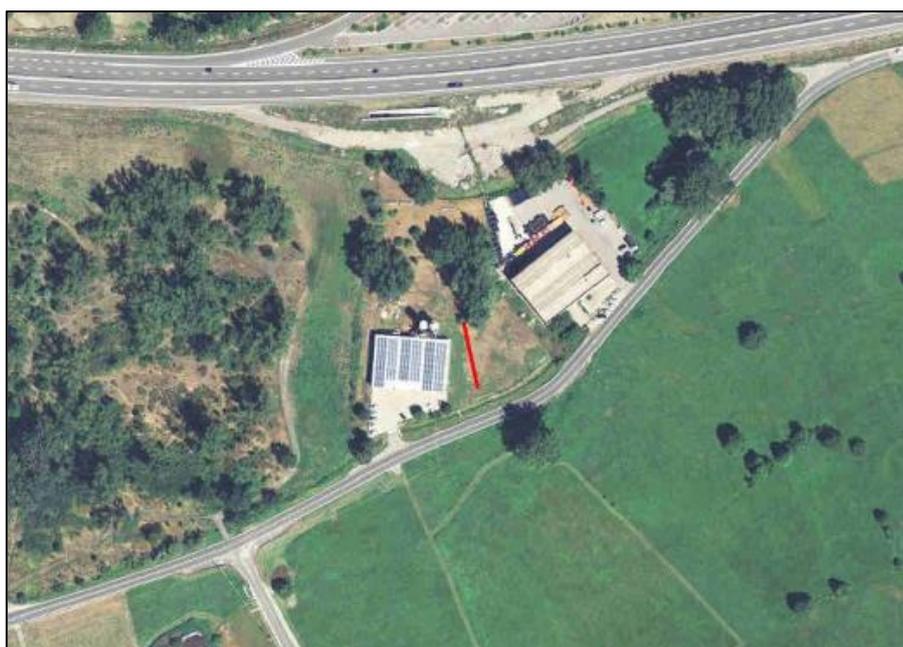


Figura 15: Localizzazione dello stendimento sismico

L'analisi dei dati raccolti nella campagna di indagine in sito prevede sinteticamente le seguenti fasi:

1. Generazione dell'immagine di dispersione di tutte le velocità di fase contenute nei segnali e filtraggio.
2. Analisi delle curve di dispersione e picking.
3. Verifica dei modi.
4. Modellazione e/o inversione delle curve di picking con algoritmo di calcolo genetico e metodi diretti.
5. Calcolo del parametro Vs30 dal profilo delle velocità di taglio Vs ottenuto.

Il modello di suolo e il relativo profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati utilizzando una procedura manuale o automatica, oppure una combinazione delle due. Nella procedura manuale l'utente assegna, per tentativi, diversi valori delle velocità di taglio e degli spessori degli strati di modello, cercando di far corrispondere le curve di dispersione numeriche (teoriche) associate con i massimi dell'immagine di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica si utilizza invece, per la ricerca del profilo di velocità ottimale, un algoritmo globale o locale che minimizza i residui tra le curve sperimentali del picking effettuato dall'utente e quelle numeriche associate ad un grande numero di modelli, entro uno spazio di ricerca definito sempre dall'utente. La riduzione progressiva della percentuale di errore durante il calcolo garantisce la validità della soluzione finale proposta e di conseguenza una corretta assegnazione della categoria di suolo simico secondo la normativa.

I software utilizzati per il trattamento dei dati e la successiva interpretazione sono rispettivamente Geogiga Front End 8.1 - Seismic Data Preprocessing Software - ed il software open source Geopsy e relativi moduli per il trattamento dati.

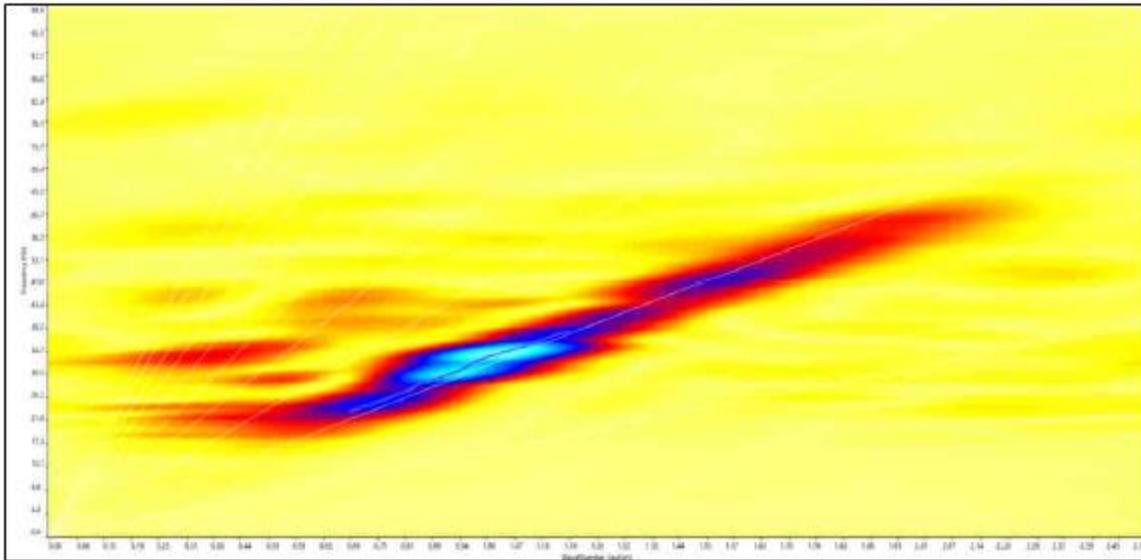


Figura 16: Curva di dispersione f-k, offset 5, interdistanza 2.5, picking del modo fondamentale

La figura sopraesposta mostra l'immagine di dispersione di una delle sezioni MASW acquisite in campagna, ossia lo spettro delle velocità di fase calcolato sull'insieme di tutte le tracce registrate dai geofoni posizionati lungo lo stendimento. Sovrapposto alla medesima immagine è presente anche il picking del (presunto) modo fondamentale (curve di dispersione dei modi). La modellazione diretta sulla base dello spettro di velocità e/o il processo di inversione di tali curve porta all'ottenimento delle curve di dispersione interpretate e da queste al più probabile profilo verticale delle onde di taglio Vs, da cui si ricava infine il parametro Vs30, come richiesto dalla normativa. La figura sottostante mostra la rappresentazione grafica del "misfit", ovvero del minimo scarto tra la curva sperimentale (in blu) e la curva teorica derivante dall'applicazione dei modelli calcolati.

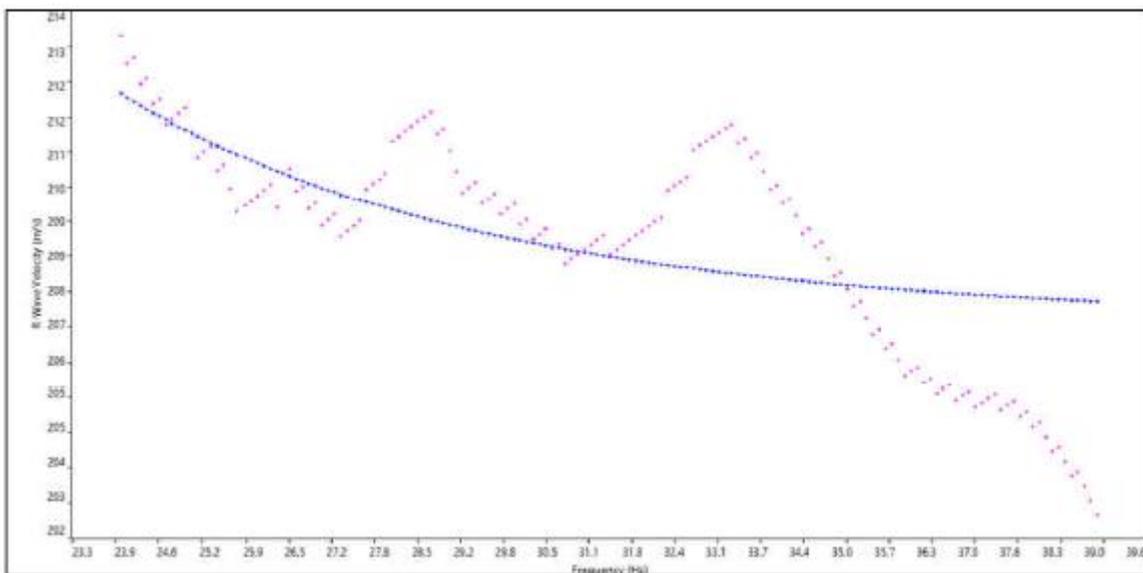


Figura 17: Rappresentazione del misfit tra la curva sperimentale (in fucsia) e la curva teorica (in blu) derivante dall'applicazione di un modello di velocità sismica del sottosuolo. Misfit pari a 0.9.

Occorre tenere in considerazione che differenti modelli di velocità delle onde di taglio possono portare al medesimo risultato del parametro V_{s30} ; ciò significa che senza un'adeguata disponibilità di dati stratigrafici attendibili, il parametro di legge calcolato risulta comunque significativo, mentre l'esatta distribuzione delle velocità in funzione della profondità è da considerare in qualche modo indicativa.

Attraverso il processo di inversione (o per modellazione diretta delle velocità di fase delle onde di superficie) si ottiene un profilo sismogenetico delle V_s , fortemente condizionato dalle scelte assunte nel modello iniziale, da cui si ricava il modello finale ovvero il profilo di velocità delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità (V_{s30}).

Al fine dell'interpretazione del profilo sismico si è provveduto ad una raccolta delle evidenze e delle informazioni geologiche nell'area circostante il sito di interesse. (si ricorda la perforazione effettuata in area limitrofa che ha evidenziato la presenza di depositi ghiaioso-sabbiosi fino a profondità di circa 11 m, seguiti da depositi sempre a granulometria ghiaiososabbiosa ma con presenza di frequenti livelli limosi, fino a circa 33 m. Alla base si ritrovano depositi fortemente addensati, sempre ghiaioso-sabbiosi, privi di frazione fine).

Il modello di velocità/profondità sintetico derivante dall'interpretazione è il seguente:

L'analisi delle onde di Rayleigh a partire dai dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale delle velocità V_s e, di conseguenza, del parametro **$V_{s30} = 303\text{m/s}$** (considerando come riferimento il piano di campagna). Rispetto alle norme tecniche per le costruzioni (DM 14 gennaio 2008 e D.M. 17 gennaio 2018) il sito in esame rientra quindi nella **categoria C.**

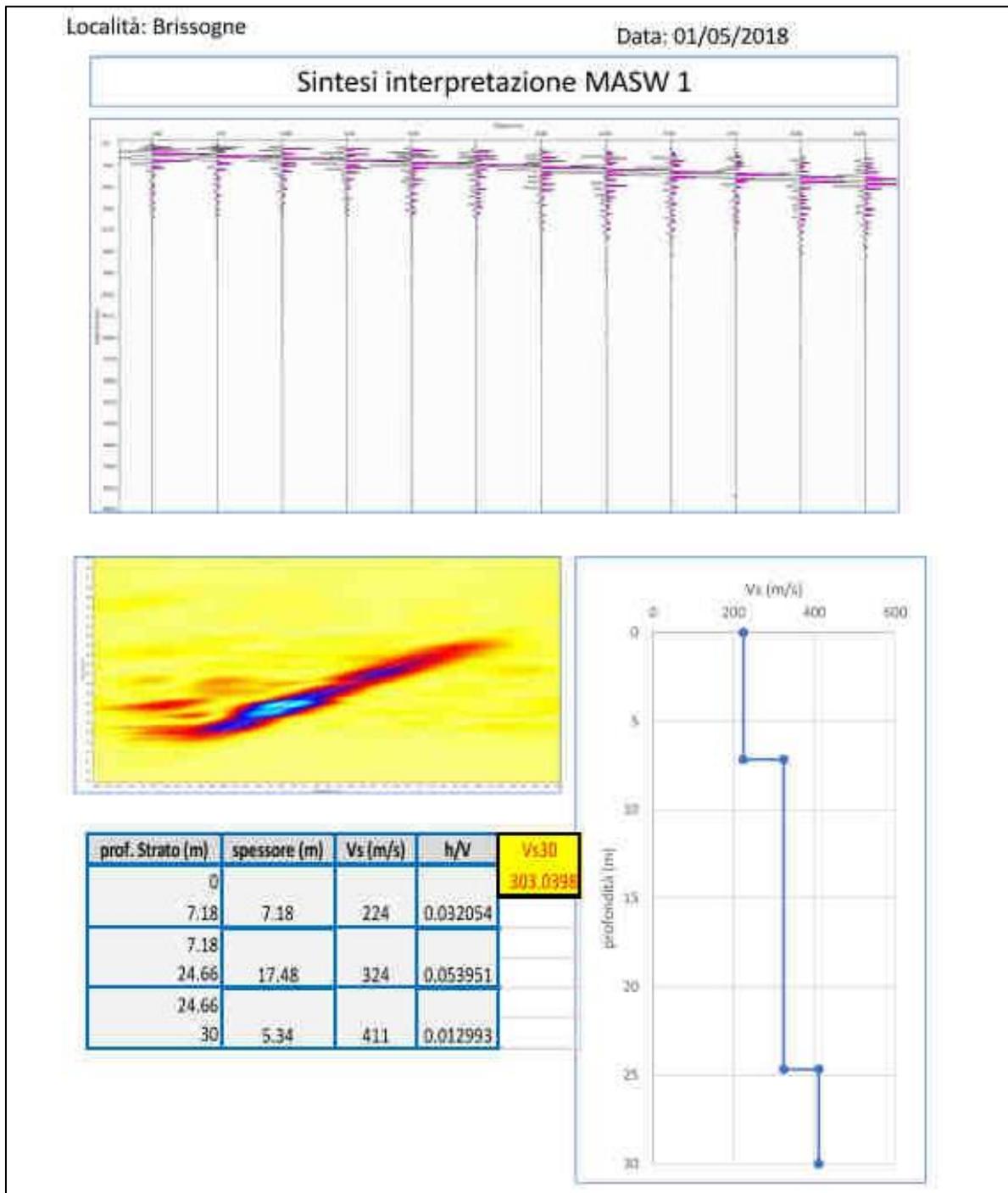


Figura 18: Sintesi interpretazione MASW

7 Caratterizzazione Geotecnica

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica dei terreni, ci si è basati sull'analisi diretta dei depositi, sulla base delle risultanze dei sondaggi eseguiti nelle immediate vicinanze e dalle risultanze dell'indagine sismica.

I materiali interessati dagli scavi e soprattutto dai nuovi plinti di fondazione a sostegno dei pali e della platea di fondazione della nuova cabina, sono assimilabili a depositi ghiaiosi-sabbiosi con potenziale presenza di livelli di materiale limoso. **Dalla profondità di 3 m si rileva la presenza della falda.**

Per le tipologie di materiale sopra descritto si potrà fare riferimento ai seguenti valori cautelativi dei parametri geotecnici.

Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan\phi'$	0.60 (30°)
Coesione efficace	c'	assente
Resistenza non drenata	C_u	assente
Peso dell'unità di volume	g	19 kN/m ³

Tabella 5: Parametri geotecnici di riferimento

8 Prescrizioni costruttive

Per quanto riguarda le problematiche relative alla **FASE DI MESSA IN OPERA DEL CAVIDOTTO**, si dovranno seguire scrupolosamente le seguenti fasi:

- ⇒ Nello scavo delle trincee, procedere per tratti, facendo seguire, per ogni tratto, la posa del cavidotto e l'immediato reinterro al fine di limitare l'apertura di fronti di scavo aperti;
- ⇒ Seguire le modalità di posa del cavidotto come da sezioni progettuali;
- ⇒ Prevedere la preparazione della superficie di posa dei riporti, in particolare dove essa risulta più acclive, curando lo scotico ed il gradonamento della superficie naturale;
- ⇒ In corrispondenza dei due attraversamenti il cavidotto dovrà essere composto da una tubazione di acciaio, protetta ulteriormente da una sella sempre in acciaio; il cavidotto non dovrà diminuire minimamente la sezione di deflusso, come da elaborati progettuali.

Per quanto riguarda le problematiche relative alla **COSTRUZIONE DELLE NUOVE STRUTTURE FONDALI**, si dovranno seguire scrupolosamente le seguenti fasi:

- ⇒ eventuali livelli isolati di materiale cedevole, come ad esempio limo e/o sabbia limosa, dovranno essere superati approfondendo lo scavo delle sottofondazioni;
- ⇒ prevedere, a livello di sottofondazione, uno strato di integrale misto di fiume lavato, per uno spessore di 20-30 cm, onde ripartire correttamente i carichi ed evitare qualsiasi interferenza capillare.

9 Gestione delle terre e rocce da scavo

Per quanto concerne le terre e i materiali rocciosi derivanti dalle operazioni di scavo e movimentazione terra si dovrà seguire quanto previsto nel D.P.R n.120 del 13 giugno 2017 “Disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo ai sensi dell’articolo 8 del decreto -legge 12 settembre 2014, 133, convertito con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n164”.

Il prelievo dei campioni deve essere rappresentativo dell’intera massa e deve rispettare le indicazioni dell’ all. 2 parte IV del D.Lgs 152/06

Per quanto concerne le strutture puntuali (cabina e pali di ammarro) Il numero dei punti di indagine è definito in base alla superficie dell’area di scavo facendo riferimento alla seguente tabella:

Dimensione dell’area	Punti di prelievo
Inferiore a 350 metri quadri	1
Tra 350 e 1.000 metri quadri	2
Tra 1.000 e 2.500 metri quadri	3
Tra 2.500 e 10.000 metri quadri	3 + 1 ogni 2.500 metri quadri
Oltre i 10.000 metri quadri	7 + 1 ogni 5.000 metri quadri

Tabella 6: Numeri dei punti di prelievo in funzione della superficie dello scavo

In base agli elaborati progettuali i punti di prelievo dovranno essere almeno 1 per sito.

Nel caso del cavidotto il campionamento dovrà essere effettuato almeno ogni 750 metri lineari di tracciato; in ogni caso dovrà essere effettuato un campionamento ad ogni variazione significativa di litologia. In base agli elaborati progettuali i punti di prelievo dovranno essere **almeno 4 lungo l’intero tracciato**, in considerazione della lunghezza dello stesso e delle variazioni litologiche riscontrate.

10 Studio sulla compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente e sull'adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le opere di mitigazione del rischio necessarie.

10.1 Caratterizzazione dei vincoli presenti (ARTT. 35 comma1, 35 comma2, 36 e 37 della L.R. n. ° 11/98)

L'area oggetto di studio è sottoposta ai seguenti vincoli:

TIPOLOGIA DI OPERA	LR 2939/2008							Lambito	Art. 41 - Fascia rispetto corsi d'acqua	Demanio idrico	Fasce fluviali Dora Baltea		
	Art. 35 c.1 - FRANE			Art. 36 - INONDAZIONI			Art. 33 -				FA	FB	FC
	F1	F2	F3	FA	FB	FC							
Cavidotto interrato	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	
Cavidotto staffato al ponte	X			X				X	X		X	X	
Palo di ammarro dx		X			X						X		
Palo di ammarro sx						X						X	
Cabina						X						X	

Tabella 7: Vincoli idrogeologici presenti

Nelle figure seguenti sono indicate le cartografie di riferimento citate nella tabella 7:

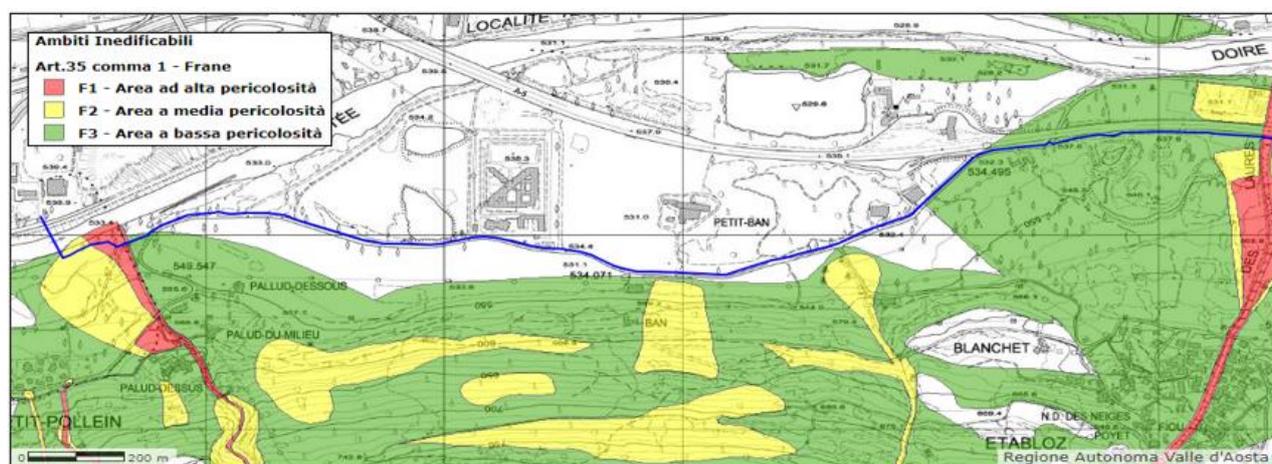


Figura 19: Art. 35 L.r 11/98 - FRANE.

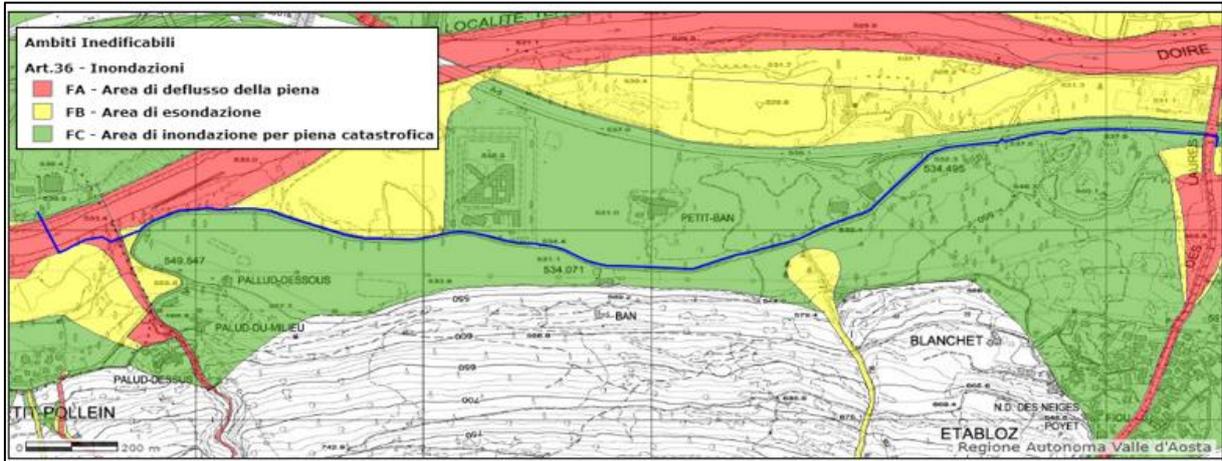


Figura 20: Art 36 L.r 11/98. - INONDAZIONI

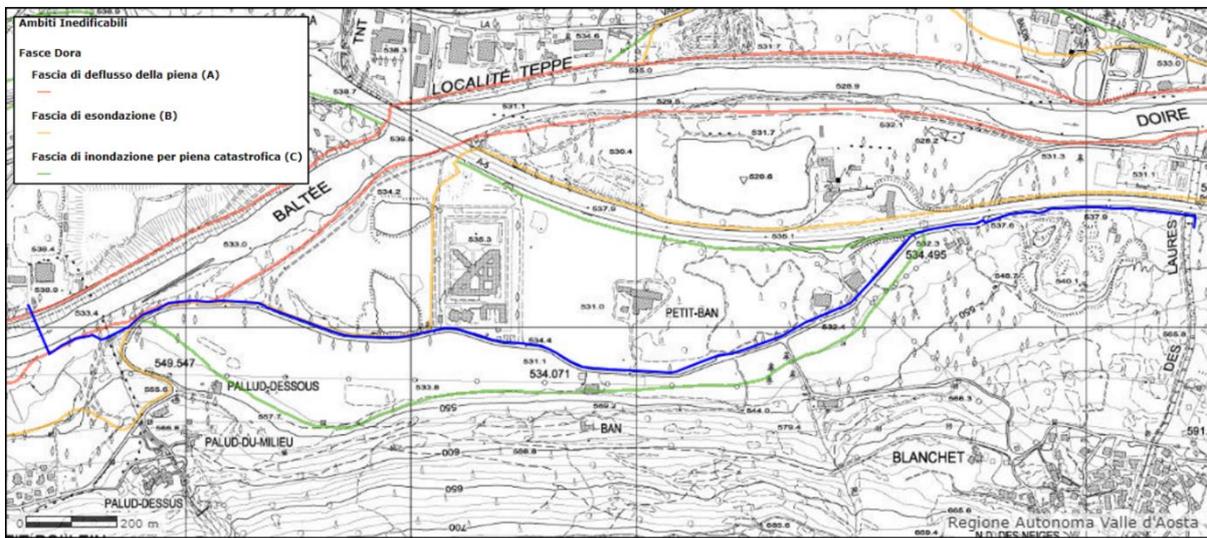


Figura 21: Fasce fluviali Dora Baltea.

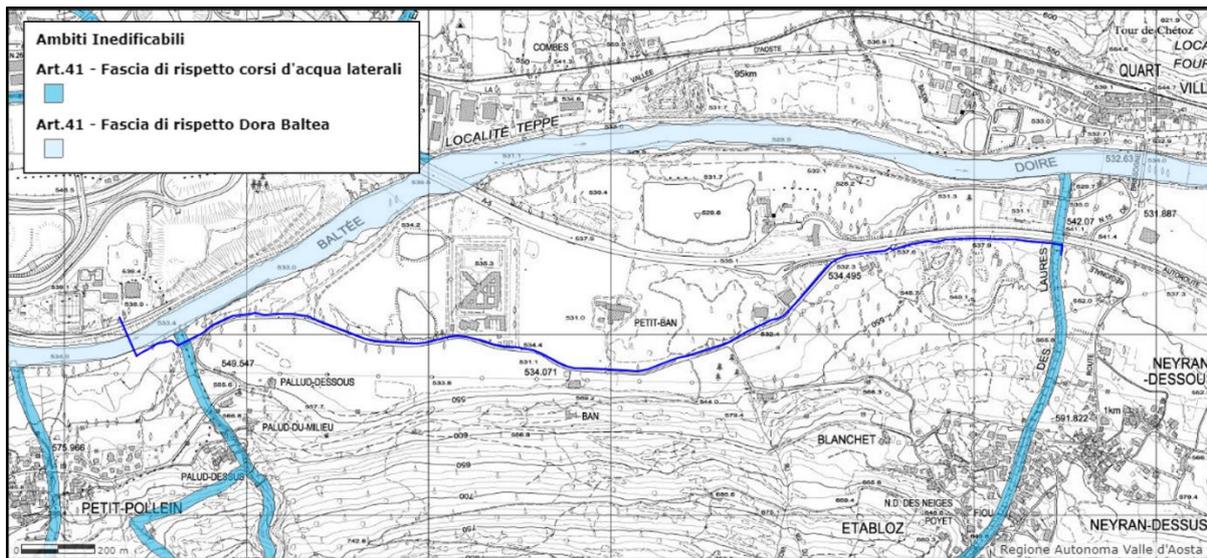


Figura 22: Art 41 L.r 11/98. Fasce di rispetto dai corsi d'acqua

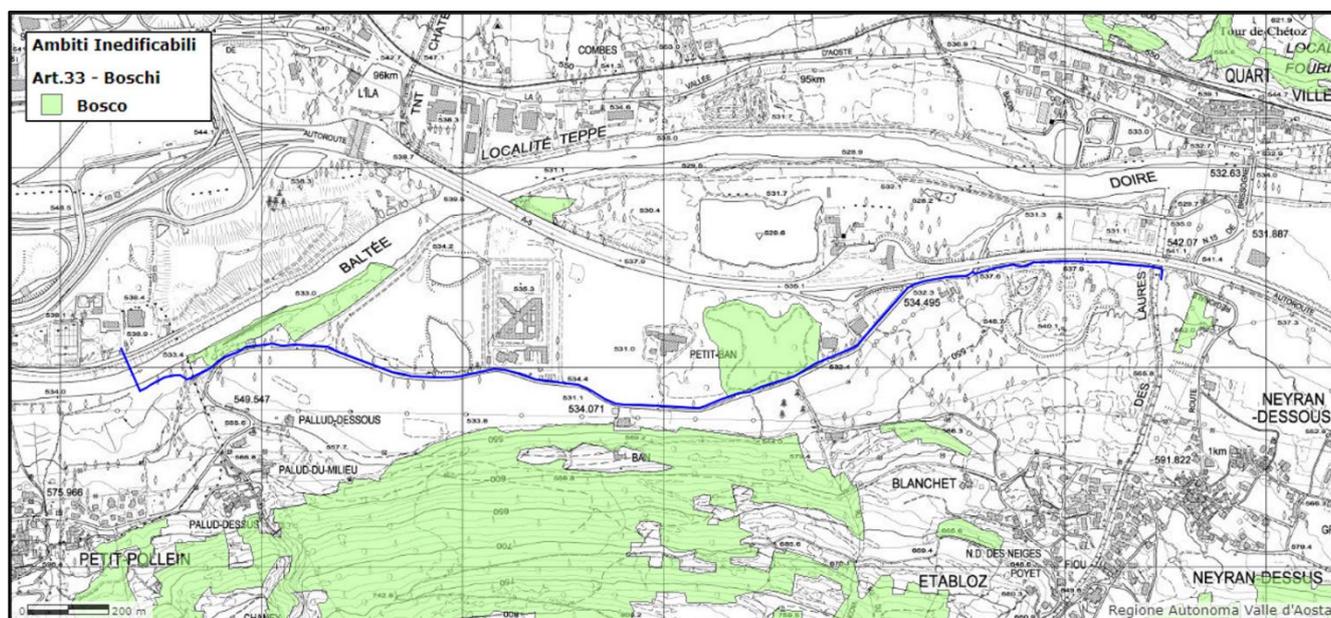


Figura 23: Art 33 L.R 11/98 AREE BOSCAE

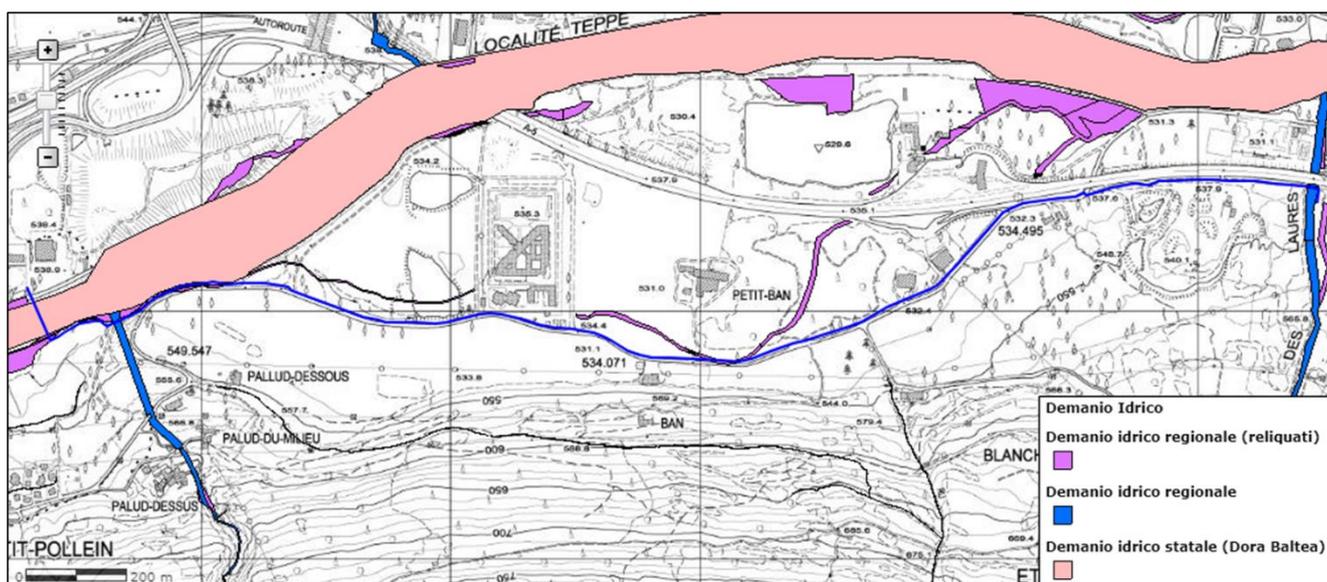


Figura 24: Demanio Idrico.

10.2 Classificazione urbanistico-edilizia dell'intervento

Il presente intervento, così come descritto nei capitoli introduttivi, prevede la posa di un cavidotto, la costruzione di due pali di ammarco e la costruzione di una cabina elettrica, che secondo la DGR 2939/2008 e s.m.i. sono classificati rispettivamente come **infrastruttura a rete e infrastruttura puntuale**.

10.3 Disciplina d'uso

Si riportano le prescrizioni dei vincoli più gravosi:

Estratto D.G.R 2939/2008

CAPITOLO II. Art.35 Terreni a rischio di frane

C.1) Aree ad alta pericolosità ai sensi del comma 1 dell'art. 35 - F1

2. *Nelle aree ad alta pericolosità di cui all'art. 35, comma 1- F1, sono consentiti:*

h) gli interventi di nuova costruzione di infrastrutture puntuali, lineari (ad eccezione delle piste di sci e degli impianti a fune), viarie (ad eccezione delle strade comunali, regionali e statali, delle autostrade e delle ferrovie) e a rete, come indicate nella parte relativa alle definizioni generali, non altrimenti localizzabili;

3. *Nelle aree ad alta pericolosità di cui all'art. 35, comma 1- F1, i progetti relativi agli interventi sottoindicati, ammissibili ai sensi del precedente punto 2., devono essere altresì corredati da uno specifico studio sulla compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente e sull'adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le opere di mitigazione del rischio indicate.*

CAPITOLO IV. Art.36 Terreni a rischio di Inondazione

C.1) Aree ad elevata pericolosità ai sensi dell'art. 36 - FA

2. *Nelle aree della Fascia A, sono consentiti:*

h) gli interventi di nuova costruzione di infrastrutture puntuali, lineari (ad eccezione delle piste di sci e degli impianti a fune), viarie (ad eccezione delle strade comunali, regionali e statali, delle autostrade e delle ferrovie) e a rete, come indicate nella parte relativa alle definizioni generali, non altrimenti localizzabili;

Nelle aree della Fascia A i progetti degli interventi, ammissibili secondo quanto previsto al punto 2. precedente e strutturalmente rilevanti, secondo quanto indicato nel capitolo sulle definizioni generali, devono essere corredati anche da uno specifico studio sulla compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente e sull'adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le opere di mitigazione del rischio necessarie.

4. *Lo specifico studio sulla compatibilità dell'intervento con lo stato di dissesto esistente e sull'adeguatezza delle condizioni di sicurezza in atto e di quelle conseguibili con le opere di mitigazione del rischio necessarie deve essere valutato dalla struttura regionale competente in materia.*

Art .33 Aree Boscate

3. *Fatto salvo il rispetto di eventuali determinazioni più restrittive della pianificazione*

regionale o locale, nelle aree boscate individuate dai Comuni nelle apposite cartografie, sono ammessi i seguenti interventi:

d) gli interventi infrastrutturali, anche di natura temporanea, per la costruzione di accessi alle strutture intercluse nei boschi e la costruzione di altre infrastrutture primarie necessarie;

Il tracciato lambisce l'area bostata in due punti senza interessarla. Non si prevede il taglio di piante.

LR.11.98 Art. 41

(Fasce di rispetto dei corsi d'acqua e delle vasche di carico)(34)

1. Ferme restando le maggiori limitazioni derivanti dall'applicazione di normative di settore, le varianti di adeguamento del PRG indicano le fasce di rispetto dei canali artificiali a cielo libero e delle vasche di carico a cielo libero e a quote di campagna, aventi larghezze non inferiori a quelle stabilite dal Consiglio regionale con la deliberazione di cui all'articolo 39, comma 3.

2. Ferme restando le limitazioni derivanti dall'applicazione delle disposizioni di cui all'articolo 36, deve essere garantita una fascia di rispetto dei corsi d'acqua naturali di ampiezza pari a 10 metri nella quale è vietata la realizzazione di nuove costruzioni, l'ampliamento di quelle esistenti e l'esecuzione di scavi o riporti di terreno, al fine di assicurare la tutela delle acque e la distanza delle costruzioni dagli argini e dalle sponde dei corsi d'acqua per consentirne la manutenzione.

3. Nella fascia di rispetto di cui al comma 2, la struttura regionale competente in materia di idraulica può autorizzare, in casi eccezionali, quando non è tecnicamente possibile rispettare la distanza minima stabilita dal medesimo comma 2, la realizzazione di interventi non consentiti in relazione alle peculiari condizioni degli argini, delle sponde e delle dinamiche del corso d'acqua, avendo sempre riguardo alla loro tutela e manutenzione.

L'intero tracciato e le opere fuoriterra sono stati studiati e ubicati al fine di rispettare i principi cardini presenti nell'art 41 della L.R 11/98. In particolare i due pali di ammarro e la cabina elettrica non interessano la fascia di inedificabilità.

RD523/1904

La realizzazione di qualunque intervento nell'alveo o nelle pertinenze di un corso d'acqua o su superfici appartenenti al demanio idrico catastalmente definite è regolamentata dal

Testo Unico n. 523 del 25 luglio 1904 sulle opere idrauliche, agli articoli 93 e successivi.

Per pertinenze di un corso d'acqua si intendono tutte quelle aree prossime a fiumi, torrenti e canali per le quali vigono i divieti e le limitazioni per la realizzazione di interventi previsti al capo VII del R.D. n. 523/1904.

Le distanze previste dalle norme vanno misurate dal piede esterno dell'argine, nel caso di fiumi arginati, o dal ciglio superiore della scarpata, per gli alvei incassati, indipendentemente dai confini catastali del demanio idrico. La fascia di inedificabilità risulta essere di m 10.

L'intero tracciato e le opere fuoriterza sono stati studiati e ubicati al fine di rispettare i principi cardini presenti nel R.D. In particolare i due pali di ammarro e la cabina elettrica non interessano la fascia di inedificabilità.

10.4 Dissesti passati

Dalla consultazione del catasto dissesti regionale emerge come l'area oggetto di intervento sia stata interessata da due tipologie di eventi dissestivi nel passato:

- Esondazione;
- Debris flow.

In particolare, l'evento di esondazione coinvolge un tratto dove verrà interrato il cavidotto, mentre i due eventi di debris flow interessano i due ponti sui quali verrà staffato il cavidotto. L'evento di esondazione è censito al catasto con id: 24468, relativo all'evento alluvionale del 2000, mentre i debris flow sono censiti con id: 18278 per quanto riguarda il torrente Grand Val, e con id: 18280 per quanto riguarda il torrente Les Laures. Entrambi i fenomeni risalgono all'ottobre del 2000, e si sono formati a seguito di precipitazioni intense e prolungate.

In Figura 25 sono indicati i dissesti da CTR.

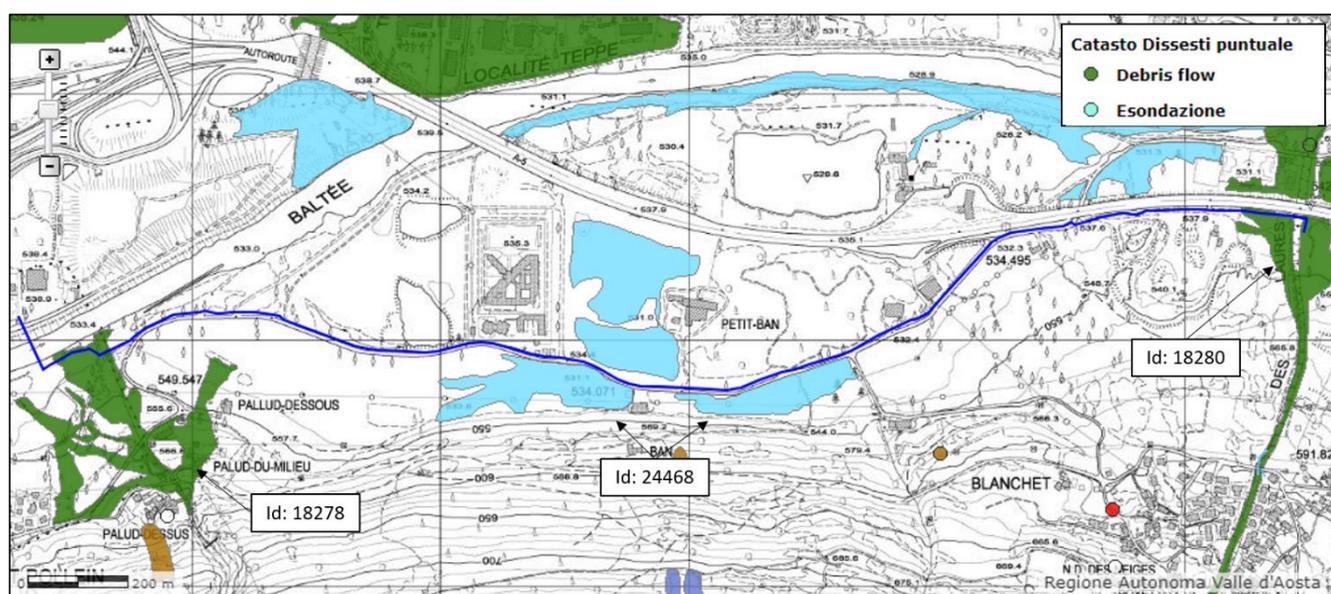


Figura 25: Dissesti presenti nell'area oggetto di intervento.

10.5 Opere realizzate a seguito dell'alluvione del 2000

Poco dopo l'evento alluvionale dell'ottobre del 2000, sono stati effettuati una serie di interventi di mitigazione che hanno interessato il tratto terminale dei torrenti Les Laures e Grand Val.

Per il torrente Les Laures sono stati effettuati i seguenti interventi:

- Rifacimento e spostamento di circa 70 m a valle del ponte in località Moulin;
- Rifacimento del ponte di Etabloz;
- Ripristino dei muri di sponda in parte collassati/scalzati con messa a nudo delle fondazioni nel tratto compreso tra Moulin e Etabloz.

Lungo il torrente Grand Val, sono state effettuate le seguenti lavorazioni:

- Sistemazione integrale della canalizzazione posta poco a valle dell'apice del conoide;
- Rifacimento dei due ponti di località Palud;
- Realizzazione di una briglia filtrante di trattenuta ubicata in apice di conoide.

Nonostante la realizzazione di interventi di mitigazione lungo i due torrenti, sono perdurate alcune situazioni di pericolosità in apice di conoide e nel suo tratto terminale. Pertanto, al fine di mitigare ulteriormente la pericolosità, è stato proposto di attuare azioni manutentive generalizzate (pulizia e consolidamento dell'alveo) lungo il collettore principale.

Di seguito sono descritti i particolari delle briglie sul torrente Les Laures (Briglia di Vaud) e Grand Val (Briglia di Palud).

Briglia di Vaud

Una briglia selettiva, unitamente ad una controbriglia posta circa 15 m a valle, è stata costruita in località Vaud, lungo il torrente Les Laures. In questo tratto, l'alveo si presenta in parte in roccia, seguito, a monte, da un allargamento naturale.

La scelta del tipo di filtro della briglia è stata effettuata per ottenere un compromesso circa le possibili e diverse dinamiche dell'evento di piena che può verificarsi, avendo come obiettivo una laminazione dei picchi di portata solida, sia che si manifesti in forma massiva sia come trasporto solido. Per tale motivo, è stata scelta una briglia a fessura di tipo dosante, che esplica la sua azione di selezione sui sedimenti trasportati.

Sulla base dei rilievi topografici disponibili e tenendo anche conto della modifica del profilo di fondo previsto e della sistemazione dell'area, si è stimato che la briglia a fessura sottenda un bacino di deposito dell'ordine di 8.000-9.000 m³.

Di seguito sono descritti i dati caratteristici dell'opera:

- briglia del tipo “a fessura” presidiata da filtro ad elementi orizzontali costituita da due speroni centrali di altezza 6.80 m circa e spessore costante pari a 1.8 m; dai due speroni si staccano i muri d'ala a sezione costante pari a 2.0 m, sui quali sono stati praticati fori drenanti $\phi 20$ cm, passo 150 cm, per ridurre le spinte idrostatiche a monte dei muri stessi;
- la luce di deflusso è pari a 3.70 m tra la quale sono stati posizionati elementi in acciaio Fe510 a sezione tubolare quadrata di spessore 16 mm;
- sul lato a valle della briglia (in corrispondenza del primo salto di quota della fondazione dei muri d'ala) sono presenti due contrafforti, necessari a ridurre la luce di inflessione delle pareti in c.a., di altezza massima pari a circa 10 m;
- le fondazioni sono di tipo diretto, opportunamente approfondite oltre la coltre superficiale di terreno vegetale. Al di sotto della soletta di fondazione è stato realizzato uno strato di calcestruzzo magro dello spessore di almeno 20 cm per garantire un opportuno piano di posa alla fondazione stessa;
- la controbriglia a valle è stata progettata considerando la colata di fango come solo sovraccarico accidentale. Essa, infatti, non verrà direttamente interessata dalla spinta dinamica della colata;
- l'apertura trasversale minima del filtro è pari a circa 70 cm.

In Figura 26 è indicata la briglia selettiva lato monte.



Figura 26: Vista da monte verso valle della briglia selettiva lungo il torrente Les Laures.

Briglia di Palud

La briglia filtrante di trattenuta lungo il torrente Grand Val è situata in località Palud, ubicata proprio in apice di conoide. È stata realizzata al fine di controllare l'ingresso in conoide di un eventuale debris flow, sia invasando una piccola aliquota del materiale solido trasportato dal flusso, sia indirizzando correttamente la colata entro il cunettone. Tale opera presenta un'altezza in gaveta di 3 m, il suo filtro è costituito da due aperture rettangolari larghe 2 m, presidiate da travi orizzontali in acciaio e divise da un piccolo sperone disposto centralmente.

La capacità di trattenuta della briglia è inferiore a quella prevista da progetto (circa 5000 m³) e si aggira intorno ai 2000 m³. La sua funzione è quella di trattenere i massi di maggiori dimensioni che potrebbero venire convogliati dalla colata, evitando che ostruiscano il successivo canale e di trattenere una frazione del detrito vegetale che è abbondantemente disponibile.

Nella figura successiva è indicata la briglia selettiva di località Palud.



Figura 27: Briglia selettiva lungo il torrente Grand Val.

10.6 Individuazione e illustrazione delle dinamiche e della pericolosità dei fenomeni che caratterizzano il vincolo.

Art. 35 c.1 - FRANA

Il vincolo per frana nella zona di interesse non è dovuto a fenomeni franosi in senso stretto, ma piuttosto ad una pericolosità per colata detritica. Infatti, la cartografia degli Ambiti inedificabili per gli art. 35 c.1 e 36 dei comuni di Pollein e Brissogne mantiene la perimetrazione per debris flow come doppio vincolo.

Di seguito sono descritti i particolari dei vincoli per frana nelle diverse aree.

CAVIDOTTO

La presenza della fascia ad elevata pericolosità è dovuta a potenziali dinamiche di colate detritiche che possono interessare il conoide del torrente Les Laures e Grand Val. I due tratti di cavidotto da staffare ai due ponti sono situati interamete in fascia F1, mentre il cavidotto interrato è soggetto a tale vincolo solamente nel tratto occidentale rispetto al torrente Grand Val, nel suo conoide. In corrispondenza del torrente Grand Val in sinistra idrografica è stata estesa la fascia F2 che ricomprende zone potenzialmente interessate da fenomeni di colata detritica in esaurimento.

OPERE FUORITERRA

Solamente il palo di ammarro in destra idrografica insiste in una zona a media pericolosità poiché situato nella zona distale del conoide del torrente Grand Val. La fascia a media pericolosità rispecchia un buffer rispetto alla zona ad elevata pericolosità e ricomprende aree interessate da fenomeni di colata detritica in esaurimento.

Art. 36 - INONDAZIONI

CAVIDOTTO

La presenza del vincolo ad elevata pericolosità è relativa all'area di deflusso della piena ordinaria. Il tratto di cavidotto interrato si trova in fascia ad elevata pericolosità di inondazione solamente in corrispondenza di piccole porzioni ad Ovest rispetto ai torrenti Les Laures e Grand-Val, in corrispondenza dei conoidi. Per quanto riguarda i tratti di cavidotto staffati ai ponti, essi sono zonizzati ad elevata pericolosità, in quanto attraversano ovviamente l'alveo dei torrenti. Oltre ai settori suddetti il cavidotto lambisce la Fascia A di pertinenza della Dora Baltea, senza comunque interessarla, nell'ultimo tratto, in corrispondenza del tratto di pista ciclabile. In tale settore il cavidotto insiste in un'area zonizzata media pericolosità per fenomeni alluvionali di pertinenza della Dora Baltea con Tr 100 anni.

OPERE FUORITERRA

Il terreno sul quale verrà costruito il primo palo di ammarro insiste sulla fascia a media pericolosità per inondazioni. Tale vincolo è relativo all'area di esondazione esterna alla fascia ad elevata pericolosità, di pertinenza della Dora Baltea, estesa sino al punto in cui le quote naturali del terreno sono superiori ai livelli idrici corrispondenti alla piena di riferimento con Tr 100 anni.

10.7 Valutazione della compatibilità dell'intervento con il fenomeno di dissesto considerato, con la sua dinamica e con la sua pericolosità

Per la valutazione della compatibilità dell'intervento in progetto, si è fatto riferimento allo studio di approfondimento elaborato nella variante alla cartografia degli ambiti inedificabili del Comune di Brissogne del 2015, riguardante "l'Analisi della pericolosità da debris flow nelle conoidi dei torrenti Les Laures e Grand Val a seguito della realizzazione delle opere di mitigazione". In tale relazione vengono analizzati i due torrenti e viene effettuato uno studio con il medesimo approccio metodologico degli studi di bacino. In particolare, tale studio è

stato svolto a seguito della realizzazione delle opere di mitigazione consistenti in due briglie selettive (in località Vaud per quanto riguarda il torrente Les Laures, ed in località Palud per quanto riguarda il torrente Grand Val) e nella risistemazione idraulica del torrente Grand Val. Di seguito sono indicate le ubicazioni delle briglie nei due torrenti.

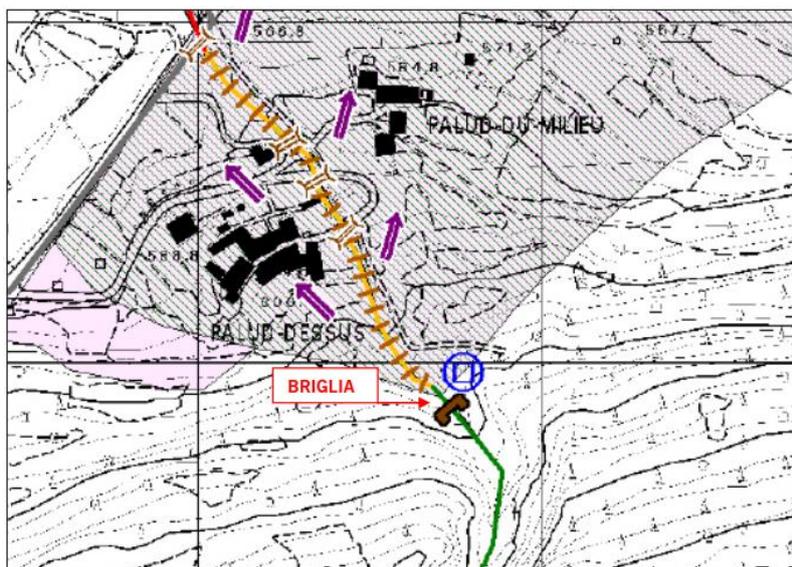


Figura 28: Briglia ubicata lungo il torrente Grand Val.

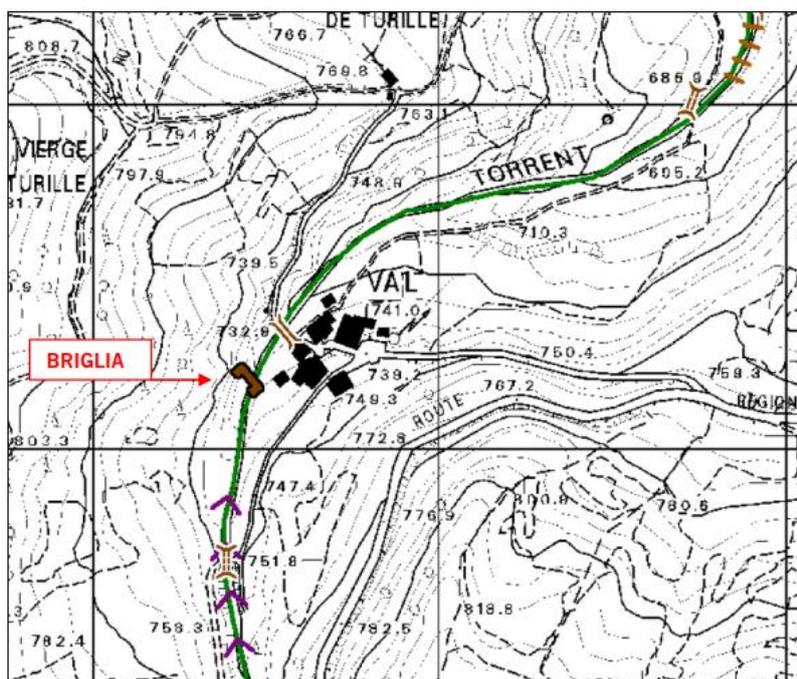


Figura 29: Briglia ubicata lungo il torrente Les Laures.

Nello studio sono stati analizzati i fenomeni sia riguardanti l'inondazione sia dinamiche di colata detritica. Sono state inoltre condotte alcune verifiche idrauliche lungo i due torrenti. Di seguito sono esposti i risultati riguardanti la pericolosità di inondazione e di debris flow.

10.7.1 Art. 36 - INONDAZIONI

Per quanto riguarda la pericolosità di inondazione, gli interventi in progetto sono compatibili con lo stato di dissesto considerato. Per quanto riguarda i due tratti di cavidotto da staffare ai due ponti che attraversano i torrenti Laures e Grand-Val, sono esposte alcune considerazioni di seguito, in riferimento alla relazione di approfondimento del 2015.

CAVIDOTTO STAFFATO Torrente Grand Val

L'alveo del torrente Grand Val è situato nel comune di Brissogne, tranne che nel suo ultimo tratto di conoide, il quale è situato nel comune di Pollein.

Il bacino del torrente Grand Val occupa una superficie di circa 1.5 km², confina ad Est con il bacino del torrente Les Laures e la sua testata è posta sul versante meridionale del Mont Père Laurent (2624 m s.l.m.). Esso ha una forma allungata, elevata pendenza dei versanti e dell'asta torrentizia principale.

Nella seguente tabella vengono indicati i parametri del bacino:

Conoide	
Superficie	0.16 km ²
Quota minima	535 m s.l.m
Quota massima	612 m s.l.m
Lunghezza massima	467 m
Larghezza massima	670 m
Pendenza media	6.3° - 11%
Pendenza media alveo	7.9° - 14%

Tabella 8: Parametri del bacino del torrente Grand Val.

L'analisi idrologica è stata condotta per il bacino del torrente Grand Val con sezione di chiusura in corrispondenza dell'abitato di Palud-Dessus, ove si individua, dal punto di vista geomorfologico, l'apice del cono di deiezione. Sono stati ricavati gli ietogrammi di pioggia adottando il metodo del Curve Number (CN), messo a punto dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, SCS), ed in seguito l'idrogramma di progetto. Con riferimento al tempo di ritorno di 200 anni, l'idrogramma critico è risultato essere quello associato ad un evento meteorico di durata pari a 2 ore, ovvero 6 volte il tempo di corrivazione: tale durata è stata quindi scelta per determinare gli idrogrammi necessari alla valutazione della pericolosità da esondazione. Nella figura seguente sono indicati gli idrogrammi relativi all'evento meteorico avente una durata di 2 ore, per tempo di ritorno di 20, 100 e 200 anni.

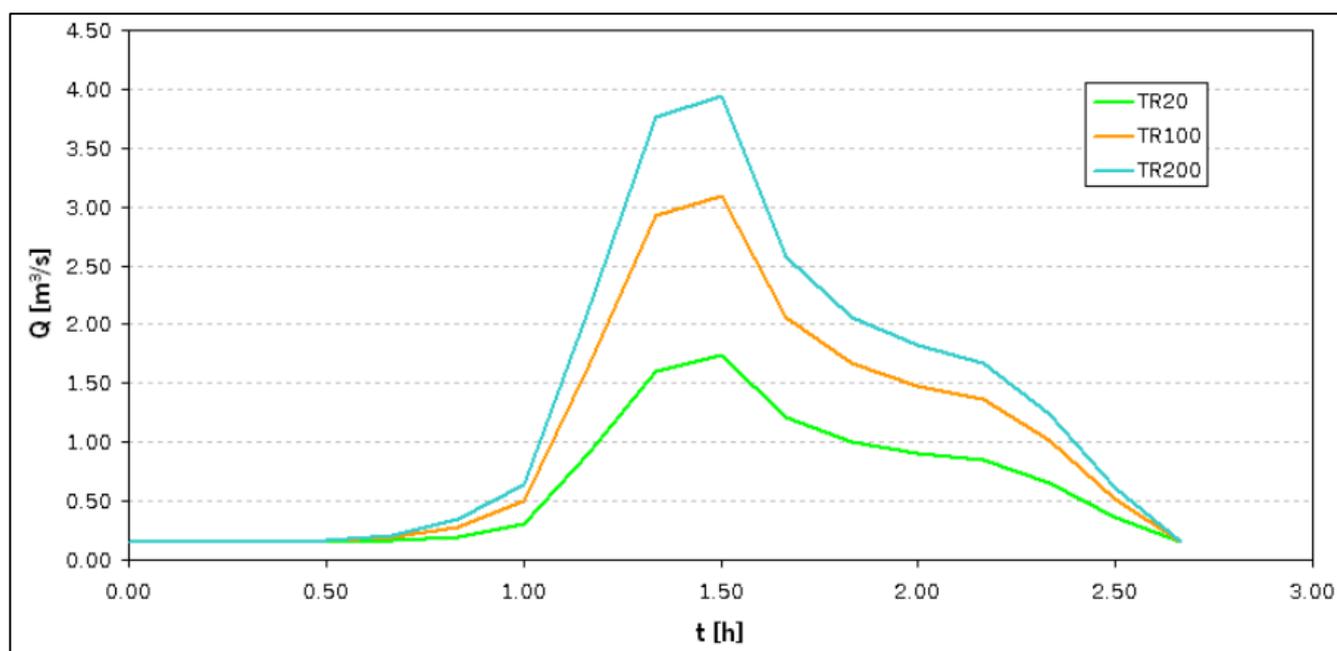


Figura 30: Idrogrammi liquidi relativi all'evento meteorico avente una durata di 2 ore, per TR20, 100 e 200 anni.

Nella relazione di approfondimento, al fine di effettuare le analisi idrauliche, sono state valutate le portate liquide, solide, e totali (liquida + solida) del bacino del T. Grand Val. In particolare, *“la valutazione della portata solida associata a quella liquida è stata condotta nell'ipotesi che nel torrente Grand Val si sviluppi una portata solida prossima alla capacità di trasporto ottenuta dalle sperimentazioni di laboratorio su canali a forte pendenza (Smart e Jaeggy, 1983). Essendo molto elevata la pendenza del torrente, si è assunta una concentrazione solida limite pari al 25%. Per il torrente Grand Val, nell'ipotesi di un evento alluvionale che non comporti il passaggio di un debris flow ma semplicemente un trasporto solido ben sviluppato, si ottiene un incremento del 33% della portata liquida.”*

Nella tabella seguente si riportano i valori di portata al colmo liquida, solida e totale relativi all'evento meteorico avente una durata di 1.5 ore, per TR20, 100 e 200 anni.

	Q_l [m³/s]	Q_s [m³/s]	Q_{tot} [m³/s]	Volume _{solido} [m³]
TR 20	1.74	0.58	2.32	2 112
TR 100	3.09	1.03	4.12	3 480
TR 200	3.94	1.26	5.31	4 337

Tabella 9: Valori di portata liquida, solida e liquida + solida dell'evento alluvionale con TC 1.5h.

Nella relazione di approfondimento sono effettuate verifiche idrauliche solamente tra l'apice del conoide ed il tratto immediatamente a valle dell'attraversamento sulla strada regionale. Tutte le 14 verifiche idrauliche risultano verificate con franchi superiori ad 1 m, ad eccezione del ponte lungo la viabilità di accesso alla frazione di Palud Dessus, dove tale

marginale si riduce a 0.5 m per via dell'impalcato incassato entro il colmo delle sponde, che riduce inevitabilmente la capacità d'invaso dell'alveo.

Al fine di verificare il comportamento idraulico anche in zona di conoide, tenuto conto dei valori di portata liquida+solida per i tempi di ritorno Tr_{20} , 100 e 200 anni esposti in Tabella 3, sono state effettuate dallo scrivente delle analisi idrauliche tramite il software Hec-Ras. In particolare, sono stati utilizzati i valori di portata relativi alla componente liquida + solida:

Tr (anni)	Portata (m ³ /s)
20	2.32
100	4.12
200	5.31

Tabella 10: Portate liquida+solida $Tr_{20-100-200}$ anni

La caratterizzazione del coefficiente di scabrezza dell'alveo in esame, è determinata dalla scelta del parametro n di Manning, espresso in $s/m^{1/3}$. Tale coefficiente dipende in generale dalla granulometria del materiale presente in alveo, dalla regolarità delle sezioni, dall'andamento planimetrico del corso d'acqua più o meno rettilineo, dalle caratteristiche idrauliche delle sponde, dalla pendenza dell'alveo nonché dalla circostanza che il materiale presente sul fondo partecipi o meno al moto complessivo. Nel modello è stato usato un valore di scabrezza pari a $0.04 s/m^{1/3}$ per i tratti in alveo e $0.05 s/m^{1/3}$ per i tratti di sponda.

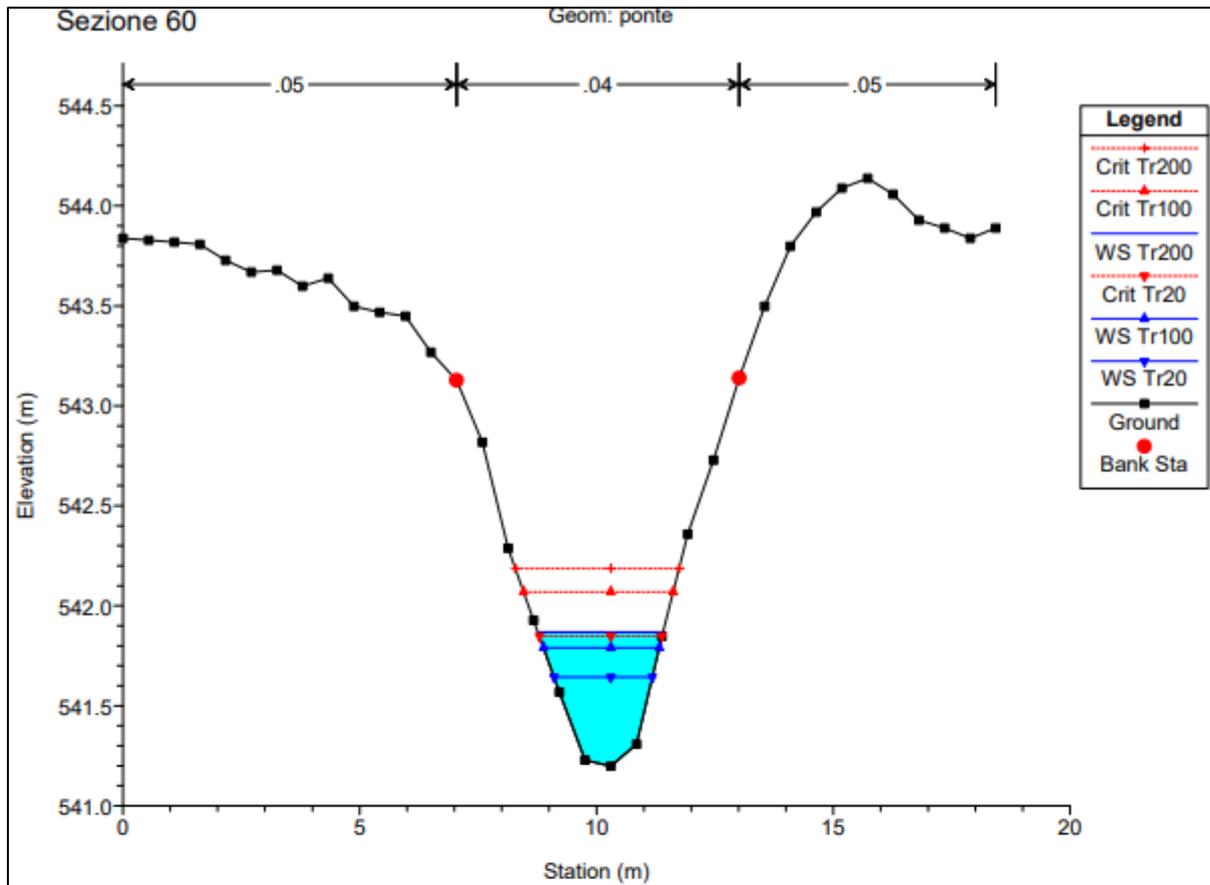
Il tipo di moto prescelto per le simulazioni effettuate è di tipo misto, ovvero prevede la possibilità che la corrente passi da veloce a lenta e viceversa. Le condizioni al contorno imposte a monte e a valle del dominio geometrico studiato sono quelle di moto uniforme a pendenza nota.

In Figura 31 è indicata l'ubicazione delle sezioni idrauliche lungo l'alveo del torrente Grand Val.

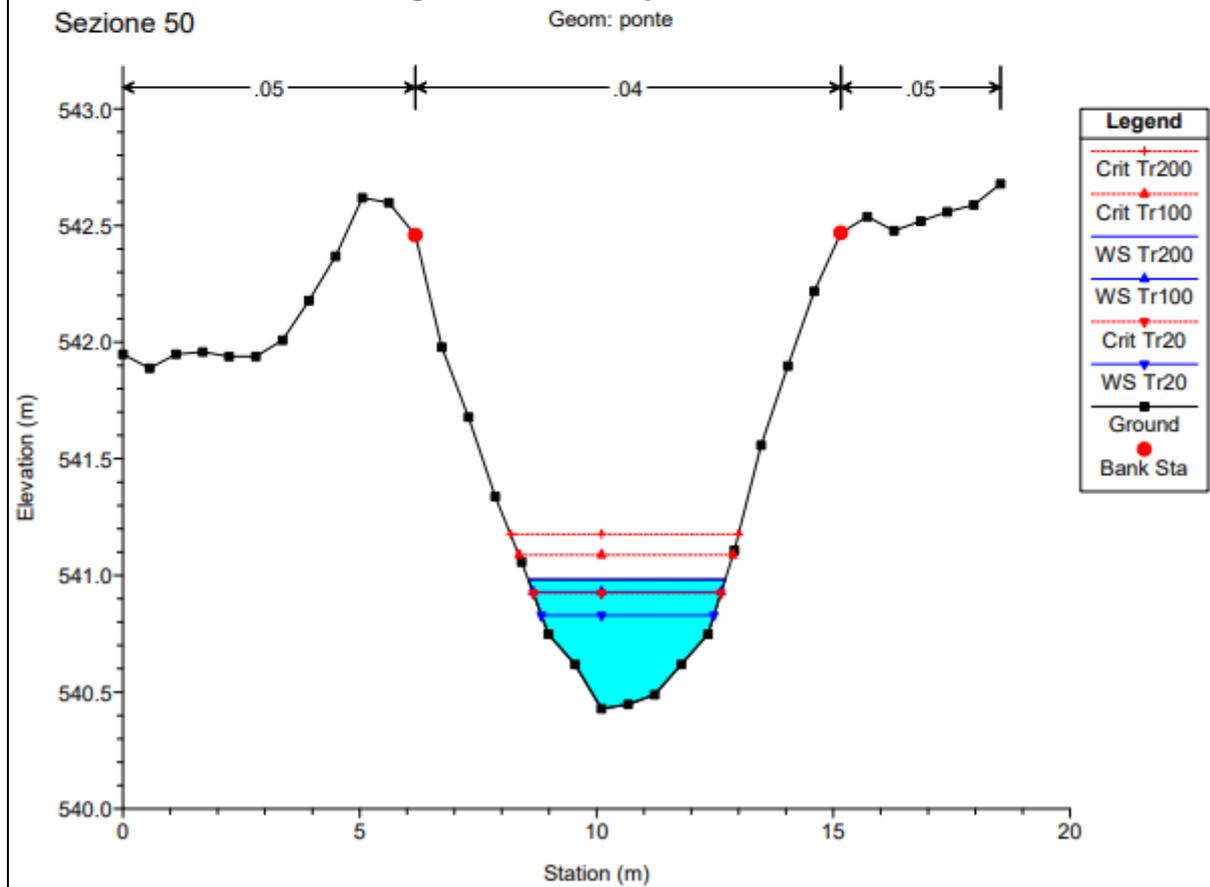


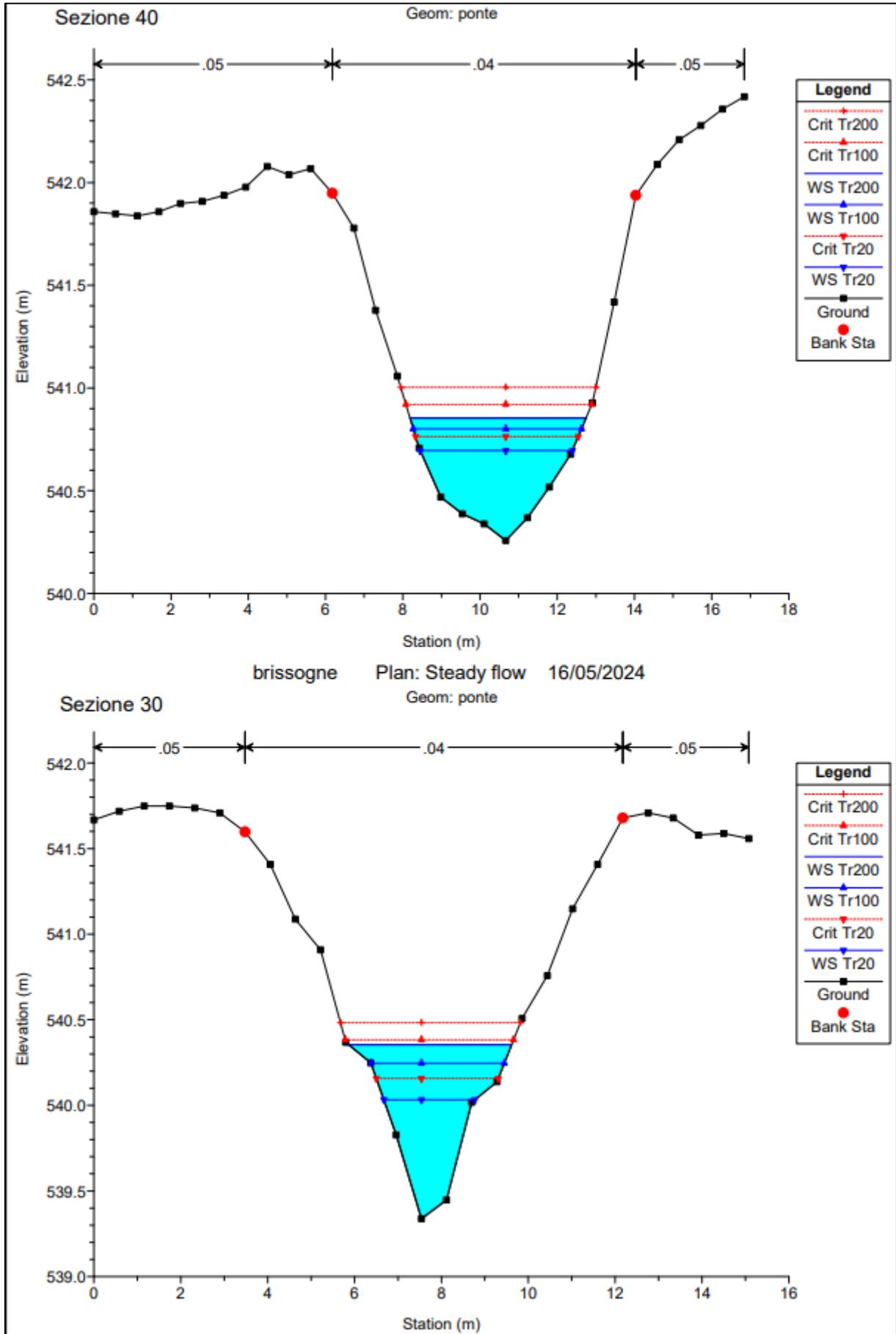
Figura 31: Ubicazione delle sezioni lungo l'alveo del torrente Grand Val utilizzate per le verifiche idrauliche.

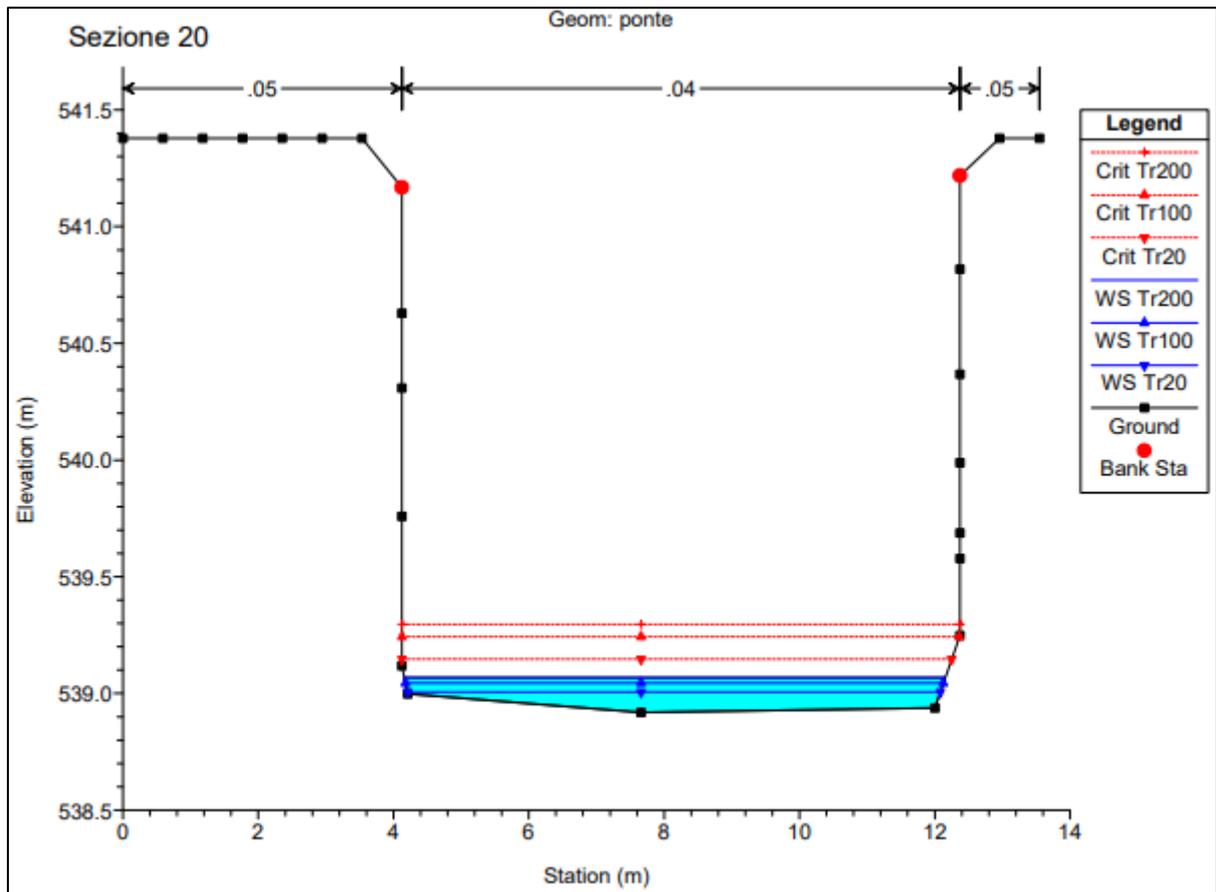
Il ponte è situato circa 1 m a valle della sezione 20, in corrispondenza della sezione 15. Di seguito vengono esposti i profili delle sezioni idrauliche e in Tabella 10 sono indicati i parametri di output della simulazione.



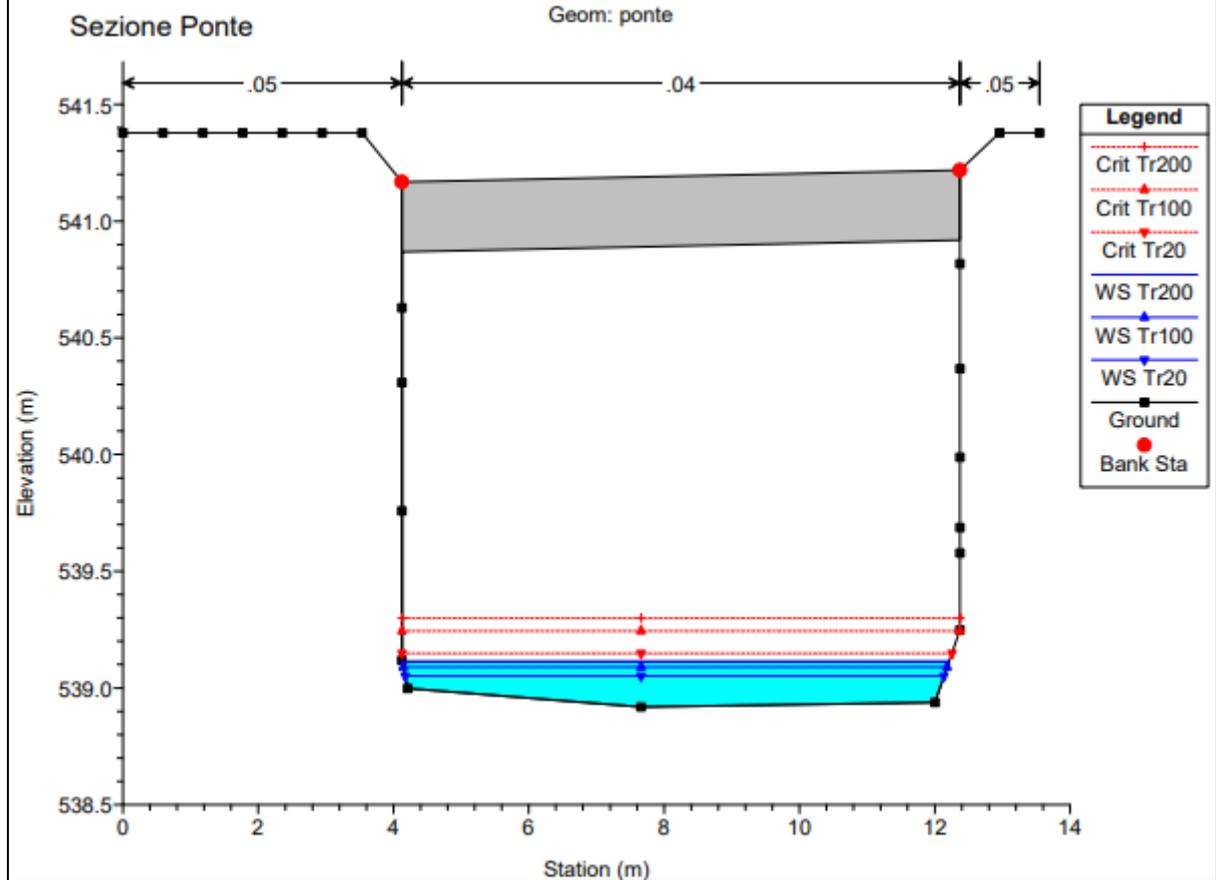
brissogne Plan: Steady flow 16/05/2024







brissogne Plan: Steady flow 16/05/2024



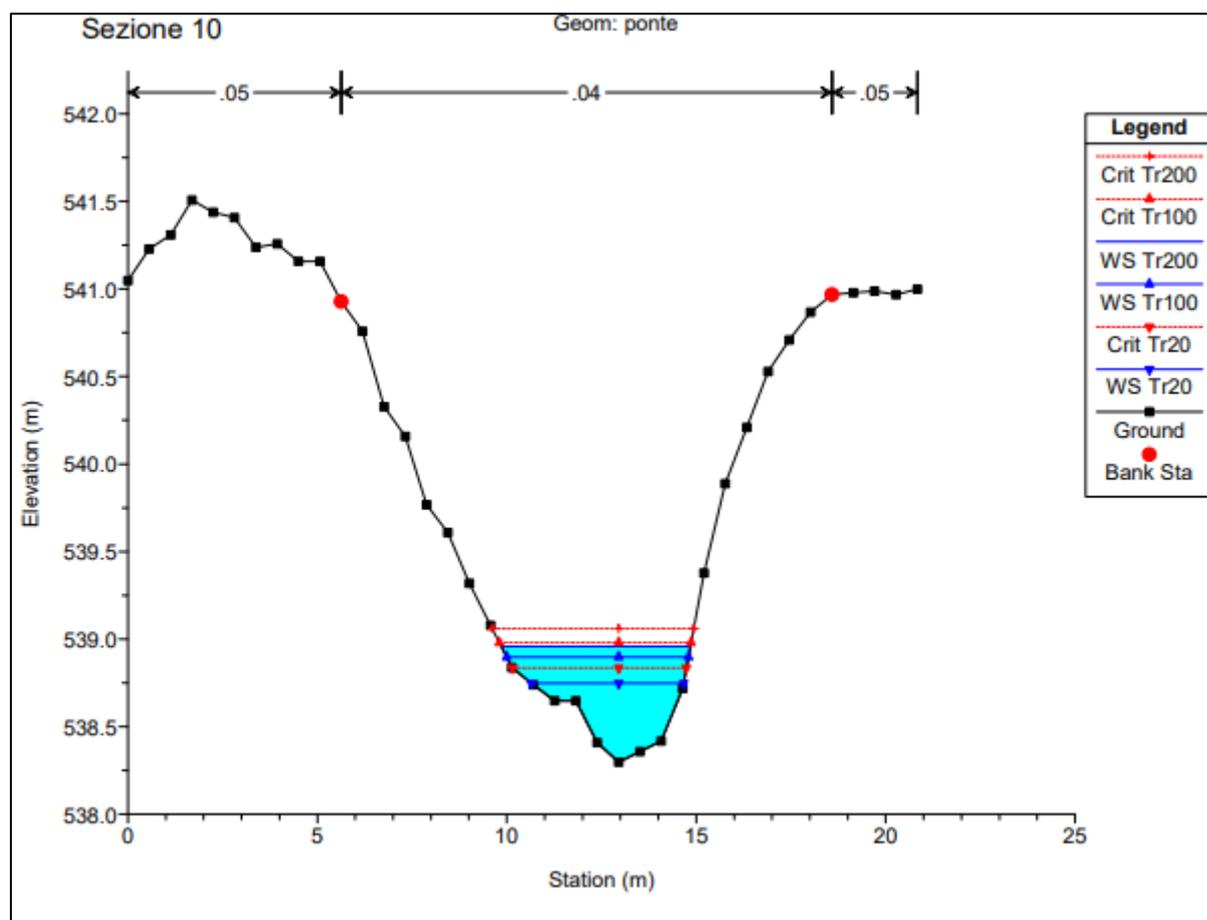


Figura 32: Risultanze simulazione idrauliche

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
grand_val1	60	PF 1	5.31	541.20	541.87	542.19	542.92	0.120092	4.55	1.17	2.64	2.18
grand_val1	60	PF 2	4.12	541.20	541.79	542.07	542.71	0.120075	4.25	0.97	2.44	2.16
grand_val1	60	PF 3	2.32	541.20	541.64	541.85	542.32	0.120209	3.64	0.64	2.08	2.10
grand_val1	50	PF 1	5.31	540.43	540.98	541.18	541.60	0.079523	3.49	1.52	4.16	1.84
grand_val1	50	PF 2	4.12	540.43	540.93	541.09	541.44	0.074934	3.16	1.30	3.98	1.76
grand_val1	50	PF 3	2.32	540.43	540.83	540.93	541.15	0.065164	2.50	0.93	3.64	1.59
grand_val1	40	PF 1	5.31	540.26	540.85	541.00	541.35	0.060998	3.12	1.70	4.56	1.63
grand_val1	40	PF 2	4.12	540.26	540.80	540.92	541.20	0.055994	2.80	1.47	4.36	1.54
grand_val1	40	PF 3	2.32	540.26	540.70	540.76	540.95	0.049916	2.24	1.03	3.94	1.40
grand_val1	30	PF 1	5.31	539.34	540.35	540.48	540.81	0.048240	3.00	1.77	3.75	1.39
grand_val1	30	PF 2	4.12	539.34	540.25	540.38	540.69	0.049707	2.94	1.40	3.07	1.39
grand_val1	30	PF 3	2.32	539.34	540.03	540.16	540.43	0.055834	2.78	0.83	2.09	1.41
grand_val1	20	PF 1	5.31	538.92	539.07	539.30	540.50	0.728844	5.30	1.00	8.00	4.79
grand_val1	20	PF 2	4.12	538.92	539.04	539.24	540.37	0.886429	5.10	0.81	7.95	5.11
grand_val1	20	PF 3	2.32	538.92	539.01	539.15	540.09	1.337855	4.61	0.50	7.88	5.82
grand_val1	10	PF 1	5.31	538.30	538.91	539.06	539.40	0.066447	3.11	1.71	4.84	1.67
grand_val1	10	PF 2	4.12	538.30	538.86	538.98	539.27	0.064220	2.82	1.46	4.67	1.61
grand_val1	10	PF 3	2.32	538.30	538.76	538.83	539.03	0.057302	2.30	1.01	4.08	1.47

Tabella 11: Parametri di output delle simulazioni idrauliche.

Dalle sezioni idrauliche emerge come le sezioni siano ampiamente verificate e le portate di piena per i tempi di ritorno 20, 100 e 200 anni sono contenute entro gli argini del torrente.

Il cavidotto non è pertanto interessato dalla dinamica alluvionale anche la più catastrofica. L'opera risulta compatibile.

CAVIDOTTO STAFFATO Torrente Laures

Il bacino del torrente Les Laures ha un'estensione di 16.2 km², presenta una forma allungata racchiuso ad Est dal gruppo della Grande Roise e ad Ovest dal Monte Emilius, ed è interamente sviluppato nel comune di Brissogne. Nella Tabella seguente sono indicati i parametri del bacino:

Conoide	
Superficie	0.82 km ²
Quota minima	532 m s.l.m
Quota massima	650 m s.l.m
Lunghezza massima	990 m
Larghezza massima	1460 m
Pendenza media	6.8° - 12%
Pendenza media alveo	6.3° - 11%

Tabella 12: Parametri morfometrici del bacino del torrente Les laures.

L'analisi idrologica è stata condotta per il bacino del torrente Les Laures chiuso in corrispondenza dell'apice di conoide, in località Moulin. Sono stati ricavati gli ietogrammi di pioggia adottando il metodo di regionalizzazione messa a punto dalla Regione Valle d'Aosta per tempi di ritorno di 20, 100 e 200 anni e varie durate della pioggia scegliendo durate multiple del tempo di corrivazione, così come previsto dalla L.R. 11/98, ed in seguito l'idrogramma di progetto. In base ai risultati ottenuti, è stato scelto come idrogramma critico quello caratterizzato da una portata al como paragonabile al picco dell'evento del 2000 (durata 9 ore, ovvero 6 volte il TC). Nella figura seguente sono indicati gli idrogrammi relativi a tale evento meteorico, per tempi di ritorno di 20, 100 e 200 anni.

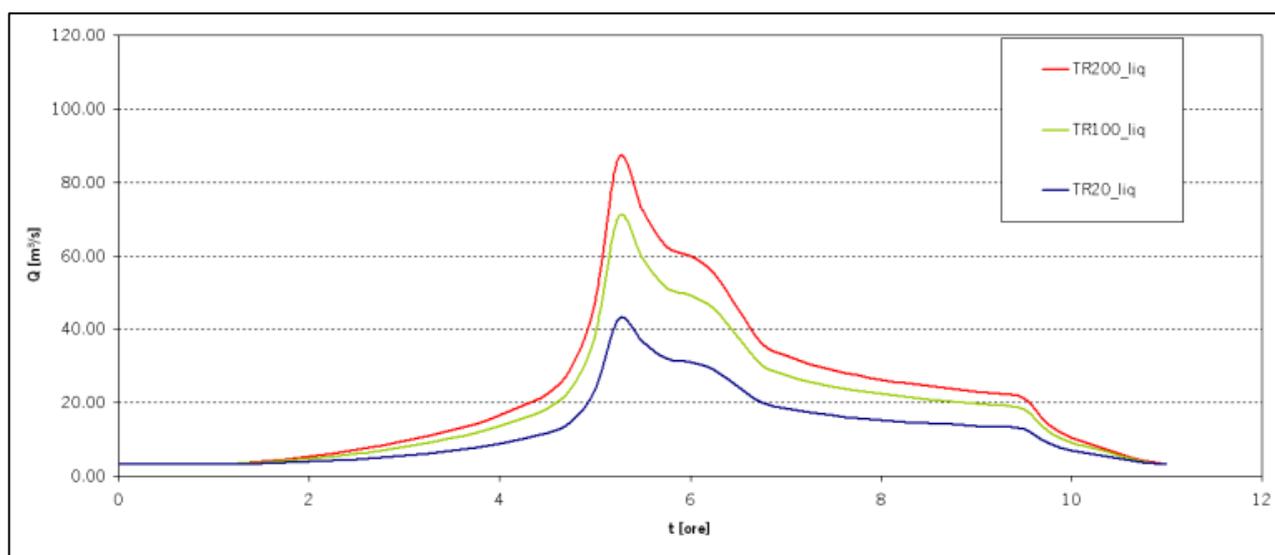


Figura 33: Idrogrammi liquidi relativo ad un evento meteorico avente durata 9 ore, per un Tr20, 100 e 200 anni.

I valori di portata liquida di picco relativi agli idrogrammi di Figura 33 sono i seguenti:

PORTATA (m ³ /s)	Tr (anni)
42.8	20
70.4	100
86.7	200

Tabella 13: Portate liquida+solida Tr 20-100-200 anni

“La valutazione della portata solida associata a quella liquida è stata condotta nell’ipotesi che nel torrente Les Laures si sviluppi una portata solida prossima alla capacità di trasporto ottenuta dalle sperimentazioni di laboratorio su canali a forte pendenza (Smart e Jaeggy, 1983). Secondo questa formulazione, la concentrazione volumetrica (cv) dei sedimenti può stimarsi, in via cautelativa, con la relazione:

$$q_s = 2.5qS^{1.6}$$

essendo S la pendenza media del fondo del canale.

Per il torrente Les Laures si è assunta la pendenza media del tratto compreso fra le quote 1200 m s.l.m. (poco a valle di Larp) e la quota 650 m s.l.m. (Moulin): pari a 0.22. La concentrazione cv risulta quindi pari al 22%. Tale cv determina il transito di una portata solido-liquida complessiva pari all’incirca (Costa, 1984):

$$Q_T = \frac{Q}{1-cv}$$

essendo Q la portata determinata attraverso il calcolo idrologico.

Per il torrente Les Laures, nell’ipotesi di un evento alluvionale che non comporti il passaggio di un debris flow ma semplicemente un trasporto solido ben sviluppato, si ottiene quindi un incremento del 28% della portata liquida.”

Di seguito sono esposti i valori di portata al colmo liquida, solida e liquida+solida.

	Q_i [m ³ /s]	Q_s [m ³ /s]	Q_{tot} [m ³ /s]	Volume _{solido} [m ³]
TR 20	42.8	12.1	54.9	130 451
TR 100	70.4	19.9	90.3	201 504
TR 200	86.7	24.4	111.1	242 996

Tabella 14: Valori di portata al colmo.

Le verifiche idrauliche condotte secondo la metodologia appena descritta hanno evidenziato una soddisfacente capacità di conduzione del collettore per **tutte le portate verificate, Tr 20, 100 e 200 anni, con franchi che superano sempre 1 metro ad eccezione della sezione n.125, che presenta un franco di circa 0.42 m per la portata duecentennale.**

Il cavidotto non è pertanto interessato dalla dinamica alluvionale anche la più catastrofica. L'opera risulta compatibile.

Di seguito, è indicata l'ubicazione delle sezioni in corrispondenza delle quali sono state condotte le verifiche idrauliche.



Figura 34: Sezioni per le verifiche idrauliche lungo il torrente Les Laures. Tutte le sezioni presentano un franco superiore al metro, tranne la n. 125, che presenta un franco di 0.42 m.

CAVIDOTTO INTERRATO

Il cavidotto interrato può essere interessato da allagamenti provenienti dalla Dora Baltea

non in grado di creare danno.

PALI DI AMMARRO

Il palo di ammarro posto in destra idrografica può essere interessato da allagamenti con tr 100 anni provenienti dalla Dora Baltea non in grado di creare danno al palo stesso.

Il palo in sinistra idrografica può essere interessato da allagamenti con tr 200 anni provenienti dalla Dora Baltea non in grado di creare danno al palo stesso.

In considerazione della natura dell'opera e del fenomeno di dissesto atteso l'opera risulta compatibile.

CABINA DI RESTITUZIONE

La cabina di restituzione può essere interessata da allagamenti con tr 200 anni provenienti dalla Dora Baltea non in grado di creare danni strutturali alla cabina stessa ma potenzialmente in grado di creare danni all'impianto tecnologico.

In considerazione della natura dell'opera e del fenomeno di dissesto atteso, nonché il tempo di ritorno, l'opera risulta compatibile.

10.7.2 Art. 35 c.1 - FRANE

Per quanto riguarda i fenomeni franosi in senso stretto, non vi sono particolari problematiche tali da non consentire la realizzazione delle opere in progetto.

Nella cartografia degli ambiti inedificabili, le perimetrazioni dell'art. 35 c.1 sono relative a fenomeni di colate detritiche.

Di seguito verranno descritte le conclusioni dello studio di approfondimento del 2015 riguardante i due torrenti.

CAVIDOTOTTO STAFFATO Torrente Grand Val

In seguito all'alluvione del 2000, è stata realizzata la briglia selettiva di Palud, la quale ha una capacità di trattenuta attorno a 2000 m³. Tale opera svolge le funzioni di intrappolare alcuni dei massi di maggiore dimensione che potrebbero venire convogliati dalla colata evitando un'ulteriore ostruzione del canale e la trattenuta di una frazione di detrito vegetale disponibile nel tratto di alveo compreso tra la cascata e l'ultima forra prima del conoide.

Nello studio di approfondimento del 2015 è stato rilevato come il bacino di alimentazione del torrente Grand Val abbia una disponibilità limitata di sedimenti, pertanto la formazione di colate detritiche di una certa importanza è strettamente correlata al livello di ricarica di

depositi sciolti nel reticolo idrografico. La magnitudo dell'evento è pertanto vincolata dalla disponibilità di sedimenti presenti nel bacino. Da un approccio geomorfologico, è stato calcolato che il volume totale di materiale disponibile nel bacino sia di **16000 m³**. Da un approccio idrologico invece, l'effettiva capacità di trasporto solido da parte del corso d'acqua, ricavabile mediante l'applicazione del metodo volumetrico di Takahashi modificato da D'Agostino et al. all'idrogramma caratteristico dell'evento, risulta essere di **22000 m³**. Secondo quest'ultima metodologia, la concentrazione di equilibrio della colata raggiunge il valore massimo in concomitanza del picco di portata liquida.

Come dimostrato dall'evento alluvionale del 2000, lungo il torrente Grand Val possono verificarsi eventi di debris flow. Lo scenario d'evento prevede i seguenti criteri:

- a) Assumere quale magnitudo massima dell'evento di trasporto di massa esprimibile dal torrente Grand Val il valore del suddetto volume geomorfologico, pari a 16.000 m³;
- b) Non considerare la capacità d'invaso della briglia selettiva all'apice del conoide, stimata comunque inferiore a quella di progetto e pari a circa 2000 m³, in quanto si ritiene che tale valore sia già insito nel grado di incertezza attribuibile al metodo di calcolo della magnitudo;
- c) Calcolare la portata di picco della colata, riferita al suddetto volume mobilizzato, mediante l'equazione di Mizuyama et al. (1992):

$$Q_p = 0.0188 \times V^{0.790} = 39 \text{ m}^3/\text{s}$$

- d) Adottare per l'esecuzione delle verifiche idrauliche lungo il collettore terminale, tenuto conto che la tipologia di colata attesa per il torrente Grand Val è caratterizzata da una notevole quantità di sedimenti di tipo granulare, con presenza abbondante di massi di media pezzatura (0.3 - 0.6 m³), un modello di calcolo che consideri la relazione funzionale fra l'altezza del fronte della colata (h) e la portata al picco (Q_T) ad essa associata nell'ambito di un regime di moto quasi turbolento, assimilabile ad un flusso granulo-inerziale che scorre entro un canale ben confinato, nello specifico la relazione proposta da Gregoretto (2000):

$$Q_T = C^* \times A \times \sqrt{g \times h \times \sin\alpha}$$

dove :

- A rappresenta l'area liquida;
- g l'accelerazione di gravità;
- sin α è l'angolo che il fondo del canale forma con l'orizzontale;
- C* è una sorta di scabrezza intrinseca del flusso che tiene conto anche dell'interazione della colata (urti, attriti) con il fondo.

Le sezioni idrauliche ai fini della pericolosità detritica effettuate lungo l'alveo sono state tutte verificate con franchi superiori ad 1 m, ad eccezione del ponte lungo la viabilità di accesso alla frazione di Palud Dessus, dove il margine si riduce a 0.5 m per via dell'impalcato incassato entro il colmo delle sponde, riducendone l'invaso dell'alveo. La presenza della briglia a monte svolge l'importante funzione di trattenere i massi di dimensioni maggiori, evitando l'ostruzione del canale e garantendo quindi il flusso della colata all'interno del cunettone.

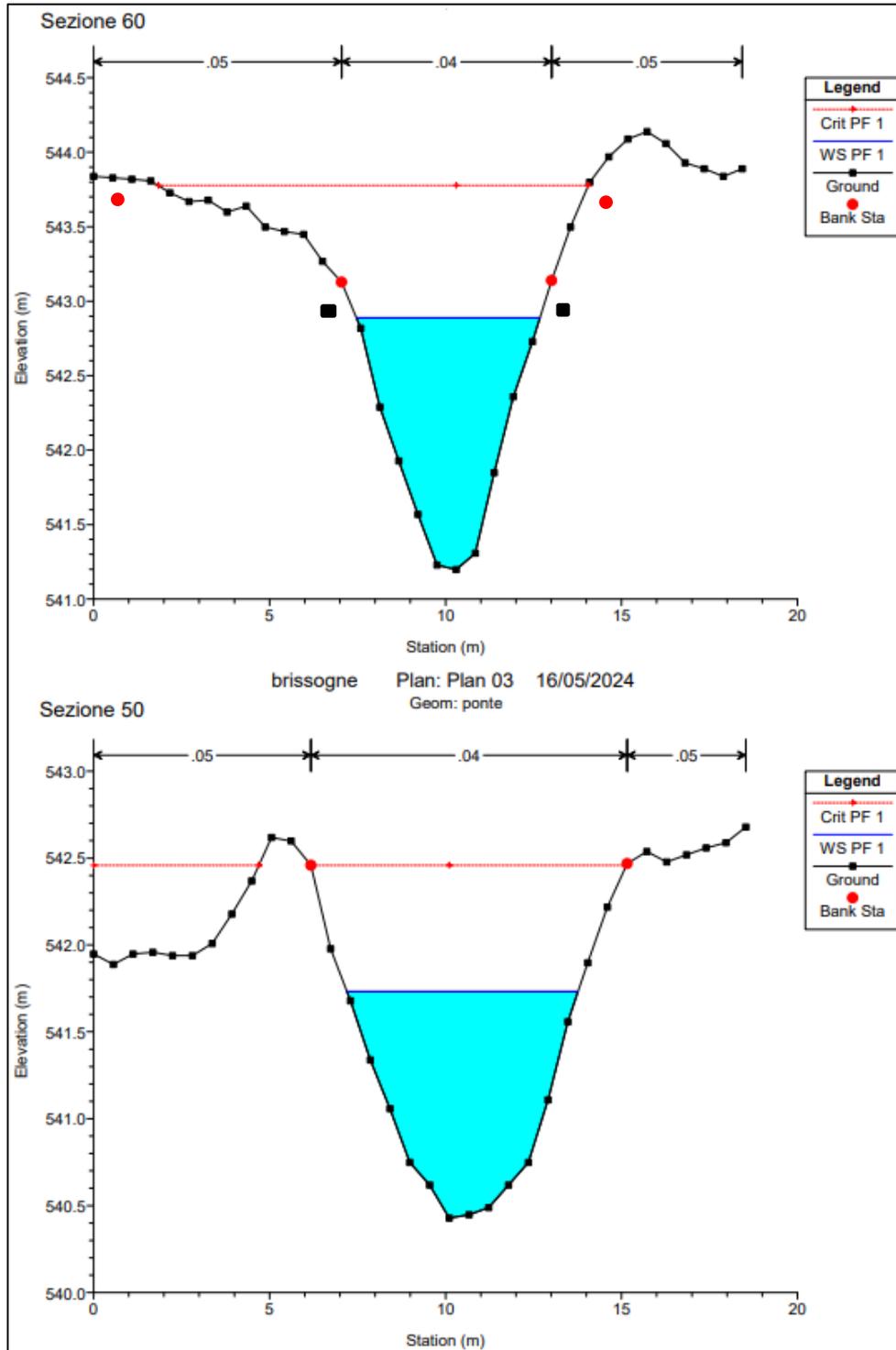
Lo studio ha infine analizzato l'evento alluvionale del 2000, nel tratto in cui il torrente Grand Val interseca la SR 15 per Pollein, osservando come in corrispondenza della sede stradale si abbia una modesta laminazione, di fatto giocando a favore di sicurezza per quanto riguarda la quantità di materiale transitante verso il conoide.

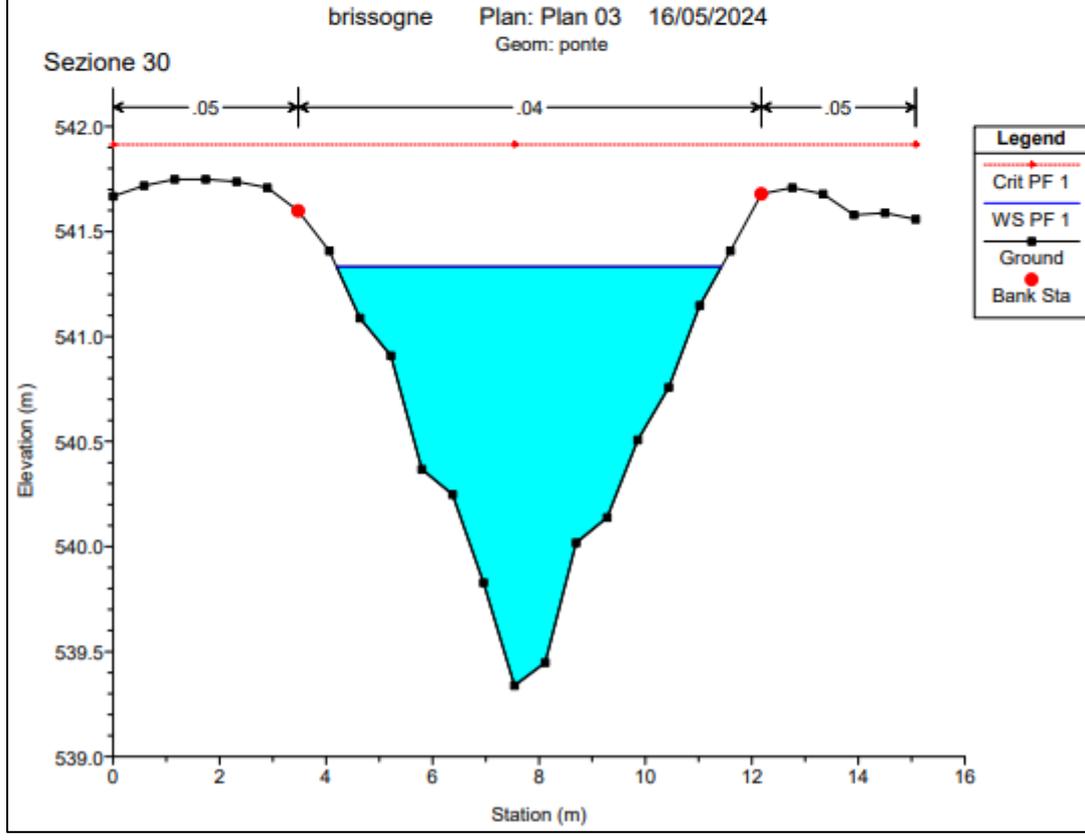
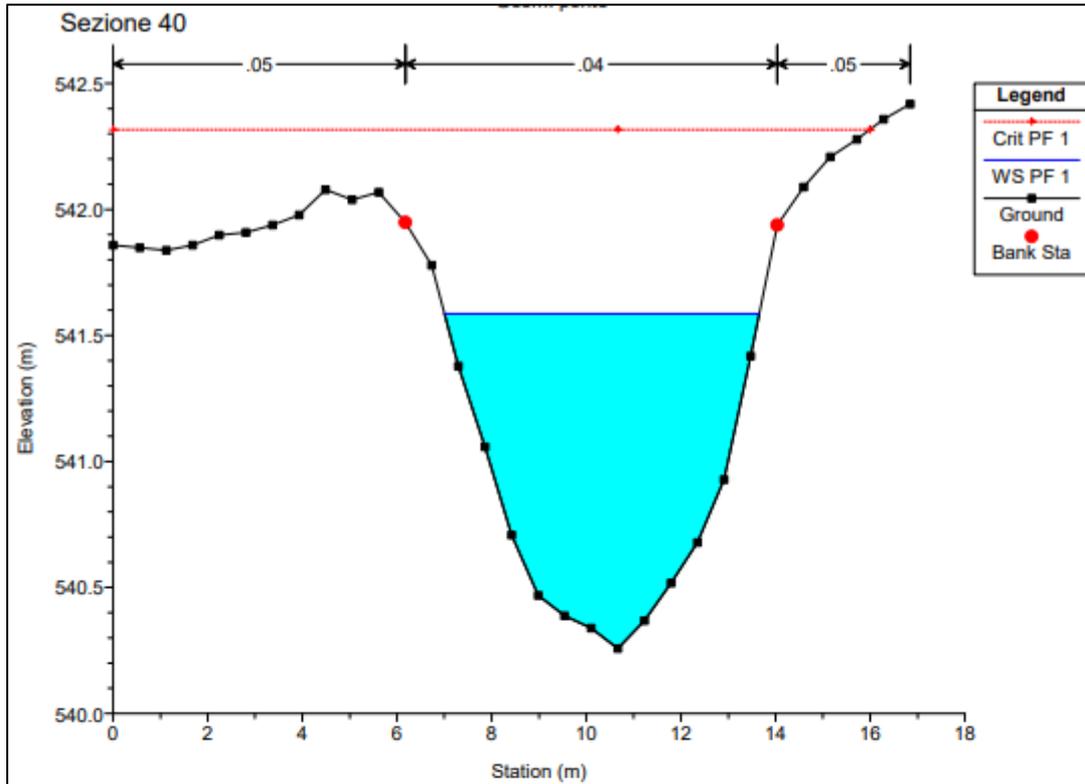
Analogamente a quanto effettuato per la pericolosità di inondazione, è stata effettuata un'analisi idraulica mediante software Hec-Ras lungo le 6 sezioni di Figura 22, considerando una portata di picco di 39 m³/s (punto c) in questo capitolo), al fine di constatare il deflusso della componente liquida nell'ultimo tratto alveo, considerando che buona parte del materiale solido si arresti più a monte.

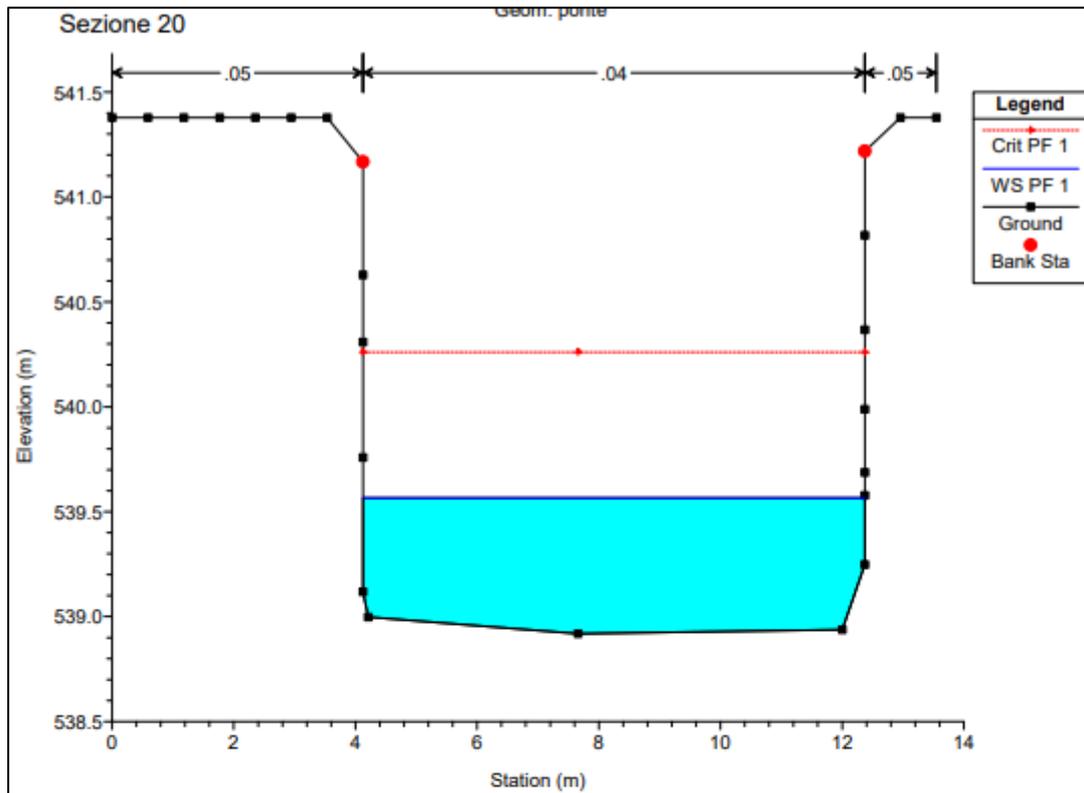
La metodologia è la medesima di quella esposta al capitolo 9.1.1. Di seguito vengono espone le sezioni idrauliche e in Tabella 14 sono indicati i parametri di output della simulazione.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
grand_val1	60	PF 1	39.00	541.20	542.89	543.78	545.79	0.120148	7.54	5.17	5.21	2.42
grand_val1	50	PF 1	39.00	540.43	541.73	542.46	544.25	0.111941	7.03	5.55	6.57	2.44
grand_val1	40	PF 1	39.00	540.26	541.59	542.32	543.85	0.095839	6.67	5.85	6.65	2.27
grand_val1	30	PF 1	39.00	539.34	541.33	541.91	542.90	0.062522	5.54	7.04	7.23	1.79
grand_val1	20	PF 1	39.00	538.92	539.57	540.26	542.57	0.207855	7.68	5.08	8.25	3.12
grand_val1	15		Bridge									
grand_val1	10	PF 1	39.00	538.30	539.69	540.28	541.57	0.080880	6.07	6.42	7.38	2.08

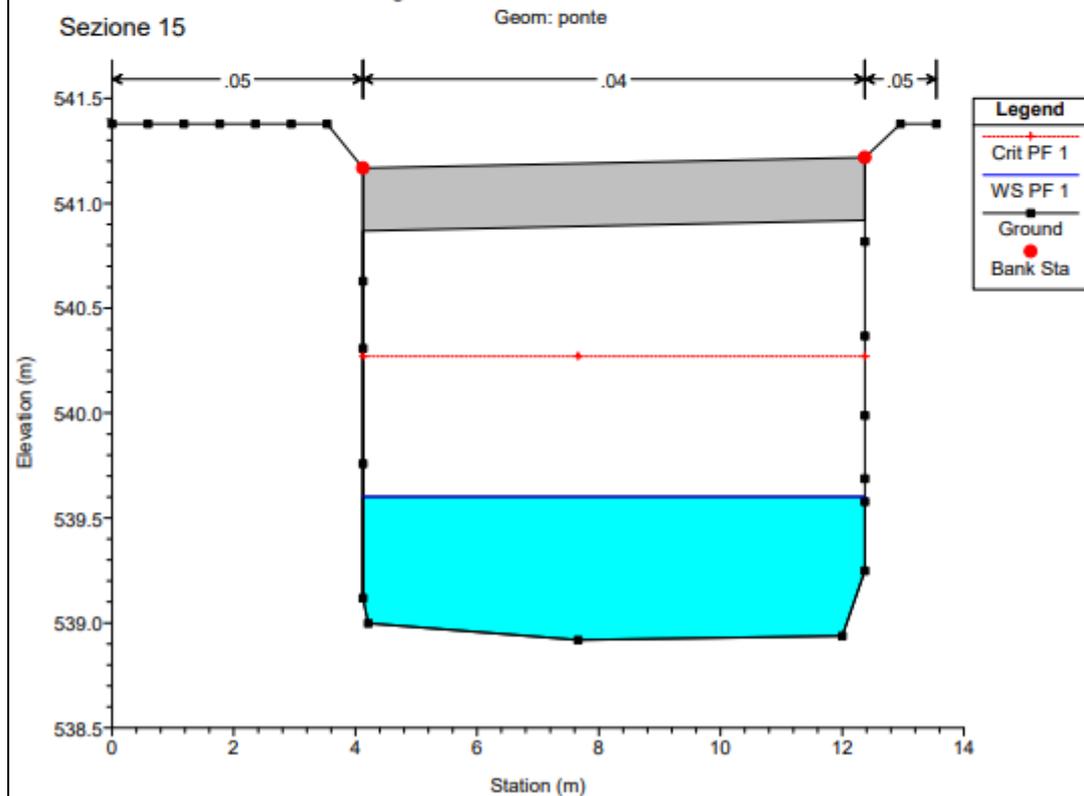
Tabella 15: Parametri di output delle simulazioni idrauliche.







brissogne Plan: Plan 03 16/05/2024



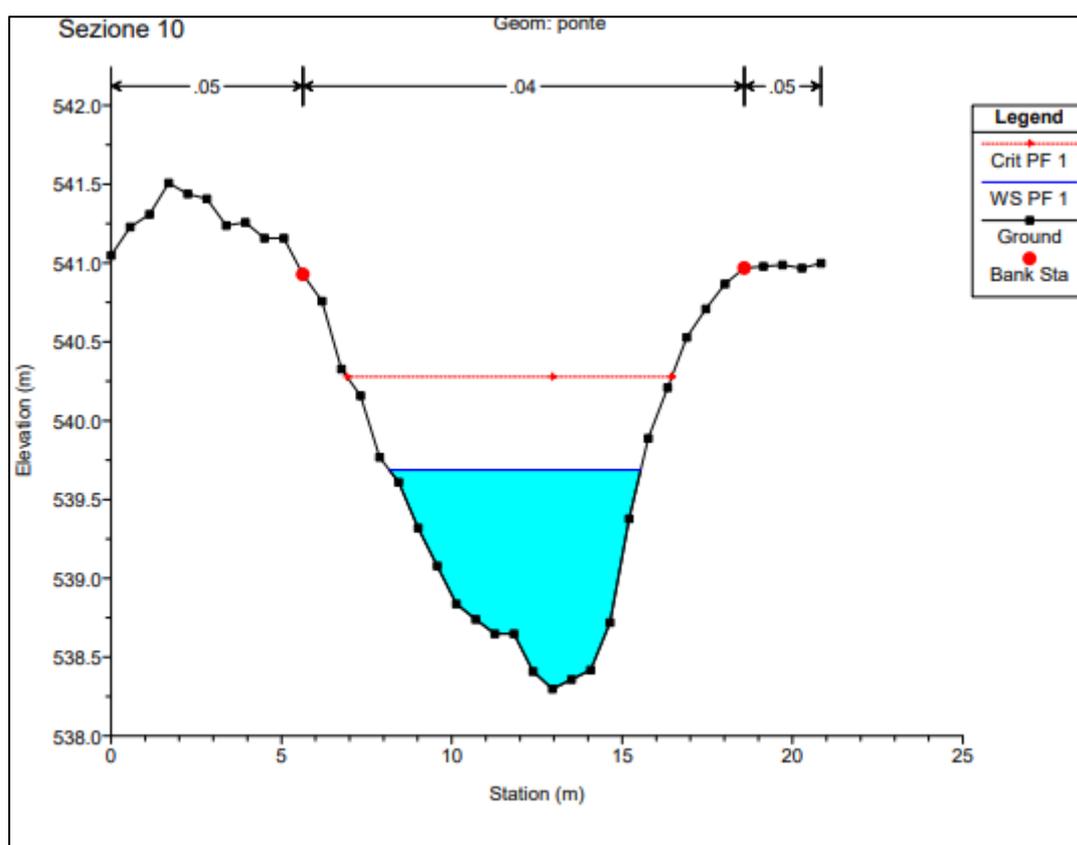


Figura 35: Risultanza verifiche idrauliche

Dalle analisi idrologiche emerge, in chiara coerenza con lo stato dei luoghi, come l'evento avente portata di picco $39 \text{ m}^3/\text{s}$ non sia contenuto entro gli argini del torrente Grand Val, sia in destra che in sinistra idrografica, ad eccezione delle sezioni 20, 15 e 10. Le sezioni in corrispondenza del ponte sono invece verificate.

In occasione dell'ipotetico fenomeno di colata detritica, di magnitudo suddetta, il materiale trasportato esonderebbe pertanto a monte del ponte e andrebbe ad interessare i terreni prativi adiacenti.

In considerazione del fatto che tale fenomenologia non è stata modellata, vista la natura dell'opera in progetto, non è possibile escludere che l'eventuale colata divagando vada ad interessare il ponte danneggiandolo, pertanto potenzialmente creando danno anche al cavidotto.

Si esclude che la componente distruttiva dell'eventuale colta detritica raggiunga l'area ove verrà realizzato il palo di ammarro in quanto ubicata nella porzione distale del conoide, e raggiungibile solo dalla componente liquida di rilascio non in grado di creare danno al palo stesso.

CAVIDOTTO STAFFATO Torrente Laures

Dallo studio di approfondimento viene determinato un volume solido associato al debrisgramma per un tempo di ritorno di 200 anni di circa 101000 m³ e una portata di picco di 61 m³/s. È stato considerato che uno scenario di trasporto di massa non si generi direttamente sul collettore principale, ma poco sotto la zona di testata di uno dei tre sottobacini Mont Père Larent Nord, Mont Père Laurent Sud e Meyes. Lo scenario di riferimento adottato è pertanto quello basato sulle ipotesi che durante un evento venga mobilitato tutto il materiale disponibile lungo il canalone del Meyes e Les Laures, pertanto il volume totale che giunge in conoide è stimato a circa 43000 m³.

Le verifiche idrauliche sono state condotte secondo la metodologia già adottata nel corso dello studio di bacino realizzato nel 2002 (BETA Studio srl e D'Agostino, 2002).

La metodologia adottata per la determinazione delle diverse fasce di pericolosità, nell'ipotesi che transiti sul tratto terminale del torrente Les Laures una colata detritica, è stata trattata con un approccio di tipo integrato:

- in una prima fase si è prevista l'applicazione del modello "idraulico" semplificato, adattato ovviamente alle colate detritiche;
- in una seconda fase, nel caso in cui alcune sezioni del canale avessero dimostrato di non essere in grado di contenere il passaggio della colata, si è proceduto all'identificazione delle superfici del conoide che possono essere interessate dalla colata, sia attraverso il calcolo della distanza di arresto della stessa, sia con verifiche di campo sulla morfologia dei luoghi, sia, infine, con l'utilizzo di parametri topografici distribuiti quali il modello altimetrico del conoide (DEM) e la carta delle pendenze dello stesso già utilizzati nello studio sopracitato (percorsi preferenziali di scorrimento).

Nella fase di verifica idraulica, è stata applicata l'equazione proposta da Hungr et al. (1984) secondo lo schema di moto laminare con viscosità adattata alle colate detritiche; tale relazione, per una sezione di forma trapezoidale, può scriversi:

$$Q_T = A * \frac{\gamma_f * h^2 * i}{5 * \mu_f}$$

Ove:

- Q_T (m³/s) rappresenta il valore di portata al picco dell'onda di debris flow;
- h (m) l'altezza massima raggiunta dal fronte;
- μ_f (Pa s) la viscosità Newtoniana apparente della colata stessa.

La scelta del valore di viscosità Newtoniana (μ_f) è stata determinata tenendo conto di osservazioni di terreno. In particolare, l'evento di debris flow dell'agosto 1995, innescatosi al di sotto del bacino del Mont Père Laurent Sud, ha evidenziato come tali eventi possano raggiungere concentrazioni solide molto elevate. Il flusso è quindi considerato a carattere "macroviscoso". Tale comportamento è legato al fatto che la composizione solida in parte granulare ed in parte fangosa, sia stata veicolata in condizioni di contenuto d'acqua molto ridotto (20-30% del volume totale).

La formula di Hungr sopra descritta, che è propria di un flusso di tipo laminare, è stata usata considerando il valore di viscosità uguale a 2500 Pa s. La riduzione di tale valore rispetto allo studio del 2002 (nel quale era stato utilizzato un valore di 3000 Pa s), è giustificato dal fatto che essa si riduce per effetto di laminazione prodotto dalla presenza della briglia di Vaud, la quale modifica la reologia della colata, trattenendo parte del materiale che la compone, rendendola meno viscosa.

Il volume di riferimento utilizzato per le verifiche è stato ricavato decurtando dal volume iniziale il volume che si ipotizza venga trattenuto a monte della briglia di Vaud. L'effetto della briglia sul passaggio di un'onda di debris flow è stato valutato sulla base della configurazione geometrica della briglia stessa e del bacino di invaso che la stessa briglia è in grado di produrre a monte. Dal rapporto di strozzamento, ovvero dal rapporto tra la luce utile minima tra due elementi verticali contigui del filtro della briglia e il diametro dei sedimenti più grossolani, assunto pari al 95° percentile della curva granulometrica.

Dalle analisi della dimensione dell'apertura trasversale della briglia (70 cm) e le granulometrie attese (34-35 cm), il rapporto risultante è di 2.06-2. In base alla curva di Senoo et al. (1984), il rapporto di laminazione fra la portata solido+liquida uscente (Q_{out}) e quella entrante (Q_{in}) risulta al più pari a 0.55.

Questo significa che la frazione trattenuta dalla briglia al transito del picco del debris flow può essere ipotizzata circa pari al 55% di quella entrante per poi rimanere, nella peggiore delle ipotesi, sempre inferiore o uguale a questo valore. Dopo il riempimento dell'invaso a tergo della briglia, nel caso l'onda detritica non si sia ancora esaurita, il passaggio della portata avverrebbe al di sopra della gaveta con $Q_{out} = Q_{in}$.

Come accennato ad inizio capitolo, il volume atteso è di circa 43000 m³. La portata al picco ($Q_{debris} = Q_{in}$) associata a questo volume e la relativa durata (t_d) del debrisgramma triangolare sono stati calcolati con la relazione di Mizuyama et. al. (1992), ovvero: $Q_{debris} = (\text{Volume}/153)^{0.794}$ ottenendo rispettivamente: $Q_{debris} = 88 \text{ m}^3/\text{s}$; $t_d = 980 \text{ s}$.

Sotto queste ipotesi, si può accettare che la portata laminata intorno al picco sia pari a 48 m³/s, ovvero:

$$Q_{\text{out}} = 0.55 \times Q_{\text{in}} = 0.55 \times 88 = 48.3 \text{ m}^3/\text{s}$$

e che essa si mantenga tale (quasi sicuramente dopo il transito del picco sarà già inferiore) fino a che anche la portata che arriva da monte non scende al di sotto dei 48 m³/s.

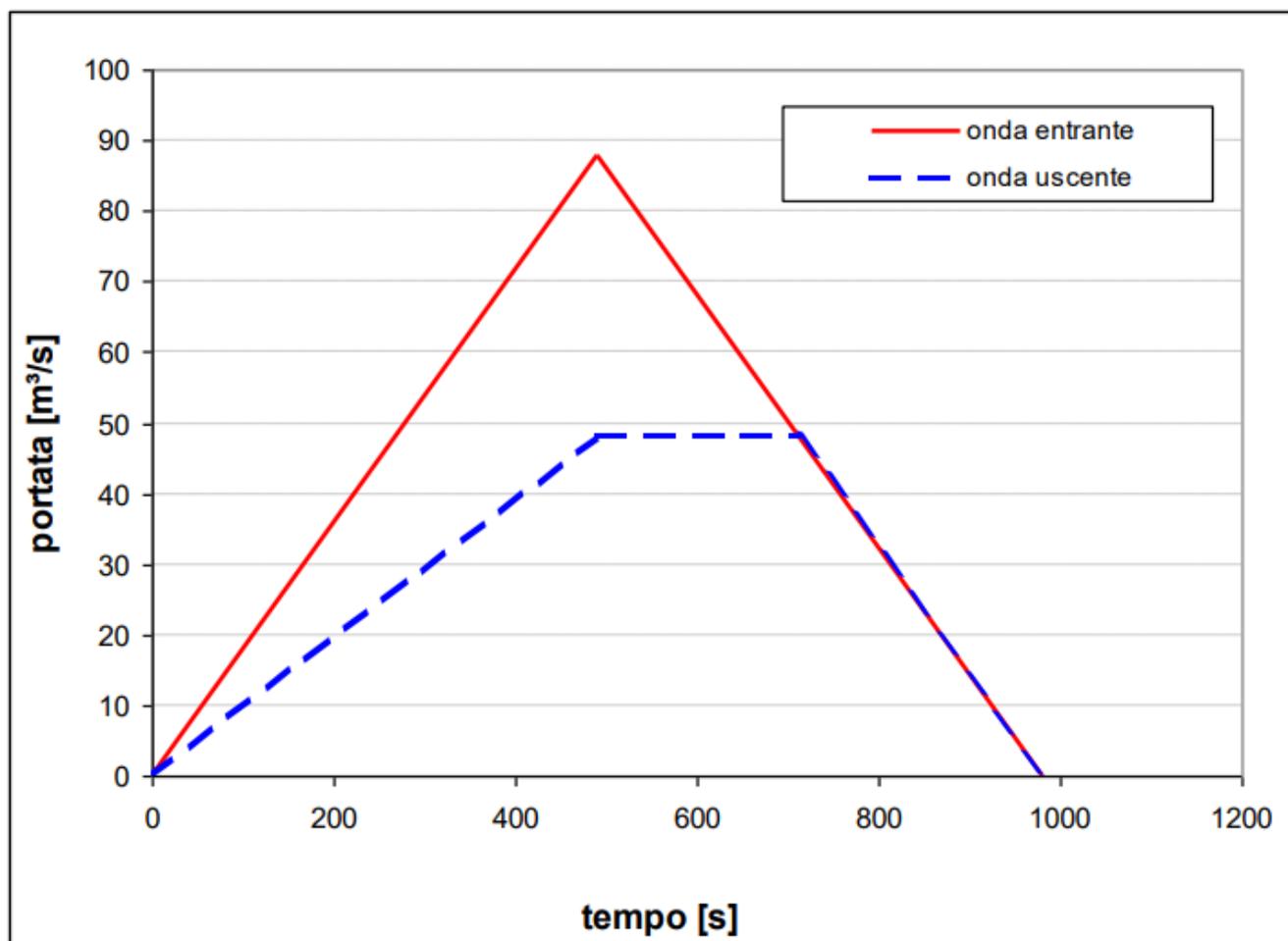


Figura 36: Debrisgramma entrante ed uscente dalla briglia in località Vaud, lungo il torrente Les Laures.

La differenza di area tra i due debrisgrammi (curva rossa: volume entrante, curva blu: volume uscente) è congruente con la capacità di trattenuta della briglia. Dal calcolo, risulta una differenza di volume di 13488 m³, circa pari alla capacità di invaso della briglia alla quota della gaveta quando la pendenza del deposito è di circa 7°-8°. Vi è inoltre da considerare che la prima luce filtrante localizzata tra il fondo della fessura e la prima trave ha una luce superiore a 0.7 m e ascerà transitare le prime pulsazioni iperconcentrate lasciando disponibile un maggiore invaso per la fase più intensa del fenomeno.

Tenendo conto del nuovo valore di portata di 48 m³/s, a cui corrisponde un volume uscente dalla briglia di 29500 m³ (= 43000 m³ - 13488 m³), sono state effettuate le verifiche idrauliche secondo l'equazione di Hungr, sopra descritte.

Nella valutazione del comportamento idraulico della canalizzazione si è inoltre ipotizzato che, qualora si verifichi una condizione di insufficienza idraulica di una sezione (condizione di sormonto delle sommità dei muri longitudinali), l'onda di piena che transita a valle sia determinata da una perdita di volume tale da consentire a valle il passaggio di una portata al colmo pari alla capacità di conduzione massima (quindi al limite dell'esondazione) che compete al tratto di canale ubicato subito a valle del punto di tracimazione.

I risultati delle verifiche idrauliche evidenziano come in apice di conoide le criticità determinate dalla fuoriuscita di materiale in corrispondenza della sezione 16, si annullano per la presenza del rialzo arginale che determina un franco di sicurezza di 40 cm in corrispondenza della medesima sezione.

Il ponte di Moulin risulta verificato, come l'intero tratto di cunettone posto a valle del ponte stesso. Rimane, invece, problematico il tratto finale di cunettone dove, a causa delle basse pendenze, la colata tende ad arrestarsi e ad esondare. In questo ultimo tratto fuoriescono in corrispondenza delle sezioni 107 e 125, rispettivamente, 12500 m³ e 5820 m³.

In fase di stesura della cartografia degli AAll art 35 comma 1 del comune di brissogne si è stimato che la colata detritica che fuoriesce in corrispondenza delle sezioni suddette si arresta a monte del ponte senza interessarlo. **Le risultanze evidenziano come il cavidotto nel tratto di attraversamento non sia interessato dalla dinamica di colata detritica anche la più catastrofica. L'opera risulta compatibile.**

<i>Sezione critica</i>	<i>Portate passante [m³/s]</i>	<i>Volume passante [m³]</i>	<i>Volume uscente [m³]</i>
Sez. 107	20	16 440	12 500
Sez. 125	12	10 620	5 820

Tabella 16: Individuazione delle sezioni critiche e dei volumi di materiali che fuoriescono da ciascuna sezione.

CAVIDOTTO INTERRATO

Il cavidotto interrato risulta sostanzialmente esente dalla dinamica di colata detritica in quanto posto in interrato. Non si ravvisano possibilità concrete di erosioni in fase di alluvionamento in corrispondenza dei due torrenti in grado di asportare o danneggiare il cavidotto interrato. **L'opera risulta pertanto compatibile.**

PALI DI AMMARRO

Il palo in destra idrografica può essere raggiunto al più dalla componente liquida di rilascio

di una colata detritica, non in grado di creare danno al palo stesso. **L'opera risulta compatibile.**

Il palo in sinistra idrografica è esente dalla dinamica in oggetto.

CABINA DI RESTITUZIONE

La cabina è esente dalla dinamica in oggetto.

10.8 Valutazione della vulnerabilità dell'opera da realizzare in relazione anche agli usi alla quale essa è destinata.

CAVIDOTTO STAFFATO Torrente Grand Val

Per quanto riguarda i fenomeni di inondazione, il cavidotto staffato sul ponte che attraversa il torrente Grand Val presenta una vulnerabilità da minima a nulla, poiché, come esposto al capitolo 9.1.1, tutte le sezioni idrauliche effettuate tramite software Hec-Ras sono verificate.

Per quanto riguarda le dinamiche di debris flow, invece, non sono state effettuate analisi specifiche per comprendere la puntale reologia del fenomeno. Tuttavia, si ritiene che la vulnerabilità del cavidotto in tale tratto sia medio bassa, poiché, come evidenziato dalle verifiche idrauliche speditive a contorno del ponte stesso, un fenomeno di 39 mc/s può sfuoriuscire dall'alveo e divagare, dunque potenzialmente interessare il ponte e il cavidotto, ma la possibilità di asportare il ponte dunque creare danno al cavidotto risulta essere ridotta. In considerazione di quanto supposto valgono pertanto le seguenti considerazioni:

- Nel caso in cui un evento alluvionale o di colata detritica raggiunga il ponte marginalmente, vi è la possibilità che il tubo di acciaio di rivestimento del cavidotto venga interessato dal fenomeno. In tale caso il rivestimento in acciaio eviterà danneggiamenti diretti.
- Nel caso in cui i fenomeni di colata o inondazioni siano invece di grande magnitudo e provochino l'asportazione del ponte, ovviamente anche il cavidotto verrebbe asportato e la consegna interrotta.

CAVIDOTTO STAFFATO Torrente Laures

Per quanto riguarda il tratto di attraversamento del torrente Les Laures, dalle verifiche idrauliche emerge come fenomeni catastrofici di colata detritica non siano contenuti entro gli argini del torrente un centinaio a monte del ponte e andrebbero a divagare nel conoide arrestandosi a monte del ponte pertanto senza creare danno al cavidotto in progetto.

CAVIDOTTO INTERRATO

I tratti di cavidotto interrato presentano una vulnerabilità da minima a nulla, sia per quanto riguarda la pericolosità per esondazione che per colata detritica, data la natura ipogea dell'opera, che pertanto non può essere interessata da fenomeni esogeni.

PALI DI AMMARRO

La vulnerabilità del primo palo è da ritenersi minima in quanto interessato da flussi prevalentemente a portata liquida a bassa velocità provenienti sia dalla Dora Baltea che dal Torrente Grand Val. Non si prevede che i fenomeni prevedibili possano creare danno al palo. La vulnerabilità del secondo palo è nulla in considerazione della natura dell'opera e del dissesto atteso.

CABINA DI RESTITUZIONE

La vulnerabilità della cabina per fenomeni gravitativi in s.l è da ritenersi nulla. La vulnerabilità è da ritenersi minima per fenomeni alluvionali riconducibili alla Dora Baltea con Tr di 200 anni.

10.9 Definizione degli interventi di protezione adottati per ridurre la pericolosità del fenomeno, e la vulnerabilità dell'opera e valutazione della compatibilità dell'intervento con il fenomeno di dissesto considerato.

Rispettare le modalità costruttive riportate negli elaborati progettuali nonché il posizionamento spaziale delle stesse.

Rispettare le prescrizioni costruttive elencate al capitolo 8 della presente relazione.

10.10 Dichiarazione di compatibilità con le condizioni di pericolosità indicate dalla cartografia degli ambiti inedificabili ai sensi della L.R. 11/1998.

Sulla base di quanto in precedenza argomentato, l'intervento in progetto risulta compatibile con le condizioni di pericolosità verificate in sito ed indicate nella cartografia degli ambiti inedificabili dei comuni di Pollein e Brissogne, ai sensi della L.R. 11/98 e succ. mod.

11 Conclusioni

Dallo studio eseguito non sono emerse situazioni a carattere geologico, geotecnico e di dissesto contrarie all'esecuzione dell'opera in progetto, fatte salve le indicazioni progettuali e i suggerimenti operativi contenuti nella presente relazione.

Charvensod, lì Giugno 2024

Il tecnico incaricato

Geol. Alex Chabod

