

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**STRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI
PROGETTO ESECUTIVO**

**Riqualificazione Ambientale Val Lemme
Relazione idraulica abbancamento**

| | |
|--|----------------------|
| GENERAL CONTRACTOR | DIRETTORE DEI LAVORI |
| Consorzio Cociv Ing. P.P. Marcheselli | |

| | | | | | | | |
|----------|-------|------|------|-----------|------------------|--------|------|
| COMMESSA | LOTTO | FASE | ENTE | TIPO DOC. | OPERA/DISCIPLINA | PROGR. | REV. |
| I G 5 1 | 0 1 | E | C V | R I | D P 0 4 0 0 | 0 0 2 | C |

Progettazione :

| Rev | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Progettista Integratore | Data | IL PROGETTISTA |
|-----|--|-------------------------------|------------|-------------------------------|------------|----------------------------------|------------|----------------|
| A00 | Prima emissione | Foltran <i>[Signature]</i> | 19/10/2012 | Panizza <i>[Signature]</i> | 19/10/2012 | E. Pagani <i>[Signature]</i> | 19/10/2012 | |
| B00 | Nota Regione Piemonte prot. 1345/DB 12.06 del 6 marzo 2013 | Foltran <i>[Signature]</i> | 03/07/2013 | Panizza <i>[Signature]</i> | 03/07/2013 | A. Palomba <i>[Signature]</i> | 03/07/2013 | |
| C00 | Istr. ITF IG5101E11ISDP0400002A | Foltran <i>[Signature]</i> | 26/11/2013 | Panizza <i>[Signature]</i> | 26/11/2013 | A. Palomba <i>[Signature]</i> | 26/11/2013 | |

n. Elab.:

File: IG51-01-E-CV-RI-DP04-00-002-C00

CUP: F81H92000000008

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 2 di 198 |

INDICE

| | | |
|---------|--|-----|
| 1. | Premessa | 4 |
| 2. | NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 8 |
| 3. | IL SITO DI INTERVENTO | 9 |
| 3.1 | Inquadramento geografico | 9 |
| 3.2 | Topografia del sito | 10 |
| 3.3 | Disposizione di progetto deposito di smarino | 11 |
| 4. | DIMENSIONAMENTO DRENAGGI SUPERFICIALI | 14 |
| 4.1 | Descrizione | 14 |
| 4.2 | Analisi idrologica reti di drenaggio | 15 |
| 4.3 | Analisi idraulica reti di drenaggio | 17 |
| 4.3.1 | Analisi idraulica canalette | 17 |
| 4.3.2 | Analisi idraulica compluvi principali | 17 |
| 4.3.3 | Franchi idraulici | 18 |
| 4.4 | Sistema compluvio centrale | 18 |
| 4.4.1 | Descrizione generale | 18 |
| 4.4.2 | Dimensionamento canalette lungo banche | 22 |
| 4.4.3 | Dimensionamento linea di drenaggio principale compluvio centrale | 24 |
| 4.5 | Sistema compluvio nord | 33 |
| 4.5.1 | Descrizione generale | 33 |
| 4.5.2 | Dimensionamento canalette lungo banche | 36 |
| 4.5.3 | Dimensionamento linea di drenaggio principale compluvio nord | 38 |
| 4.5.4 | Verifica in moto uniforme scatolare | 45 |
| 4.6 | Sistema compluvio sud | 47 |
| 4.6.1 | Descrizione generale | 47 |
| 4.6.2 | Dimensionamento linea di drenaggio principale compluvio sud | 50 |
| 4.6.3 | Verifica in moto uniforme tubazioni | 58 |
| 4.7 | Verifica protezione fondo e sponde t. Lemme allo scarico Fosso drenante sud | 61 |
| 4.8 | Protezione al piede terra rinforzata con gabbionata | 64 |
| 5. | DIMENSIONAMENTO DRENAGGI SUBORIZZONTALI | 67 |
| 5.1 | Dreni sub orizzontali con scarico sulle banche | 67 |
| 5.1.1 | Descrizione | 67 |
| 5.2 | Dreni sub orizzontali con scarico a tergo delle terre armate | 68 |
| 5.2.1 | Descrizione | 68 |
| 5.2.2 | Analisi idrologica e idraulica | 69 |
| 5.3 | Trincee drenanti realizzate con la tecnologia tipo Gabbiodren | 76 |
| 5.3.1 | Descrizione sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | 76 |
| 5.3.2 | Vantaggi sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | 77 |
| 5.3.3 | Analisi idrologica e idraulica | 81 |
| 5.3.4 | Descrizione modalità di impiego del sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | 81 |
| 5.4 | Canali collettori principali | 92 |
| 5.4.1 | Descrizione linee di drenaggio principali del sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | 92 |
| 5.4.2 | Franchi idraulici | 103 |
| 5.4.3 | Dimensionamento linee di drenaggio principali | 103 |
| 5.4.3.1 | Dimensionamento linea di drenaggio principale ovest - P1 - P15 | 103 |

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |

Foglio
3 di 198

| | | |
|---------|--|-----|
| 5.4.3.2 | Dimensionamento linea di drenaggio principale nord - P16 – vasca di sedimentazione | 109 |
| 5.4.4 | Verifica in moto uniforme tubazioni drenaggio principali | 115 |
| 5.5 | Verifiche di stabilità tubazioni c.a.v. | 126 |
| 5.5.1 | Determinazione dei carichi ovalizzanti agenti sulla tubazione rigida | 126 |
| 5.5.2 | Calcolo del carico dovuto al rinterro | 126 |
| 5.5.3 | Calcolo del carico dovuto ai sovraccarichi verticali mobili | 128 |
| 5.5.4 | Calcolo del carico dovuto alla massa dell'acqua contenuta nel tubo | 129 |
| 5.5.5 | Verifica allo stato ultimo di resistenza | 129 |
| 5.5.6 | Tabella di verifica | 129 |
| 6. | DIMENSIONAMENTO DRENAGGI DI FONDO | 131 |
| 6.1 | Descrizione drenaggio di fondo | 131 |
| 6.2 | Analisi idrologica e idraulica per il dimensionamento dei drenaggi di fondo | 132 |

ALLEGATI

Allegato 1: Piogge di durata inferiore all'ora – Stazione pluviometrica di Gavi

Allegato 2: Descrizione modello HEC-RAS

Allegato 3: Trasformazione afflussi-deflussi per il dimensionamento delle tubazioni di scarico dei dreni sub orizzontali profondi a tergo delle terre armate (Tr = 20 anni)

Allegato 4: Trasformazione afflussi-deflussi per il dimensionamento del drenaggio di fondo (Tr = 20 anni)

| | | |
|--|---|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 4 di 198 |

1. PREMESSA

I lavori di riqualificazione ambientale Cementir, nell'ambito della realizzazione della tratta A.V./A.C. Milano – Genova Terzo Valico dei Giovi, prevedono il deposito in sponda sinistra al torrente Lemme del materiale proveniente dallo smarino della nuova galleria dell'Alta Velocità.

Tale deposito si sviluppa alla base del fronte di cava esistente ed è contenuto al piede da una struttura in terra rinforzata, la quale verrà protetta dall'azione idrodinamica delle acque del Torrente Lemme tramite una scogliera in massi di cava di lunghezza pari a 417 m, collocata in sponda sinistra ad esterno curva, nel tratto in cui il t. Lemme maggiormente si avvicina al fronte di abbancamento.

Il materiale di smarino è sistemato in banche della larghezza di 3 m, alternate a scarpate aventi pendenza di 22.5° e altezza di 4.14 m, a formare un accumulo degradante in direzione Nord.

Oggetto della presente relazione è il dimensionamento idraulico dei sistemi di drenaggio superficiale e profondo dell'abbancamento.

Si riporta una rapida descrizione delle principali opere idrauliche presenti, più dettagliatamente descritte nel seguito e nella relazione generale.

Il sistema di drenaggio del deposito è organizzato in drenaggi superficiali e drenaggi di profondità. Il sistema di raccolta delle acque di precipitazione che insistono sul deposito in progetto, denominato *drenaggio superficiale*, è costituito da

- fossi di guardia che intercettano e convogliano le acque provenienti dalla parte alta del fronte di cava;
- canalette in legname di forma rettangolare poste al piede delle scarpate delle singole banche del deposito, con scorrimento in direzione longitudinale all'ammasso, da Sud verso Nord;
- tre linee di drenaggio principali, trasversali all'ammasso, definite "compluvio centrale", "compluvio nord" e "compluvio sud", che veicolano le acque verso il recettore finale, il T. Lemme;
- vasca di sedimentazione di valle, di raccolta e calma anche delle acque di drenaggio suborizzontale e di fondo, posta immediatamente a monte dello scarico nel recettore finale, T. Lemme.

| | | |
|--|---|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme | Foglio 5 di 198 |

Il compluvio nord si sviluppa all'altezza dell'estremo nord dell'ammasso e raccoglie le acque provenienti dalle canalette lungo le banche, dal compluvio centrale (prog. 336.80) fino al fronte nord del deposito, scaricandole nel pozzetto di confluenza Vn0. In corrispondenza del pozzetto Vn0 (pozzetto di salto) l'acqua sottopassa le terre rinforzate di contenimento del deposito tramite un canale interrato che si sviluppa fino al pozzetto Vv, collocato a piano campagna; da lì le acque superficiali vengono trasferite alla vasca terminale di sedimentazione e, a valle di essa, al canale di scarico in T.Lemme.

Il compluvio centrale si trova all'altezza della sezione 9 di progetto, alla progressiva 336.80 m, e raccoglie le acque provenienti dalle canalette a Sud di esso, dalla prog. 0 alla 336.80 stessa; all'altezza della banca più bassa (banca 0), l'acqua viene veicolata verso Nord lungo la banca 0 attraverso due porzioni di canale ad U in c.a. con grigliato carrabile superiormente e da un tratto a sezione trapezia in legname e pietrame, fino al pozzetto di confluenza Vn0.

Al compluvio centrale ed al compluvio nord afferiscono anche le acque provenienti dai fossi di guardia in testa al deposito, i quali raccolgono le acque che ruscellano lungo il fronte di cava.

All'estremo sud dell'ammasso, è presente un terzo sistema di raccolta, denominato compluvio sud, che ha il compito di drenare le acque del fronte di cava provenienti da Sud e Sud-Ovest, prima che intercettino il deposito in progetto, e di smaltire le acque a monte della viabilità di accesso in progetto. Il compluvio presenta quindi, da monte verso valle, canali trapezi in legname e pietrame, canali a U in c.a. rivestiti in massi, tubazioni di sottopasso alla viabilità di accesso, a veicolare le acque verso un canale terminale trapezio che scarica l'acqua in golena sinistra del T. Lemme.

I compluvi ed i fossi di guardia sono realizzati in legname e pietrame, secondo le tecniche a minimo impatto ambientale dell'ingegneria naturalistica, riportate nel manuale di Ingegneria Naturalistica della Regione Piemonte; i canali terminali di scarico nel t. Lemme sono rivestiti in massi cementati; i tratti di canale ad U saranno realizzati in c.a. coperti da un grigliato carrabile tipo Orsogrill. Le parti in c.a. esposte saranno rivestite in massi.

Tutte le dimensioni e caratteristiche dei singoli tratti verranno analizzate e descritte dettagliatamente nei singoli capitoli dedicati.

Al fine di trattenere le frazioni fini in sospensione, veicolate dal sistema di drenaggio superficiale, saranno previsti:

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 6 di 198 |

- pozzetti di decantazione in c.a. posizionati lungo le canalette ad U delle banche, immediatamente a monte dello scarico nei compluvi;
- vasche di sedimentazione in c.a. gettate in opera e rivestite in massi cementati lungo i compluvi ed al termine delle linee di drenaggio;
- vasca di sedimentazione di valle, a monte dello scarico nel T. Lemme.

Le vasche di calma, localizzate lungo i compluvi all'intersezione con le banche, agiscono, inoltre, da dissipatori di energia e provocano il rallentamento della corrente lungo di essi.

I drenaggi di profondità fanno capo a due sistemi di drenaggio distinti:

- drenaggio delle acque di infiltrazione del deposito;
- drenaggio profondo del fondo cava.

Il *drenaggio delle acque d'infiltrazione dal fronte del deposito di progetto* è realizzato mediante drenaggi suborizzontali microfessurati disposti perpendicolarmente a ciascuna berma, all'altezza del piede di ciascun versante, con scarico diretto nelle trincee drenanti di alloggiamento di sistemi tipo Gabbiodren, disposti longitudinalmente lungo le singole banche. I dreni avranno le caratteristiche seguenti:

- diametro di perforazione = 300 mm;
- lunghezza = 50 m;
- interasse = 10 m;
- tubo drenante in HDPE diametro 200 mm microfessurato con struttura a doppia parete e piede d'appoggio corrugato all'esterno e liscio internamente avvolto con calza di telo geotessile in polipropilene di peso 140 gr/mq.

Le trincee drenanti tipo Gabbiodren sono posate longitudinalmente a ciascuna banca, trasversalmente ad una distanza di 1 metro dal ciglio del versante.

Il sistema tipo Gabbiodren è realizzato con pannelli prefabbricati ad alte prestazioni idraulico-meccaniche, costituiti da uno scatolare esterno in rete metallica a doppia torsione rivestito con geotessile ritentore e separatore. Il nucleo drenante è costituito da "ciottoli" di polistirolo non riciclato, imputrescibile, insolubile e chimicamente inerte alle acque, reso impermeabile alla base da una membrana occhiellaia in polietilene LD. La trincea presenta al suo interno, preassemblato, un tubo microforato del diametro di 160mm.

| | | |
|--|---|--------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 7 di 198 |

Il *drenaggio di fondo* verrà realizzato mediante la posa di uno strato drenante in ghiaia confinato entro un geotessile con funzione di separazione e filtrazione.

All'interno di questo strato di ghiaia, che verrà posato sul profilo del terreno attuale dal piede del versante all'opera di contenimento lato Lemme, saranno collocate più linee di tubazioni drenanti; queste ultime percorreranno i punti più depressi della topografia attuale e, dal momento che la zona più depressa si trova nella zona centrale della cava, a valle di questa zona i dreni verranno collocati in trincea (rispetto al piano campagna attuale) per defluire a gravità nel t. Lemme.

Le tubazioni all'interno dello strato di ghiaia attraversano il versante dell'abbancamento sotto il piano di fondazione, e rimangono in trincea fino allo sbocco nella vasca di sedimentazione.

L'assenza di materiale di natura organica esclude l'utilizzo di vasche di biofiltrazione.

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 8 di 198 |

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la redazione del presente progetto sono state applicate le seguenti normative:

D.M. 11/03/1988: 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 (pubblicato sulla G.U. n° 127 del 01/06/1988);

D.M. 16/01/1996: Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (pubblicato sulla G.U. n° 29 del 05/02/1996);

Circolare 4 Luglio 1996 n. 156 AA.GG./STC.: Istruzioni per l'applicazione delle "Norme relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi " di cui al D.M. 16.01.1996;

O.P.C.M. n°3274 e relativi allegati del 20/03/2003 : Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (pubblicato sul supplemento alla G.U. n° 105 del 08 /05/2003).

Quest'ultima normativa è stata applicata per la definizione della categoria sismica dei luoghi.

Si evidenzia inoltre che, per ragioni di cautela, tutti i dimensionamenti del progetto sono stati sviluppati applicando, in parallelo al D.M.1996, anche il D.M. 14/01/2008.

3. IL SITO DI INTERVENTO

3.1 Inquadramento geografico

Il sito di intervento è posto in Comune di Voltaggio, Provincia di Alessandria, sul Torrente Lemme, come rappresentato nella figura seguente su base CTR della Regione Piemonte e nella successiva ripresa aerofotografica relativa all'area di deposito del materiale.

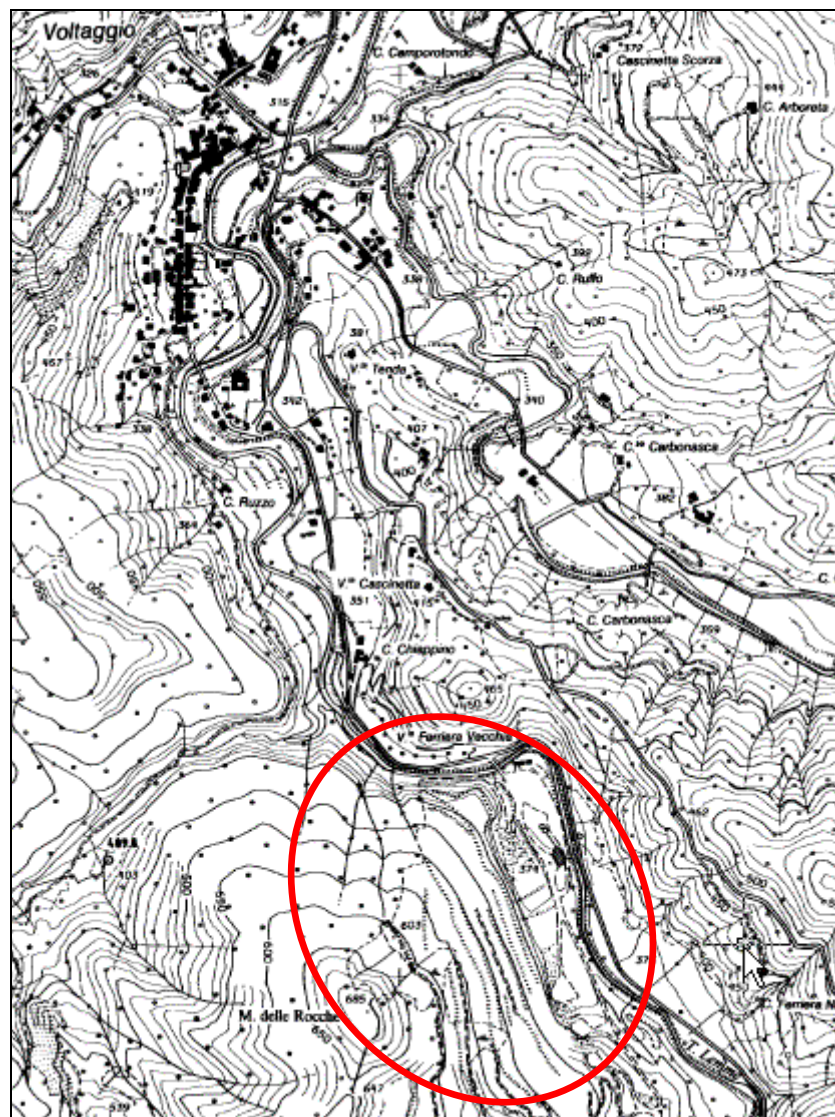


Figura 1 – Localizzazione del sito di intervento su base CTR della Regione Piemonte

| | | |
|--|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 10 di 198 |



Figura 2 – Ripresa aerofotografica dell'area di deposito del materiale

3.2 Topografia del sito

La topografia del sito è nota a mezzo di un accurato rilievo di dettaglio effettuato appositamente per il progetto che ha consentito di rilevare un congruo numero di punti quotati.

Operando su tali dati di base e con il supporto delle informazioni deducibili dalla Carta Tecnica Regionale e dai sopralluoghi in sito, è stata ricostruita la geometria complessiva (DEM) del terreno per mezzo di una modellazione tridimensionale su supporto informatico

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 11 di 198 |

Nella **Figura 3** è riportato il modello digitale del terreno ricostruito dal rilievo appoggiato sulla CTR.

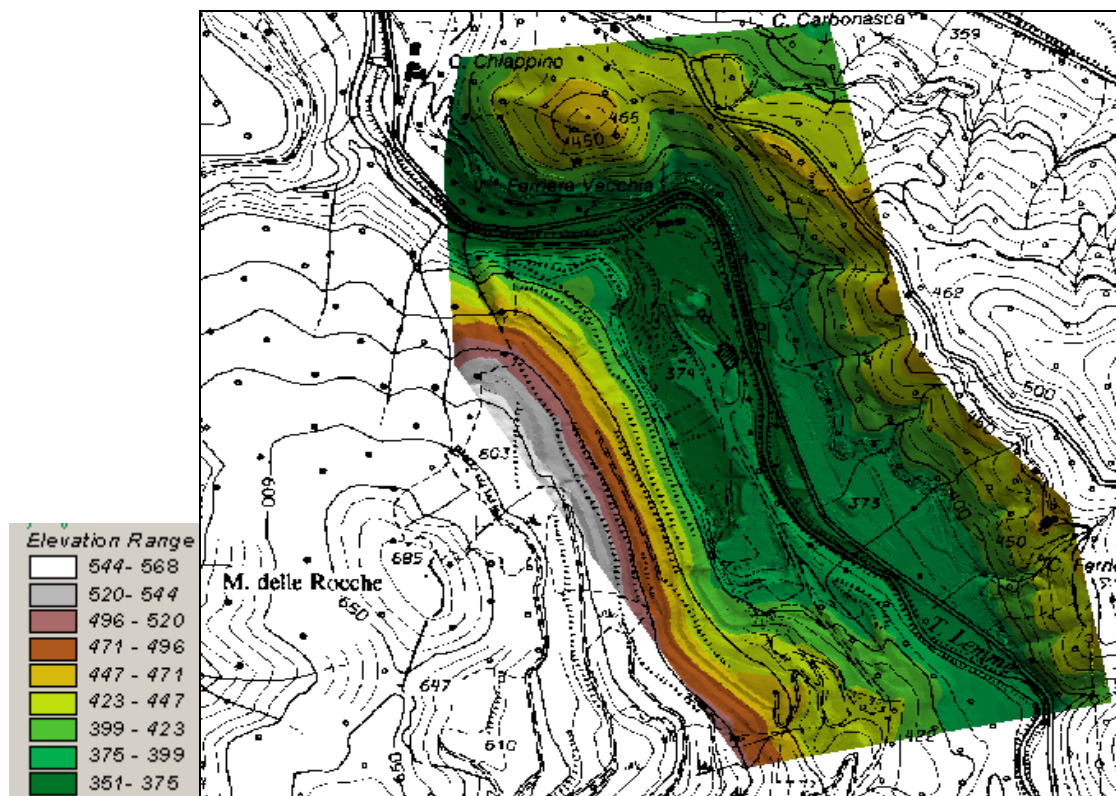


Figura 3 – Modello digitale del terreno sovrapposto su base CTR georeferenziata

3.3 Disposizione di progetto deposito di smarino

Il deposito in sponda sinistra al torrente Lemme del materiale proveniente dallo smarino della nuova galleria dell'alta velocità sarà disposto in modo da riprodurre quanto più possibile la sistemazione originaria del versante, precedente alla realizzazione della cava.

La **Figura 4** riporta la carta IGM in scala 1:25000 del 1955 relativa all'area di deposito (in rosso le sezioni della modellazione idraulica); la figura 5 riporta la sistemazione di progetto del deposito. È possibile osservare la similarità tra la disposizione di progetto e quella naturale del 1955, anche in termini di riproduzione dei compluvi principali nord, centrale e sud.

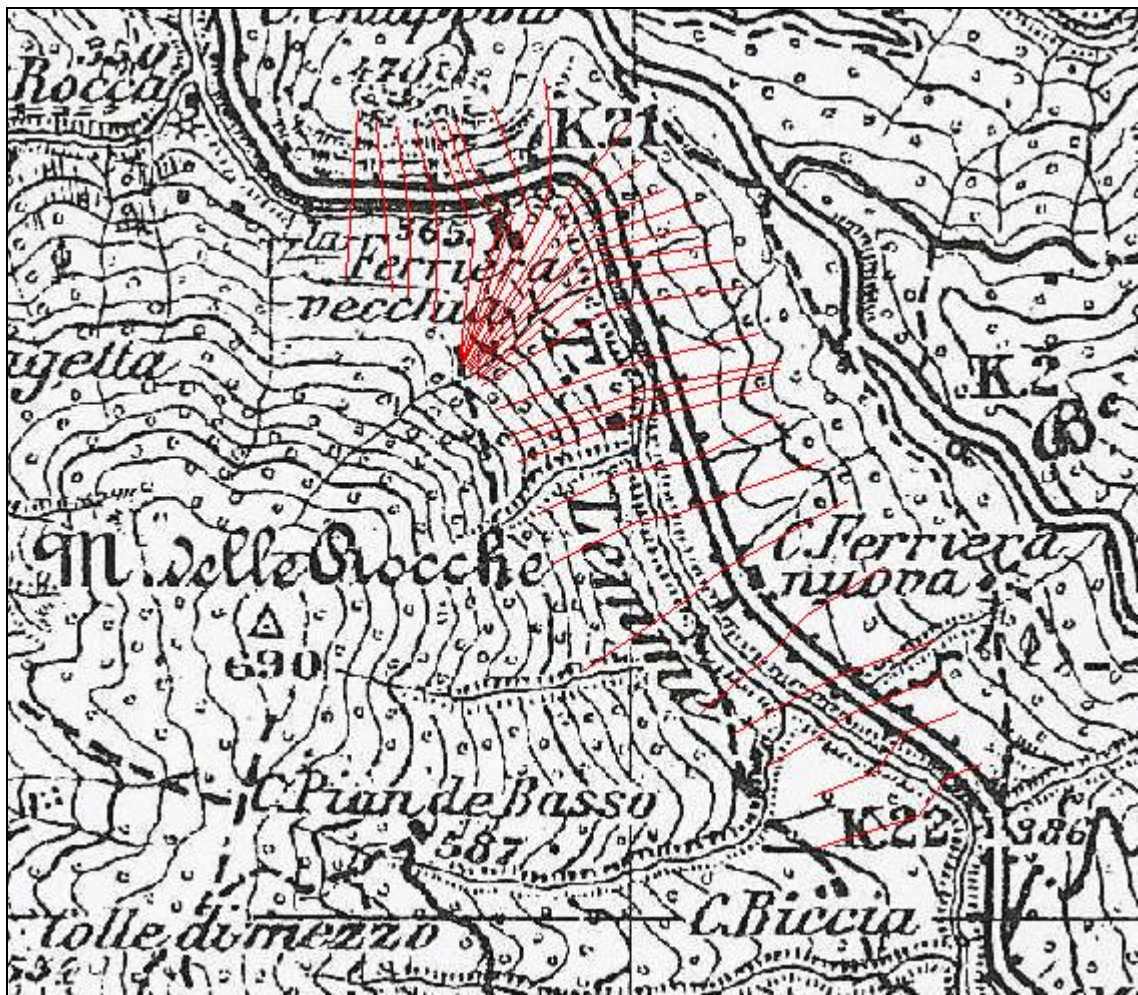


Figura 4 – Carta IGM scala 1:25000. Disposizione originaria versante

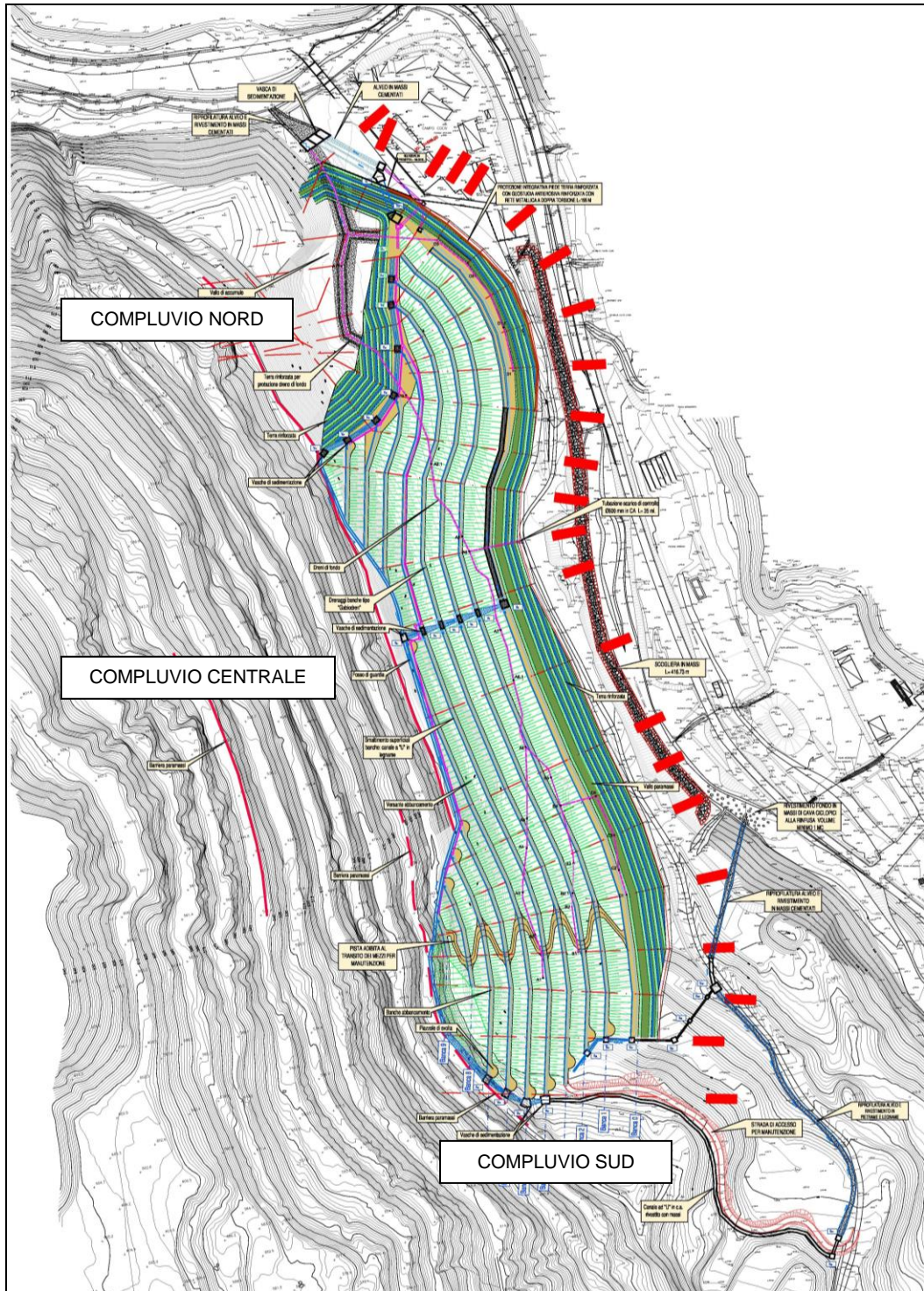


Figura 5 – Disposizione di progetto deposito di smarino

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collocamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 14 di 198 |

4. DIMENSIONAMENTO DRENAGGI SUPERFICIALI

4.1 Descrizione

Il drenaggio superficiale del deposito è affidato a tre sistemi di smaltimento chiamati compluvi principali, finalizzati al collettamento dell'acqua meteorica ruscellante sull'abbancamento stesso e lungo il fronte di cava a monte.

I tre compluvi sono posizionati all'estremo sud dell'abbancamento (Sistema sud), al centro di esso, nei pressi della sezione 9 di progetto (Compluvio centrale), e all'estremo nord di esso (Compluvio nord).

Il sistema di drenaggio superficiale risulta composto dalle seguenti tipologie di manufatti:

- i fossi di guardia, in legname e pietrame, disposti in testa al deposito di smarino e destinati a raccogliere le acque meteoriche scolanti lungo il fronte di cava;
- le vasche di sedimentazione, in c.a. gettate in opera e rivestite per le parti esterne esposte da massi, che regolano l'immissione delle acque scaricate dai fossi di guardia all'interno dei compluvi, con abbattimento della velocità della corrente e deposizione del materiale in sospensione;
- le canalette, in legname a sezione rettangolare, disposte lungo le banche, con pendenza longitudinale pari alla pendenza della banca, dimensionate per raccogliere le acque meteoriche scolanti lungo la singola banca e la successiva scarpata del deposito;
- i canali con manufatto scatolare ad U in c.a. gettato in opera e grigliato superiore carrabile, utilizzati in condizioni di difficoltosa percorribilità delle banche per insufficiente spazio trasversale tra il canale longitudinale e la scarpata di valle;
- i pozzetti di decantazione in c.a. prefabbricati, disposti immediatamente a monte dello scarico delle canalette in legname nei compluvi;
- le vasche di calma, in c.a. gettate in opera e rivestite per le parti esterne esposte da massi, localizzate lungo i compluvi all'intersezione con le banche, che agiscono da vasca di salto e dissipatore di energia e provocano il rallentamento della corrente lungo il compluvio. La continuità della viabilità è garantita da grigliati tipo Orsogrill carrabili e rimovibili per manutenzione;
- la vasca di sedimentazione di valle, posizionata allo scarico dei compluvi nord e intermedio, immediatamente a monte del torrente Lemme, da realizzarsi in c.a. gettata in opera e rivestita per le parti esterne esposte da massi, con setti trasversali alla direzione della

| | | |
|--|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 15 di 198 |

corrente per il contenimento e deposito del materiale in sospensione, costituente l'ultimo presidio a garantire la sedimentazione.

Nei successivi paragrafi si descriveranno nel dettaglio tutte le reti di drenaggio previste, suddivise per compluvio.

Si analizzeranno le condizioni di afflusso dei singoli tratti, le loro caratteristiche, le soluzioni progettuali previste per lo smaltimento, i materiali costituenti, le tecniche realizzative, il dimensionamento delle opere.

Si rimanda a tali paragrafi per ogni approfondimento, oltre che alle tavole progettuali relative ai drenaggi superficiali.

4.2 Analisi idrologica reti di drenaggio

L'analisi idrologica dei drenaggi superficiali è condotta utilizzando, come precipitazione di riferimento, le piogge di forte intensità e breve durata (inferiore all'ora) della stazione pluviometrica di Gavi, in quanto i tempi di corrivazione delle canalette, dei fossi di guardia e dei compluvi risultano essere frazioni di ora.

Il numero di registrazioni riportate dagli Annali Idrologici alla Tabella V per la stazione di Gavi dal 1951 al 1991 è di 6 per piogge di durata 10 minuti, di 9 per 15 minuti, di 7 per 30 minuti e di 4 per 45 minuti.

Stazioni pluviometriche prossime alla stazione di Gavi (Lavezze, Lavagnina) hanno un numero di registrazioni di poco superiore a Gavi ma comunque insufficiente a costituire un campione rappresentativo su cui impostare una trattazione probabilistica.

Si è comunque condotta una elaborazione delle registrazioni di Gavi con trattazione probabilistica secondo il metodo di Gumbel, come riportato in allegato.

I parametri a e n della curva di possibilità pluviometrica per piogge di durata inferiore all'ora così ottenuti risultano, per le ragioni appena discusse, di scarsa attendibilità.

Nella seguente tabella si riportano tali parametri confrontati con quelli per piogge di durata superiore all'ora forniti dal P.A.I., per il tempo di ritorno di 20 anni. Si osserva che il parametro a non è coincidente e che il parametro n per durate inferiori all'ora è minore di quello per durate orarie.

| | <i>Piogge di durata inferiore all'ora</i> | <i>Piogge di durata superiore all'ora</i> |
|----------|---|---|
| | <i>Gumbel</i> | <i>PAI</i> |
| <i>a</i> | 43.31 | 63.48 |
| <i>n</i> | 0.316 | 0.401 |

Tabella 1 – Confronto parametri a e n per Tr = 20 anni

Si è allora proceduto riportando su grafico bilogarithmico $h - t$ (altezza di pioggia – durata) le registrazioni delle piogge di forte intensità e breve durata della stazione di Gavi. Si è poi costruita la retta che passa per l'altezza di pioggia $a = 63.48$ mm e durata di un'ora (PAI per Tr = 20 anni) e che risulta superiore alle registrazioni di pioggia riportate. I parametri della curva di possibilità pluviometrica per piogge di forte intensità e breve durata con Tr = 20 anni così ottenuti sono:

$$a = 63.48 \text{ mm}$$

$$n = 0.5779$$

La determinazione delle portate al colmo, insistenti sui vari tratti della rete di drenaggio in progetto, è stata effettuata mediante il metodo cinematico, secondo la formula di Turazza:

$$Q = \frac{c \cdot h \cdot S}{3.6 \cdot t_c}$$

dove:

S = superficie del bacino (km^2);

c = coefficiente di deflusso in piena del bacino valutato in base a considerazioni derivanti dalla conoscenza diretta del bacino e dalle indicazioni di letteratura; nel caso in esame è stato adottato a favore di sicurezza un valore del coefficiente di deflusso medio pari a 0.8;

h = altezza massima di precipitazione di assegnato tempo di ritorno per una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);

t_c = tempo di corrivazione del bacino (ore).

La valutazione del tempo di corrivazione viene effettuata utilizzando le seguenti formule empiriche:

Ventura:
$$t_c = 0.0053 \sqrt{\frac{S}{i}}$$

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 17 di 198 |

Pasini:
$$t_c = \frac{0.0045}{\sqrt{i}} \sqrt[3]{SL}$$

Pezzoli:
$$t_c = 0.055 \frac{L}{\sqrt{i}}$$

con:

i = pendenza media asta principale;

L = lunghezza dell'asta principale (Km);

S = superficie del bacino (km²);

t_c = tempo di corrivazione (giorni).

Il tempo di corrivazione adottato è quello medio fornito dalle tre formule empiriche.

4.3 Analisi idraulica reti di drenaggio

4.3.1 Analisi idraulica canalette

Date le condizioni di sezione rettangolare costante e pendenza del fondo variabile con gradualità, il deflusso lungo le canalette di raccolta posizionate longitudinalmente alle banche è stato studiato assumendo l'ipotesi di moto uniforme, secondo la formulazione di Chezy:

$$Q = k_s i_f^{0.5} A^{5/3} B^{-2/3}$$

dove:

Q = portata;

k_s = coefficiente di scabrezza secondo Strickler;

i_f = pendenza media del fondo;

A = area della sezione;

B = contorno bagnato della sezione.

Le canalette previste sono completamente in legno, pertanto è stato assunto un coefficiente di scabrezza pari a 65 m^{1/3}/s.

4.3.2 Analisi idraulica compluvi principali

Al fine di realizzare una corretta progettazione dei tre sistemi di smaltimento principali sud, centrale

| | | |
|--|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 18 di 198 |

e nord, è stato costruito per ciascuno di essi un modello idraulico in moto permanente col software HEC-RAS, al fine di simulare realisticamente le condizioni idrauliche di lavoro.

I tre sistemi sono stati modellati secondo le loro effettive caratteristiche geometriche e costruttive (materiali di progetto), in tre distinte geometrie RAS.

Le portate entranti sono state inserite lungo lo sviluppo dei vari rami previsti, secondo le effettive caratteristiche di afferenza in essi.

Come condizioni al contorno, è stata imposta, a monte e valle, la pendenza motrice, come corrispondente alla pendenza del fondo.

I coefficienti di scabrezza utilizzati per le varie tipologie previste sono:

- Canale in legname e pietrame: $15 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- Canale rivestito con massi intasati/cementati: $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- Canale in c.a. rivestito in pietra: $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- Canale in c.a.: $50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- Tombinatura in c.a.: $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

4.3.3 Franchi idraulici

Tutti i sistemi di drenaggio previsti sono stati progettati considerando un franco idraulico minimo di 10 cm, rispetto al livello relativo alla portata con tempo di ritorno 20 anni, in linea con quanto previsto nel Progetto Definitivo.

4.4 **Sistema compluvio centrale**

4.4.1 Descrizione generale

Il sistema di drenaggio associato al compluvio centrale è evidenziato in Figura 6.

Un sistema di canalette ad U in legname longitudinali a ciascuna banca (in azzurro), collocate al piede di ogni scarpata compresa fra una banca e l'altra, ha la funzione di drenare le acque piovane che insistono sull'abbancamento, per la porzione a sud del compluvio in oggetto; le canalette hanno base 40 cm ed altezza 35 cm, dalla banca 0 alla banca 6; mentre hanno base 30 cm ed altezza 30 cm dalla banca 7 alla 9, in quanto convoglianti le acque di un bacino di minore

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 19 di 198 |

estensione. Il drenaggio avviene in direzione Sud-Nord, seguendo la pendenza delle banche. Immediatamente a monte dello scarico in compluvio centrale, è previsto un pozzetto di decantazione in c.a. prefabbricato, a base quadrata di lato 80 cm.

Due fossi di guardia a sezione trapezia, in legname e pietrame (in arancione e magenta), posti immediatamente a monte dell'abbancamento e al suo estremo ovest, drenano, per la porzione di bacino che su di loro insiste, i contributi di ruscellamento provenienti dal versante, prima che raggiungano l'abbancamento.

Il fosso proveniente da nord (arancione) è lungo circa 85 m ed ha sezione trapezia, con base minore 100 cm, base maggiore 200 cm, altezza 100 cm e pendenza sponde 2/1.

Il fosso proveniente da Sud (magenta) è lungo circa 271 m ed ha sezione trapezia, con base minore 110 cm, base maggiore 220 cm, altezza 110 cm e pendenza sponde 2/1, (tratto tra la sezione di progetto 1 e la 17); a valle della sezione 17 il fosso di guardia ha base minore 110 cm, base maggiore 230 cm, altezza 120 cm e pendenza sponde 2/1.

I due fossi di guardia confluiscono nella vasca Vi5, da cui diparte il compluvio centrale (in rosso), trasversalmente all'abbancamento, a raccoglie le acque provenienti dalle canalette.

Lungo il compluvio, in corrispondenza di ogni banca è presente una vasca, in c.a. gettata in opera rivestita in massi, che assume funzione di salto, al fine di ridurre la pendenza della porzione di canale a valle di esso e quindi la velocità della corrente, e di sedimentazione.

Le vasche denominate Vi4, Vi3, Vi2 hanno dimensione interna 200 cm x 450 cm (esterna 300x550); la vasca Vi1 ha dimensione interna 200 cm x 500 cm (esterna 300x600). Il salto coperto all'interno della vasca Vi1 è di 3.1 m, mentre è di 2.5 m in corrispondenza delle altre vasche.

La vasca finale Vi0, collocata sulla banca più bassa (banca 0), ha dimensioni interne 400 cm x 450 cm (esterna 500x550) e raccorda il canale trapezio discendente dalle banche con il canale ad U in c.a. di scarico che si sviluppa lungo la stessa banca, in direzione Nord.

Le vasche sono più profonde di 50 cm rispetto al fondo fosso in uscita, al fine di ottenere un volume di sedimentazione.

Il compluvio centrale è quindi costituito da canali di collegamento fra i pozzetti dal Vi5 al Vi0 realizzati in legname e pietrame, di sezione trasversale trapezia con pendenza sponde 2.5/1 ed altezza variabile.

Il canale in entrata alle vasche Vi4-Vi3-Vi2 ha base minore 100 cm, base maggiore 210 cm,

| | | |
|--|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 20 di 198 |

altezza 110 cm. Il canale in entrata alla vasca Vi1 ha base minore 100 cm, base maggiore 246 cm, altezza 182 cm. Il canale in entrata alla vasca Vi0 ha base minore 110 cm, base maggiore 254 cm, altezza 180 cm. infine i canali in entrata alla vasca Vi5 presentano, quello sud, base minore 110 cm, base maggiore 264 cm, altezza 193 cm mentre quello nord base minore 110 cm, base maggiore 238 cm, altezza 173 cm.

Il canale in uscita dalle vasche Vi4-Vi3-Vi2 ha base minore 100 cm, base maggiore 450 cm, altezza 350 cm. Il canale in uscita dalla vasca Vi1 ha base minore 100 cm, base maggiore 500 cm, altezza 482 cm. Il canale ad U in uscita dalla vasca Vi0 presenta sezione rettangolare di base 250 cm ed altezza 180 cm. infine il canale in uscita dalla vasca Vi5 ha base minore 100 cm, base maggiore 450 cm, altezza 423 cm.

A valle della vasca Vi0, lungo la banca più bassa, per 136 m, si sviluppa un canale ad U in c.a. gettato in opera, con base 250 cm ed altezza 150 cm, coperto da un grigliato carrabile tipo Orsogrill sorretto da profilati rimuovibili per esigenza manutentive (in verde in figura).

A valle di esso, per 123 m, si sviluppa un canale di sezione trapezia in legname e pietrame (in blu) con base minore 200 cm, base maggiore minima 350 cm e altezza minima 150 cm, pendenza sponde 2/1.

Due tratti di raccordo, lunghi 10 m collegano il fosso trapezio all'uscita dal canale a U ed all'entrata nel successivo tratto di canale; la sezione in testata ai canali ha base minore 150 cm, base maggiore 400 e altezza minima 150 cm, pendenza sponde 2/1.

A valle del canale trapezio si diparte nuovamente un canale ad U in c.a., con base 250 cm ed altezza 150 cm, in c.a., coperto da un grigliato carrabile (in verde in figura), che si sviluppa fino al pozzetto di confluenza e salto Vn0.

Dal pozzetto Vn0 l'acqua viene veicolata verso il recettore finale attraverso un canale che verrà descritto in § 4.5.

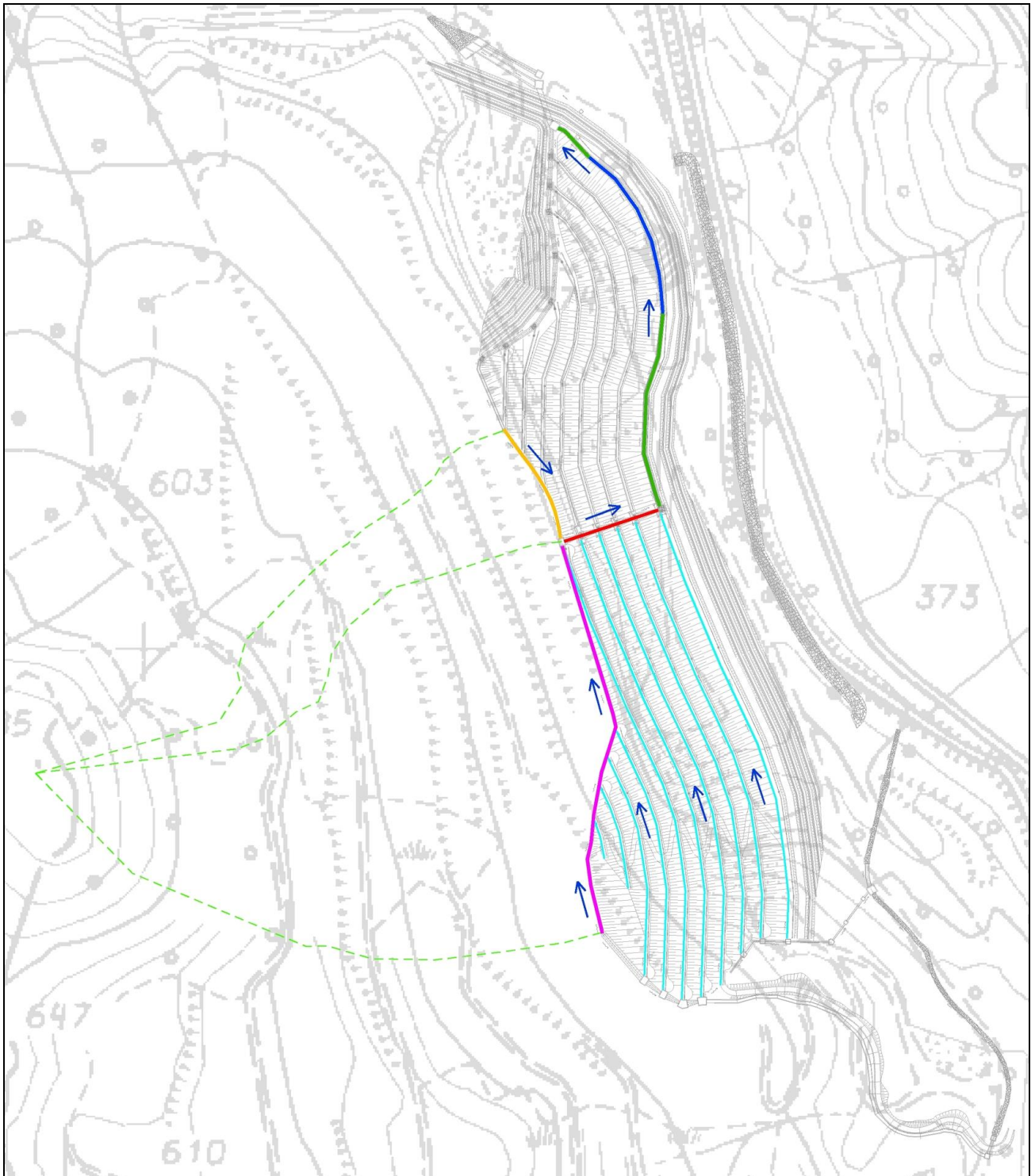


Figura 6 – Compluvio centrale – Schema drenaggio

4.4.2 Dimensionamento canalette lungo banche

Le canalette lungo le banche sono state dimensionate in moto uniforme secondo quanto descritto in §4.3.1.

Il calcolo è stato eseguito, a favore di sicurezza, considerando le canalette che drenano la banca 7, come rappresentativa delle banche corte, e la banca 0, come rappresentativa delle banche lunghe, e introducendo nel calcolo come valore di pendenza quello minimo di tutto il tratto.

| | | | |
|--------------------------------|--------------|----------------|------------------|
| Afflussi Banca 7 | | | |
| Dati | | | |
| S [km²] | 0.002 | L [km] | 0.145 |
| T [anni] | 20 | i (-) | 0.14 |
| Parametri pluviometrici | | | |
| a | 63.48 | n | 0.5779 |
| c | 0.8 | | |
| | Tc | | h pioggia |
| Formulazioni | [ore] | Q[m³/s] | [mm] |
| <i>Ventura</i> | 0.015 | 0.17 | 5.65 |
| <i>Pasini</i> | 0.019 | 0.15 | 6.45 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.021 | 0.14 | 6.87 |
| Portata media affl. | | 0.15 | m³/s |

Deflusso Canaletta Banca 7

Base rettangolo 0.30 m
 Altezza rettangolo 0.30 m
 Coefficiente di scabrezza: 65 m^{1/3}/s
 Pendenza del fondo: 5.7 %

| Tirante idraulico [m] | Sezione bagnata [m²] | Perimetro bagnato [m] | Velocità [m/s] | Portata [m³/s] |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------|----------------|
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.03 | 0.01 | 0.36 | 1.33 | 0.01 |
| 0.06 | 0.02 | 0.42 | 1.90 | 0.03 |
| 0.09 | 0.03 | 0.48 | 2.28 | 0.06 |
| 0.12 | 0.04 | 0.54 | 2.55 | 0.09 |
| 0.15 | 0.05 | 0.60 | 2.76 | 0.12 |
| 0.18 | 0.05 | 0.66 | 2.92 | 0.16 |
| 0.21 | 0.06 | 0.72 | 3.06 | 0.19 |
| 0.24 | 0.07 | 0.78 | 3.17 | 0.23 |
| 0.27 | 0.08 | 0.84 | 3.26 | 0.26 |
| 0.30 | 0.09 | 0.90 | 3.34 | 0.30 |

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 23 di 198 |

La portata di competenza della banca 7 defluisce con franco 13 cm lungo la canaletta 30 cm x 30 cm e con velocità 2.90 m/s.

| | | | |
|--------------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| Afflussi Banca 0 | | | |
| Dati | | | |
| S [km²] | 0.00562 | L [km] | 0.325 |
| T [anni] | 20 | i (-) | 0.14 |
| Parametri pluviometrici | | | |
| a | 63.48 | n | 0.5779 |
| c | 0.8 | | |
| Formulazioni | Tc [ore] | Q[m³/s] | h pioggia [mm] |
| <i>Ventura</i> | 0.025 | 0.37 | 7.61 |
| <i>Pasini</i> | 0.035 | 0.33 | 9.19 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.048 | 0.29 | 10.95 |
| Portata media affl. | | 0.32 | m³/s |

Deflusso Canaletta Banca 0

Base rettangolo (D): 0.40 m

Altezza rettangolo (H): 0.35 m

Coefficiente di scabrezza: 65 m^{1/3}/s

Pendenza del fondo: 4.4 %

| Tirante idraulico [m] | Sezione bagnata [m²] | Perimetro bagnato [m] | Velocità [m/s] | Portata [m³/s] |
|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------|----------------|
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.04 | 0.01 | 0.47 | 1.31 | 0.02 |
| 0.07 | 0.03 | 0.54 | 1.90 | 0.05 |
| 0.11 | 0.04 | 0.61 | 2.29 | 0.10 |
| 0.14 | 0.06 | 0.68 | 2.58 | 0.14 |
| 0.18 | 0.07 | 0.75 | 2.81 | 0.20 |
| 0.21 | 0.08 | 0.82 | 2.99 | 0.25 |
| 0.25 | 0.10 | 0.89 | 3.13 | 0.32 |
| 0.28 | 0.11 | 0.96 | 3.26 | 0.36 |
| 0.32 | 0.13 | 1.03 | 3.36 | 0.42 |
| 0.35 | 0.14 | 1.10 | 3.46 | 0.48 |

La portata di competenza della banca 0 defluisce con franco 10 cm lungo la canaletta 40 cm x 35 cm e con una velocità di 3.36 m/s.

4.4.3 Dimensionamento linea di drenaggio principale compluvio centrale

Per il dimensionamento della linea di drenaggio principale, comprendente i due fossi di guardia ad ovest dell'abbancamento, il compluvio centrale discendente da esso e il canale terminale lungo la banca 0, si è sviluppato un modello idraulico monodimensionale avente la geometria di progetto, come descritto in § 4.4.1 e nelle tavole dedicate, facendo ricorso al software di modellazione idraulica HEC-RAS. La geometria schematica RAS è riportata in **Figura 7**.

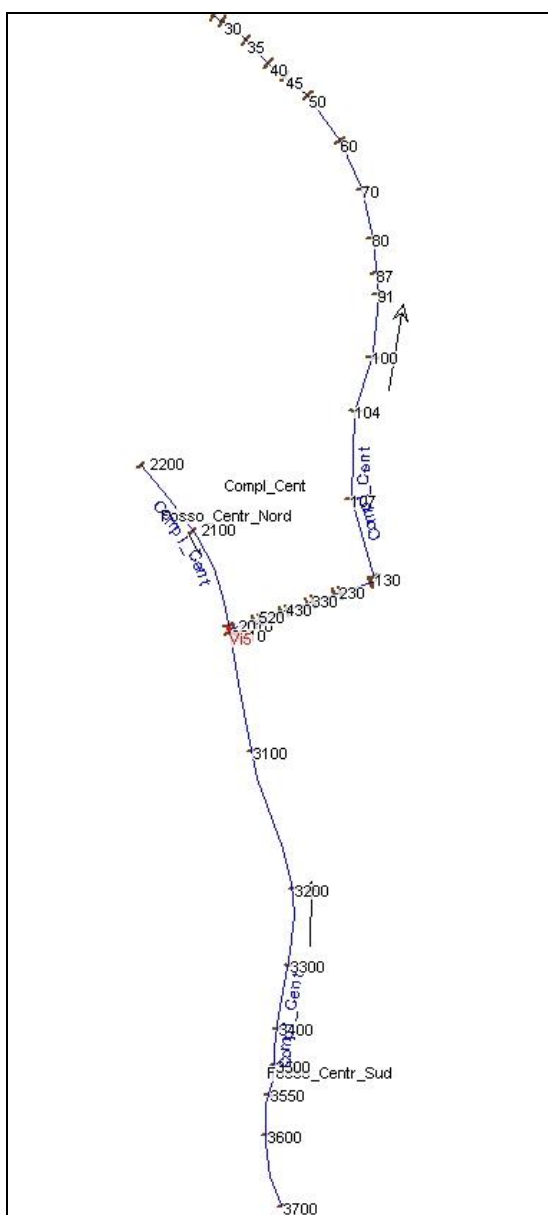


Figura 7 – Compluvio centrale – Geometria RAS

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 25 di 198 |

Lungo i tratti corrispondenti ai fossi di guardia sono state interpolate sezioni ogni 3 m, non riportate in figura per chiarezza.

Le portate entranti, di competenza dei singoli tratti, calcolate per tempo di ritorno 20 anni, sono state inserite nel modello all'inizio del ramo sud e del ramo nord.

I bacini di competenza dei due fossi di guardia a Ovest dell'abbancamento sono stati riportati in **Figura 6** (in verde chiaro tratteggiato).

| | | | |
|--|-----------------|---------------------------|------------------------|
| Afflussi Fosso di guardia proveniente da Nord | | | |
| Dati | | | |
| S [km²] | 0.01653 | L [km] | 0.4 i (-) 0.5 |
| T [anni] | 20 | | |
| Parametri pluviometrici | | | |
| a | 63.48 | n | 0.5779 |
| c | 0.8 | | |
| Formulazioni | Tc [ore] | Q[m³/s] | h pioggia [mm] |
| <i>Ventura</i> | 0.023 | 1.14 | 7.20 |
| <i>Pasini</i> | 0.029 | 1.04 | 8.15 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.031 | 1.01 | 8.54 |
| Portata media affl. | | 1.07 | m³/s |

| | | | |
|---|-----------------|---------------------------|------------------------|
| Afflussi Fosso di guardia proveniente da Sud – Sez.1-7 | | | |
| Dati | | | |
| S [km²] | 0.03725 | L [km] | 0.4 i (-) 0.5 |
| T [anni] | 20 | | |
| Parametri pluviometrici | | | |
| a | 63.48 | n | 0.5779 |
| c | 0.8 | | |
| Formulazioni | Tc [ore] | Q[m³/s] | h pioggia [mm] |
| <i>Ventura</i> | 0.035 | 2.17 | 9.10 |
| <i>Pasini</i> | 0.038 | 2.10 | 9.53 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.031 | 2.27 | 8.54 |
| Portata media affl. | | 2.51 | m³/s |

Afflussi Fosso di guardia proveniente da Sud – Sez.7-9**Dati**

| | | | | | |
|---------------------------|-------|---------------|-----|--------------|-----|
| S [km²] | 0.063 | L [km] | 0.4 | i (-) | 0.5 |
| T [anni] | 20 | | | | |

Parametri pluviometrici

| | | | |
|----------|-------|----------|--------|
| a | 63.48 | n | 0.5779 |
| c | 0.8 | | |

Formulazioni Tc [ore] Q[m³/s] h pioggia [mm]

| | | | |
|----------------|-------|------|-------|
| <i>Ventura</i> | 0.045 | 3.29 | 10.60 |
| <i>Pasini</i> | 0.045 | 3.30 | 10.55 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.031 | 3.84 | 8.54 |

Portata media affl. 3.81 m³/s**Afflussi Compluvio centrale trasversale abbancamento****Dati**

| | | | | | |
|---------------------------|-------|---------------|------|--------------|------|
| S [km²] | 0.113 | L [km] | 0.42 | i (-) | 0.55 |
| T [anni] | 20 | | | | |

Parametri pluviometrici

| | | | |
|----------|-------|----------|--------|
| a | 63.48 | n | 0.5779 |
| c | 0.8 | | |

Formulazioni Tc [ore] Q[m³/s] h pioggia [mm]

| | | | |
|----------------|-------|------|-------|
| <i>Ventura</i> | 0.058 | 5.32 | 12.20 |
| <i>Pasini</i> | 0.053 | 5.52 | 11.59 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.031 | 6.89 | 8.55 |

Portata media affl. 5.91 m³/s**Afflussi da banca 0 verso canale a valle vasca Vi0****Dati**

| | | | | | |
|---------------------------|--------|---------------|-------|--------------|------|
| S [km²] | 0.0061 | L [km] | 0.275 | i (-) | 0.05 |
| T [anni] | 20 | | | | |

Parametri pluviometrici

| | | | |
|----------|-------|----------|--------|
| a | 63.48 | n | 0.5779 |
| c | 0.8 | | |

| | | |
|--|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 27 di 198 |

| Formulazioni | Tc [ore] | Q[m ³ /s] | h pioggia [mm] |
|----------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------|
| <i>Ventura</i> | 0.044 | 0.32 | 10.50 |
| <i>Pasini</i> | 0.057 | 0.29 | 12.17 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.068 | 0.27 | 13.38 |
| Portata media affl. | 0.29 m³/s | | |

In testa al fosso di guardia proveniente da Nord, verso la vasca Vi5, la portata utilizzata è pari a 1.07 m³/s.

In testa al fosso di guardia proveniente da Sud, verso il pozzetto Vi5, la portata utilizzata è pari a 2.51 m³/s, fino alla sezione 7 di progetto, e 3.81 m³/s, a valle di essa.

Nel tratto di compluvio centrale fra i pozzetti Vi5 e Vi0, la portata utilizzata è pari a 5.91 m³/s; a valle del pozzetto Vi0, lungo il canale, fino al pozzetto Vn0, la portata è pari a 6.20 m³/s.

Il modello restituisce i risultati riportati in **Tabella 3** ed i profili da **Figura 8** a **Figura 10**; le velocità sono contenute entro i 4.60 m/s, in corrispondenza dei tratti più pendenti, compatibilmente con le soluzioni progettuali previste; il franco idraulico rispetto alle sponde, è 10 cm minimo.

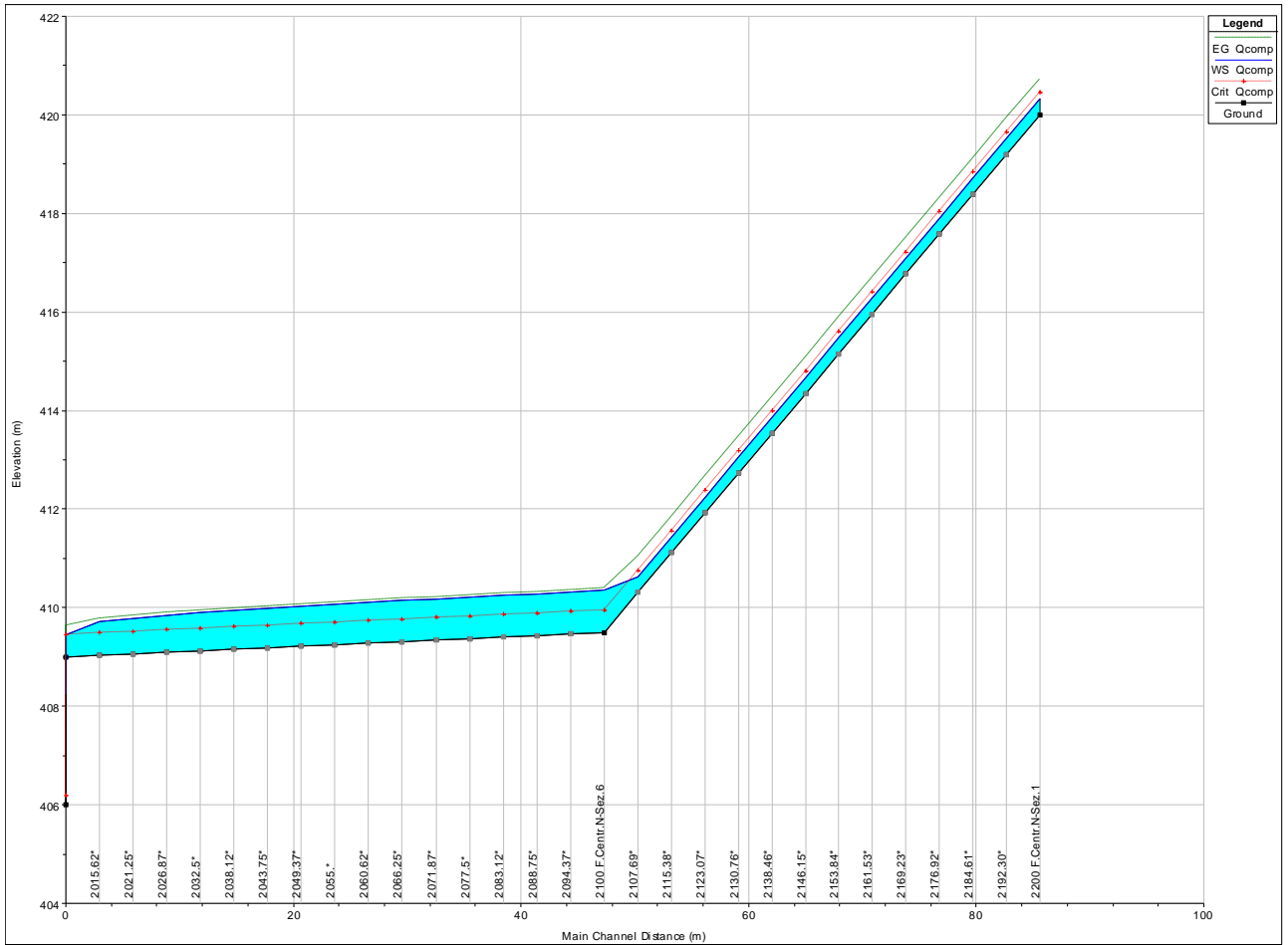


Figura 8 – Fosso guardia da Nord – Profilo RAS

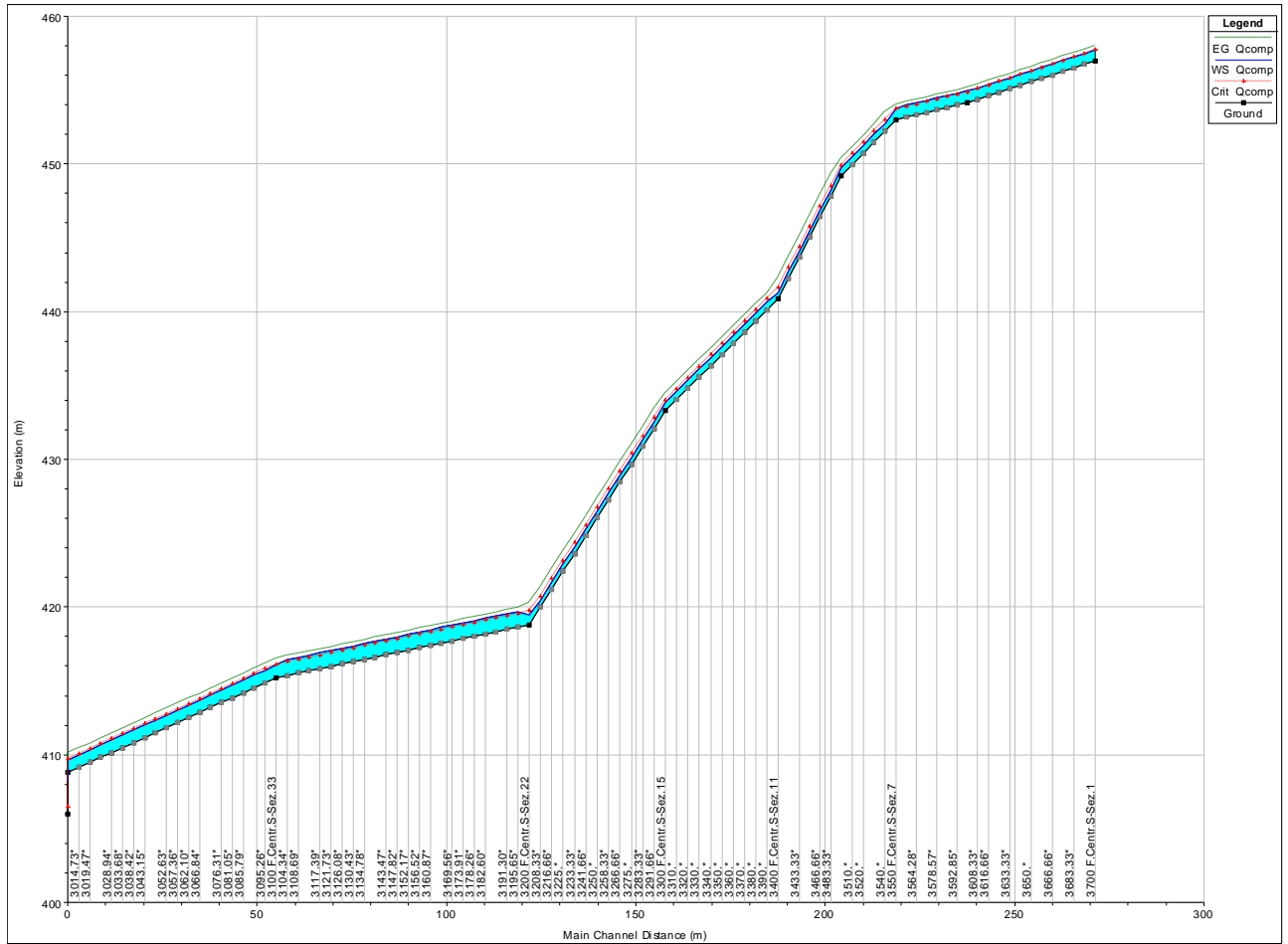


Figura 9 – Fosso guardia da Sud – Profilo RAS

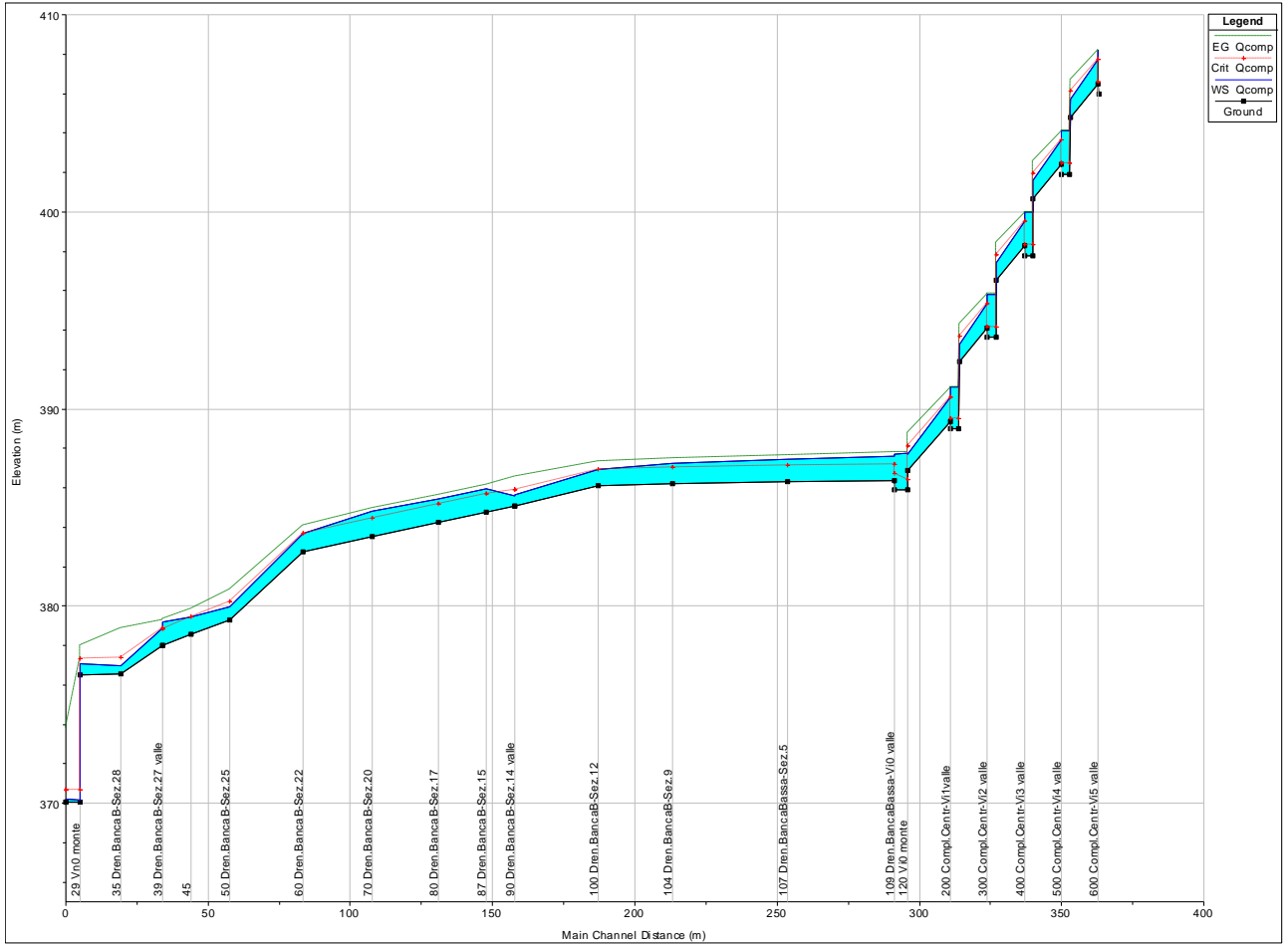


Figura 10 – Compluvio centrale – Profilo RAS



| 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 |
|------------------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Fosso_Centr_Nord | 2200 | Qcomp | 1.07 | 420.00 | 420.33 | 420.45 | 420.72 | 0.250304 | 2.76 | 0.39 | 1.33 | 1.63 |
| Fosso_Centr_Nord | 2192.30* | Qcomp | 1.07 | 419.19 | 419.51 | 419.64 | 419.93 | 0.281645 | 2.87 | 0.37 | 1.32 | 1.73 |
| Fosso_Centr_Nord | 2184.61* | Qcomp | 1.07 | 418.38 | 418.71 | 418.83 | 419.12 | 0.268727 | 2.83 | 0.38 | 1.33 | 1.69 |
| Fosso_Centr_Nord | 2176.92* | Qcomp | 1.07 | 417.58 | 417.90 | 418.03 | 418.31 | 0.275703 | 2.85 | 0.38 | 1.32 | 1.71 |
| Fosso_Centr_Nord | 2169.23* | Qcomp | 1.07 | 416.77 | 417.09 | 417.22 | 417.51 | 0.274473 | 2.85 | 0.38 | 1.32 | 1.71 |
| Fosso_Centr_Nord | 2161.53* | Qcomp | 1.07 | 415.96 | 416.29 | 416.41 | 416.70 | 0.274473 | 2.85 | 0.38 | 1.32 | 1.71 |
| Fosso_Centr_Nord | 2153.84* | Qcomp | 1.07 | 415.15 | 415.48 | 415.60 | 415.89 | 0.274473 | 2.85 | 0.38 | 1.32 | 1.71 |
| Fosso_Centr_Nord | 2146.15* | Qcomp | 1.07 | 414.35 | 414.67 | 414.80 | 415.08 | 0.274473 | 2.85 | 0.38 | 1.32 | 1.71 |
| Fosso_Centr_Nord | 2138.46* | Qcomp | 1.07 | 413.54 | 413.86 | 413.99 | 414.27 | 0.274473 | 2.85 | 0.38 | 1.32 | 1.71 |
| Fosso_Centr_Nord | 2130.76* | Qcomp | 1.07 | 412.73 | 413.05 | 413.18 | 413.47 | 0.274473 | 2.85 | 0.38 | 1.32 | 1.71 |
| Fosso_Centr_Nord | 2123.07* | Qcomp | 1.07 | 411.92 | 412.25 | 412.37 | 412.66 | 0.274473 | 2.85 | 0.38 | 1.32 | 1.71 |
| Fosso_Centr_Nord | 2115.38* | Qcomp | 1.07 | 411.11 | 411.44 | 411.56 | 411.85 | 0.274473 | 2.85 | 0.38 | 1.32 | 1.71 |
| Fosso_Centr_Nord | 2107.69* | Qcomp | 1.07 | 410.31 | 410.63 | 410.76 | 411.04 | 0.274473 | 2.85 | 0.38 | 1.32 | 1.71 |
| Fosso_Centr_Nord | 2100 | Qcomp | 1.07 | 409.50 | 410.35 | 409.95 | 410.39 | 0.011131 | 0.88 | 1.21 | 1.85 | 0.35 |
| Fosso_Centr_Nord | 2094.37* | Qcomp | 1.07 | 409.47 | 410.32 | 409.92 | 410.36 | 0.011235 | 0.89 | 1.21 | 1.85 | 0.35 |
| Fosso_Centr_Nord | 2088.75* | Qcomp | 1.07 | 409.44 | 410.28 | 409.89 | 410.32 | 0.011371 | 0.89 | 1.20 | 1.84 | 0.35 |
| Fosso_Centr_Nord | 2083.12* | Qcomp | 1.07 | 409.41 | 410.25 | 409.86 | 410.29 | 0.011464 | 0.89 | 1.20 | 1.84 | 0.35 |
| Fosso_Centr_Nord | 2077.5* | Qcomp | 1.07 | 409.38 | 410.21 | 409.82 | 410.26 | 0.011633 | 0.90 | 1.19 | 1.84 | 0.36 |
| Fosso_Centr_Nord | 2071.87* | Qcomp | 1.07 | 409.34 | 410.18 | 409.79 | 410.22 | 0.011833 | 0.90 | 1.18 | 1.83 | 0.36 |
| Fosso_Centr_Nord | 2066.25* | Qcomp | 1.07 | 409.31 | 410.14 | 409.76 | 410.19 | 0.012020 | 0.91 | 1.18 | 1.83 | 0.36 |
| Fosso_Centr_Nord | 2060.62* | Qcomp | 1.07 | 409.28 | 410.11 | 409.73 | 410.15 | 0.012310 | 0.92 | 1.17 | 1.83 | 0.37 |
| Fosso_Centr_Nord | 2055.* | Qcomp | 1.07 | 409.25 | 410.07 | 409.70 | 410.11 | 0.012688 | 0.93 | 1.15 | 1.82 | 0.37 |
| Fosso_Centr_Nord | 2049.37* | Qcomp | 1.07 | 409.22 | 410.03 | 409.67 | 410.07 | 0.013149 | 0.94 | 1.14 | 1.81 | 0.38 |
| Fosso_Centr_Nord | 2043.75* | Qcomp | 1.07 | 409.19 | 409.99 | 409.64 | 410.03 | 0.013738 | 0.96 | 1.12 | 1.80 | 0.39 |
| Fosso_Centr_Nord | 2038.12* | Qcomp | 1.07 | 409.16 | 409.94 | 409.61 | 409.99 | 0.014445 | 0.97 | 1.10 | 1.79 | 0.40 |
| Fosso_Centr_Nord | 2032.5* | Qcomp | 1.07 | 409.13 | 409.90 | 409.57 | 409.95 | 0.015525 | 1.00 | 1.07 | 1.77 | 0.41 |
| Fosso_Centr_Nord | 2026.87* | Qcomp | 1.07 | 409.09 | 409.84 | 409.54 | 409.90 | 0.017082 | 1.04 | 1.03 | 1.75 | 0.43 |
| Fosso_Centr_Nord | 2021.25* | Qcomp | 1.07 | 409.06 | 409.78 | 409.51 | 409.84 | 0.019440 | 1.09 | 0.98 | 1.72 | 0.46 |
| Fosso_Centr_Nord | 2015.62* | Qcomp | 1.07 | 409.03 | 409.71 | 409.48 | 409.78 | 0.024061 | 1.18 | 0.91 | 1.68 | 0.51 |
| Fosso_Centr_Nord | 2010 | Qcomp | 1.07 | 409.00 | 409.45 | 409.45 | 409.64 | 0.093834 | 1.94 | 0.55 | 1.45 | 1.01 |
| Fosso_Centr_Nord | 2005 | Qcomp | 1.07 | 406.00 | 408.23 | 406.19 | 408.23 | 0.000060 | 0.12 | 8.91 | 4.00 | 0.03 |
| Fosso_Centr_Sud | 3700 | Qcomp | 2.51 | 456.98 | 457.72 | 457.70 | 457.99 | 0.083224 | 2.32 | 1.08 | 1.84 | 0.97 |
| Fosso_Centr_Sud | 3691.66* | Qcomp | 2.51 | 456.74 | 457.48 | 457.46 | 457.75 | 0.083822 | 2.33 | 1.08 | 1.83 | 0.97 |
| Fosso_Centr_Sud | 3683.33* | Qcomp | 2.51 | 456.51 | 457.25 | 457.23 | 457.52 | 0.082828 | 2.32 | 1.08 | 1.84 | 0.96 |
| Fosso_Centr_Sud | 3675.* | Qcomp | 2.51 | 456.27 | 457.01 | 456.99 | 457.28 | 0.083716 | 2.33 | 1.08 | 1.84 | 0.97 |
| Fosso_Centr_Sud | 3666.66* | Qcomp | 2.51 | 456.04 | 456.77 | 456.76 | 457.05 | 0.083337 | 2.32 | 1.08 | 1.84 | 0.97 |
| Fosso_Centr_Sud | 3658.33* | Qcomp | 2.51 | 455.80 | 456.54 | 456.52 | 456.81 | 0.083693 | 2.33 | 1.08 | 1.83 | 0.97 |
| Fosso_Centr_Sud | 3650.* | Qcomp | 2.51 | 455.57 | 456.30 | 456.28 | 456.58 | 0.083209 | 2.32 | 1.08 | 1.84 | 0.97 |
| Fosso_Centr_Sud | 3641.66* | Qcomp | 2.51 | 455.33 | 456.06 | 456.05 | 456.34 | 0.083833 | 2.33 | 1.08 | 1.83 | 0.97 |
| Fosso_Centr_Sud | 3633.33* | Qcomp | 2.51 | 455.09 | 455.83 | 455.81 | 456.10 | 0.083153 | 2.32 | 1.08 | 1.84 | 0.97 |
| Fosso_Centr_Sud | 3625.* | Qcomp | 2.51 | 454.86 | 455.59 | 455.58 | 455.87 | 0.083865 | 2.33 | 1.08 | 1.83 | 0.97 |
| Fosso_Centr_Sud | 3616.66* | Qcomp | 2.51 | 454.62 | 455.37 | 455.34 | 455.63 | 0.080448 | 2.29 | 1.09 | 1.84 | 0.95 |
| Fosso_Centr_Sud | 3608.33* | Qcomp | 2.51 | 454.39 | 455.12 | 455.10 | 455.40 | 0.085753 | 2.35 | 1.07 | 1.83 | 0.98 |
| Fosso_Centr_Sud | 3600 | Qcomp | 2.51 | 454.15 | 454.95 | 454.87 | 455.17 | 0.061446 | 2.08 | 1.21 | 1.90 | 0.83 |
| Fosso_Centr_Sud | 3592.85* | Qcomp | 2.51 | 453.99 | 454.79 | 454.70 | 455.01 | 0.061620 | 2.08 | 1.21 | 1.90 | 0.83 |
| Fosso_Centr_Sud | 3585.71* | Qcomp | 2.51 | 453.82 | 454.63 | 454.54 | 454.85 | 0.061340 | 2.07 | 1.21 | 1.91 | 0.83 |
| Fosso_Centr_Sud | 3578.57* | Qcomp | 2.51 | 453.66 | 454.46 | 454.38 | 454.68 | 0.061224 | 2.07 | 1.21 | 1.91 | 0.83 |
| Fosso_Centr_Sud | 3571.42* | Qcomp | 2.51 | 453.49 | 454.30 | 454.21 | 454.52 | 0.060851 | 2.07 | 1.21 | 1.91 | 0.83 |
| Fosso_Centr_Sud | 3564.28* | Qcomp | 2.51 | 453.33 | 454.14 | 454.05 | 454.36 | 0.059303 | 2.05 | 1.23 | 1.91 | 0.82 |
| Fosso_Centr_Sud | 3557.14* | Qcomp | 2.51 | 453.16 | 454.01 | 453.88 | 454.20 | 0.052890 | 1.96 | 1.28 | 1.94 | 0.77 |
| Fosso_Centr_Sud | 3550 | Qcomp | 2.51 | 453.00 | 453.72 | 453.72 | 454.01 | 0.090210 | 2.39 | 1.05 | 1.82 | 1.01 |
| Fosso_Centr_Sud | 3540.* | Qcomp | 2.51 | 452.24 | 452.72 | 452.96 | 453.50 | 0.347077 | 3.92 | 0.64 | 1.58 | 1.96 |
| Fosso_Centr_Sud | 3530.* | Qcomp | 2.51 | 451.48 | 452.02 | 452.20 | 452.61 | 0.240277 | 3.43 | 0.73 | 1.63 | 1.64 |
| Fosso_Centr_Sud | 3520.* | Qcomp | 2.51 | 450.72 | 451.24 | 451.44 | 451.88 | 0.263135 | 3.55 | 0.71 | 1.62 | 1.71 |
| Fosso_Centr_Sud | 3510.* | Qcomp | 2.51 | 449.96 | 450.48 | 450.68 | 451.12 | 0.261350 | 3.54 | 0.71 | 1.62 | 1.71 |
| Fosso_Centr_Sud | 3500 | Qcomp | 2.51 | 449.20 | 449.72 | 449.92 | 450.36 | 0.261350 | 3.54 | 0.71 | 1.62 | 1.71 |
| Fosso_Centr_Sud | 3483.33* | Qcomp | 2.51 | 447.81 | 448.23 | 448.53 | 449.31 | 0.542449 | 4.60 | 0.55 | 1.52 | 2.45 |
| Fosso_Centr_Sud | 3466.66* | Qcomp | 2.51 | 446.43 | 446.86 | 447.15 | 447.86 | 0.490113 | 4.44 | 0.57 | 1.53 | 2.33 |
| Fosso_Centr_Sud | 3450.* | Qcomp | 2.51 | 445.04 | 445.47 | 445.76 | 446.49 | 0.501173 | 4.47 | 0.56 | 1.53 | 2.35 |
| Fosso_Centr_Sud | 3433.33* | Qcomp | 2.51 | 443.66 | 444.09 | 444.38 | 445.11 | 0.501884 | 4.47 | 0.56 | 1.53 | 2.36 |
| Fosso_Centr_Sud | 3416.66* | Qcomp | 2.51 | 442.27 | 442.70 | 442.99 | 443.72 | 0.501884 | 4.47 | 0.56 | 1.53 | 2.36 |
| Fosso_Centr_Sud | 3400 | Qcomp | 2.51 | 440.89 | 441.32 | 441.61 | 442.34 | 0.501827 | 4.47 | 0.56 | 1.53 | 2.36 |
| Fosso_Centr_Sud | 3390.* | Qcomp | 2.51 | 440.13 | 440.68 | 440.85 | 441.25 | 0.223131 | 3.34 | 0.75 | 1.65 | 1.58 |
| Fosso_Centr_Sud | 3380.* | Qcomp | 2.51 | 439.37 | 439.90 | 440.09 | 440.53 | 0.256867 | 3.51 | 0.71 | 1.62 | 1.69 |
| Fosso_Centr_Sud | 3370.* | Qcomp | 2.51 | 438.61 | 439.14 | 439.33 | 439.76 | 0.254071 | 3.50 | 0.72 | 1.63 | 1.68 |
| Fosso_Centr_Sud | 3360.* | Qcomp | 2.51 | 437.85 | 438.38 | 438.57 | 439.00 | 0.254067 | 3.50 | 0.72 | 1.63 | 1.68 |
| Fosso_Centr_Sud | 3350.* | Qcomp | 2.51 | 437.10 | 437.62 | 437.81 | 438.25 | 0.255196 | 3.51 | 0.72 | 1.63 | 1.69 |
| Fosso_Centr_Sud | 3340.* | Qcomp | 2.51 | 436.34 | 436.86 | 437.05 | 437.49 | 0.254569 | 3.50 | 0.72 | 1.63 | 1.68 |
| Fosso_Centr_Sud | 3330.* | Qcomp | 2.51 | 435.58 | 436.10 | 436.30 | 436.73 | 0.254603 | 3.50 | 0.72 | 1.63 | 1.68 |
| Fosso_Centr_Sud | 3320.* | Qcomp | 2.51 | 434.82 | 435.34 | 435.54 | 435.97 | 0.253776 | 3.50 | 0.72 | 1.63 | 1.68 |
| Fosso_Centr_Sud | 3310.* | Qcomp | 2.51 | 434.06 | 434.58 | 434.78 | 435.21 | 0.255256 | 3.51 | 0.72 | 1.63 | 1.69 |
| Fosso_Centr_Sud | 3300 | Qcomp | 2.51 | 433.30 | 433.83 | 434.02 | 434.45 | 0.254130 | 3.50 | 0.72 | 1.63 | 1.68 |
| Fosso_Centr_Sud | 3291.66* | Qcomp | 2.51 | 432.09 | 432.54 | 432.81 | 433.45 | 0.426505 | 4.22 | 0.59 | 1.55 | 2.17 |
| Fosso_Centr_Sud | 3283.33* | Qcomp | 2.51 | 430.88 | 431.34 | 431.60 | 432.20 | 0.395735 | 4.11 | 0.61 | 1.56 | 2.09 |
| Fosso_Centr_Sud | 3275.* | Qcomp | 2.51 | 429.68 | 430.13 | 430.39 | 431.00 | 0.403037 | 4.14 | 0.61 | 1.56 | 2.11 |
| Fosso_Centr_Sud | 3266.66* | Qcomp | 2.51 | 428.47 | 428.92 | 429.19 | 429.79 | 0.402751 | 4.13 | 0.61 | 1.56 | 2.11 |
| Fosso_Centr_Sud | 3258.33* | Qcomp | 2.51 | 427.26 | 427.72 | 427.98 | 428.58 | 0.401770 | 4.13 | 0.61 | 1.56 | 2.11 |
| Fosso_Centr_Sud | 3250.* | Qcomp | 2.51 | 426.05 | 426.51 | 426.77 | 427.38 | 0.402839 | 4.13 | 0.61 | 1.56 | 2.11 |
| Fosso_Centr_Sud | 3241.66* | Qcomp | 2.51 | 424.84 | 425.30 | 425.56 | 426.17 | 0.402839 | 4.13 | 0.61 | 1.56 | 2.11 |
| Fosso_Centr_Sud | 3233.33* | Qcomp | 2.51 | 423.63 | 424.09 | 424.35 | 424.96 | 0.403248 | 4.14 | 0.61 | 1.56 | 2.11 |
| Fosso_Centr_Sud | 3225.* | Qcomp | 2.51 | 422.43 | 422.88 | 423.14 | 423.75 | 0.402870 | 4.13 | 0.61 | 1.56 | 2.11 |
| Fosso_Centr_Sud | 3216.66* | Qcomp | 2.51 | 421.22 | 421.67 | 421.94 | 422.55 | 0.402871 | 4.13 | 0.61 | 1.56 | 2.11 |
| Fosso_Centr_Sud | 3208.33* | Qcomp | 2.51 | 420.01 | 420.46 | 420.73 | 421.34 | 0.403272 | 4.14 | 0.61 | 1.56 | 2.11 |
| Fosso_Centr_Sud | 3200 | Qcomp | 3.81 | 418.80 | 419.44 | 419.72 | 420.33 | 0.300576 | 4.16 | 0.91 | 1.74 | 1.84 |
| Fosso_Centr_Sud | 3195.65* | Qcomp | 3.81 | 418.64 | 419.71 | 419.56 | 419.95 | 0.053723 | 2.19 | 1.74 | 2.17 | 0.78 |
| Fosso_Centr_Sud | 3191.30* | Qcomp | 3.81 | 418.49 | 419.55 | 419.41 | 419.80 | 0.053696 | 2.19 | 1.74 | 2.17 | 0.78 |
| Fosso_Centr_Sud | 3186.95* | Qcomp | 3.81 | 418.33 | 419.40 | 419.25 | 419.64 | 0.053657 | 2.19 | 1.74 | 2.17 | 0.78 |
| Fosso_Centr_Sud | 3182.60* | Qcomp | 3.81 | 418.18 | 419.24 | 419.10 | 419.49 | 0.053795 | 2.19 | 1.74 | | |

| 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 |
|-----------------|-----------|---------|--------------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|--------------------------------|------------------|--------------|
| Fosso Centr Sud | 3160.87* | Qcomp | 3.81 | 417.40 | 418.46 | 418.31 | 418.71 | 0.053696 | 2.19 | 1.74 | 2.17 | 0.78 |
| Fosso Centr Sud | 3156.52* | Qcomp | 3.81 | 417.24 | 418.31 | 418.16 | 418.55 | 0.053664 | 2.19 | 1.74 | 2.17 | 0.78 |
| Fosso Centr Sud | 3152.17* | Qcomp | 3.81 | 417.08 | 418.15 | 418.00 | 418.39 | 0.053728 | 2.19 | 1.74 | 2.17 | 0.78 |
| Fosso Centr Sud | 3147.82* | Qcomp | 3.81 | 416.93 | 417.99 | 417.85 | 418.24 | 0.053729 | 2.19 | 1.74 | 2.17 | 0.78 |
| Fosso Centr Sud | 3143.47* | Qcomp | 3.81 | 416.77 | 417.84 | 417.69 | 418.08 | 0.053729 | 2.19 | 1.74 | 2.17 | 0.78 |
| Fosso Centr Sud | 3139.13* | Qcomp | 3.81 | 416.62 | 417.68 | 417.53 | 417.93 | 0.053729 | 2.19 | 1.74 | 2.17 | 0.78 |
| Fosso Centr Sud | 3134.78* | Qcomp | 3.81 | 416.46 | 417.52 | 417.38 | 417.77 | 0.053710 | 2.19 | 1.74 | 2.17 | 0.78 |
| Fosso Centr Sud | 3130.43* | Qcomp | 3.81 | 416.30 | 417.37 | 417.22 | 417.61 | 0.053703 | 2.19 | 1.74 | 2.17 | 0.78 |
| Fosso Centr Sud | 3126.08* | Qcomp | 3.81 | 416.15 | 417.21 | 417.07 | 417.46 | 0.053789 | 2.19 | 1.74 | 2.17 | 0.78 |
| Fosso Centr Sud | 3121.73* | Qcomp | 3.81 | 415.99 | 417.06 | 416.91 | 417.30 | 0.053513 | 2.19 | 1.74 | 2.17 | 0.78 |
| Fosso Centr Sud | 3117.39* | Qcomp | 3.81 | 415.83 | 416.90 | 416.75 | 417.15 | 0.053278 | 2.18 | 1.75 | 2.17 | 0.78 |
| Fosso Centr Sud | 3113.04* | Qcomp | 3.81 | 415.68 | 416.75 | 416.60 | 416.99 | 0.052657 | 2.17 | 1.75 | 2.17 | 0.77 |
| Fosso Centr Sud | 3108.69* | Qcomp | 3.81 | 415.52 | 416.60 | 416.44 | 416.84 | 0.051336 | 2.15 | 1.77 | 2.18 | 0.76 |
| Fosso Centr Sud | 3104.34* | Qcomp | 3.81 | 415.37 | 416.46 | 416.29 | 416.69 | 0.048289 | 2.10 | 1.81 | 2.20 | 0.74 |
| Fosso Centr Sud | 3100 | Qcomp | 3.81 | 415.21 | 416.13 | 416.13 | 416.49 | 0.089649 | 2.66 | 1.43 | 2.02 | 1.01 |
| Fosso Centr Sud | 3095.26* | Qcomp | 3.81 | 414.87 | 415.70 | 415.79 | 416.17 | 0.127501 | 3.03 | 1.26 | 1.93 | 1.20 |
| Fosso Centr Sud | 3090.52* | Qcomp | 3.81 | 414.54 | 415.41 | 415.45 | 415.82 | 0.105510 | 2.82 | 1.35 | 1.98 | 1.09 |
| Fosso Centr Sud | 3085.79* | Qcomp | 3.81 | 414.20 | 415.05 | 415.12 | 415.49 | 0.118246 | 2.95 | 1.29 | 1.95 | 1.15 |
| Fosso Centr Sud | 3081.05* | Qcomp | 3.81 | 413.86 | 414.72 | 414.78 | 415.15 | 0.111946 | 2.89 | 1.32 | 1.96 | 1.12 |
| Fosso Centr Sud | 3076.31* | Qcomp | 3.81 | 413.52 | 414.37 | 414.44 | 414.81 | 0.117769 | 2.94 | 1.30 | 1.95 | 1.15 |
| Fosso Centr Sud | 3071.57* | Qcomp | 3.81 | 413.19 | 414.04 | 414.11 | 414.47 | 0.115539 | 2.92 | 1.30 | 1.95 | 1.14 |
| Fosso Centr Sud | 3066.84* | Qcomp | 3.81 | 412.85 | 413.70 | 413.77 | 414.14 | 0.117014 | 2.93 | 1.30 | 1.95 | 1.15 |
| Fosso Centr Sud | 3062.10* | Qcomp | 3.81 | 412.51 | 413.36 | 413.43 | 413.80 | 0.116791 | 2.93 | 1.30 | 1.95 | 1.15 |
| Fosso Centr Sud | 3057.36* | Qcomp | 3.81 | 412.17 | 413.03 | 413.09 | 413.46 | 0.116769 | 2.93 | 1.30 | 1.95 | 1.15 |
| Fosso Centr Sud | 3052.63* | Qcomp | 3.81 | 411.84 | 412.69 | 412.76 | 413.13 | 0.116769 | 2.93 | 1.30 | 1.95 | 1.15 |
| Fosso Centr Sud | 3047.89* | Qcomp | 3.81 | 411.50 | 412.35 | 412.42 | 412.79 | 0.116769 | 2.93 | 1.30 | 1.95 | 1.15 |
| Fosso Centr Sud | 3043.15* | Qcomp | 3.81 | 411.16 | 412.01 | 412.08 | 412.45 | 0.116769 | 2.93 | 1.30 | 1.95 | 1.15 |
| Fosso Centr Sud | 3038.42* | Qcomp | 3.81 | 410.82 | 411.68 | 411.74 | 412.11 | 0.116769 | 2.93 | 1.30 | 1.95 | 1.15 |
| Fosso Centr Sud | 3033.68* | Qcomp | 3.81 | 410.49 | 411.34 | 411.41 | 411.78 | 0.116769 | 2.93 | 1.30 | 1.95 | 1.15 |
| Fosso Centr Sud | 3028.94* | Qcomp | 3.81 | 410.15 | 411.00 | 411.07 | 411.44 | 0.116766 | 2.93 | 1.30 | 1.95 | 1.15 |
| Fosso Centr Sud | 3024.21* | Qcomp | 3.81 | 409.81 | 410.66 | 410.73 | 411.10 | 0.116769 | 2.93 | 1.30 | 1.95 | 1.15 |
| Fosso Centr Sud | 3019.47* | Qcomp | 3.81 | 409.48 | 410.33 | 410.39 | 410.76 | 0.116769 | 2.93 | 1.30 | 1.95 | 1.15 |
| Fosso Centr Sud | 3014.73* | Qcomp | 3.81 | 409.14 | 409.99 | 410.06 | 410.43 | 0.116769 | 2.93 | 1.30 | 1.95 | 1.15 |
| Fosso Centr Sud | 3010 | Qcomp | 3.81 | 408.80 | 409.65 | 409.72 | 410.09 | 0.116769 | 2.93 | 1.30 | 1.95 | 1.15 |
| Fosso Centr Sud | 3005 | Qcomp | 3.81 | 406.00 | 408.22 | 406.45 | 408.23 | 0.000763 | 0.43 | 8.89 | 4.00 | 0.09 |
| Compl Cent | 610 | Qcomp | 5.91 | 406.00 | 408.20 | 406.61 | 408.22 | 0.001880 | 0.67 | 8.81 | 4.00 | 0.14 |
| Compl Cent | 600 | Qcomp | 5.91 | 406.50 | 407.73 | 407.73 | 408.18 | 0.092046 | 2.98 | 1.98 | 2.23 | 1.01 |
| Compl Cent | 530 | Qcomp | 5.91 | 404.81 | 405.73 | 406.11 | 406.71 | 0.254244 | 4.38 | 1.35 | 1.92 | 1.67 |
| Compl Cent | 520 | Qcomp | 5.91 | 401.91 | 404.12 | 402.47 | 404.14 | 0.001356 | 0.59 | 9.95 | 4.50 | 0.13 |
| Compl Cent | 510 | Qcomp | 5.91 | 401.91 | 404.12 | 402.47 | 404.14 | 0.001362 | 0.60 | 9.93 | 4.50 | 0.13 |
| Compl Cent | 500 | Qcomp | 5.91 | 402.41 | 403.64 | 403.64 | 404.09 | 0.091944 | 2.98 | 1.99 | 2.23 | 1.01 |
| Compl Cent | 430 | Qcomp | 5.91 | 400.67 | 401.58 | 401.96 | 402.59 | 0.266340 | 4.46 | 1.33 | 1.91 | 1.71 |
| Compl Cent | 420 | Qcomp | 5.91 | 397.77 | 399.98 | 398.33 | 400.00 | 0.001356 | 0.59 | 9.95 | 4.50 | 0.13 |
| Compl Cent | 410 | Qcomp | 5.91 | 397.77 | 399.98 | 398.33 | 399.99 | 0.001363 | 0.60 | 9.93 | 4.50 | 0.13 |
| Compl Cent | 400 | Qcomp | 5.91 | 398.27 | 399.50 | 399.50 | 399.95 | 0.092045 | 2.98 | 1.98 | 2.23 | 1.01 |
| Compl Cent | 330 | Qcomp | 5.91 | 396.52 | 397.43 | 397.82 | 398.45 | 0.268709 | 4.47 | 1.32 | 1.91 | 1.71 |
| Compl Cent | 320 | Qcomp | 5.91 | 393.62 | 395.83 | 394.18 | 395.85 | 0.001356 | 0.59 | 9.95 | 4.50 | 0.13 |
| Compl Cent | 310 | Qcomp | 5.91 | 393.62 | 395.83 | 394.18 | 395.84 | 0.001363 | 0.60 | 9.93 | 4.50 | 0.13 |
| Compl Cent | 300 | Qcomp | 5.91 | 394.12 | 395.35 | 395.35 | 395.80 | 0.090882 | 2.96 | 1.99 | 2.23 | 1.00 |
| Compl Cent | 230 | Qcomp | 5.91 | 392.38 | 393.29 | 393.67 | 394.30 | 0.266340 | 4.46 | 1.33 | 1.91 | 1.71 |
| Compl Cent | 220 | Qcomp | 5.91 | 388.98 | 391.09 | 389.50 | 391.11 | 0.001162 | 0.56 | 10.56 | 5.00 | 0.12 |
| Compl Cent | 210 | Qcomp | 5.91 | 388.98 | 391.09 | 389.50 | 391.10 | 0.001167 | 0.56 | 10.54 | 5.00 | 0.12 |
| Compl Cent | 200 | Qcomp | 5.91 | 389.38 | 390.61 | 390.61 | 391.06 | 0.091892 | 2.98 | 1.99 | 2.23 | 1.01 |
| Compl Cent | 130 | Qcomp | 5.91 | 386.88 | 387.73 | 388.11 | 388.78 | 0.280494 | 4.55 | 1.30 | 1.95 | 1.78 |
| Compl Cent | 120 | Qcomp | 5.91 | 385.88 | 387.78 | 386.44 | 387.80 | 0.000184 | 0.69 | 8.55 | 4.50 | 0.16 |
| Compl Cent | 110 | Qcomp | 5.91 | 385.88 | 387.71 | 386.71 | 387.80 | 0.000990 | 1.29 | 4.58 | 2.50 | 0.30 |
| Compl Cent | 109 | Qcomp | 5.91 | 386.38 | 387.59 | 387.21 | 387.79 | 0.002911 | 1.95 | 3.03 | 2.50 | 0.57 |
| Compl Cent | 107 | Qcomp | 5.91 | 386.30 | 387.45 | 387.13 | 387.67 | 0.003331 | 2.05 | 2.88 | 2.50 | 0.61 |
| Compl Cent | 104 | Qcomp | 5.91 | 386.20 | 387.25 | 387.03 | 387.51 | 0.004245 | 2.24 | 2.63 | 2.50 | 0.70 |
| Compl Cent | 100 | Qcomp | 5.91 | 386.10 | 386.93 | 386.93 | 387.34 | 0.008322 | 2.86 | 2.06 | 2.50 | 1.01 |
| Compl Cent | 91 | Qcomp | 5.91 | 385.08 | 385.63 | 385.91 | 386.57 | 0.296127 | 4.30 | 1.37 | 2.50 | 1.85 |
| Compl Cent | 90 | Qcomp | 6.20 | 385.08 | 385.59 | 385.89 | 386.56 | 0.297339 | 4.36 | 1.42 | 3.02 | 2.03 |
| Compl Cent | 87 | Qcomp | 6.20 | 384.76 | 385.96 | 385.67 | 386.16 | 0.030249 | 1.99 | 3.12 | 3.20 | 0.64 |
| Compl Cent | 80 | Qcomp | 6.20 | 384.25 | 385.42 | 385.16 | 385.64 | 0.032644 | 2.05 | 3.03 | 3.17 | 0.67 |
| Compl Cent | 70 | Qcomp | 6.20 | 383.52 | 384.84 | 384.43 | 385.00 | 0.022127 | 1.77 | 3.50 | 3.32 | 0.55 |
| Compl Cent | 60 | Qcomp | 6.20 | 382.77 | 383.68 | 383.68 | 384.07 | 0.074352 | 2.76 | 2.24 | 2.91 | 1.00 |
| Compl Cent | 50 | Qcomp | 6.20 | 379.32 | 379.95 | 380.23 | 380.86 | 0.244798 | 4.23 | 1.47 | 2.63 | 1.81 |
| Compl Cent | 45 | Qcomp | 6.20 | 378.56 | 379.47 | 379.47 | 379.86 | 0.074618 | 2.77 | 2.24 | 2.91 | 1.01 |
| Compl Cent | 40 | Qcomp | 6.20 | 378.01 | 379.17 | 378.82 | 379.32 | 0.021696 | 1.74 | 3.56 | 3.66 | 0.56 |
| Compl Cent | 39 | Qcomp | 6.20 | 378.01 | 378.86 | 378.86 | 379.29 | 0.008363 | 2.91 | 2.13 | 2.50 | 1.00 |
| Compl Cent | 35 | Qcomp | 6.20 | 376.55 | 376.95 | 377.40 | 378.87 | 0.072976 | 6.13 | 1.01 | 2.50 | 3.08 |
| Compl Cent | 30 | Qcomp | 6.20 | 376.50 | 377.08 | 377.35 | 378.01 | 0.025141 | 4.28 | 1.45 | 2.50 | 1.79 |
| Compl Cent | 29 | Qcomp | 6.20 | 370.05 | 370.18 | 370.67 | 377.38 | 0.929423 | 11.88 | 0.52 | 4.00 | 10.51 |
| Compl Cent | 25 | Qcomp | 6.20 | 370.05 | 370.23 | 370.67 | 373.84 | 0.303835 | 8.41 | 0.74 | 4.00 | 6.26 |
| Compl Cent | 24 | Qcomp | 6.20 | 370.05 | 370.23 | 370.67 | 373.84 | 0.303440 | 8.41 | 0.74 | 4.00 | 6.25 |

Tabella 3 – Compiuvio centrale – Tabella RAS (Parte 2 di 2)

| | | |
|---|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 33 di 198 |

4.5 Sistema compluvio nord

4.5.1 Descrizione generale

Il sistema di drenaggio associato al compluvio nord è evidenziato planimetricamente in Figura 11. Un sistema di canalette ad U in legname (in azzurro), collocate al piede di ogni scarpata compresa fra una banca e l'altra, ha la funzione di drenare le acque piovane che insistono sull'abbancamento, nella porzione a sud del compluvio in oggetto; le canalette hanno base 50 cm ed altezza 35 cm. Il drenaggio avviene in direzione Sud-Nord, seguendo la pendenza delle banche. Immediatamente a monte dello scarico nel compluvio nord, è prevista la disposizione di un pozzetto di sedimentazione in c.a. prefabbricato, a base quadrata di lato 80 cm.

Un fosso di guardia in legname e pietrame (in arancione), posto immediatamente a monte dell'abbancamento, al suo estremo ovest, drena, per la porzione che su di esso insiste, i contributi di ruscellamento provenienti dal versante, prima che raggiungano l'abbancamento.

Il fosso è lungo circa 50 m ed ha sezione trapezia, con base minore 100 cm, base maggiore 200 cm, altezza 100 cm e pendenza sponde 2/1.

Il fosso affluisce nel pozzetto Vn8, da cui si diparte il compluvio nord (in rosso).

Tale compluvio discende lungo l'estremo nord dell'abbancamento, seguendone l'andamento e raccoglie le acque provenienti dalle canalette.

In corrispondenza di ogni banca è presente una vasca in c.a. gettata in opera con rivestimento in pietrame delle parti esposte, che assume funzione di pozzetto di salto, al fine di ridurre la pendenza della porzione di canale a valle di esso e quindi la velocità, e di sedimentazione.

I pozzetti, dal Vn1 al Vn8, hanno dimensione interna 300 cm x 400 cm (esterne 400x500). Il salto coperto all'interno del pozzetto varia tra 52 e 140 cm. Le vasche sono più profonde di 50 cm rispetto al fondo fosso in uscita, al fine di ottenere un volume di sedimentazione. A fine linea l'acqua affluisce nel pozzetto di salto Vn0.

Lungo il compluvio nord, i canali di collegamento fra i pozzetti dal Vn8 al Vn0 sono realizzati in legname e pietrame ed hanno sezione trapezia con base minore 90 cm, base maggiore 290 cm, altezza 100 cm e pendenza sponde 1/1.

Il pozzetto Vn0 è un pozzetto in c.a. gettato in opera, finalizzato a coprire il salto fra la quota della

| | | |
|---|---|---------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | |
| | <p>IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme</p> | <p>Foglio 34 di 198</p> |

banca 0 e il piano campagna a Nord delle terre armate in progetto. Esso ha dimensioni interne 500 cm x 500 cm ed è alto 1090 cm.

Dal suo fondo, si diparte un canale chiuso in c.a. gettato in opera (in verde) a sezione rettangolare di dimensioni interne 300 cm x 180 cm, che si sviluppa per 25 m circa, sottopassando le terre rinforzate, a veicolare le acque fino al vasca Vv; quest'ultima, in c.a gettata in opera, ha dimensioni di base interne 300 cm x 340 cm e altezza 362 cm. La vasca è rivestita con massi cementati ed è dotata di parapetto ringhiera di protezione.

Da esso si diparte un canale (in blu) rivestito in massi cementati che si sviluppa per 43 m circa, di sezione trapezia, avente base minore 300 cm, base maggiore minima 460 cm, altezza minima 160 cm, pendenza sponde 2/1; l'altezza è variabile in funzione della posizione del fondo rispetto al p.c.

Tale canale entra nella vasca di sedimentazione finale, dalla quale si diparte il canale terminale, rivestito in massi cementati, di scarico verso il recettore finale, Torrente Lemme.

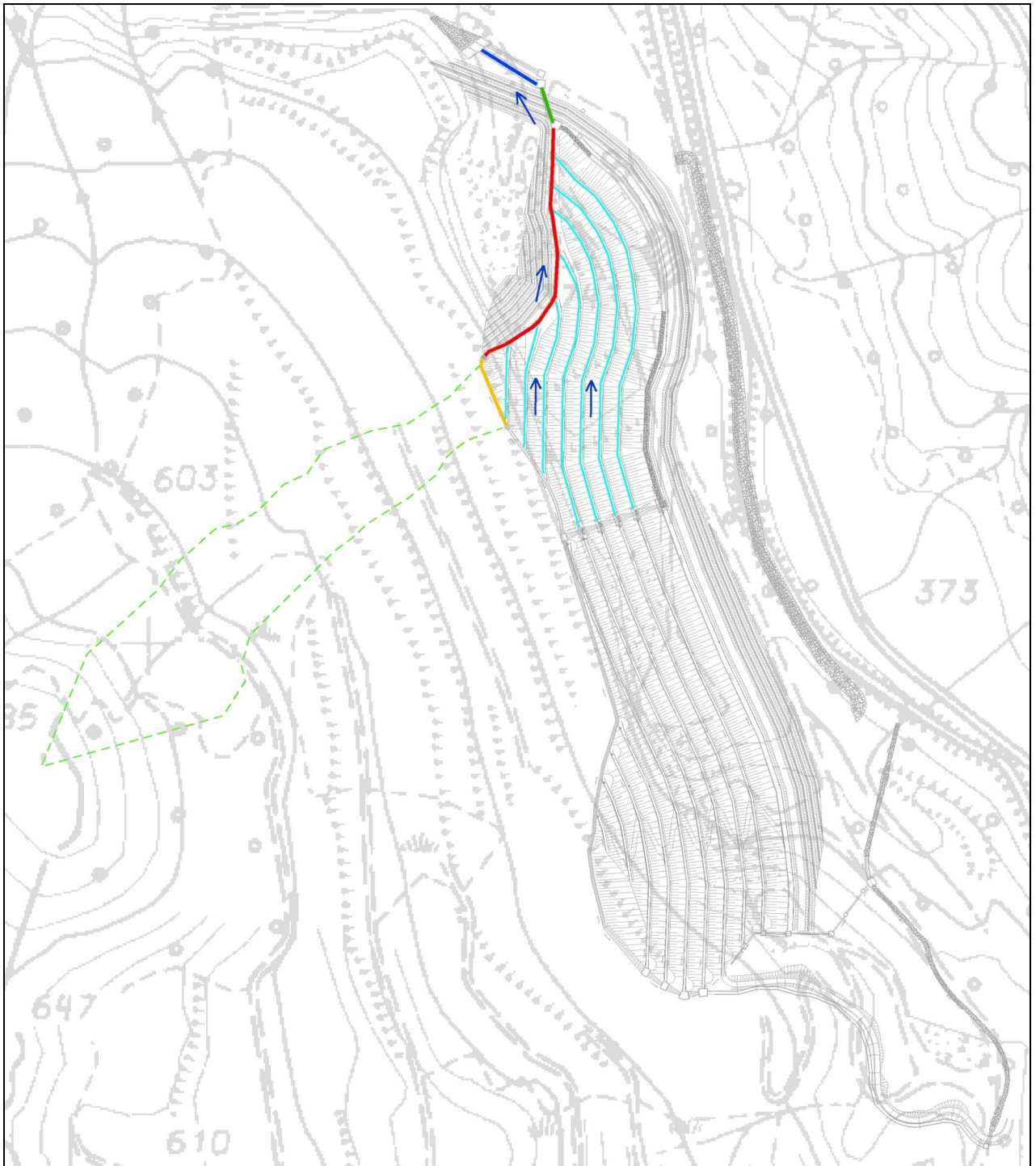


Figura 11 – Compluvio nord – Schema drenaggio

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 36 di 198 |

4.5.2 Dimensionamento canalette lungo banche

Le canalette lungo le banche sono state dimensionate ipotizzando condizioni di moto uniforme, secondo quanto descritto in §4.3.1.

Il calcolo è stato eseguito, a favore di sicurezza, considerando le canalette che drenano la banca 1, come rappresentativa delle banche corte, e la banca 5, come rappresentativa delle banche lunghe; è stato introdotto cautelativamente nel calcolo il valore di pendenza minimo di tutto il tratto.

| | | | |
|--------------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| Afflussi Banca 5 | | | |
| Dati | | | |
| S [km²] | 0.00124 | L [km] | 0.113 |
| T [anni] | 20 | i (-) | 0.064 |
| Parametri pluviometrici | | | |
| a | 63.48 | n | 0.5779 |
| c | 0.8 | | |
| Formulazioni | Tc [ore] | Q[m³/s] | h pioggia [mm] |
| <i>Ventura</i> | 0.018 | 0.10 | 6.17 |
| <i>Pasini</i> | 0.022 | 0.09 | 7.03 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.025 | 0.08 | 7.45 |
| Portata media affl. | | 0.09 | m³/s |

| | | | |
|--------------------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| Afflussi Banca 1 | | | |
| Dati | | | |
| S [km²] | 0.002 | L [km] | 0.29 |
| T [anni] | 20 | i (-) | 0.062 |
| Parametri pluviometrici | | | |
| a | 63.48 | n | 0.5779 |
| c | 0.8 | | |
| Formulazioni | Tc [ore] | Q[m³/s] | h pioggia [mm] |
| <i>Ventura</i> | 0.023 | 0.14 | 7.15 |
| <i>Pasini</i> | 0.036 | 0.11 | 9.32 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.064 | 0.09 | 12.97 |
| Portata media affl. | | 0.10 | m³/s |

Deflusso Canaletta

Base rettangolo (D): 0.50 m
 Altezza rettangolo (H): 0.35 m
 Coefficiente di scabrezza: 65 $m^{1/3}/s$
 Pendenza del fondo: 0.25 %

| Tirante idraulico [m] | Sezione bagnata [m ²] | Perimetro bagnato [m] | Velocità [m/s] | Portata [m ³ /s] |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|----------------|-----------------------------|
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.04 | 0.02 | 0.57 | 0.32 | 0.01 |
| 0.07 | 0.04 | 0.64 | 0.47 | 0.02 |
| 0.11 | 0.05 | 0.71 | 0.57 | 0.03 |
| 0.14 | 0.07 | 0.78 | 0.65 | 0.05 |
| 0.18 | 0.09 | 0.85 | 0.71 | 0.06 |
| 0.21 | 0.11 | 0.92 | 0.76 | 0.08 |
| 0.25 | 0.12 | 0.99 | 0.81 | 0.10 |
| 0.28 | 0.14 | 1.06 | 0.84 | 0.12 |
| 0.32 | 0.16 | 1.13 | 0.87 | 0.14 |
| 0.35 | 0.18 | 1.20 | 0.90 | 0.16 |

La portata di competenza della banche considerate defluisce con franco 10 cm lungo la canaletta 50 cm x 35 cm e con una velocità di 0.81 m/s.

4.5.3 Dimensionamento linea di drenaggio principale compluvio nord

Per il dimensionamento della linea di drenaggio principale, comprendente il fosso di guardia ad ovest dell'abbancamento, il compluvio nord discendente da esso, al suo estremo nord, ed il canale terminale fino alla vasca di sedimentazione finale, si è ricorso al software di modellazione idraulica HEC-RAS.

La geometria schematica RAS è riportata in Figura 12.

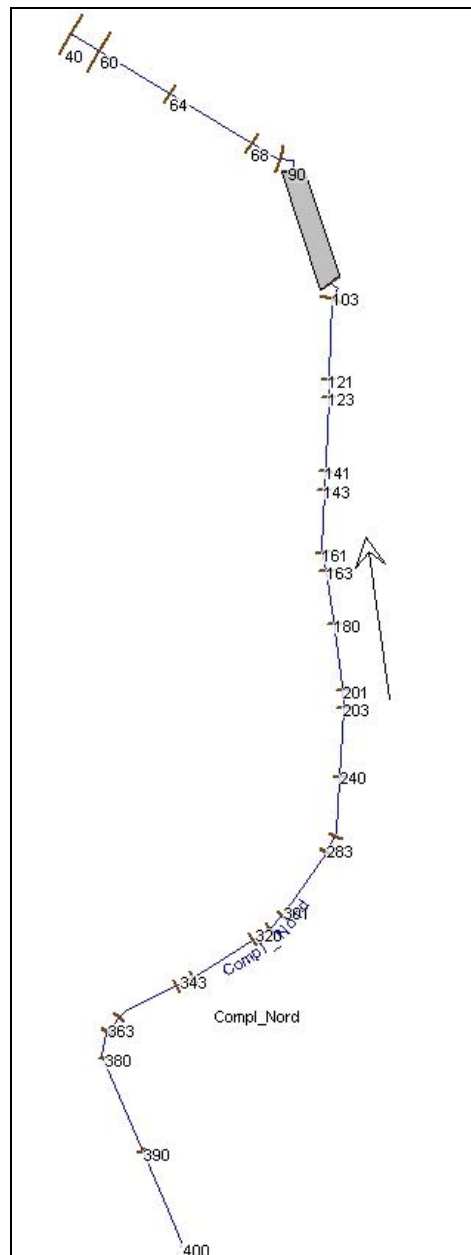


Figura 12 – Compluvio nord – Geometria RAS

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 39 di 198 |

Le portate entranti, di competenza dei singoli tratti, calcolate per tempo di ritorno 20 anni, sono state inserite nel modello all'inizio di ogni tratto.

Il bacino di competenza del fosso di guardia a Ovest dell'abbancamento è stato riportato in Figura 11 (in verde chiaro tratteggiato).

| | | | |
|--------------------------------|------------------|----------------|-----------------------|
| Afflussi Vasca Vn8 | | | |
| Dati | | | |
| S [km²] | 0.02264 | L [km] | 0.4 i (-) 0.66 |
| T [anni] | 20 | | |
| Parametri pluviometrici | | | |
| a | 63.48 | n | 0.5779 |
| c | 0.8 | | |
| Formulazioni | Tc [ore] | Q[m³/s] | h pioggia [mm] |
| <i>Ventura</i> | 0.024 | 1.55 | 7.28 |
| <i>Pasini</i> | 0.028 | 1.45 | 7.99 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.027 | 1.46 | 7.89 |
| Portata media affl. | 1.49 m³/s | | |

| | | | |
|--------------------------------|------------------|----------------|-----------------------|
| Afflussi Vasca Vn7 | | | |
| Dati | | | |
| S [km²] | 0.02324 | L [km] | 0.41 i (-) 0.65 |
| T [anni] | 20 | | |
| Parametri pluviometrici | | | |
| a | 63.48 | n | 0.5779 |
| c | 0.8 | | |
| Formulazioni | Tc [ore] | Q[m³/s] | h pioggia [mm] |
| <i>Ventura</i> | 0.024 | 1.58 | 7.36 |
| <i>Pasini</i> | 0.028 | 1.47 | 8.11 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.028 | 1.48 | 8.03 |
| Portata media affl. | 1.51 m³/s | | |

Afflussi Vasca Vn6**Dati**

S [km²] 0.02452 **L [km]** 0.425 **i (-)** 0.64
T [anni] 20

Parametri pluviometrici

a 63.48 **n** 0.5779
c 0.8

| | Tc | | |
|---------------------|--------------|---------------------------|-----------------------|
| Formulazioni | [ore] | Q[m³/s] | h pioggia [mm] |
| <i>Ventura</i> | 0.025 | 1.64 | 7.51 |
| <i>Pasini</i> | 0.029 | 1.53 | 8.28 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.029 | 1.54 | 8.24 |

Portata media affl. **1.57 m³/s**

Afflussi Vasca Vn5**Dati**

S [km²] 0.02601 **L [km]** 0.438 **i (-)** 0.63
T [anni] 20

Parametri pluviometrici

a 63.48 **n** 0.5779
c 0.8

| | Tc | | |
|---------------------|--------------|---------------------------|-----------------------|
| Formulazioni | [ore] | Q[m³/s] | h pioggia [mm] |
| <i>Ventura</i> | 0.026 | 1.72 | 7.68 |
| <i>Pasini</i> | 0.031 | 1.60 | 8.47 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.030 | 1.60 | 8.42 |

Portata media affl. **1.64 m³/s**

Afflussi Vasca Vn4**Dati**

S [km²] 0.02858 **L [km]** 0.45 **i (-)** 0.63
T [anni] 20

Parametri pluviometrici

a 63.48 **n** 0.5779
c 0.8

| Formulazioni | Tc [ore] | Q[m ³ /s] | h pioggia [mm] |
|----------------------------|----------|-----------------------------|----------------|
| <i>Ventura</i> | 0.027 | 1.85 | 7.89 |
| <i>Pasini</i> | 0.032 | 1.73 | 8.67 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.031 | 1.74 | 8.56 |
| Portata media affl. | | 1.77 m³/s | |

| Afflussi Vasca Vn3 | | | | | |
|----------------------------|----------|-----------------------------|----------------|--------|------|
| Dati | | | | | |
| S [km ²] | 0.03154 | L [km] | 0.464 | i (-) | 0.63 |
| T [anni] | 20 | | | | |
| Parametri pluviometrici | | | | | |
| | a | 63.48 | n | 0.5779 | |
| | c | 0.8 | | | |
| Formulazioni | Tc [ore] | Q[m ³ /s] | h pioggia [mm] | | |
| <i>Ventura</i> | 0.028 | 2.00 | 8.12 | | |
| <i>Pasini</i> | 0.033 | 1.87 | 8.88 | | |
| <i>Pezzoli</i> | 0.032 | 1.90 | 8.71 | | |
| Portata media affl. | | 1.92 m³/s | | | |

| Afflussi Vasca Vn2 | | | | | |
|----------------------------|----------|-----------------------------|----------------|--------|------|
| Dati | | | | | |
| S [km ²] | 0.0347 | L [km] | 0.477 | i (-) | 0.62 |
| T [anni] | 20 | | | | |
| Parametri pluviometrici | | | | | |
| | a | 63.48 | n | 0.5779 | |
| | c | 0.8 | | | |
| Formulazioni | Tc [ore] | Q[m ³ /s] | h pioggia [mm] | | |
| <i>Ventura</i> | 0.030 | 2.15 | 8.38 | | |
| <i>Pasini</i> | 0.035 | 2.02 | 9.14 | | |
| <i>Pezzoli</i> | 0.033 | 2.06 | 8.89 | | |
| Portata media affl. | | 2.07 m³/s | | | |

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 42 di 198 |

| | | | |
|--------------------------------|--------------|----------------|-----------------------|
| Afflussi Vasca Vn1 | | | |
| Dati | | | |
| S [km²] | 0.03812 | L [km] | 0.477 |
| T [anni] | 20 | i (-) | 0.62 |
| Parametri pluviometrici | | | |
| a | 63.48 | n | 0.5779 |
| c | 0.8 | | |
| | Tc | | |
| Formulazioni | [ore] | Q[m³/s] | h pioggia [mm] |
| <i>Ventura</i> | 0.032 | 2.31 | 8.61 |
| <i>Pasini</i> | 0.036 | 2.19 | 9.31 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.033 | 2.26 | 8.89 |
| Portata media affl. | | 2.25 | m³/s |

In testa al fosso di guardia proveniente da Sud, verso la vasca Vn8, la portata utilizzata è pari a 1.49 m³/s.

Nel tratto di compluvio nord fra le vasche Vn8 e Vn0, la portata utilizzata incrementa fino a 2.25 m³/s.

Nel tratto finale, tra la vasca di confluenza Vn0 e la vasca di sedimentazione finale, la portata utilizzata è pari a 8.45 m³/s considerando il contributo del canale di scarico lungo la banca 0 proveniente dal compluvio centrale.

Il modello restituisce i risultati riportati in **Tabella 4** ed i profili; le velocità sono contenute entro i 4.5 m/s, nei tratti più pendenti, compatibilmente con le soluzioni progettuali previste; il franco idraulico rispetto alle sponde è 10 cm minimo.

| 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 |
|------------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Compl_Nord | 400 | Qcomp | 1.49 | 421.00 | 421.55 | 421.55 | 421.78 | 0.093697 | 2.13 | 0.70 | 1.55 | 1.01 |
| Compl_Nord | 390 | Qcomp | 1.49 | 419.00 | 419.88 | 419.55 | 419.95 | 0.019154 | 1.18 | 1.27 | 1.88 | 0.46 |
| Compl_Nord | 380 | Qcomp | 1.49 | 418.46 | 419.05 | 419.02 | 419.26 | 0.082978 | 2.03 | 0.73 | 1.49 | 0.93 |
| Compl_Nord | 363 | Qcomp | 1.49 | 418.05 | 418.58 | 418.58 | 418.78 | 0.079369 | 1.96 | 0.76 | 1.96 | 1.01 |
| Compl_Nord | 362 | Qcomp | 1.49 | 417.03 | 418.27 | 417.32 | 418.28 | 0.001187 | 0.40 | 3.73 | 3.00 | 0.11 |
| Compl_Nord | 361 | Qcomp | 1.49 | 417.03 | 418.27 | 417.32 | 418.28 | 0.001199 | 0.40 | 3.71 | 3.00 | 0.12 |
| Compl_Nord | 360 | Qcomp | 1.49 | 417.53 | 418.06 | 418.06 | 418.26 | 0.079494 | 1.96 | 0.76 | 1.96 | 1.01 |
| Compl_Nord | 343 | Qcomp | 1.49 | 415.54 | 415.96 | 416.07 | 416.33 | 0.185840 | 2.68 | 0.56 | 1.74 | 1.51 |
| Compl_Nord | 342 | Qcomp | 1.49 | 414.51 | 415.76 | 414.80 | 415.77 | 0.001173 | 0.40 | 3.74 | 3.00 | 0.11 |
| Compl_Nord | 341 | Qcomp | 1.51 | 414.51 | 415.75 | 414.80 | 415.76 | 0.001218 | 0.41 | 3.73 | 3.00 | 0.12 |
| Compl_Nord | 340 | Qcomp | 1.51 | 415.01 | 415.54 | 415.54 | 415.74 | 0.079247 | 1.97 | 0.77 | 1.97 | 1.01 |
| Compl_Nord | 320 | Qcomp | 1.51 | 412.92 | 413.34 | 413.45 | 413.71 | 0.186392 | 2.69 | 0.56 | 1.75 | 1.52 |
| Compl_Nord | 303 | Qcomp | 1.51 | 412.13 | 412.56 | 412.66 | 412.92 | 0.184633 | 2.68 | 0.56 | 1.75 | 1.51 |
| Compl_Nord | 302 | Qcomp | 1.51 | 410.70 | 411.96 | 410.99 | 411.97 | 0.001164 | 0.40 | 3.79 | 3.00 | 0.11 |
| Compl_Nord | 301 | Qcomp | 1.57 | 410.70 | 411.96 | 411.00 | 411.97 | 0.001274 | 0.42 | 3.77 | 3.00 | 0.12 |
| Compl_Nord | 300 | Qcomp | 1.57 | 411.20 | 411.75 | 411.75 | 411.95 | 0.079291 | 1.99 | 0.79 | 1.99 | 1.01 |
| Compl_Nord | 283 | Qcomp | 1.57 | 406.85 | 407.20 | 407.40 | 407.86 | 0.406936 | 3.60 | 0.44 | 1.60 | 2.20 |
| Compl_Nord | 282 | Qcomp | 1.57 | 405.43 | 406.71 | 405.73 | 406.72 | 0.001211 | 0.41 | 3.84 | 3.00 | 0.12 |
| Compl_Nord | 281 | Qcomp | 1.64 | 405.43 | 406.71 | 405.74 | 406.71 | 0.001339 | 0.43 | 3.83 | 3.00 | 0.12 |
| Compl_Nord | 280 | Qcomp | 1.64 | 405.93 | 406.49 | 406.49 | 406.69 | 0.078753 | 2.01 | 0.82 | 2.02 | 1.01 |
| Compl_Nord | 240 | Qcomp | 1.64 | 403.44 | 403.84 | 404.00 | 404.35 | 0.280003 | 3.19 | 0.51 | 1.69 | 1.85 |
| Compl_Nord | 203 | Qcomp | 1.64 | 401.62 | 402.18 | 402.18 | 402.39 | 0.078911 | 2.01 | 0.82 | 2.02 | 1.01 |
| Compl_Nord | 202 | Qcomp | 1.64 | 399.72 | 401.03 | 400.03 | 401.04 | 0.001235 | 0.42 | 3.94 | 3.00 | 0.12 |
| Compl_Nord | 201 | Qcomp | 1.77 | 399.72 | 401.03 | 400.05 | 401.04 | 0.001460 | 0.45 | 3.92 | 3.00 | 0.13 |
| Compl_Nord | 200 | Qcomp | 1.77 | 400.22 | 400.80 | 400.80 | 401.02 | 0.078185 | 2.04 | 0.87 | 2.07 | 1.01 |
| Compl_Nord | 180 | Qcomp | 1.77 | 395.54 | 395.89 | 396.12 | 396.72 | 0.509817 | 4.04 | 0.44 | 1.60 | 2.47 |
| Compl_Nord | 163 | Qcomp | 1.77 | 391.77 | 392.21 | 392.35 | 392.67 | 0.224949 | 3.01 | 0.59 | 1.78 | 1.67 |
| Compl_Nord | 162 | Qcomp | 1.77 | 390.05 | 391.40 | 390.38 | 391.41 | 0.001340 | 0.44 | 4.05 | 3.00 | 0.12 |
| Compl_Nord | 161 | Qcomp | 1.92 | 390.05 | 391.39 | 390.40 | 391.40 | 0.001602 | 0.48 | 4.02 | 3.00 | 0.13 |
| Compl_Nord | 160 | Qcomp | 1.92 | 390.55 | 391.16 | 391.16 | 391.38 | 0.077783 | 2.08 | 0.92 | 2.12 | 1.01 |
| Compl_Nord | 143 | Qcomp | 1.92 | 387.15 | 387.55 | 387.76 | 388.25 | 0.378617 | 3.72 | 0.52 | 1.70 | 2.15 |
| Compl_Nord | 142 | Qcomp | 1.92 | 385.62 | 387.00 | 385.97 | 387.01 | 0.001476 | 0.46 | 4.15 | 3.00 | 0.13 |
| Compl_Nord | 141 | Qcomp | 2.07 | 385.62 | 386.99 | 385.98 | 387.01 | 0.001744 | 0.50 | 4.12 | 3.00 | 0.14 |
| Compl_Nord | 140 | Qcomp | 2.07 | 386.12 | 386.76 | 386.76 | 386.98 | 0.077036 | 2.12 | 0.98 | 2.17 | 1.01 |
| Compl_Nord | 123 | Qcomp | 2.07 | 381.62 | 382.02 | 382.26 | 382.83 | 0.435497 | 3.99 | 0.52 | 1.70 | 2.31 |
| Compl_Nord | 122 | Qcomp | 2.07 | 380.23 | 381.65 | 380.59 | 381.66 | 0.001593 | 0.49 | 4.26 | 3.00 | 0.13 |
| Compl_Nord | 121 | Qcomp | 2.25 | 380.23 | 381.64 | 380.62 | 381.66 | 0.001917 | 0.53 | 4.23 | 3.00 | 0.14 |
| Compl_Nord | 120 | Qcomp | 2.25 | 380.73 | 381.40 | 381.40 | 381.63 | 0.076309 | 2.16 | 1.04 | 2.23 | 1.01 |
| Compl_Nord | 103 | Qcomp | 2.25 | 377.00 | 377.45 | 377.67 | 378.14 | 0.323119 | 3.66 | 0.61 | 1.81 | 2.01 |
| Compl_Nord | 102 | Qcomp | 2.25 | 367.10 | 368.70 | 367.37 | 368.71 | 0.000033 | 0.28 | 8.01 | 5.00 | 0.07 |
| Compl_Nord | 101 | Qcomp | 8.45 | 367.10 | 368.64 | 367.76 | 368.70 | 0.000515 | 1.10 | 7.69 | 5.00 | 0.28 |
| Compl_Nord | 95 | | Culvert | | | | | | | | | |
| Compl_Nord | 90 | Qcomp | 8.45 | 366.45 | 367.79 | 367.11 | 367.87 | 0.000762 | 1.26 | 6.70 | 5.00 | 0.35 |
| Compl_Nord | 80 | Qcomp | 8.45 | 366.45 | 367.79 | 367.11 | 367.87 | 0.000770 | 1.27 | 6.68 | 5.00 | 0.35 |
| Compl_Nord | 70 | Qcomp | 8.45 | 366.45 | 367.67 | 367.33 | 367.86 | 0.003281 | 1.92 | 4.40 | 4.22 | 0.60 |
| Compl_Nord | 68 | Qcomp | 8.45 | 366.44 | 367.64 | 367.32 | 367.83 | 0.003404 | 1.95 | 4.34 | 4.21 | 0.61 |
| Compl_Nord | 64 | Qcomp | 8.45 | 366.39 | 367.53 | 367.28 | 367.75 | 0.004079 | 2.08 | 4.07 | 4.14 | 0.67 |
| Compl_Nord | 60 | Qcomp | 8.45 | 366.36 | 367.24 | 367.24 | 367.64 | 0.009365 | 2.78 | 3.03 | 3.89 | 1.01 |
| Compl_Nord | 50 | Qcomp | 8.45 | 365.46 | 366.98 | 365.88 | 367.00 | 0.000100 | 0.55 | 15.25 | 10.00 | 0.14 |
| Compl_Nord | 40 | Qcomp | 8.45 | 365.46 | 366.98 | 365.88 | 367.00 | 0.000100 | 0.55 | 15.24 | 10.00 | 0.14 |

Tabella 4 – Compluvio nord – Tabella RAS

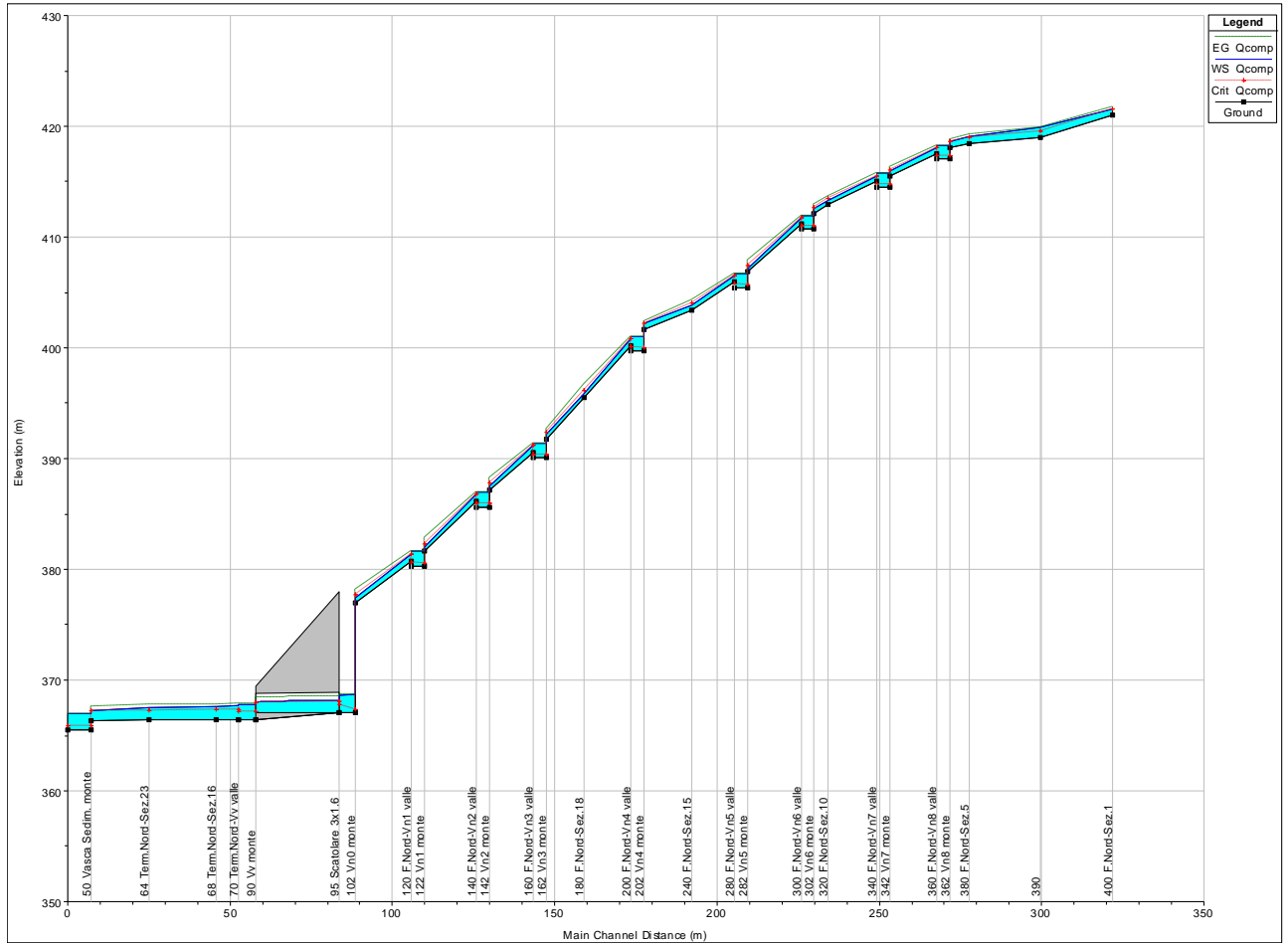


Figura 13 – Compluvio nord – Profilo RAS

| | | |
|---|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme | Foglio 45 di 198 |

4.5.4 Verifica in moto uniforme scatolare

In corrispondenza dello scatolare 300 cm x 180 cm, presente al termine della linea del compluvio, è stata realizzata anche la verifica in moto uniforme della capacità di smaltimento della sezione.

La portata di riferimento nel tratto, pari a 8.45 m³/s, è smaltita dalla sezione con grado di riempimento pari al 75%, corrispondente ad un tirante di circa 1.33 m; tale valore è compatibile con quanto calcolato con il modello RAS.

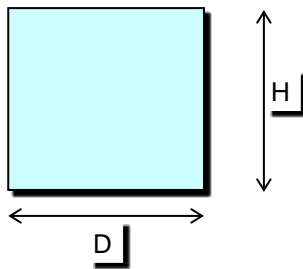
SCALA DI DEFLUSSO DELLA SEZIONE

La sezione è schematizzabile come un canale chiuso di forma assimilabile alla sottostante figura (rettangolo sovrastato da semicerchio).

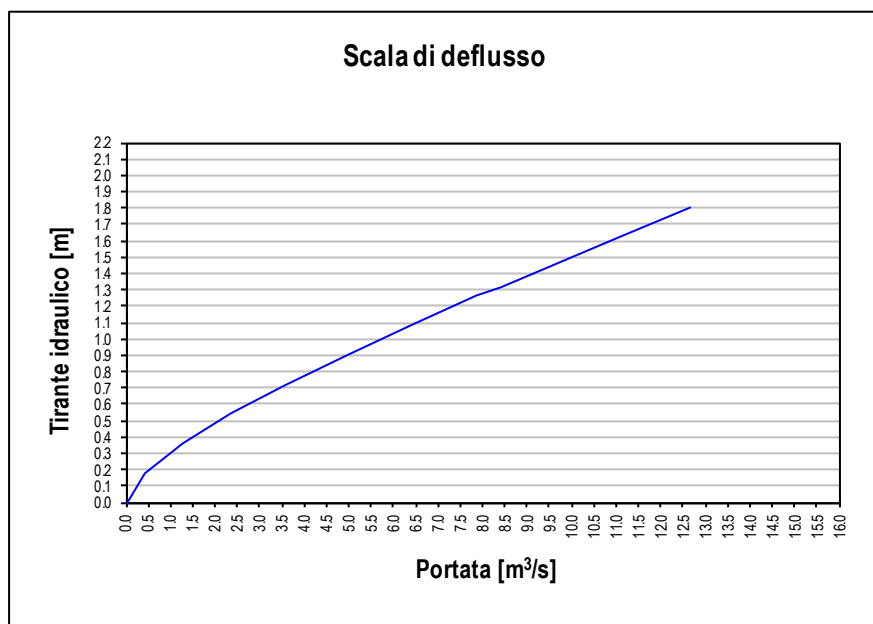
Quando il tirante idraulico sarà contenuto all'interno della sezione rettangolare ($\leq H$), la scala di deflusso avrà andamento pressoché rettilineo; quando supererà il valore H l'andamento evolverà in curvilineo.

Per questo motivo, per un tirante maggiore di H si è diminuito il passo dell'analisi Tirante-Portata rispetto al caso di tirante minore di H.

- Base rettangolo (D): 3.00 m
 Altezza rettangolo (H): 1.80 m
 Coefficiente di scabrezza: 60 $m^{1/3}/s$
 Pendenza del fondo: 0.2 %



| Tirante idraulico [m] | Sezione bagnata [m ²] | Perimetro bagnato [m] | Portata [m ³ /s] |
|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.18 | 0.54 | 3.36 | 0.43 |
| 0.36 | 1.08 | 3.72 | 1.27 |
| 0.54 | 1.62 | 4.08 | 2.35 |
| 0.72 | 2.16 | 4.44 | 3.59 |
| 0.90 | 2.70 | 4.80 | 4.94 |
| 1.08 | 3.24 | 5.16 | 6.37 |
| 1.26 | 3.78 | 5.52 | 7.88 |
| 1.32 | 3.96 | 5.64 | 8.39 |
| 1.62 | 4.86 | 6.24 | 11.04 |
| 1.80 | 5.40 | 6.60 | 12.68 |



| | | |
|--|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme | Foglio 47 di 198 |

4.6 Sistema compluvio sud

4.6.1 Descrizione generale

Il sistema di drenaggio associato al compluvio sud è evidenziato in Figura 14.

Il fosso di guardia (in arancione), posto immediatamente a monte dell'abbancamento, al suo estremo sud-ovest, drena, per la porzione che su di esso insiste, i contributi di ruscellamento provenienti dal versante, prima che raggiungano l'abbancamento.

Esso è realizzato in legname e pietrame, secondo le tecniche di ingegneria naturalistica.

Il fosso è lungo circa 40 m ed ha sezione trapezia, con base minore 100 cm, base maggiore 400 cm, altezza 150 cm e pendenza sponde 1/1.

Il fosso affluisce nella vasca Vs7, da cui si diparte un canale discendente lungo il versante che si sviluppa in tre salti, fino alla vasca Vs4 (in rosso).

Tale canale segue l'andamento dell'abbancamento, lungo il suo estremo sud, tra le banche 7 e 4.

In corrispondenza di ogni banca è presente una vasca, in c.a. gettata in opera e rivestita in massi, che assume funzione di pozzetto di salto, al fine di ridurre la pendenza della porzione di canale a valle di esso e la velocità della corrente, oltre a consentire la sedimentazione al suo interno.

Le vasche Vs7, Vs6, Vs5 e Vs4 hanno larghezza interna 500 cm (esterna 600) e lunghezza variabile. Il salto coperto all'interno dei pozzetti varia tra 130 e 250 cm.

Le vasche sono più profonde di 50 cm rispetto al fondo fosso in uscita, al fine di ottenere un volume di sedimentazione.

Il canale in entrata da Vs7 ha base minore 100 cm, base maggiore 440 cm, altezza 170 cm e pendenza sponde 1/1. Il canale in uscita da Vs7 ha base minore 100 cm, base maggiore 400 cm, altezza 300 cm e pendenza sponde 2/1.

Il canale in uscita da Vs5 e Vs6 hanno base minore 100 cm, base maggiore 450 cm, altezza 350 cm e pendenza sponde 2/1.

I canali in entrata in Vs6, Vs5 e Vs4 hanno base minore 100 cm, base maggiore 200 cm, altezza 100 cm e pendenza sponde 2/1.

Dalla vasca Vs4, si diparte un canale a U in c.a. (in blu), rivestito in pietra, largo alla base 180 cm e con altezza variabile.

Il canale si sviluppa, per 252 m, lungo il lato di monte della strada di accesso per manutenzione e raccoglie le acque di versante che su di esso insistono, e termina nel pozzetto in c.a. Vs8, avente

| | | |
|--|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 48 di 198 |

dimensioni interne 300 cm x 300 cm.

Dal pozzetto Vs8, una tubazione Di1400 in c.a.v. (in viola) sottopassa la viabilità e conduce le acque nel pozzetto Vs11, avente le stesse caratteristiche del pozzetto Vs8.

Dal pozzetto Vs8 e fino al pozzetto Vs12, si sviluppa un canale in legname e pietrame avente sezione variabile, con sezione minima di base minore 200 cm, base maggiore 300 cm, altezza 100 cm e pendenza sponde 2/1.

Separatamente da questa linea di drenaggio, se ne sviluppa un'altra che raccoglie le acque meteoriche ruscellanti al di sotto della banca 3, fra il rilevato della viabilità di servizio e l'abbancamento (in magenta).

Il tratto di monte è costituito da un canale che segue l'andamento del deposito, lungo il suo estremo sud, tra le banche 3 e 0. In corrispondenza di ogni banca è presente una vasca in c.a., che assume funzione di pozzetto di salto, al fine di ridurre la pendenza della porzione di canale a valle di esso, e di consentire la sedimentazione.

Le vasche Vs3, Vs2 e Vs1 hanno forma quadrata in pianta, con larghezza interna 300 cm (esterna 400). Il salto coperto all'interno dei pozzetti Vs3 e Vs2 è pari a 150 cm.

Le vasche sono più profonde di 50 cm rispetto al fondo fosso in uscita, al fine di ottenere un volume di sedimentazione.

I canali di collegamento fra i pozzetti sono realizzati in legname e pietrame ed hanno sezione trapezia: i canali in entrata ai pozzetti hanno base minore 50 cm, base maggiore 120 cm, altezza 70 cm e pendenza sponde 2/1; i canali in uscita da Vs3 e Vs2 hanno base minore 50 cm, base maggiore 270 cm, altezza 220 cm e pendenza sponde 2/1. Dal pozzetto di salto Vs1 si sviluppa una tubazione Di800 in c.a.v. che affluisce nella vasca Vs12 (in magenta tratteggiato), a base quadrata 500 cm x 500 cm, a raccogliere le acque provenienti dal canale proveniente da Sud e dalla tubazione Di800, da Ovest.

Da esso un manufatto scatolare in c.a., con base 200 cm ed altezza 130 cm (in marrone), si sviluppa per circa 16 m al di sotto della viabilità esistente, fino a scaricare in golena sinistra del Torrente Lemme con un canale trapezio (in azzurro), rivestito in massi cementati, di lunghezza pari a circa 94 m. La sezione corrente minima ha base minore 200 cm, base maggiore 300 cm, altezza 100 cm e pendenza sponde 2/1.

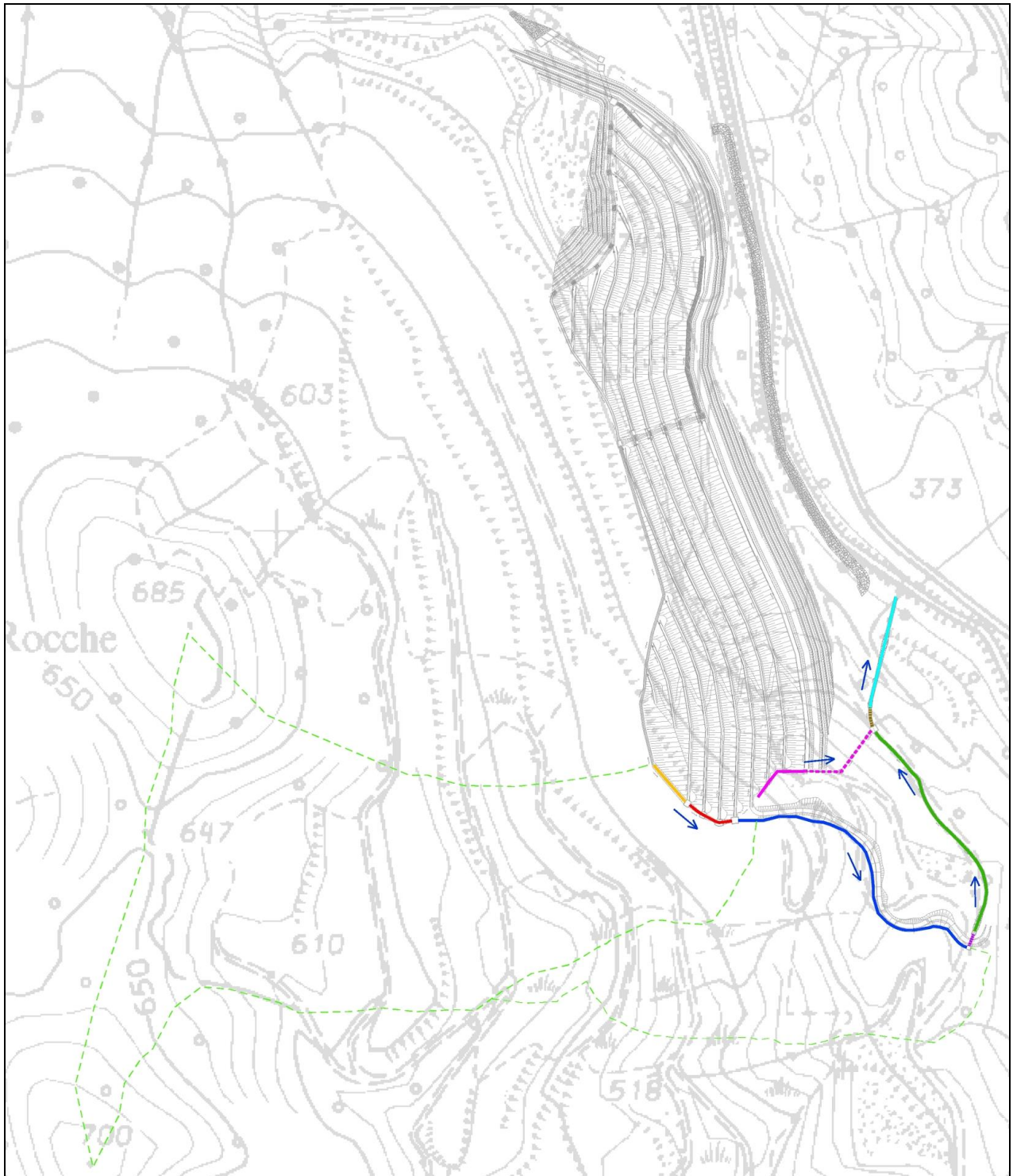


Figura 14 – Sistema compluvio sud – Schema drenaggio

4.6.2 Dimensionamento linea di drenaggio principale compluvio sud

La geometria schematica RAS è riportata in Figure 15.

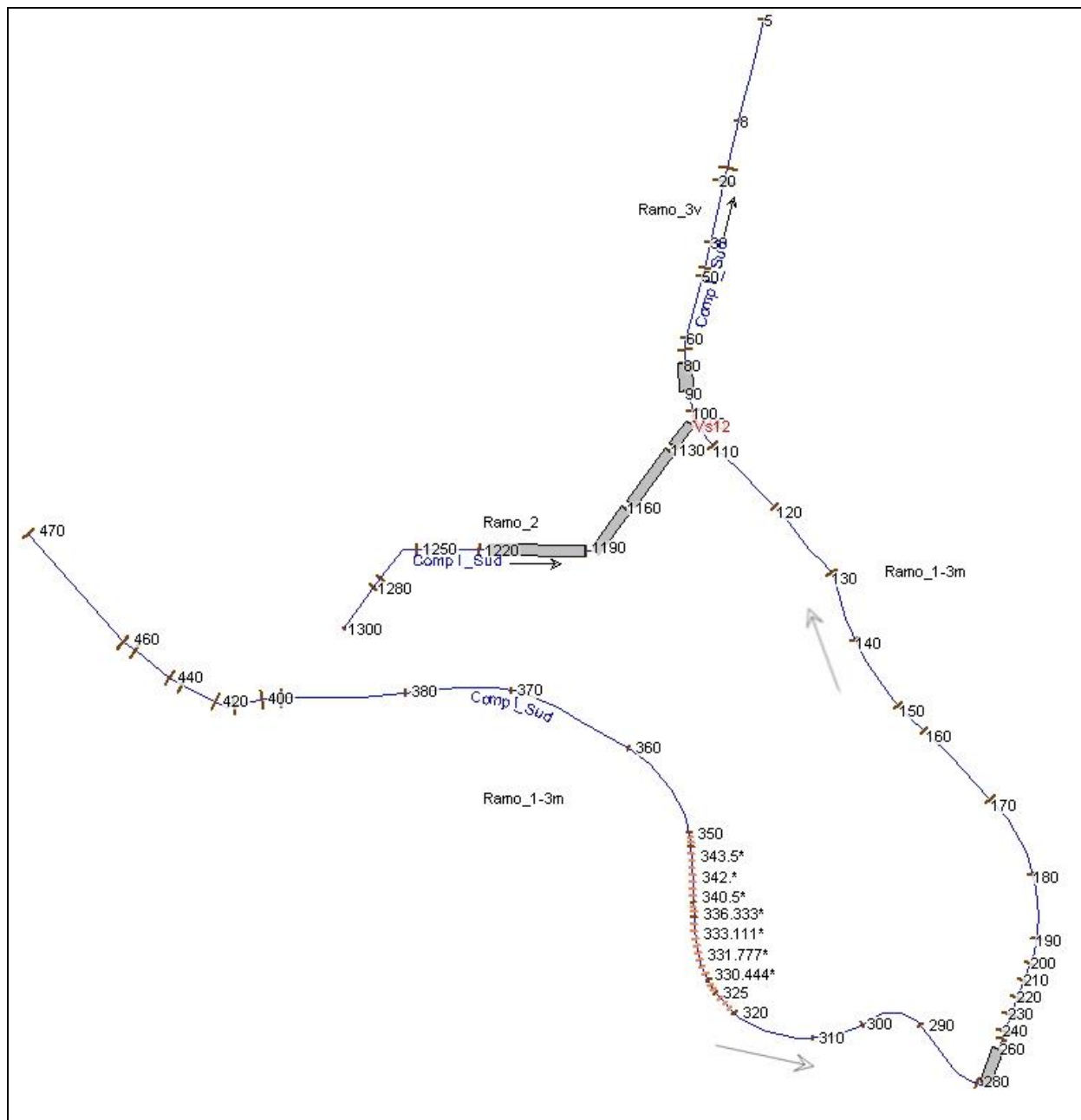


Figura 15 – Sistema compluvio sud – Geometria RAS

Le portate entranti, di competenza dei singoli tratti, calcolate per tempo di ritorno 20 anni, sono state inserite nel modello all'inizio di ogni tratto.

Il bacino di competenza del fosso di guardia dell'abbancamento e del canale a monte della strada di accesso sono stati riportati in **Figura 14** (in verde chiaro tratteggiato).

| Afflussi - Tratto fosso di guardia e compluvio discendente banche alte | | | |
|--|-----------------|---------------------------|------------------------|
| Dati | | | |
| S [km²] | 0.09814 | L [km] | 0.58 i (-) 0.41 |
| T [anni] | 20 | | |
| Parametri pluviometrici | | | |
| a | 63.48 | n | 0.5779 |
| c | 0.8 | | |
| Formulazioni | Tc [ore] | Q[m³/s] | h pioggia [mm] |
| <i>Ventura</i> | 0.062 | 4.47 | 12.76 |
| <i>Pasini</i> | 0.065 | 4.39 | 13.07 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.050 | 4.91 | 11.22 |
| Portata media affl. | | 4.59 | m³/s |

| Afflussi - Tratto monte viabilità di accesso | | | |
|--|-----------------|---------------------------|------------------------|
| Dati | | | |
| S [km²] | 0.138 | L [km] | 0.7 i (-) 0.35 |
| T [anni] | 20 | | |
| Parametri pluviometrici | | | |
| a | 63.48 | n | 0.5779 |
| c | 0.8 | | |
| Formulazioni | Tc [ore] | Q[m³/s] | h pioggia [mm] |
| <i>Ventura</i> | 0.080 | 5.66 | 14.73 |
| <i>Pasini</i> | 0.084 | 5.54 | 15.14 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.065 | 6.17 | 13.09 |
| Portata media affl. | | 5.79 | m³/s |

| Afflussi - Tratto valle viabilità di accesso | | | |
|--|--------|---------------|----------------|
| Dati | | | |
| S [km²] | 0.1544 | L [km] | 0.8 i (-) 0.36 |

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 52 di 198 |

| | | | |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|
| T [anni] | 20 | | |
| Parametri pluviometrici | | | |
| a | 63.48 | n | 0.5779 |
| c | 0.8 | | |
| Formulazioni | Tc [ore] | Q[m³/s] | h pioggia [mm] |
| <i>Ventura</i> | 0.083 | 6.22 | 15.10 |
| <i>Pasini</i> | 0.090 | 6.03 | 15.75 |
| <i>Pezzoli</i> | 0.073 | 6.56 | 14.02 |
| Portata media affl. | 6.27 m³/s | | |

| | | | | | |
|---|-----------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------|------|
| Afflussi – Ramo discendente banche basse | | | | | |
| Dati | | | | | |
| S [km²] | 0.0060 | L [km] | 0.2 | i (-) | 0.19 |
| T [anni] | 20 | | | | |
| Parametri pluviometrici | | | | | |
| a | 63.48 | n | 0.5779 | | |
| c | 0.8 | | | | |
| Formulazioni | Tc [ore] | Q[m³/s] | h pioggia [mm] | | |
| <i>Ventura</i> | 0.023 | 0.42 | 7.10 | | |
| <i>Pasini</i> | 0.026 | 0.39 | 7.76 | | |
| <i>Pezzoli</i> | 0.025 | 0.40 | 7.57 | | |
| Portata media affl. | 0.40 m³/s | | | | |

In testa al fosso di guardia proveniente da Nord, fino al pozzetto Vs4, la portata utilizzata è pari a 4.6 m³/s; nel tratto fra i pozzetti Vs4 e Vs8, la portata utilizzata è 5.8 m³/s; nel tratto tra i pozzetti Vs3 e Vs12, la portata utilizzata è 0.40 m³/s. Nel tratto finale, tra il pozzetto di confluenza Vs8 e lo scarico finale, la portata utilizzata è pari a 6.3 m³/s.

Il modello restituisce i risultati riportati in Tabella 5 ed i profili che seguono; le velocità nel tratto in legname pietrame sono contenute entro i 4.6 m/s, nei tratti più pendenti, compatibilmente con le soluzioni progettuali previste. Nel canale ad U rivestito in massi cementati le velocità arrivano a 7 m/s, mentre nel tratto terminale di scarico nel t. Lemme le velocità arrivano a 10 m/s.

| 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 |
|-----------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Ramo_2 | 1300 | Q20 | 0.40 | 438.99 | 439.30 | 439.34 | 439.50 | 0.176194 | 1.94 | 0.21 | 0.81 | 1.23 |
| Ramo_2 | 1280 | Q20 | 0.40 | 436.53 | 436.84 | 436.88 | 437.04 | 0.175892 | 1.94 | 0.21 | 0.81 | 1.23 |
| Ramo_2 | 1279 | Q20 | 0.40 | 434.53 | 435.54 | 434.65 | 435.54 | 0.000021 | 0.13 | 3.03 | 3.00 | 0.04 |
| Ramo_2 | 1271 | Q20 | 0.40 | 434.53 | 435.54 | 434.65 | 435.54 | 0.000021 | 0.13 | 3.03 | 3.00 | 0.04 |
| Ramo_2 | 1270 | Q20 | 0.40 | 435.03 | 435.38 | 435.38 | 435.53 | 0.117363 | 1.67 | 0.24 | 0.85 | 1.01 |
| Ramo_2 | 1250 | Q20 | 0.40 | 432.30 | 432.56 | 432.65 | 432.87 | 0.338425 | 2.47 | 0.16 | 0.76 | 1.71 |
| Ramo_2 | 1249 | Q20 | 0.40 | 430.30 | 431.31 | 430.42 | 431.31 | 0.000021 | 0.13 | 3.03 | 3.00 | 0.04 |
| Ramo_2 | 1241 | Q20 | 0.40 | 430.30 | 431.31 | 430.42 | 431.31 | 0.000021 | 0.13 | 3.03 | 3.00 | 0.04 |
| Ramo_2 | 1240 | Q20 | 0.40 | 430.80 | 431.15 | 431.15 | 431.30 | 0.117363 | 1.67 | 0.24 | 0.85 | 1.01 |
| Ramo_2 | 1220 | Q20 | 0.40 | 426.65 | 426.84 | 427.00 | 427.51 | 0.991614 | 3.64 | 0.11 | 0.69 | 2.90 |
| Ramo_2 | 1219 | Q20 | 0.40 | 420.00 | 420.71 | 420.12 | 420.71 | 0.000059 | 0.19 | 2.12 | 3.00 | 0.07 |
| Ramo_2 | 1210 | Q20 | 0.40 | 420.00 | 420.71 | 420.12 | 420.71 | 0.000059 | 0.19 | 2.12 | 3.00 | 0.07 |
| Ramo_2 | 1200 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Ramo_2 | 1190 | Q20 | 0.40 | 419.85 | 420.55 | 419.97 | 420.55 | 0.000028 | 0.19 | 2.10 | 3.00 | 0.07 |
| Ramo_2 | 1180 | Q20 | 0.40 | 419.85 | 420.55 | 419.97 | 420.55 | 0.000028 | 0.19 | 2.10 | 3.00 | 0.07 |
| Ramo_2 | 1170 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Ramo_2 | 1160 | Q20 | 0.40 | 414.34 | 415.04 | 414.46 | 415.04 | 0.000028 | 0.19 | 2.10 | 3.00 | 0.07 |
| Ramo_2 | 1150 | Q20 | 0.40 | 414.34 | 415.04 | 414.46 | 415.04 | 0.000028 | 0.19 | 2.10 | 3.00 | 0.07 |
| Ramo_2 | 1140 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Ramo_2 | 1130 | Q20 | 0.40 | 402.85 | 403.55 | 402.97 | 403.55 | 0.000028 | 0.19 | 2.10 | 3.00 | 0.07 |
| Ramo_2 | 1120 | Q20 | 0.40 | 402.85 | 403.55 | 402.97 | 403.55 | 0.000028 | 0.19 | 2.10 | 3.00 | 0.07 |
| Ramo_2 | 1110 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Ramo_2 | 1100 | Q20 | 0.40 | 401.34 | 401.58 | 401.58 | 401.69 | 0.013789 | 1.48 | 0.27 | 1.24 | 1.01 |
| Ramo_1-3m | 470 | Q20 | 4.60 | 456.61 | 458.22 | 457.55 | 458.28 | 0.007695 | 1.10 | 4.17 | 4.00 | 0.34 |
| Ramo_1-3m | 460 | Q20 | 4.60 | 456.30 | 457.24 | 457.24 | 457.56 | 0.070860 | 2.52 | 1.83 | 2.88 | 1.01 |
| Ramo_1-3m | 459 | Q20 | 4.60 | 454.50 | 456.50 | 454.94 | 456.51 | 0.000053 | 0.46 | 9.99 | 5.00 | 0.10 |
| Ramo_1-3m | 451 | Q20 | 4.60 | 454.50 | 456.50 | 454.94 | 456.51 | 0.000053 | 0.46 | 9.99 | 5.00 | 0.10 |
| Ramo_1-3m | 450 | Q20 | 4.60 | 455.00 | 456.07 | 456.07 | 456.47 | 0.091942 | 2.81 | 1.64 | 2.07 | 1.01 |
| Ramo_1-3m | 440 | Q20 | 4.60 | 453.11 | 453.92 | 454.17 | 454.75 | 0.238002 | 4.02 | 1.15 | 1.81 | 1.61 |
| Ramo_1-3m | 439 | Q20 | 4.60 | 450.11 | 452.11 | 450.55 | 452.12 | 0.000053 | 0.46 | 9.99 | 5.00 | 0.10 |
| Ramo_1-3m | 431 | Q20 | 4.60 | 450.11 | 452.11 | 450.55 | 452.12 | 0.000053 | 0.46 | 9.99 | 5.00 | 0.10 |
| Ramo_1-3m | 430 | Q20 | 4.60 | 450.61 | 451.68 | 451.68 | 452.08 | 0.092000 | 2.81 | 1.64 | 2.07 | 1.01 |
| Ramo_1-3m | 420 | Q20 | 4.60 | 448.99 | 449.81 | 450.05 | 450.62 | 0.234336 | 3.99 | 1.15 | 1.82 | 1.60 |
| Ramo_1-3m | 419 | Q20 | 4.60 | 445.99 | 447.99 | 446.43 | 448.00 | 0.000053 | 0.46 | 9.99 | 5.00 | 0.10 |
| Ramo_1-3m | 411 | Q20 | 4.60 | 445.99 | 447.99 | 446.43 | 448.00 | 0.000053 | 0.46 | 9.99 | 5.00 | 0.10 |
| Ramo_1-3m | 410 | Q20 | 4.60 | 446.49 | 447.56 | 447.56 | 447.96 | 0.091920 | 2.81 | 1.64 | 2.07 | 1.01 |
| Ramo_1-3m | 400 | Q20 | 4.60 | 444.83 | 445.56 | 445.89 | 446.65 | 0.346968 | 4.63 | 0.99 | 1.73 | 1.95 |
| Ramo_1-3m | 399 | Q20 | 4.60 | 444.33 | 446.17 | 444.77 | 446.18 | 0.000067 | 0.50 | 9.20 | 5.00 | 0.12 |
| Ramo_1-3m | 391 | Q20 | 4.60 | 444.33 | 446.17 | 444.77 | 446.18 | 0.000067 | 0.50 | 9.20 | 5.00 | 0.12 |
| Ramo_1-3m | 390 | Q20 | 4.60 | 444.83 | 445.70 | 445.70 | 446.14 | 0.007382 | 2.94 | 1.57 | 1.80 | 1.00 |
| Ramo_1-3m | 380 | Q20 | 5.80 | 442.37 | 442.85 | 443.39 | 445.19 | 0.136167 | 6.78 | 0.86 | 1.80 | 3.14 |
| Ramo_1-3m | 370 | Q20 | 5.80 | 441.18 | 442.62 | 442.20 | 442.87 | 0.006922 | 2.24 | 2.59 | 1.80 | 0.60 |
| Ramo_1-3m | 360 | Q20 | 5.80 | 440.95 | 441.97 | 441.97 | 442.48 | 0.016873 | 3.17 | 1.83 | 1.80 | 1.00 |
| Ramo_1-3m | 350 | Q20 | 5.80 | 438.90 | 439.43 | 439.92 | 441.34 | 0.102282 | 6.13 | 0.95 | 1.80 | 2.70 |
| Ramo_1-3m | 349 | Q20 | 5.80 | 435.59 | 438.08 | 436.61 | 438.17 | 0.001811 | 1.29 | 4.49 | 1.80 | 0.26 |
| Ramo_1-3m | 347.666* | Q20 | 5.80 | 435.59 | 438.08 | 436.61 | 438.17 | 0.001816 | 1.29 | 4.48 | 1.80 | 0.26 |
| Ramo_1-3m | 346.333* | Q20 | 5.80 | 435.59 | 438.08 | 436.61 | 438.16 | 0.001820 | 1.29 | 4.48 | 1.80 | 0.26 |
| Ramo_1-3m | 345 | Q20 | 5.80 | 435.59 | 438.08 | 436.61 | 438.16 | 0.001825 | 1.30 | 4.47 | 1.80 | 0.26 |
| Ramo_1-3m | 344 | Q20 | 5.80 | 436.59 | 437.61 | 437.61 | 438.12 | 0.016856 | 3.17 | 1.83 | 1.80 | 1.00 |
| Ramo_1-3m | 343.5* | Q20 | 5.80 | 436.44 | 437.27 | 437.46 | 438.05 | 0.029549 | 3.92 | 1.48 | 1.80 | 1.38 |
| Ramo_1-3m | 343.* | Q20 | 5.80 | 436.01 | 436.70 | 437.02 | 437.80 | 0.046801 | 4.64 | 1.25 | 1.80 | 1.78 |
| Ramo_1-3m | 341.5* | Q20 | 5.80 | 435.86 | 436.53 | 436.87 | 437.70 | 0.050813 | 4.78 | 1.21 | 1.80 | 1.86 |
| Ramo_1-3m | 341.* | Q20 | 5.80 | 435.71 | 436.37 | 436.73 | 437.59 | 0.054149 | 4.89 | 1.19 | 1.80 | 1.92 |
| Ramo_1-3m | 340.5* | Q20 | 5.80 | 435.57 | 436.21 | 436.58 | 437.48 | 0.057202 | 4.99 | 1.16 | 1.80 | 1.98 |
| Ramo_1-3m | 340 | Q20 | 5.80 | 435.42 | 436.06 | 436.44 | 437.36 | 0.059592 | 5.06 | 1.15 | 1.80 | 2.02 |
| Ramo_1-3m | 339 | Q20 | 5.80 | 434.19 | 434.64 | 435.21 | 437.23 | 0.157399 | 7.13 | 0.81 | 1.80 | 3.38 |
| Ramo_1-3m | 337.666* | Q20 | 5.80 | 434.19 | 436.13 | 435.21 | 436.27 | 0.003325 | 1.67 | 3.48 | 1.80 | 0.38 |
| Ramo_1-3m | 336.333* | Q20 | 5.80 | 434.19 | 436.12 | 435.21 | 436.26 | 0.003347 | 1.67 | 3.47 | 1.80 | 0.38 |
| Ramo_1-3m | 335 | Q20 | 5.80 | 434.19 | 436.11 | 435.21 | 436.26 | 0.003372 | 1.68 | 3.46 | 1.80 | 0.39 |

Tabella 5 – Sistema pluviario sud – Tabella RAS (Parte 1 di 2)

| 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 |
|-----------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Ramo_1-3m | 334 | Q20 | 5.80 | 434.69 | 435.71 | 435.71 | 436.22 | 0.016871 | 3.17 | 1.83 | 1.80 | 1.00 |
| Ramo_1-3m | 333.555* | Q20 | 5.80 | 434.58 | 435.44 | 435.60 | 436.16 | 0.026521 | 3.76 | 1.54 | 1.80 | 1.30 |
| Ramo_1-3m | 333.111* | Q20 | 5.80 | 434.47 | 435.27 | 435.48 | 436.09 | 0.031487 | 4.01 | 1.45 | 1.80 | 1.43 |
| Ramo_1-3m | 332.666* | Q20 | 5.80 | 434.35 | 435.12 | 435.37 | 436.02 | 0.035521 | 4.19 | 1.38 | 1.80 | 1.53 |
| Ramo_1-3m | 332.222* | Q20 | 5.80 | 434.24 | 434.99 | 435.26 | 435.94 | 0.038775 | 4.33 | 1.34 | 1.80 | 1.60 |
| Ramo_1-3m | 331.777* | Q20 | 5.80 | 434.13 | 434.86 | 435.15 | 435.85 | 0.041101 | 4.42 | 1.31 | 1.80 | 1.65 |
| Ramo_1-3m | 331.333* | Q20 | 5.80 | 434.02 | 434.73 | 435.03 | 435.77 | 0.043300 | 4.51 | 1.29 | 1.80 | 1.70 |
| Ramo_1-3m | 330.888* | Q20 | 5.80 | 433.91 | 434.61 | 434.92 | 435.68 | 0.045120 | 4.57 | 1.27 | 1.80 | 1.74 |
| Ramo_1-3m | 330.444* | Q20 | 5.80 | 433.79 | 434.49 | 434.81 | 435.58 | 0.046773 | 4.64 | 1.25 | 1.80 | 1.77 |
| Ramo_1-3m | 330 | Q20 | 5.80 | 433.68 | 434.37 | 434.70 | 435.49 | 0.048224 | 4.69 | 1.24 | 1.80 | 1.80 |
| Ramo_1-3m | 329 | Q20 | 5.80 | 429.58 | 432.07 | 430.59 | 432.15 | 0.001811 | 1.29 | 4.49 | 1.80 | 0.26 |
| Ramo_1-3m | 327.666* | Q20 | 5.80 | 429.58 | 432.07 | 430.59 | 432.15 | 0.001815 | 1.29 | 4.48 | 1.80 | 0.26 |
| Ramo_1-3m | 326.333* | Q20 | 5.80 | 429.58 | 432.06 | 430.59 | 432.15 | 0.001820 | 1.29 | 4.48 | 1.80 | 0.26 |
| Ramo_1-3m | 325 | Q20 | 5.80 | 429.58 | 432.06 | 430.59 | 432.15 | 0.001825 | 1.30 | 4.47 | 1.80 | 0.26 |
| Ramo_1-3m | 324 | Q20 | 5.80 | 430.58 | 431.59 | 431.59 | 432.10 | 0.016882 | 3.17 | 1.83 | 1.80 | 1.01 |
| Ramo_1-3m | 323.* | Q20 | 5.80 | 430.29 | 431.02 | 431.31 | 432.01 | 0.040521 | 4.40 | 1.32 | 1.80 | 1.64 |
| Ramo_1-3m | 322.* | Q20 | 5.80 | 430.01 | 430.66 | 431.02 | 431.90 | 0.055118 | 4.92 | 1.18 | 1.80 | 1.94 |
| Ramo_1-3m | 321.* | Q20 | 5.80 | 429.72 | 430.33 | 430.74 | 431.76 | 0.067660 | 5.30 | 1.10 | 1.80 | 2.17 |
| Ramo_1-3m | 320 | Q20 | 5.80 | 429.44 | 430.02 | 430.46 | 431.61 | 0.078584 | 5.59 | 1.04 | 1.80 | 2.35 |
| Ramo_1-3m | 310 | Q20 | 5.80 | 429.06 | 430.08 | 430.08 | 430.59 | 0.016879 | 3.17 | 1.83 | 1.80 | 1.01 |
| Ramo_1-3m | 300 | Q20 | 5.80 | 428.77 | 429.70 | 429.79 | 430.31 | 0.021071 | 3.45 | 1.68 | 1.80 | 1.14 |
| Ramo_1-3m | 290 | Q20 | 5.80 | 428.30 | 429.68 | 429.32 | 429.96 | 0.007646 | 2.33 | 2.49 | 1.80 | 0.63 |
| Ramo_1-3m | 280 | Q20 | 5.80 | 428.16 | 429.18 | 429.18 | 429.69 | 0.016806 | 3.17 | 1.83 | 1.80 | 1.00 |
| Ramo_1-3m | 279 | Q20 | 5.80 | 424.91 | 427.91 | 425.63 | 427.93 | 0.000120 | 0.64 | 9.00 | 3.00 | 0.12 |
| Ramo_1-3m | 270 | Q20 | 5.80 | 424.91 | 427.91 | 425.63 | 427.93 | 0.000120 | 0.64 | 9.00 | 3.00 | 0.12 |
| Ramo_1-3m | 265 | | Culvert | | | | | | | | | |
| Ramo_1-3m | 260 | Q20 | 5.80 | 424.61 | 425.94 | 425.33 | 426.05 | 0.000973 | 1.45 | 3.99 | 3.00 | 0.40 |
| Ramo_1-3m | 250 | Q20 | 5.80 | 424.61 | 425.94 | 425.33 | 426.04 | 0.000981 | 1.46 | 3.98 | 3.00 | 0.40 |
| Ramo_1-3m | 240 | Q20 | 6.30 | 424.56 | 425.86 | 425.48 | 426.03 | 0.023555 | 1.82 | 3.46 | 3.30 | 0.57 |
| Ramo_1-3m | 230 | Q20 | 6.30 | 424.45 | 425.74 | 425.37 | 425.91 | 0.024510 | 1.85 | 3.41 | 3.29 | 0.58 |
| Ramo_1-3m | 220 | Q20 | 6.30 | 424.33 | 425.61 | 425.25 | 425.79 | 0.024931 | 1.86 | 3.38 | 3.28 | 0.59 |
| Ramo_1-3m | 210 | Q20 | 6.30 | 424.22 | 425.47 | 425.14 | 425.66 | 0.027249 | 1.92 | 3.28 | 3.25 | 0.61 |
| Ramo_1-3m | 200 | Q20 | 6.30 | 424.11 | 425.03 | 425.03 | 425.42 | 0.074352 | 2.78 | 2.27 | 2.92 | 1.01 |
| Ramo_1-3m | 190 | Q20 | 6.30 | 423.10 | 423.78 | 424.02 | 424.58 | 0.201070 | 3.96 | 1.59 | 2.68 | 1.64 |
| Ramo_1-3m | 180 | Q20 | 6.30 | 420.85 | 421.72 | 421.77 | 422.17 | 0.088589 | 2.96 | 2.13 | 2.87 | 1.10 |
| Ramo_1-3m | 170 | Q20 | 6.30 | 417.25 | 417.89 | 418.17 | 418.81 | 0.248222 | 4.27 | 1.48 | 2.64 | 1.82 |
| Ramo_1-3m | 160 | Q20 | 6.30 | 413.61 | 414.47 | 414.53 | 414.93 | 0.092851 | 3.01 | 2.09 | 2.86 | 1.12 |
| Ramo_1-3m | 150 | Q20 | 6.30 | 412.72 | 413.59 | 413.64 | 414.04 | 0.089109 | 2.96 | 2.13 | 2.87 | 1.10 |
| Ramo_1-3m | 140 | Q20 | 6.30 | 410.59 | 411.42 | 411.51 | 411.92 | 0.105660 | 3.15 | 2.00 | 2.83 | 1.20 |
| Ramo_1-3m | 130 | Q20 | 6.30 | 408.04 | 408.77 | 408.96 | 409.44 | 0.156040 | 3.62 | 1.74 | 2.73 | 1.45 |
| Ramo_1-3m | 120 | Q20 | 6.30 | 404.89 | 405.70 | 405.81 | 406.23 | 0.112875 | 3.23 | 1.95 | 2.81 | 1.24 |
| Ramo_1-3m | 110 | Q20 | 6.30 | 402.22 | 403.03 | 403.14 | 403.56 | 0.112044 | 3.22 | 1.96 | 2.81 | 1.23 |
| Ramo_3v | 100 | Q20 | 6.30 | 400.51 | 401.21 | 401.43 | 401.96 | 0.181632 | 3.82 | 1.65 | 2.70 | 1.56 |
| Ramo_3v | 90 | Q20 | 6.30 | 399.30 | 400.70 | 400.22 | 400.84 | 0.018375 | 1.66 | 3.79 | 3.40 | 0.50 |
| Ramo_3v | 85 | | Bridge | | | | | | | | | |
| Ramo_3v | 80 | Q20 | 6.30 | 398.30 | 398.80 | 399.22 | 400.40 | 0.076834 | 5.61 | 1.12 | 2.50 | 2.67 |
| Ramo_3v | 70 | Q20 | 6.30 | 398.14 | 398.67 | 399.06 | 400.09 | 0.064863 | 5.29 | 1.19 | 2.53 | 2.46 |
| Ramo_3v | 60 | Q20 | 6.30 | 398.00 | 398.54 | 398.92 | 399.87 | 0.058484 | 5.11 | 1.23 | 2.54 | 2.34 |
| Ramo_3v | 50 | Q20 | 6.30 | 391.00 | 391.27 | 391.92 | 397.16 | 0.530571 | 10.75 | 0.59 | 2.27 | 6.76 |
| Ramo_3v | 40 | Q20 | 6.30 | 390.00 | 390.28 | 390.92 | 395.80 | 0.480551 | 10.41 | 0.61 | 2.28 | 6.45 |
| Ramo_3v | 30 | Q20 | 6.30 | 389.00 | 389.95 | 389.92 | 392.93 | 0.251027 | 8.39 | 0.75 | 2.35 | 4.73 |
| Ramo_3v | 20 | Q20 | 6.30 | 388.50 | 389.03 | 389.42 | 390.42 | 0.062379 | 5.22 | 1.21 | 2.53 | 2.42 |
| Ramo_3v | 10 | Q20 | 6.30 | 388.38 | 388.95 | 389.30 | 390.15 | 0.050215 | 4.84 | 1.30 | 2.57 | 2.17 |
| Ramo_3v | 8 | Q20 | 6.30 | 388.00 | 388.65 | 388.92 | 389.53 | 0.032637 | 4.17 | 1.51 | 2.65 | 1.76 |
| Ramo_3v | 5 | Q20 | 6.30 | 374.00 | 374.92 | 374.92 | 375.31 | 0.010488 | 2.78 | 2.27 | 2.92 | 1.01 |

Tabella 6 – Sistema pluviometrico sud – Tabella RAS (Parte 2 di 2)

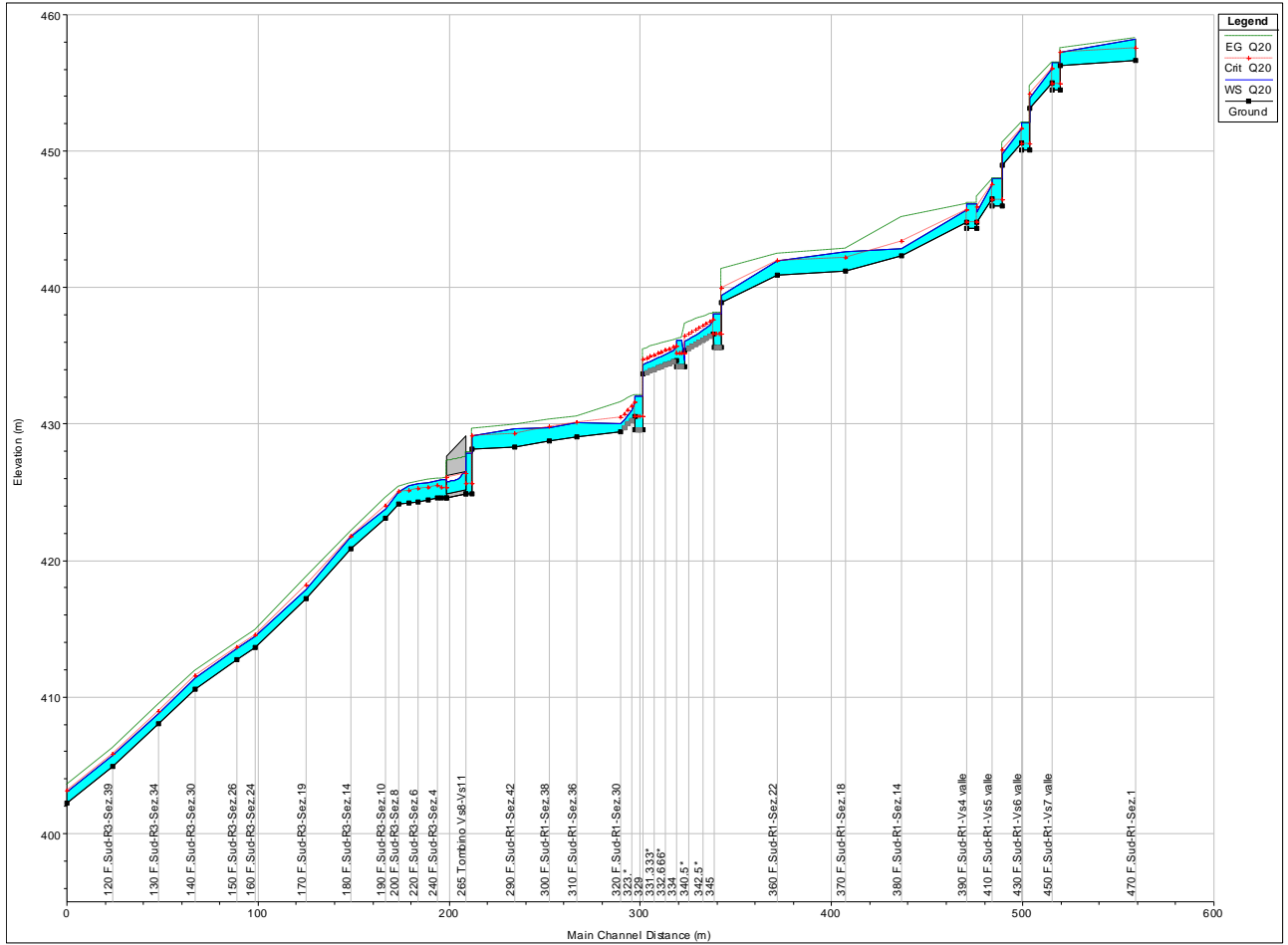


Figura 16 – Sistema compluvio sud (Ramo 1-3 monte) - Scolo versante fino al canale ad U – Profilo RAS

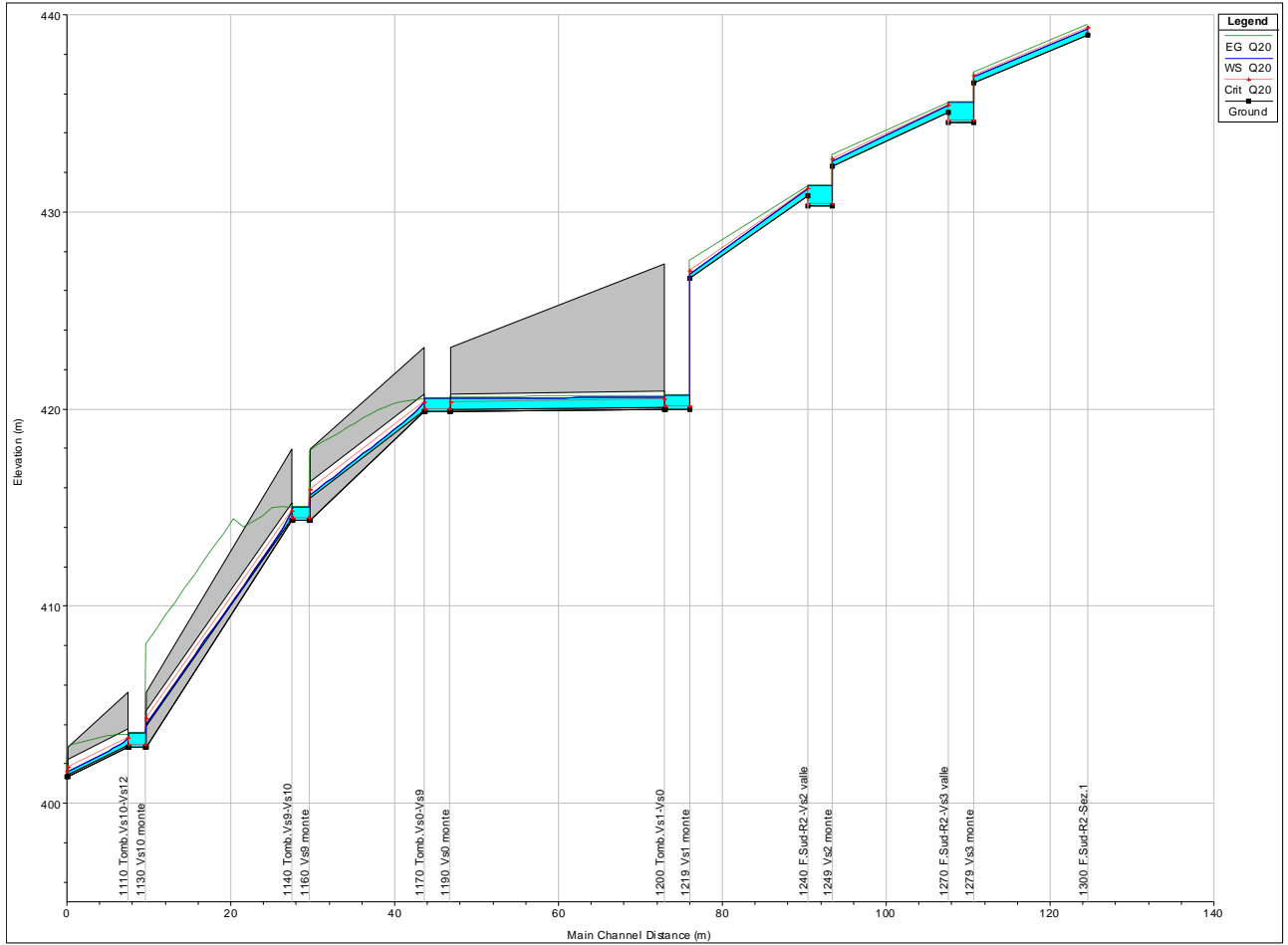


Figura 17 – Sistema compluvio sud (Ramo 2) - Scolo Abbancamento – Profilo RAS

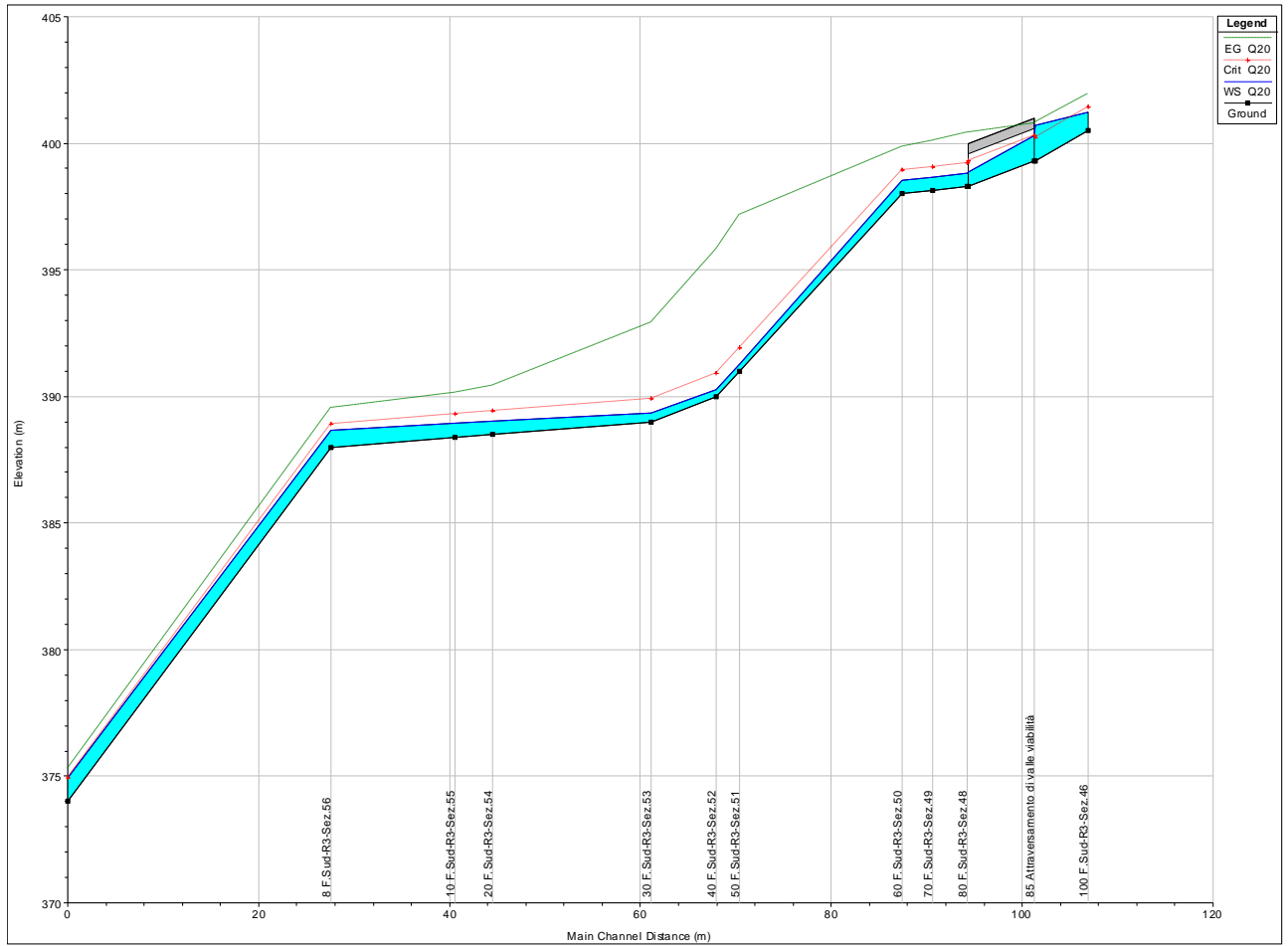
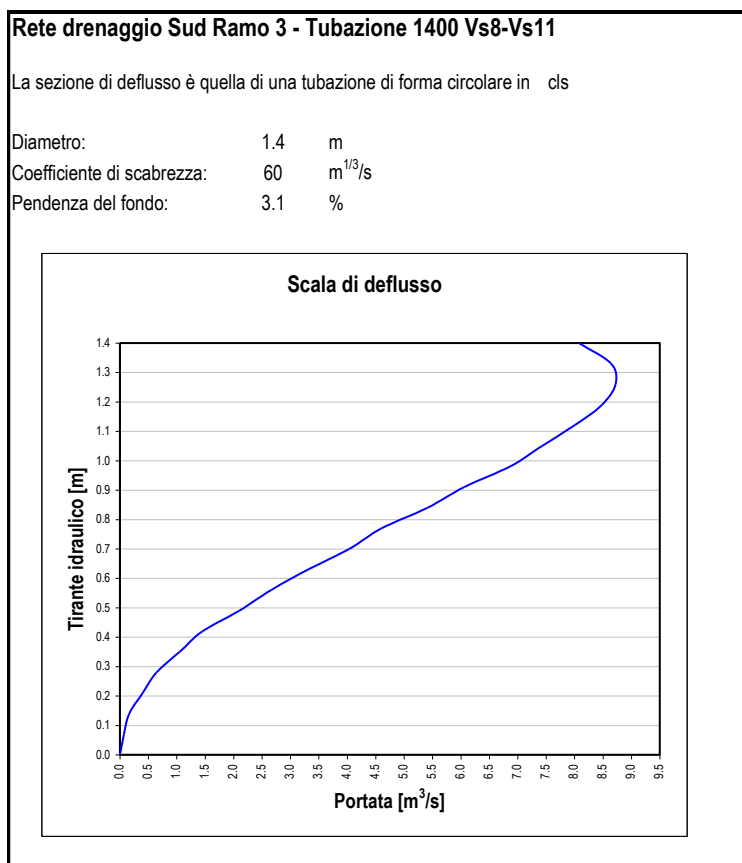


Figura 18 – Sistema compluvio sud (Ramo 3 valle) – Scarico finale – Profilo RAS

4.6.3 Verifica in moto uniforme tubazioni

In corrispondenza delle tubazioni, presenti lungo le linee del compluvio, è stata realizzata anche la verifica in moto uniforme della capacità di smaltimento della sezione.

Per quanto riguarda la tubazione $V_{s8}-V_{s11}$ in cls Di1400, all'inizio del ramo 3, la portata di riferimento nel tratto, pari a $5.80 \text{ m}^3/\text{s}$, è smaltita dalla sezione con grado di riempimento pari al 65%, corrispondente ad un tirante di circa 90 cm; tale valore è compatibile con quanto calcolato con il modello RAS.



Per quanto riguarda la tubazione $V_{s1}-V_{s0}$ in cls Di800, lungo il ramo 2, la portata di riferimento nel tratto, pari a $0.40 \text{ m}^3/\text{s}$, è smaltita dalla sezione con grado di riempimento pari al 55%, corrispondente ad un tirante di circa 45 cm.

Per quanto riguarda la tubazione $V_{s0}-V_{s9}$ in cls Di800, lungo il ramo 2, la portata di riferimento nel tratto, pari a $0.40 \text{ m}^3/\text{s}$, è smaltita dalla sezione con grado di riempimento pari al 20%, corrispondente ad un tirante di circa 15 cm.

Per quanto riguarda la tubazione $V_{s9}-V_{s10}$ in cls Di800, lungo il ramo 2, la portata di riferimento nel tratto, pari a $0.40 \text{ m}^3/\text{s}$, è smaltita dalla sezione con grado di riempimento pari al 16%, corrispondente ad un tirante di circa 13 cm.

Per quanto riguarda la tubazione $V_{s10}-V_{s12}$ in cls Di800, lungo il ramo 2, la portata di riferimento nel tratto, pari a $0.40 \text{ m}^3/\text{s}$, è smaltita dalla sezione con grado di riempimento pari al 21%, corrispondente ad un tirante di circa 17 cm.

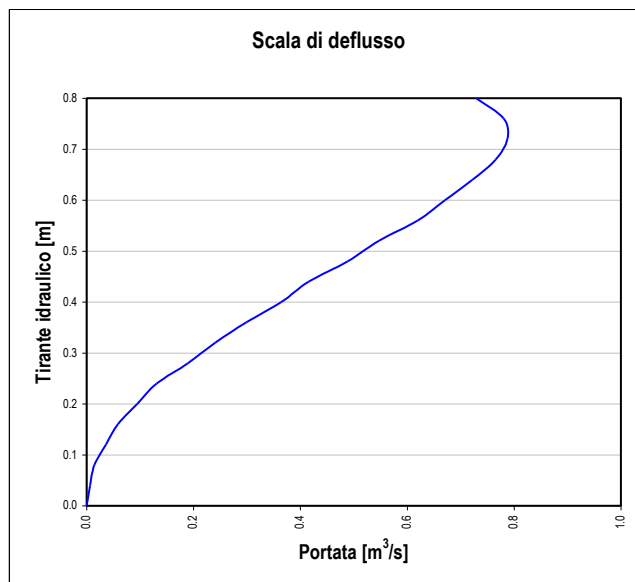
Tali valori sono assolutamente compatibili con quanto calcolato con il modello RAS.

Si riportano a seguire le scale di deflusso nelle varie sezioni.

Rete drenaggio Sud Ramo 2 - Tubazione 800 Vs1-Vs0

La sezione di deflusso è quella di una tubazione di forma circolare in cls

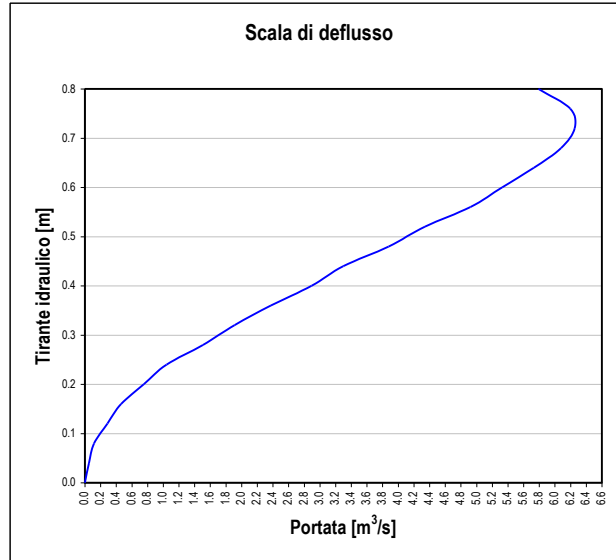
Diametro: 0.8 m
 Coefficiente di scabrezza: 60 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$
 Pendenza del fondo: 0.5 %



Rete drenaggio Sud Ramo 2 - Tubazione 800 Vs0-Vs9

La sezione di deflusso è quella di una tubazione di forma circolare in cls

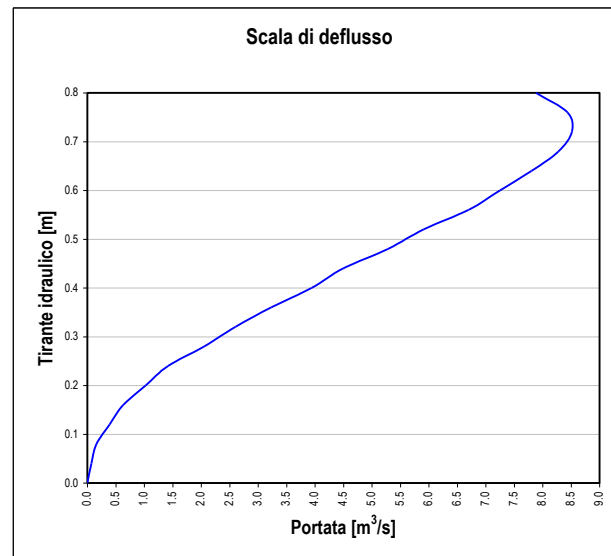
Diametro: 0.8 m
Coefficiente di scabrezza: 60 m^{1/3}/s
Pendenza del fondo: 31.5 %



Rete drenaggio Sud Ramo 2 - Tubazione 800 Vs9-Vs10

La sezione di deflusso è quella di una tubazione di forma circolare in cls

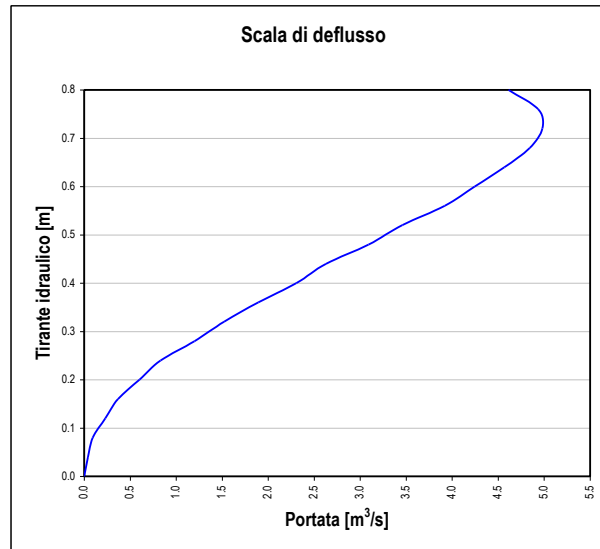
Diametro: 0.8 m
Coefficiente di scabrezza: 60 m^{1/3}/s
Pendenza del fondo: 58.4 %



Rete drenaggio Sud Ramo 2 - Tubazione 800 Vs10-Vs12

La sezione di deflusso è quella di una tubazione di forma circolare in cls

Diametro: 0.8 m
 Coefficiente di scabrezza: 60 $m^{1/3}/s$
 Pendenza del fondo: 20 %



4.7 Verifica protezione fondo e sponde t. Lemme allo scarico Fosso drenante sud

In corrispondenza della confluenza del Fosso drenante sud - Ramo 3 in Torrente Lemme, viste le velocità previste in tale tratto, pari a 2.80 m/s, si prevede di proteggere il fondo alveo del t. Lemme con massi ciclopici posati alla rinfusa, aventi un volume minimo pari a $1 m^3$, in linea con le indicazioni della Regione Piemonte Opere Pubbliche Settore Difesa del Suolo, cautelativo rispetto alla velocità massima dell'acqua che si verifica nel tratto di interesse del T.Lemme, pari a 5 m/s (alla quale sarebbe associata una dimensione minima del masso pari a $0.5 m^3$ per evitare la sua movimentazione).

Tale lavorazione si estende per circa 30 m a valle e 20 a monte dell'immissione e interessa la completezza dell'alveo e le sponde. L'affondamento dell'intervento è di circa 1 m al di sotto del piano dell'alveo (Figura 19).

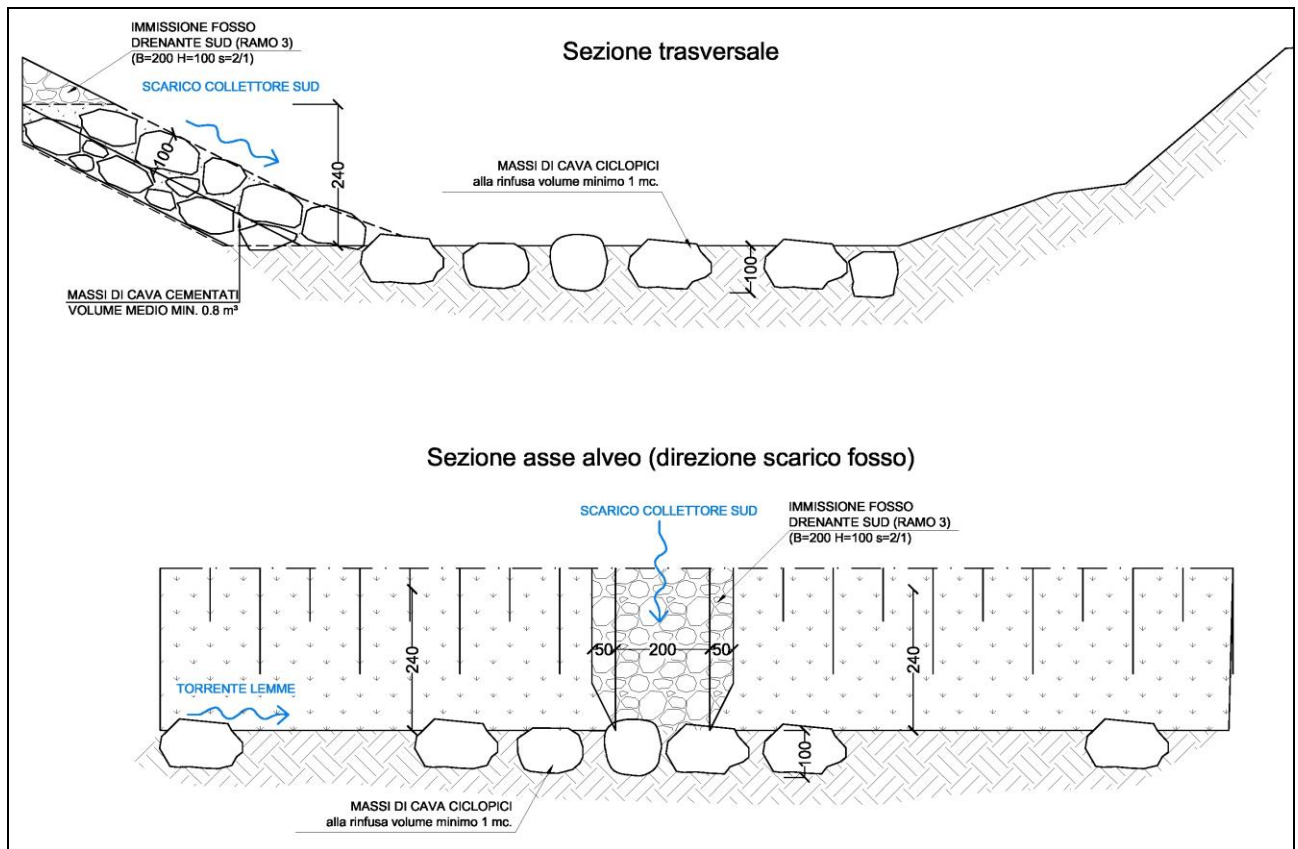


Figura 19 – Sezione trasversale (sopra) e longitudinale (sotto) t. Lemme, in corrispondenza dello scarico Fosso drenante sud

Le formule di uso più comune, derivate dagli studi di Shields sul trasporto solido, definiscono la velocità critica v_{cr} che dà luogo al moto in funzione del diametro equivalente d della particella immersa nella corrente secondo la seguente espressione

$$v_{cr} = k \cdot d^{0.5}$$

con v_{cr} espresso in m/s e d in metri.

Il coefficiente k assume valori variabili fra 4 e 8; nella comune pratica progettuale¹ si assume per $k=5$.

Assumendo come velocità critica la velocità della corrente e risolvendo l'espressione secondo d , si ottiene la dimensione minima del masso da utilizzare nel caso esaminato.

¹ L. Da Deppo-C. Datei-P. Salandin: Sistemazione dei corsi d'acqua, Cortina edizioni, Padova 1997.

| | | |
|---|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 63 di 198 |

La velocità che interessa è quella al fondo: nel caso in cui il battente idrico sia molto maggiore della dimensione del materiale la velocità al fondo può essere assunta pari al 75% della velocità media; nel caso in cui invece la dimensione del materiale sia confrontabile con la profondità della corrente è bene assumere come velocità al fondo la velocità media.

Si è assunto un valore di velocità pari alla massima che si verifica nel tratto interessato.

Nel tratto terminale del compluvio sud la velocità massima, secondo la simulazione RAS per TR=20 anni, è pari a 2.8 m/s circa; il dimensionamento dei massi di protezione è quindi sviluppato per la massima velocità del t. Lemme, pari a 5 m/s. Dato un volume minimo, da calcolo, pari a 0.5 m³, è stato assunto cautelativamente un volume minimo dei massi di 1 m³.

| | | |
|---|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme | Foglio 64 di 198 |

4.8 Protezione al piede terra rinforzata con gabbionata

Le planimetrie degli allagamenti (cfr.tavole allegate al presente progetto: DP04IG51-01-E-CVP7DP0400006B00 Planimetria aree di esondazione TR=200 anni, DP04IG51-01-E-CVP7DP0400007B0 Planimetria aree di esondazione TR=500 anni) determinati dagli eventi di piena del T. Lemme per tempo di ritorno 200 e 500 anni, evidenziano un tratto, compreso tra le sezioni di progetto dell'abbancamento 14 e 21, lungo il quale l'acqua riesce a raggiungere il piede della terra rinforzata.

In questo tratto, lungo circa 195 m, si prevede la realizzazione di una protezione del piede delle terre rinforzate con geostuoia antiersiva rinforzata con rete metallica a doppia torsione; tale protezione viene applicata per 1.5 m fuori terra e 1 m al di sotto del piano campagna.

La rete metallica protegge la terra rinforzata dagli urti causati dai corpi in sospensione, mentre una georete in polipropilene stabilizzata in UV e solidale alla griglia metallica consente di trattenere il materiale fine all'interno del corpo delle terre rinforzate durante gli episodi di innalzamento del battente idrico del torrente, evitando fenomeni di svuotamento.

Si sottolinea che i tiranti idrici che si verificano contro le protezioni delle terre rinforzate, sono contenuti in generale entro 1 m, con un locale tratto con livelli fino a 1.4 m; la velocità in golena, nel tratto interessato, è inferiore a 0.75 m/s.

La sezione tipo dell'intervento è riportata in Figura 20. Si faccia riferimento alle tavole allegate per ogni dettaglio in merito.

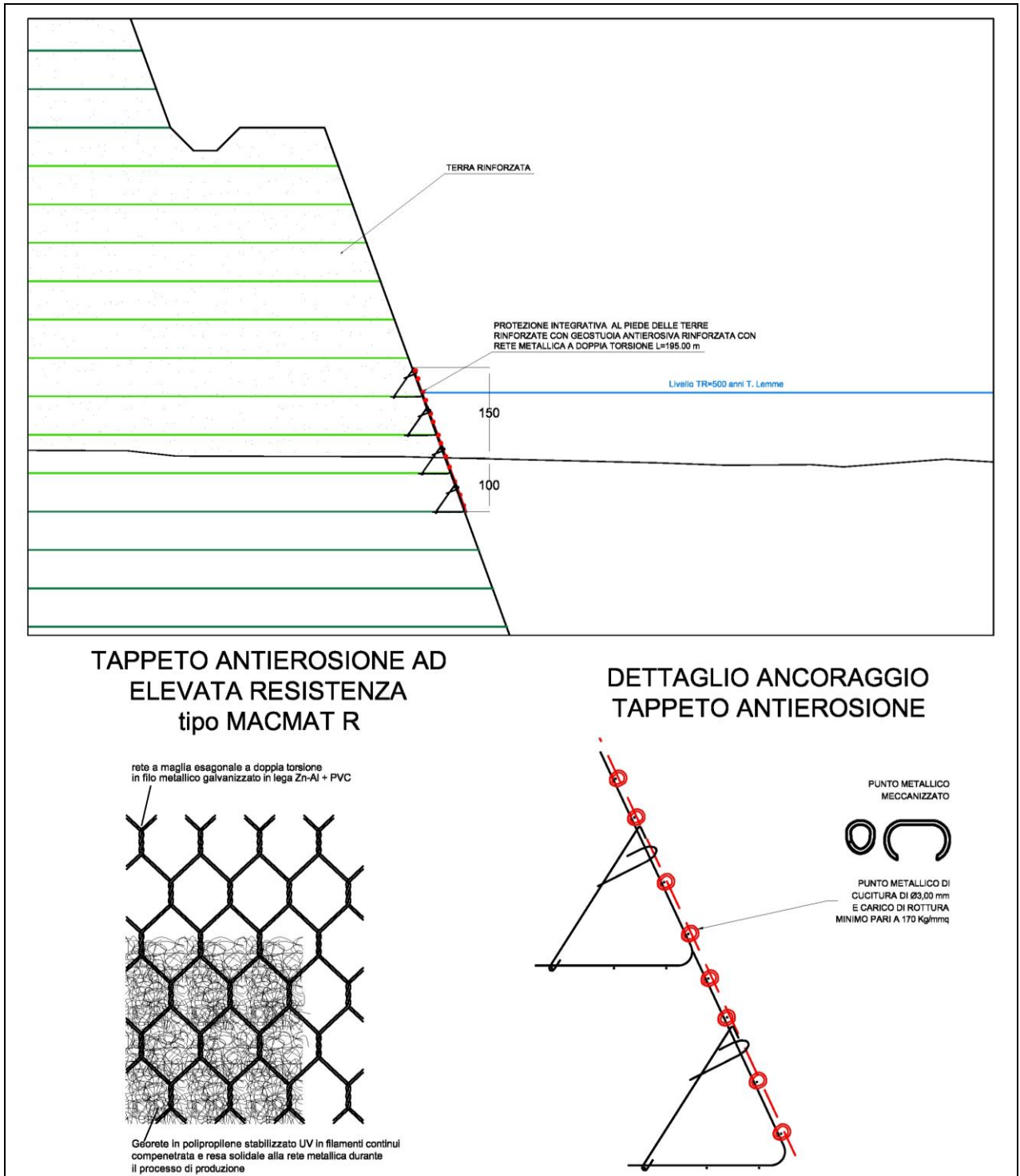


Figura 20 – Sezione tipo protezione al piede delle terre rinforzate

In ottemperanza alla seguente nota Cipe:

| | | |
|---|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 66 di 198 |

“Per quanto concerne la ex-cava Cementir di Voltaggio, in fase di progettazione esecutiva il soggetto aggiudicatore dovrà verificare che gli interventi di cui al progetto definitivo non alterino le attuali condizioni di stabilità dell’area interessata dall’abbancamento. La progettazione esecutiva dovrà altresì considerare la necessità che i tratti spondali del Torrente Lemme conservino un maggiore grado di naturalità e coerenza con la morfologia esistente: l’impostazione dell’intera opera di riporto materiale e di recupero ambientale dovrà fare stretto riferimento alla morfologia originaria del sito per trarne impostazioni e profili ad essa coerenti; in particolare sia tenuta in stretta considerazione l’esigenza della riconferma o del recupero nella naturalità del contesto fluviale. La scelta delle essenze arbustive ed arboree da impiegarsi nel recupero ambientale e nella costituzione delle formazioni boscate dovrà fare stretto riferimento alle essenze locali”, si evidenzia che la scogliera in sponda sinistra al t. Lemme è stata ridotta a un breve tratto (lunghezza di circa 400 m a fronte degli 800 m del progetto definitivo), all’esterno curva del corso d’acqua, in corrispondenza del quale il t. Lemme si avvicina maggiormente all’abbancamento. La definizione della lunghezza della scogliera è quindi il risultato dell’involuppo di due valutazioni geometriche: l’estensione del tratto del t. Lemme a esterno curva lato abbancamento e l’estensione del tratto di abbancamento più prossimo al t. Lemme.

| | | |
|---|---|---------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | |
| | <p>IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme</p> | <p>Foglio 67 di 198</p> |

5. DIMENSIONAMENTO DRENAGGI SUBORIZZONTALI

5.1 Dreni sub orizzontali con scarico sulle banche

5.1.1 Descrizione

Il drenaggio delle acque d'infiltrazione dal fronte della sistemazione di rilevato è previsto mediante drenaggi suborizzontali disposti in corrispondenza di ogni berma, con scarico diretto all'interno delle trincee drenanti tipo Gabbiodren.

I dreni presentano le caratteristiche seguenti:

- lunghezza = 50 m;
- interasse = 10 m;
- tubo drenante in HDPE diametro 200 mm microfessurato con struttura a doppia parete e piede d'appoggio corrugato all'esterno e liscio internamente, avvolto con calza di telo geotessile in polipropilene di peso 140 gr/mq.

La verifica idraulica dei dreni è condotta nelle condizioni più gravose, corrispondenti alla fase di realizzazione dell'abbancamento, durante la quale i dreni sono disposti lungo la banca ma non ancora interrati e quindi soggetti all'azione diretta di un evento meteorico ipotizzato con tempo di ritorno 20 anni; per tale evento essi devono essere in grado di smaltire l'acqua meteorica scolante sulla propria area di competenza.

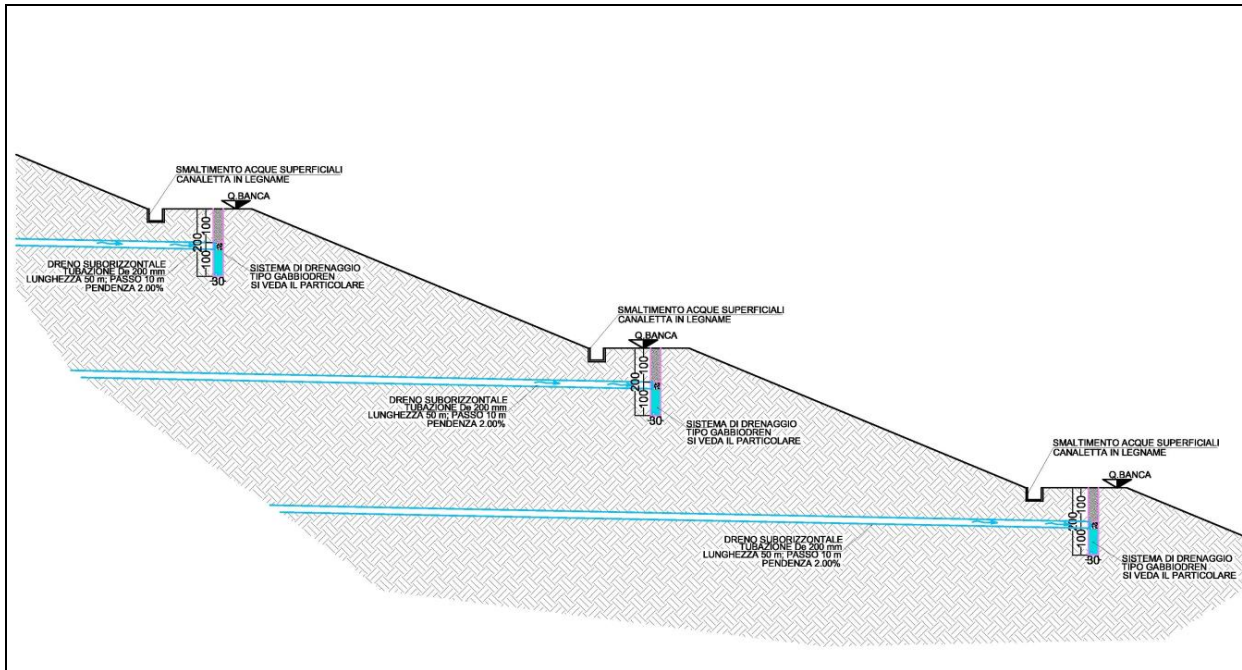


Figura 21 – Disposizione dreni suborizzontali

In fase di esercizio le condizioni idrauliche dei dreni sono meno impegnative, in quanto il materiale risulta abbancato e i dreni ricoperti; la permeabilità del materiale di smarino proveniente dallo scavo della galleria risulta molto bassa, e quindi l'infiltrazione delle acque all'interno dell'ammasso è molto lenta, non significativa per la determinazione di diametro e interasse dei dreni.

5.2 Dreni sub orizzontali con scarico a tergo delle terre armate

5.2.1 Descrizione

Il drenaggio delle acque d'infiltrazione del rilevato durante le fasi iniziali di abbancamento è previsto mediante drenaggi sub orizzontali disposti in corrispondenza del piede di ogni ordine di terra armata.

I dreni presentano le caratteristiche seguenti:

- lunghezza = variabile;
- interasse = 10 m;
- tubo drenante in HDPE diametro 200 mm microfessurato con struttura a doppia parete e piede d'appoggio corrugato all'esterno e liscio internamente, avvolto con calza di telo geotessile in polipropilene di peso 140 gr/mq.

| | | |
|--|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 69 di 198 |

Lo scarico di tali dreni avviene in tubazione in PVC SN8 di diametro variabile ubicata a tergo delle terre armate. Dalla sezione 4 alla 8 comprese gli ordini dei dreni sono in tutto 3 sovrapposti verticalmente; dalla sezione 9 alla 10 comprese gli ordini diventano 2, mentre dalla sezione 11 fino al pozzetto di confluenza e salto P22 esiste una sola tubazione di raccolta e scarico.

Le tubazioni di scarico in PVC del secondo e terzo ordine (in termini di profondità), scaricano direttamente nel materasso di ghiaia di fondo, come anche i drenaggi sub orizzontali profondi presenti tra le sezioni 11 e 12.

5.2.2 Analisi idrologica e idraulica

La verifica idraulica dei dreni è condotta nelle condizioni più gravose, corrispondenti alla fase di realizzazione dell'abbancamento, durante la quale i dreni sono disposti lungo la banca ma non ancora interrati e quindi soggetti all'azione diretta di un evento meteorico ipotizzato con tempo di ritorno 20 anni; per tale evento essi devono essere in grado di smaltire l'acqua meteorica scolante sulla propria area di competenza.

L'analisi idrologica dei drenaggi suborizzontali è condotta in analogia a quanto già descritto per i drenaggi superficiali.

I parametri della curva di possibilità pluviometrica utilizzati per l'analisi idrologica con $T_r = 20$ anni sono pertanto i seguenti:

$$a = 63.48 \text{ mm}$$

$$n = 0.5779$$

La determinazione delle portate al colmo, insistenti sui vari tratti della rete di drenaggio in progetto, è stata effettuata mediante il metodo cinematico, secondo la formula di Turazza:

$$Q = \frac{c \cdot h \cdot S}{3.6 \cdot t_c}$$

dove:

- S = superficie del bacino (km^2);
- c = coefficiente di deflusso in piena del bacino valutato in base a considerazioni derivanti dalla conoscenza diretta del bacino e dalle indicazioni di letteratura; nel caso in esame è stato adottato a favore di sicurezza un valore del coefficiente di deflusso medio pari a 0.8 per i dreni di rilevato e di 0.5 (dato il ridotto periodo di funzionamento degli stessi) per i dreni sub orizzontali profondi che scaricano a tergo delle terre armate;

| | | |
|--|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme | Foglio 70 di 198 |

- h = altezza massima di precipitazione di assegnato tempo di ritorno per una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);
- t_c = tempo di corrivazione del bacino (ore).

La valutazione del tempo di corrivazione viene effettuata utilizzando le seguenti formule empiriche:

Ventura:
$$t_c = 0.0053 \sqrt{\frac{S}{i}}$$

Pasini:
$$t_c = \frac{0.0045}{\sqrt{i}} \sqrt[3]{SL}$$

Giandotti
$$t_c = \frac{4 * (S^{0.5} + 1.5 * L)}{(0.8 * (H_{media} - H_{chiusura})^{0.5}}$$

Puglisi:
$$t_c = 6 * L^{0.67} * (H_{max} - H_{chiusura})^{-0.33}$$

Metodo L/v
$$t_c = L/v_{compluvio} + L_{versante}/v_{versante}$$

con:

S = superficie bacino;

i = pendenza media asta principale;

L = lunghezza dell'asta principale;

H_{max} = quota massima del bacino;

H_{medio} = quota media del bacino;

$H_{chiusura}$ = quota alla sezione di chiusura;

$L_{versante}$ = lunghezza del versante;

$v_{compluvio}$ = velocità del compluvio assunta pari a 2 m/s;

$v_{versante}$ = velocità lungo il versante assunta pari a 1 m/s.

Il tempo di corrivazione adottato è quello medio fornito dalle cinque formule empiriche.

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 71 di 198 |

| Analisi idrologica | | | |
|---------------------------|---------------|-----------------------|---------------------------------|
| Dati | | | |
| S (km ²) | 0.0005 | L (km) | 0.050 i (-) 0.020 |
| T (anni) | 20 | | |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n 0.5779 |
| Coefficiente di deflusso | c | 0.80 | |
| Formulazioni | tc (ore) | Q (m ³ /s) | |
| Ventura | 0.006 | 0.06 | |
| Pasini | 0.007 | 0.06 | |
| Puglisi | 0.22 | 0.01 | |
| Giandotti | 0.04 | 0.03 | |
| L/V | 0.01 | 0.05 | |
| | media | 0.042 | |

Tabella 7 - Analisi idrologica dreni suborizzontali banche.

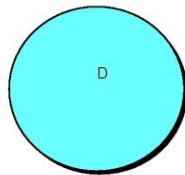
I dreni sub orizzontali che scaricano a tergo terre armate presentano, cautelativamente, le stesse caratteristiche geometriche di quelli delle banche, nonostante il coefficiente di deflusso minore; le tubazioni in PVC di scarico sono invece state dimensionate in modo personalizzato per avere il miglior rapporto costi-benefici possibile.

Relativamente alle tubazioni in PVC di scarico a tergo delle terre armate occorre sottolineare che sono previste 3 tipologie di diametro DN400, 500 e 800 in dipendenza dal bacino idrografico di riferimento (vedi anali afflussi-deflussi in Allegato 3) e dalla pendenza minima longitudinale del piede della terra armata di riferimento. I cambi di diametro si verificano in corrispondenza delle sezioni 7, 9 e 12. Il bacino di riferimento è stato individuato in base alla quota di abbancamento nel momento della posa del dreno suborizzontale, esso risulta quindi parzializzato rispetto all'occupazione dell'abbancamento in condizioni finali.

Nel seguito si riportano le verifiche idrauliche in moto uniforme delle tubazioni di scarico in PVC a tergo terre armate.

TUBAZIONE DRENI SUBORIZZONATALI DN200

| | |
|--|--------------|
| Portata Q (l/s) | 42 |
| Pendenza tubazione i | 0.02 |
| Coefficiente di scabrezza ks (m ^{1/3} /s) | 90 |
| D tubazione (m) | 0.2000 |
| grado di riempimento y/D | 0.656 |
| velocità corrente v (m/s) | 1.904 |



| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m ²) | Perimetro bagnato (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.05 | 0.01 | 0.001 | 0.090 | 0.007 | 0.444 | 0.261 |
| 0.10 | 0.02 | 0.002 | 0.129 | 0.013 | 0.693 | 1.133 |
| 0.15 | 0.03 | 0.003 | 0.159 | 0.019 | 0.893 | 2.638 |
| 0.20 | 0.04 | 0.004 | 0.185 | 0.024 | 1.062 | 4.752 |
| 0.25 | 0.05 | 0.006 | 0.209 | 0.029 | 1.210 | 7.434 |
| 0.30 | 0.06 | 0.008 | 0.232 | 0.034 | 1.341 | 10.628 |
| 0.35 | 0.07 | 0.010 | 0.253 | 0.039 | 1.456 | 14.270 |
| 0.40 | 0.08 | 0.012 | 0.274 | 0.043 | 1.558 | 18.288 |
| 0.45 | 0.09 | 0.014 | 0.294 | 0.047 | 1.649 | 22.605 |
| 0.50 | 0.10 | 0.016 | 0.314 | 0.050 | 1.727 | 27.135 |
| 0.55 | 0.11 | 0.018 | 0.334 | 0.053 | 1.795 | 31.786 |
| 0.60 | 0.12 | 0.020 | 0.354 | 0.056 | 1.853 | 36.460 |
| 0.65 | 0.13 | 0.022 | 0.375 | 0.058 | 1.899 | 41.050 |
| 0.70 | 0.14 | 0.023 | 0.396 | 0.059 | 1.934 | 45.436 |
| 0.75 | 0.15 | 0.025 | 0.419 | 0.060 | 1.958 | 49.487 |
| 0.80 | 0.16 | 0.027 | 0.443 | 0.061 | 1.969 | 53.046 |
| 0.85 | 0.17 | 0.028 | 0.469 | 0.061 | 1.965 | 55.921 |
| 0.90 | 0.18 | 0.030 | 0.500 | 0.060 | 1.942 | 57.840 |
| 0.95 | 0.19 | 0.031 | 0.538 | 0.057 | 1.892 | 58.313 |
| 1.00 | 0.20 | 0.031 | 0.628 | 0.050 | 1.727 | 54.269 |

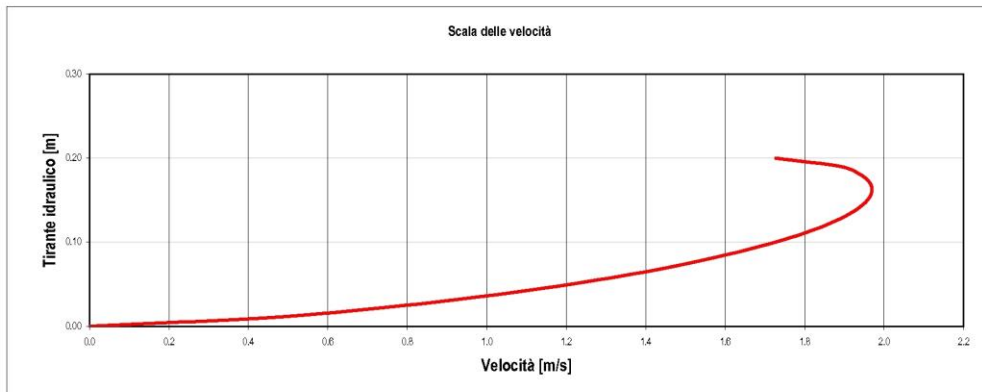
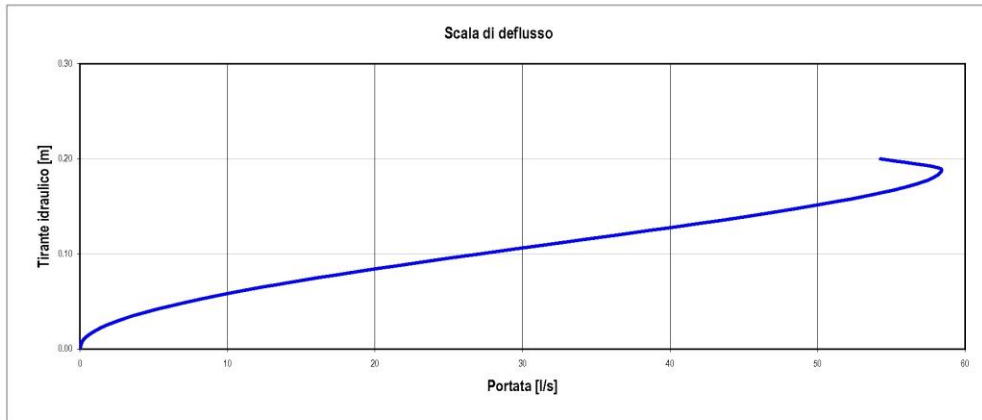
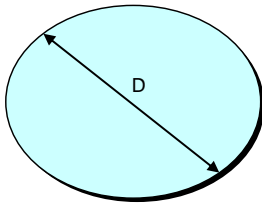


Figura 22 – Verifica dreno suborizzontale banche De 200

VERIFICA IDRAULICA TUBAZIONE DI SCARICO DRENI SUBORIZZONTALI A TERGO T.A.
 Tratto da Sez. 3 a Sez. 7 - DN400

| | |
|---|--------------|
| Pendenza minima tubazione i_t | 0.053 |
| Coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$) | 80 |
| D tubazione (m) | 0.375 |
| velocità corrente v (m/s) | 4.289 |

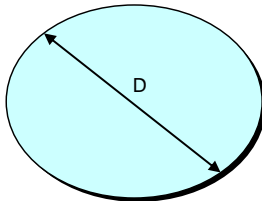


| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m^2) | Perimetro bagnato (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.05 | 0.02 | 0.00 | 0.17 | 0.01 | 0.98 | 2.02 |
| 0.10 | 0.04 | 0.01 | 0.24 | 0.02 | 1.52 | 8.76 |
| 0.15 | 0.06 | 0.01 | 0.30 | 0.03 | 1.96 | 20.41 |
| 0.20 | 0.08 | 0.02 | 0.35 | 0.05 | 2.34 | 36.76 |
| 0.25 | 0.09 | 0.02 | 0.39 | 0.05 | 2.66 | 57.50 |
| 0.30 | 0.11 | 0.03 | 0.43 | 0.06 | 2.95 | 82.21 |
| 0.35 | 0.13 | 0.03 | 0.47 | 0.07 | 3.20 | 110.38 |
| 0.40 | 0.15 | 0.04 | 0.51 | 0.08 | 3.43 | 141.46 |
| 0.45 | 0.17 | 0.05 | 0.55 | 0.09 | 3.63 | 174.85 |
| 0.50 | 0.19 | 0.06 | 0.59 | 0.09 | 3.80 | 209.89 |
| 0.55 | 0.21 | 0.06 | 0.63 | 0.10 | 3.95 | 245.87 |
| 0.60 | 0.23 | 0.07 | 0.66 | 0.10 | 4.08 | 282.03 |
| 0.65 | 0.24 | 0.08 | 0.70 | 0.11 | 4.18 | 317.53 |
| 0.70 | 0.26 | 0.08 | 0.74 | 0.11 | 4.26 | 351.46 |
| 0.75 | 0.28 | 0.09 | 0.79 | 0.11 | 4.31 | 382.79 |
| 0.80 | 0.30 | 0.09 | 0.83 | 0.11 | 4.33 | 410.33 |
| 0.85 | 0.32 | 0.10 | 0.88 | 0.11 | 4.32 | 432.56 |
| 0.90 | 0.34 | 0.10 | 0.94 | 0.11 | 4.27 | 447.41 |
| 0.95 | 0.36 | 0.11 | 1.01 | 0.11 | 4.16 | 451.07 |
| 1.00 | 0.38 | 0.11 | 1.18 | 0.09 | 3.80 | 419.79 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Portata di progetto = | 370 l/s |
| TIRANTE IDRAULICO (m) = | 0.27 m |
| GRADO DI RIEMPIMENTO = | 73 % |

VERIFICA IDRAULICA TUBAZIONE DI SCARICO DRENI SUBORIZZONTALI A TERGO T.A.
 Tratto da Sez. 7 a Sez. 9 - DN500

| | |
|---|--------------|
| Pendenza minima tubazione i_t | 0.044 |
| Coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$) | 80 |
| D tubazione (m) | 0.469 |
| velocità corrente v (m/s) | 4.443 |

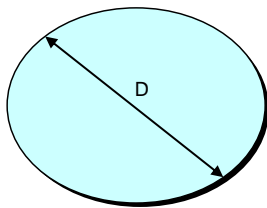


| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m^2) | Perimetro bagnato (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.05 | 0.02 | 0.00 | 0.21 | 0.02 | 1.03 | 3.33 |
| 0.10 | 0.05 | 0.01 | 0.30 | 0.03 | 1.61 | 14.50 |
| 0.15 | 0.07 | 0.02 | 0.37 | 0.04 | 2.08 | 33.76 |
| 0.20 | 0.09 | 0.02 | 0.43 | 0.06 | 2.47 | 60.82 |
| 0.25 | 0.12 | 0.03 | 0.49 | 0.07 | 2.82 | 95.13 |
| 0.30 | 0.14 | 0.04 | 0.54 | 0.08 | 3.12 | 136.00 |
| 0.35 | 0.16 | 0.05 | 0.59 | 0.09 | 3.39 | 182.61 |
| 0.40 | 0.19 | 0.06 | 0.64 | 0.10 | 3.63 | 234.03 |
| 0.45 | 0.21 | 0.08 | 0.69 | 0.11 | 3.84 | 289.27 |
| 0.50 | 0.23 | 0.09 | 0.74 | 0.12 | 4.02 | 347.24 |
| 0.55 | 0.26 | 0.10 | 0.78 | 0.12 | 4.18 | 406.77 |
| 0.60 | 0.28 | 0.11 | 0.83 | 0.13 | 4.31 | 466.58 |
| 0.65 | 0.30 | 0.12 | 0.88 | 0.14 | 4.42 | 525.31 |
| 0.70 | 0.33 | 0.13 | 0.93 | 0.14 | 4.50 | 581.45 |
| 0.75 | 0.35 | 0.14 | 0.98 | 0.14 | 4.56 | 633.28 |
| 0.80 | 0.38 | 0.15 | 1.04 | 0.14 | 4.58 | 678.83 |
| 0.85 | 0.40 | 0.16 | 1.10 | 0.14 | 4.57 | 715.62 |
| 0.90 | 0.42 | 0.16 | 1.17 | 0.14 | 4.52 | 740.18 |
| 0.95 | 0.45 | 0.17 | 1.26 | 0.13 | 4.40 | 746.23 |
| 1.00 | 0.47 | 0.17 | 1.47 | 0.12 | 4.02 | 694.48 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Portata di progetto = | 540 l/s |
| TIRANTE IDRAULICO (m) = | 0.31 m |
| GRADO DI RIEMPIMENTO = | 66 % |

VERIFICA IDRAULICA TUBAZIONE DI SCARICO DRENI SUBORIZZONTALI A TERGO T.A.
 Tratto da Sez. 9 a Sez. 12 - DN800

| | |
|--|---------------|
| Pendenza minima tubazione i_t | 0.0032 |
| Coefficiente di scabrezza ks ($m^{1/3}/s$) | 80 |
| D tubazione (m) | 0.751 |
| velocità corrente v (m/s) | 1.691 |

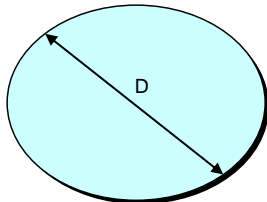


| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m^2) | Perimetro bagnato (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.05 | 0.04 | 0.01 | 0.34 | 0.02 | 0.38 | 3.16 |
| 0.10 | 0.08 | 0.02 | 0.48 | 0.05 | 0.60 | 13.72 |
| 0.15 | 0.11 | 0.04 | 0.60 | 0.07 | 0.77 | 31.95 |
| 0.20 | 0.15 | 0.06 | 0.70 | 0.09 | 0.91 | 57.56 |
| 0.25 | 0.19 | 0.09 | 0.79 | 0.11 | 1.04 | 90.04 |
| 0.30 | 0.23 | 0.11 | 0.87 | 0.13 | 1.15 | 128.72 |
| 0.35 | 0.26 | 0.14 | 0.95 | 0.15 | 1.25 | 172.83 |
| 0.40 | 0.30 | 0.17 | 1.03 | 0.16 | 1.34 | 221.50 |
| 0.45 | 0.34 | 0.19 | 1.10 | 0.18 | 1.42 | 273.78 |
| 0.50 | 0.38 | 0.22 | 1.18 | 0.19 | 1.48 | 328.64 |
| 0.55 | 0.41 | 0.25 | 1.25 | 0.20 | 1.54 | 384.98 |
| 0.60 | 0.45 | 0.28 | 1.33 | 0.21 | 1.59 | 441.59 |
| 0.65 | 0.49 | 0.30 | 1.41 | 0.22 | 1.63 | 497.18 |
| 0.70 | 0.53 | 0.33 | 1.49 | 0.22 | 1.66 | 550.30 |
| 0.75 | 0.56 | 0.36 | 1.57 | 0.23 | 1.68 | 599.36 |
| 0.80 | 0.60 | 0.38 | 1.66 | 0.23 | 1.69 | 642.48 |
| 0.85 | 0.64 | 0.40 | 1.76 | 0.23 | 1.69 | 677.29 |
| 0.90 | 0.68 | 0.42 | 1.88 | 0.22 | 1.67 | 700.53 |
| 0.95 | 0.71 | 0.43 | 2.02 | 0.22 | 1.62 | 706.26 |
| 1.00 | 0.75 | 0.44 | 2.36 | 0.19 | 1.48 | 657.29 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Portata di progetto = | 640 l/s |
| TIRANTE IDRAULICO (m) = | 0.60 m |
| GRADO DI RIEMPIMENTO = | 80 % |

VERIFICA IDRAULICA TUBAZIONE DI SCARICO DRENI SUBORIZZONTALI A TERGO T.A.
 Tratto da Sez. 12 a Sez. 16 - DN800

| | |
|--|---------------|
| Pendenza minima tubazione i_t | 0.0054 |
| Coefficiente di scabrezza ks ($m^{1/3}/s$) | 80 |
| D tubazione (m) | 0.751 |
| velocità corrente v (m/s) | 2.156 |

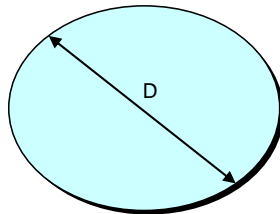


| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m^2) | Perimetro bagnato (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.05 | 0.04 | 0.01 | 0.34 | 0.02 | 0.50 | 4.10 |
| 0.10 | 0.08 | 0.02 | 0.48 | 0.05 | 0.77 | 17.83 |
| 0.15 | 0.11 | 0.04 | 0.60 | 0.07 | 1.00 | 41.50 |
| 0.20 | 0.15 | 0.06 | 0.70 | 0.09 | 1.19 | 74.77 |
| 0.25 | 0.19 | 0.09 | 0.79 | 0.11 | 1.35 | 116.96 |
| 0.30 | 0.23 | 0.11 | 0.87 | 0.13 | 1.50 | 167.21 |
| 0.35 | 0.26 | 0.14 | 0.95 | 0.15 | 1.62 | 224.51 |
| 0.40 | 0.30 | 0.17 | 1.03 | 0.16 | 1.74 | 287.73 |
| 0.45 | 0.34 | 0.19 | 1.10 | 0.18 | 1.84 | 355.65 |
| 0.50 | 0.38 | 0.22 | 1.18 | 0.19 | 1.93 | 426.92 |
| 0.55 | 0.41 | 0.25 | 1.25 | 0.20 | 2.00 | 500.10 |
| 0.60 | 0.45 | 0.28 | 1.33 | 0.21 | 2.07 | 573.64 |
| 0.65 | 0.49 | 0.30 | 1.41 | 0.22 | 2.12 | 645.85 |
| 0.70 | 0.53 | 0.33 | 1.49 | 0.22 | 2.16 | 714.87 |
| 0.75 | 0.56 | 0.36 | 1.57 | 0.23 | 2.18 | 778.60 |
| 0.80 | 0.60 | 0.38 | 1.66 | 0.23 | 2.20 | 834.60 |
| 0.85 | 0.64 | 0.40 | 1.76 | 0.23 | 2.19 | 879.83 |
| 0.90 | 0.68 | 0.42 | 1.88 | 0.22 | 2.17 | 910.02 |
| 0.95 | 0.71 | 0.43 | 2.02 | 0.22 | 2.11 | 917.46 |
| 1.00 | 0.75 | 0.44 | 2.36 | 0.19 | 1.93 | 853.84 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Portata di progetto = | 710 l/s |
| TIRANTE IDRAULICO (m) = | 0.52 m |
| GRADO DI RIEMPIMENTO = | 70 % |

VERIFICA IDRAULICA TUBAZIONE DI SCARICO DRENI SUBORIZZONTALI A TERGO T.A.
Tratto da Sez. 16 a pozzetto P22 - DN800

| | |
|---|--------------|
| Pendenza minima tubazione i_t | 0.044 |
| Coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$) | 80 |
| D tubazione (m) | 0.751 |
| velocità corrente v (m/s) | 4.771 |



| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m^2) | Perimetro bagnato (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.05 | 0.04 | 0.01 | 0.34 | 0.02 | 1.41 | 11.70 |
| 0.10 | 0.08 | 0.02 | 0.48 | 0.05 | 2.21 | 50.89 |
| 0.15 | 0.11 | 0.04 | 0.60 | 0.07 | 2.84 | 118.47 |
| 0.20 | 0.15 | 0.06 | 0.70 | 0.09 | 3.38 | 213.44 |
| 0.25 | 0.19 | 0.09 | 0.79 | 0.11 | 3.86 | 333.86 |
| 0.30 | 0.23 | 0.11 | 0.87 | 0.13 | 4.27 | 477.30 |
| 0.35 | 0.26 | 0.14 | 0.95 | 0.15 | 4.64 | 640.86 |
| 0.40 | 0.30 | 0.17 | 1.03 | 0.16 | 4.96 | 821.33 |
| 0.45 | 0.34 | 0.19 | 1.10 | 0.18 | 5.25 | 1015.20 |
| 0.50 | 0.38 | 0.22 | 1.18 | 0.19 | 5.50 | 1218.64 |
| 0.55 | 0.41 | 0.25 | 1.25 | 0.20 | 5.72 | 1427.54 |
| 0.60 | 0.45 | 0.28 | 1.33 | 0.21 | 5.90 | 1637.47 |
| 0.65 | 0.49 | 0.30 | 1.41 | 0.22 | 6.05 | 1843.58 |
| 0.70 | 0.53 | 0.33 | 1.49 | 0.22 | 6.16 | 2040.59 |
| 0.75 | 0.56 | 0.36 | 1.57 | 0.23 | 6.24 | 2222.50 |
| 0.80 | 0.60 | 0.38 | 1.66 | 0.23 | 6.27 | 2382.36 |
| 0.85 | 0.64 | 0.40 | 1.76 | 0.23 | 6.26 | 2511.48 |
| 0.90 | 0.68 | 0.42 | 1.88 | 0.22 | 6.19 | 2597.65 |
| 0.95 | 0.71 | 0.43 | 2.02 | 0.22 | 6.02 | 2618.90 |
| 1.00 | 0.75 | 0.44 | 2.36 | 0.19 | 5.50 | 2437.28 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Portata di progetto = | 710 l/s |
| TIRANTE IDRAULICO (m) = | 0.28 m |
| GRADO DI RIEMPIMENTO = | 37 % |

5.3 Trincee drenanti realizzate con la tecnologia tipo Gabbiodren

5.3.1 Descrizione sistema di drenaggio tipo Gabbiodren

Il sistema di drenaggio tipo GABBIODREN consiste nella realizzazione di trincee drenanti realizzate mediante pannelli prefabbricati ad alte prestazioni idraulico-meccaniche. Il pannello drenante è costituito da uno scatolare esterno in rete metallica a doppia torsione rivestito con geotessile ritentore e separatore. Il nucleo drenante è costituito da "ciottoli" di polistirolo non riciclato, imputrescibile, insolubile e chimicamente inerte alle acque. La trincea presenta al suo interno, preassemblato, un tubo microforato del diametro di 160 mm.

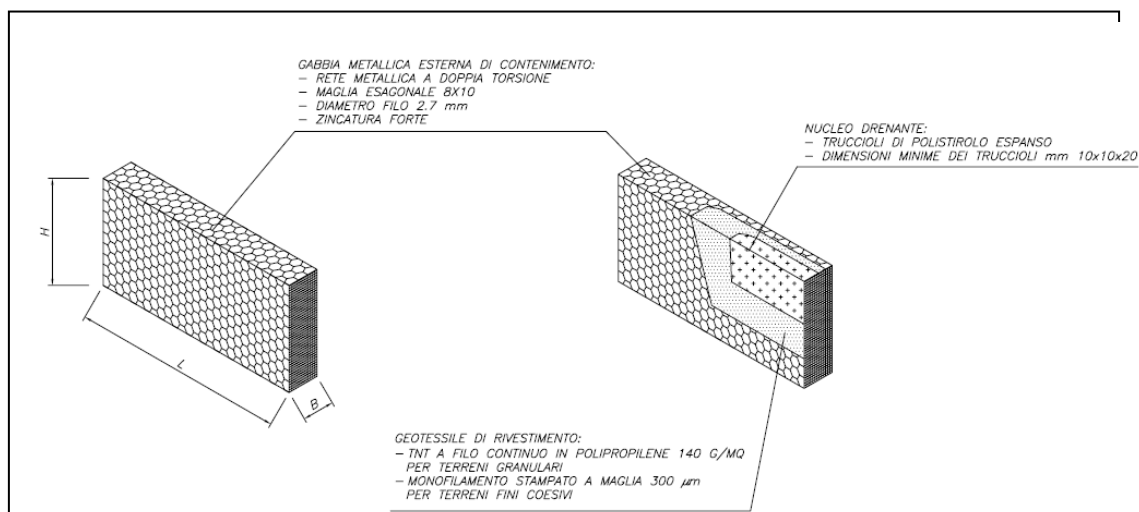


Figura 23 – Sistema di drenaggio tipo Gabbiodren - realizzazione

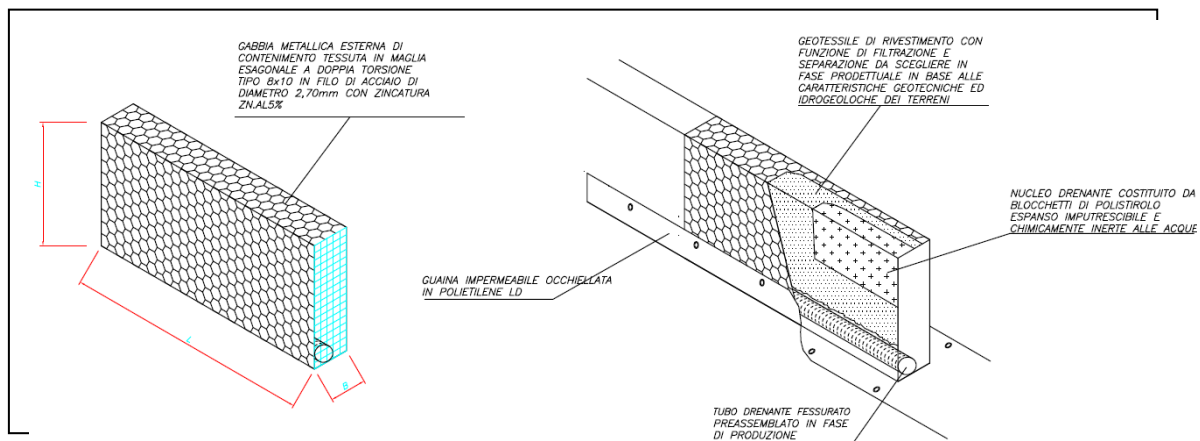


Figura 24 – Sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – posa in opera

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 77 di 198 |

L'inserimento nel terreno di una trincea drenante permette di realizzare una linea a forte permeabilità data dalle differenza di pressione esistente tra quella presente all'interno del corpo del dreno (pressione atmosferica) e la sovrappressione dell'acqua che si trova all'interno dei pori del terreno stesso. In virtù della differenza di permeabilità che si verifica all'interfaccia tra trincea drenante e mezzo geologico in posto, si innesca un moto di filtrazione che porta all'abbattimento della falda freatica ed alla diminuzione del tenore di acqua nel terreno. Il relativo abbattimento delle pressioni interstiziali (pressioni neutre u) porta ad un miglioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni.

5.3.2 Vantaggi sistema di drenaggio tipo Gabbiodren

I vantaggi applicativi e realizzativi del sistema tipo Gabbiodren rispetto ai sistemi tradizionali, a parità di ogni condizione logistica e cantieristica, possono essere riassunti come segue.

- Sicurezza: si ottiene una maggiore sicurezza in quanto i pannelli drenanti prefabbricati si assemblano a bordo scavo e vengono successivamente calati nella trincea dall'esterno. Le operazioni che possono portare le maestranze in scavo, pertanto, sono ridotte al minimo o quasi nulle.
- Grande facilità di movimentazione: ogni pannello tipo Gabbiodren da 2x1x0,30 metri pesa circa 15kg e pertanto può essere movimentato, anche manualmente, in linea con la norma 494; la leggerezza dei materiali, permette di trasportarli sull'area di cantiere fino a bordo scavo anche manualmente.
- Gestione di cantiere: i materiali pre-assemblati consentono di avere aree di cantiere pulite e sgombrare da grandi quantità di inerti; questo consente di fare a meno di aree di stoccaggio, carico e scarico materiali inerti e terrigeni.
- Effetti sulla viabilità di cantiere e del suo intorno: avendo l'opportunità di evitare frequenti passaggi di autocarri per gli approvvigionamenti di materiale, si può ovviare ad un gran numero di disagi, a carico della viabilità e della popolazione locale. Gli effetti immediati sono la riduzione del traffico pesante sulle strade, la conseguente assenza di strade sporche, fangose e sdruciolevoli, in caso di pioggia, e polverose, in caso di tempo secco, e la riduzione degli ammaloramenti del manto stradale. La riduzione dei volumi da trasportare può essere fondamentale nella logistica di cantieri di difficile accesso e possono essere spesso evitate realizzazioni di piste di cantiere dedicate al trasporto degli inerti fino alle trincee di scavo. Con l'utilizzo del pannello drenante si riducono dal 50% al 65% i volumi di materiali inerti e terrigeni trasportati o movimentati da e per l'area di cantiere.

| | | |
|---|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 78 di 198 |

- Sensibile riduzione dei volumi di scavo: tale opportunità è un aspetto che presenta un risvolto fondamentale per la sicurezza e la velocità dei lavori. Si è potuto più volte constatare in cantiere che, grandi volumi di sbancamento portano a grossi sovraccarichi sul ciglio di scavo. L'escavatore, infatti, rimuovendo il materiale di scavo dalla trincea lo deposita da un lato; in questo modo, scavare una trincea di soli 3-4 metri porterebbe ad avere un'altezza complessiva di trincea+sponda pari a 7-8 metri. Più è profonda la trincea e maggiore è la probabilità che la sponda, dove si accumula il materiale, vada in crisi e determini il collasso dello scavo, per sovraccarico al ciglio. Ridurre i volumi di scavo oltre ad apportare una sensibile riduzione del rischio di crolli delle pareti di scavo, permette di risparmiare tempo e lavoro, contraendo così gli oneri generali (macchina e operatori).
- Alleggerimento del versante: la riduzione dei volumi e dei pesi consente di ridurre i carichi transitanti sulle aree del cantiere; si realizza così un alleggerimento dei versanti in dissesto, infatti 1 m³ di pannello prefabbricato tipo Gabiodren pesa circa 30 kg, contro i circa 1900 kg che peserebbe un inerte tradizionale di pari volumetria.
- Maggiore velocità di posa: i pannelli drenanti prefabbricati possono essere posati, nella maggior parte delle condizioni di terreno e di scavo, alla medesima velocità di avanzamento dell'escavatore durante l'apertura della trincea. Tale tecnologia consente una produttività media, anche in condizioni logistiche difficili pari a circa 100-150 metri di trincea al giorno; i fattori limitanti diventano la potenza e la capacità di avanzamento di scavo della macchina operatrice e le necessarie operazioni di messa in sicurezza della trincee di scavo.
- Flessibilità e continuità del sistema: la grande flessibilità del sistema permette di realizzare pratici innesti delle linee drenanti secondarie sulla principale con angoli anche molto stretti, mantenendone la continuità. L'efficienza del sistema è altresì garantita dalla presenza di forti legature tra i pannelli, che assicurano la continuità del drenaggio anche in caso di notevoli dislocazioni dei terreni provocati da movimenti residui della coltre od eventi sismici, soprattutto in terreno argillosi caratterizzati da possibili deformazioni.
- Ottimizzazione volume drenante: questo aspetto è particolarmente importante nei confronti della valutazione funzionale, comparata con la tipologia di dreno tradizionale costituito da pietrame, geotessile e tubo fessurato. La necessità di realizzare degli scavi in sicurezza per costruire una trincea tradizionale (si lavora sempre con maestranze all'interno dello scavo) implica anche un utilizzo consistente, in termini di volumi, di materiale drenante (pietrame). Spesso, quindi, vengono realizzati drenaggi con una volumetria di pietrame fortemente

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 79 di 198 |

sovrabbondante rispetto al necessario ed ingiustificata rispetto all'effettiva quantità di portata idrica da smaltire. Una ricerca effettuata in collaborazione con l'Università di Bologna ha evidenziato la piena compatibilità in termini di portata idraulica tra una trincea tradizionale, con volumetria 1,70 m³/ml, ed una trincea prefabbricata con sistema tipo Gabbiodren, con volumetria 0.30 m³/ml; l'attività di monitoraggio è consistita nella misurazione delle portate in uscita dalle due trincee ogni 15 minuti, per una durata temporale di circa tre anni; le due trincee si sono realizzate lungo lo stesso versante a parità di condizioni idrogeologiche, morfologiche e meteorologiche. La portata cumulata è risultata identica con prestazioni analoghe tra le due tipologie di trincea sia in termini quantitativi idraulici che in termini di risposta nei confronti dell'infiltrazione dell'acqua a seguito di un evento meteorico.

- Elevato spessore del dreno: questo aspetto è particolarmente importanti nei confronti della valutazione funzionale, comparata con la tipologia di dreno costituito da geocomposito drenante. L'elevato spessore del pannello Gabbiodren e la sua considerevole resistenza allo schiacciamento consentono l'intercettazione della lama d'acqua circolante, da monte verso valle, senza pericoli di saturazione del dreno e senza fenomeni di "salto" del dreno in caso di superamento della lama d'acqua in caso trovasse il dreno saturo. La saturazione del dreno avviene più facilmente con dreni di basso spessore e modeste resistenze allo schiacciamento. La possibilità di utilizzo abbinato di una guaina impermeabile, da collegare al dreno, potenzia ulteriormente la capacità di intercettazione delle acque.
- Geotessile di rivestimento: un punto importante da rimarcare, che risulta di primaria importanza, è relativo ad un aspetto geotecnico tanto fondamentale quanto trascurato: spesso accade, nella realizzazione di drenaggi realizzati classicamente, che il geotessile non riceve adeguata specifica, se non quella generica del peso o grammatura minima. La caratteristica più importante per un geotessile di filtrazione e separazione è la porometria o apertura caratteristica media dei pori. Questa dote permette di identificare il tipo idoneo di tessuto non tessuto per uno specifico tipo di terreno. Se non vengono attuate le scelte tecnicamente idonee ed oculate, relative al tessuto non tessuto, si può andare incontro a grossi problemi di resistenza meccanica, che comportano strappi frequenti del tessuto a filo continuo agugliato e termo-calandrato contro tessuto a fiocco, e durata funzionale delle trincee. In caso di scelta errata della tipologia di tessuto non tessuto, le trincee possono avere vita e funzionalità breve e possono arrivare a perdere efficienza in poco tempo. I fenomeni che si sviluppano, a carico della superficie del tessuto di filtrazione, sono quelli

| | | |
|--|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collocamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme | Foglio 80 di 198 |

che in letteratura vengono definiti con il nome di clogging (intasamento) e blinding (acceccamento). Si tratta, nel primo caso, di intasamento dei piccoli canali formati dalle fibre del tessuto non tessuto da parte di particelle che si trovano ad attraversare un ideale "tubicino" di sezione leggermente inferiore a quella di entrata; nel secondo caso si tratta dell'incastro di particelle di terreno all'imboccatura di un "tubicino" avente uguali dimensioni. In sostanza, si può arrivare in breve tempo ad una situazione di intasamento diffuso del tessuto esterno separatore che non permette più la filtrazione dell'acqua nel dreno. In linea teorica e generale, l'apertura caratteristica dei pori del geotessile filtro dovrebbe essere la più piccola possibile, al fine di trattenere anche le più piccole particelle di terreno, ma contemporaneamente anche la più grande possibile, per garantire il maggior afflusso d'acqua possibile verso il corpo poroso del dreno. Poiché questi due obiettivi sono in antitesi tra loro, è evidente che lo scopo del dimensionamento diventa quello di trovare il miglior compromesso tra le due esigenze, in modo che entrambe siano assolte nel modo maggiormente efficiente. Esistono criteri, pubblicati in letteratura, per la valutazione più corretta del filtro da impiegare, che considerano, come dato di input, una curva granulometrica relativa ai terreni da drenare. Ogni singolo criterio può, però, evidenziare risultati differenti anche a parità di condizioni analizzate. Da qui deriva l'aleatorietà nella determinazione del filtro più idoneo e la necessità di valutare la problematica con grande attenzione, evitando in ogni caso, tessuti troppo chiusi (anche se il criterio di ritenzione non viene verificato), per non compromettere la permeabilità del tessuto stesso, variabile che garantisce il reale funzionamento del drenaggio a prescindere dal nucleo drenante. L'esperienza, maturata in tanti anni in diversi cantieri da progettisti ed enti che hanno impiegato il medesimo sistema, ha confermato la piena idoneità del geotessile tessuto in polietilene a maglia aperta di 300micron, utilizzato per i moduli Gabbiodren. Secondo uno studio sperimentale sul comportamento nel tempo di filtri di geotessile di varia natura, effettuato presso l'Università degli Studi di Reggio Calabria - Facoltà di Ingegneria - Dipartimento di Meccanica e Materiali, si evincono doti prestazionali migliori dei filtri a maglia aperta da 300micron (tipo Gabbiodren) rispetto ai classici geotessili in tessuto non tessuto solitamente utilizzati nella realizzazione di trincee classiche o basate sull'impiego di geocompositi filtranti (tipo Enkadrain).

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 81 di 198 |

5.3.3 Analisi idrologica e idraulica

La verifica idraulica del sistema di drenaggio tipo Gabbiodren, in corrispondenza delle banche, è condotta con tempo di ritorno di 20 anni (stazione pluviometrica di Gavi, piogge di forte intensità e durata inferiore all'ora) e coefficiente di deflusso c pari a 0.80.

5.3.4 Descrizione modalità di impiego del sistema di drenaggio tipo Gabbiodren

La struttura del pannello tipo Gabbiodren risulta parzialmente deformabile, per cui la sua capacità drenante è funzione della profondità di installazione e delle caratteristiche geotecniche del terreno che tende a comprimerlo.

Ciascuna trincea si sviluppa lungo le banche ad una distanza asse trincea - ciglio banca di 1.00 m secondo una linea di base di altezza pari ad 1 m e di larghezza 0.30 m con pannello drenante di dimensioni 2.00X1.00X0.30. Il pannello di base presenta al suo interno un tubo dreno fessurato preassemblato per l'allontanamento delle acque avente diametro esterno 160 mm ed interno 140mm. Il pannello sarà posto ad una profondità media di 2,0 metri dal piano compagna.

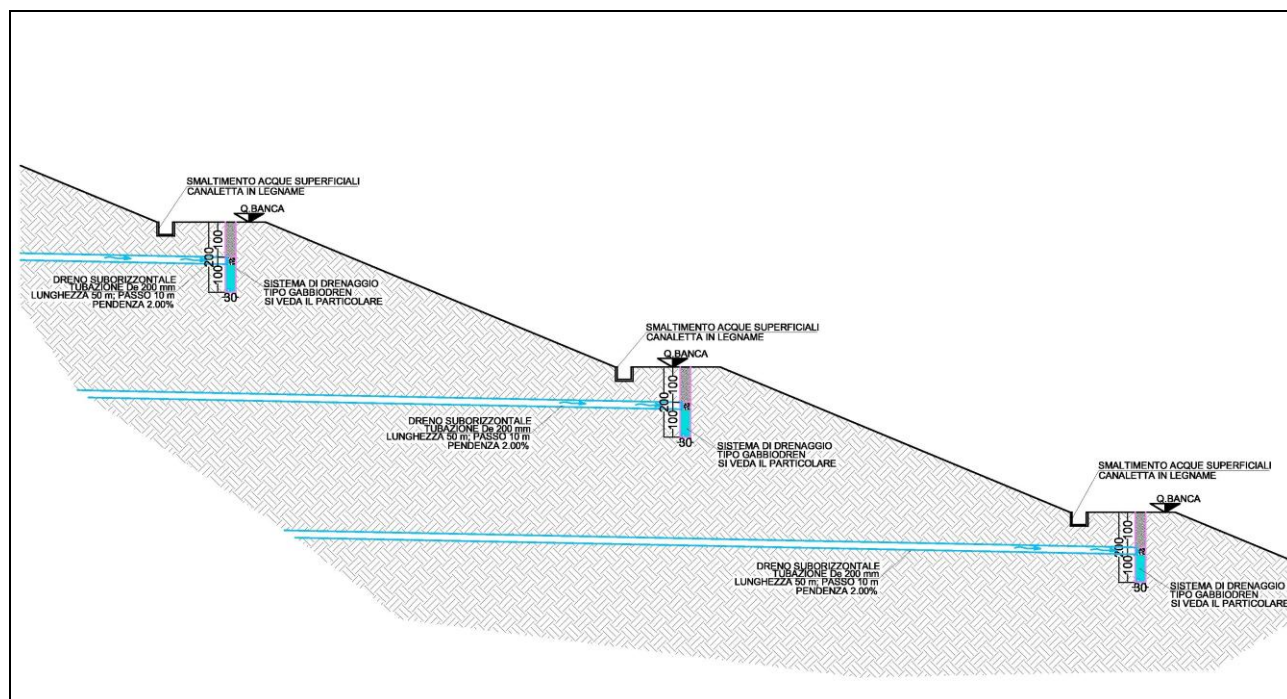


Figura 25 – Particolare posa trincee drenanti tipo Gabbiodren

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 82 di 198 |

Per evitare dispersioni delle acque raccolte e per migliorare la capacità di intercettazione della lama d'acqua in movimento laminare da monte verso valle, si utilizzerà una guaina impermeabile occhiellata fissata direttamente al pannello in fase di costruzione del dren.

Il sistema drenante ha una capacità di intercettazione delle acque valutata pari a 0,008 m³/s/m (8,0lt/sec per metro di lunghezza della linea drenante); se si considera questa aliquota unitamente alla capacità di smaltimento della tubazione di diametro 160 mm (cautelativamente posto in esercizio per un riempimento massimo del 60%) alla base del pannello si arriva a 8 litri/sec/m + 4.5 litri/sec/m pari ad un totale di 12.5 litri/sec/m (0,0125mc/sec), come garantito da analisi di laboratorio.

Si riportano di seguito le verifiche idrauliche relative alle trincee drenanti previste in progetto. In particolare nelle verifiche si è assunto un Fattore di Sicurezza pari a 3.

Vista la distribuzione regolare del drenaggio nel sito in esame (una linea per ogni bancata) e la lunghezza complessiva dei drenaggi in progetto, che supera in maniera significativa il valore minimo richiesto, si ritiene soddisfatta, per ogni banca, la verifica idraulica.

| Analisi idrologica bacino banca 0 e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|-------------|----------------|-------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.03015 | L max percorso (km) | 0.603 | Pendenza media | 0.082 | Lunghezza versante (km) | 0.05 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 402.76 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 378.05 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 427.47 |
| φ1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | φ1tot | 0.80 | φ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.40 | | | | | | |
| Ventura | 0.08 | | | | | | |
| Pasini | 0.10 | | | | | | |
| Puglisi | 1.18 | | | | | | |
| T = L/v | 0.10 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.37 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.62 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 1.25 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 1.13 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.40 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 1.14 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.91 | | | | | |
| Verifica Gabbiodrain | | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 12.5 | | | | | | |
| Fattore di sicurezza | 3.000 | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 2.723 | | | | | | |
| Lunghezza minima (m) | 217.8 | | | | | | |
| Lunghezza banca (m) | 603.0 | | | | | | |

Tabella 8 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 0

| Analisi idrologica bacino banca 1 e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|-------------|----------------|-------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.02835 | L max percorso (km) | 0.567 | Pendenza media | 0.089 | Lunghezza versante (km) | 0.013 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 407.58 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 382.18 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 432.97 |
| $\phi 1$ | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | $\phi 1_{tot}$ | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.38 | | | | | | |
| Ventura | 0.07 | | | | | | |
| Pasini | 0.09 | | | | | | |
| Puglisi | 1.12 | | | | | | |
| T = L/v | 0.08 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.35 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.60 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 1.22 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 1.10 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.38 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 1.15 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.89 | | | | | |
| Verifica Gabbiodrain | | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 12.5 | | | | | | |
| Fattore di sicurezza | 3.000 | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 2.666 | | | | | | |
| Lunghezza minima (m) | 213.308 | | | | | | |
| Lunghezza banca (m) | 567.0 | | | | | | |

Tabella 9 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 1

| Analisi idrologica bacino banca 2 e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|-------------|----------------|-------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.028 | L max percorso (km) | 0.560 | Pendenza media | 0.089 | Lunghezza versante (km) | 0.013 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 412.31 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 387.21 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 437.4 |
| $\phi 1$ | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | $\phi 1_{tot}$ | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.38 | | | | | | |
| Ventura | 0.07 | | | | | | |
| Pasini | 0.09 | | | | | | |
| Puglisi | 1.12 | | | | | | |
| T = L/v | 0.08 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.35 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.60 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 1.20 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 1.09 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.38 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 1.14 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.88 | | | | | |
| Verifica Gabbiodrain | | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 12.5 | | | | | | |
| Fattore di sicurezza | 3.000 | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 2.642 | | | | | | |
| Lunghezza minima (m) | 211.360 | | | | | | |
| Lunghezza banca (m) | 560.0 | | | | | | |

Tabella 10 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 2

| Analisi idrologica bacino banca 3 e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|-------------|----------------|-------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.02805 | L max percorso (km) | 0.561 | Pendenza media | 0.088 | Lunghezza versante (km) | 0.013 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 416.72 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 391.93 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 441.5 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | ϕ_{1tot} | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.38 | | | | | | |
| Ventura | 0.07 | | | | | | |
| Pasini | 0.09 | | | | | | |
| Puglisi | 1.12 | | | | | | |
| T = L/v | 0.08 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.35 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.60 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 1.20 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 1.09 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.38 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 1.14 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.88 | | | | | |
| Verifica Gabbiodrain | | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 12.5 | | | | | | |
| Fattore di sicurezza | 3.000 | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 2.641 | | | | | | |
| Lunghezza minima (m) | 211.255 | | | | | | |
| Lunghezza banca (m) | 561.0 | | | | | | |

Tabella 11 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 3

| Analisi idrologica bacino banca 4 e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|-------------|----------------|-------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.02725 | L max percorso (km) | 0.545 | Pendenza media | 0.079 | Lunghezza versante (km) | 0.013 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 424.23 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 402.62 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 445.83 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | ϕ_{1tot} | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.40 | | | | | | |
| Ventura | 0.07 | | | | | | |
| Pasini | 0.09 | | | | | | |
| Puglisi | 1.15 | | | | | | |
| T = L/v | 0.08 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.36 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.57 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 1.15 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 1.04 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.36 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 1.12 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.85 | | | | | |
| Verifica Gabbiodrain | | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 12.5 | | | | | | |
| Fattore di sicurezza | 3.000 | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 2.543 | | | | | | |
| Lunghezza minima (m) | 203.465 | | | | | | |
| Lunghezza banca (m) | 545.0 | | | | | | |

Tabella 12 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 4

| Analisi idrologica bacino banca 5 monte e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | | | | | | | |
|---|------------------------------|---------------------|-------------|----------------|------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.0167 | L max percorso (km) | 0.334 | Pendenza media | 0.11 | Lunghezza versante (km) | 0.013 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 430.57 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 411.14 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 450 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | ϕ_{1tot} | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.29 | | | | | | |
| Ventura | 0.05 | | | | | | |
| Pasini | 0.06 | | | | | | |
| Puglisi | 0.86 | | | | | | |
| T = L/v | 0.05 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.26 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.40 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 0.84 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 0.78 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.25 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 0.83 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.62 | | | | | |
| Verifica Gabbiodrain | | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 12.5 | | | | | | |
| Fattore di sicurezza | 3.000 | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 1.863 | | | | | | |
| Lunghezza minima (m) | 149.037 | | | | | | |
| Lunghezza banca (m) | 334.0 | | | | | | |

Tabella 13 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 5 monte

| Analisi idrologica bacino banca 5 valle e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | | | | | | | |
|---|------------------------------|---------------------|-------------|----------------|-------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.0065 | L max percorso (km) | 0.130 | Pendenza media | 0.023 | Lunghezza versante (km) | 0.013 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 408.49 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 406.98 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 410 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | ϕ_{1tot} | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.53 | | | | | | |
| Ventura | 0.07 | | | | | | |
| Pasini | 0.07 | | | | | | |
| Puglisi | 1.06 | | | | | | |
| T = L/v | 0.02 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.35 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.12 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 0.29 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 0.29 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.09 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 0.46 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.25 | | | | | |
| Verifica Gabbiodrain | | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 12.5 | | | | | | |
| Fattore di sicurezza | 3.000 | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 0.746 | | | | | | |
| Lunghezza minima (m) | 59.696 | | | | | | |
| Lunghezza banca (m) | 130.0 | | | | | | |

Tabella 14 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 5 valle

| Analisi idrologica bacino banca 6 monte e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|-------------|----------------|------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.009675 | L max percorso (km) | 0.215 | Pendenza media | 0.14 | Lunghezza versante (km) | 0.013 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 438.96 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 423.86 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 454.06 |
| $\phi 1$ | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | $\phi 1_{tot}$ | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrvazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.23 | | | | | | |
| Ventura | 0.03 | | | | | | |
| Pasini | 0.04 | | | | | | |
| Puglisi | 0.70 | | | | | | |
| T = L/v | 0.03 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.21 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.25 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 0.57 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 0.55 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.16 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 0.57 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.42 | | | | | |
| Verifica Gabbiodrain | | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 12.5 | | | | | | |
| Fattore di sicurezza | 3.000 | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 1.264 | | | | | | |
| Lunghezza minima (m) | 101.145 | | | | | | |
| Lunghezza banca (m) | 215.0 | | | | | | |

Tabella 15 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 6 monte

| Analisi idrologica bacino banca 6 valle e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|-------------|----------------|-------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.00405 | L max percorso (km) | 0.090 | Pendenza media | 0.021 | Lunghezza versante (km) | 0.013 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 413.29 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 412.34 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 414.23 |
| $\phi 1$ | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | $\phi 1_{tot}$ | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrvazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.50 | | | | | | |
| Ventura | 0.06 | | | | | | |
| Pasini | 0.05 | | | | | | |
| Puglisi | 0.97 | | | | | | |
| T = L/v | 0.02 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.32 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.08 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 0.19 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 0.20 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.06 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 0.33 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.17 | | | | | |
| Verifica Gabbiodrain | | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 12.5 | | | | | | |
| Fattore di sicurezza | 3.000 | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 0.510 | | | | | | |
| Lunghezza minima (m) | 40.826 | | | | | | |
| Lunghezza banca (m) | 90.0 | | | | | | |

Tabella 16 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 6 valle

| Analisi idrologica bacino banca 7 monte e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | | | | | | | |
|---|------------------------------|---------------------|-------------|----------------|------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.00595 | L max percorso (km) | 0.170 | Pendenza media | 0.16 | Lunghezza versante (km) | 0.013 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 444.42 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 430.86 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 457.97 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | ϕ_{1tot} | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.19 | | | | | | |
| Ventura | 0.02 | | | | | | |
| Pasini | 0.03 | | | | | | |
| Puglisi | 0.62 | | | | | | |
| T = L/v | 0.03 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.18 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.17 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 0.40 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 0.38 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.10 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 0.38 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.29 | | | | | |
| Verifica Gabbiodrain | | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 12.5 | | | | | | |
| Fattore di sicurezza | 3.000 | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 0.865 | | | | | | |
| Lunghezza minima (m) | 69.205 | | | | | | |
| Lunghezza banca (m) | 170.0 | | | | | | |

Tabella 17 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 7 monte

| Analisi idrologica bacino banca 7 valle e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | | | | | | | |
|---|------------------------------|---------------------|-------------|----------------|------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.001925 | L max percorso (km) | 0.055 | Pendenza media | 0.05 | Lunghezza versante (km) | 0.013 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 417.61 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 416.21 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 419 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | ϕ_{1tot} | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.27 | | | | | | |
| Ventura | 0.02 | | | | | | |
| Pasini | 0.02 | | | | | | |
| Puglisi | 0.61 | | | | | | |
| T = L/v | 0.01 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.19 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.05 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 0.13 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 0.13 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.03 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 0.18 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.10 | | | | | |
| Verifica Gabbiodrain | | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 12.5 | | | | | | |
| Fattore di sicurezza | 3.000 | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 0.314 | | | | | | |
| Lunghezza minima (m) | 25.125 | | | | | | |
| Lunghezza banca (m) | 55.0 | | | | | | |

Tabella 18 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 7 valle

| Analisi idrologica bacino banca 8 e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|-------------|----------------|------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.00135 | L max percorso (km) | 0.075 | Pendenza media | 0.25 | Lunghezza versante (km) | 0.013 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 446.04 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 436.67 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 455.4 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | ϕ_{1tot} | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.11 | | | | | | |
| Ventura | 0.01 | | | | | | |
| Pasini | 0.01 | | | | | | |
| Puglisi | 0.40 | | | | | | |
| T = L/v | 0.01 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.11 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.05 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 0.14 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 0.13 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.03 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 0.12 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.09 | | | | | |
| Verifica Gabbiodrain | | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 12.5 | | | | | | |
| Fattore di sicurezza | 3.000 | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 0.277 | | | | | | |
| Lunghezza minima (m) | 22.163 | | | | | | |
| Lunghezza banca (m) | 75.0 | | | | | | |

Tabella 19 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 8

| Analisi idrologica bacino banca 9 valle e verifica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren | | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|-------------|----------------|------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.00028 | L max percorso (km) | 0.028 | Pendenza media | 0.38 | Lunghezza versante (km) | 0.013 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 447.29 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 441.99 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 452.58 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | ϕ_{1tot} | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.06 | | | | | | |
| Ventura | 0.00 | | | | | | |
| Pasini | 0.00 | | | | | | |
| Puglisi | 0.25 | | | | | | |
| T = L/v | 0.01 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.06 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.01 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 0.04 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 0.04 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.01 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 0.03 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.03 | | | | | |
| Verifica Gabbiodrain | | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 12.5 | | | | | | |
| Fattore di sicurezza | 3.000 | | | | | | |
| Portata smatita (l/sm) | 0.082 | | | | | | |
| Lunghezza minima (m) | 6.599 | | | | | | |
| Lunghezza banca (m) | 28.0 | | | | | | |

Tabella 20 – Verifica idraulica sistema di drenaggio tipo Gabbiodren – banca 9

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collocamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 89 di 198 |

Le trincee drenanti lungo le banche 5, 6, 7, 8 e 9, a monte del compluvio centrale, convogliano le acque all'interno della linea ovest di drenaggio principale realizzata con tubazioni in CLS. La descrizione della linea ovest di drenaggio principale è riportata nel paragrafo dedicato.

Le trincee delle porzioni di valle, in corrispondenza delle banche 5, 6 e 7, e le trincee delle banche 0, 1, 2, 3 e 4 convogliano le acque nella linea nord di drenaggio principale realizzata con tubazioni in CLS (linea P16-P23). Anche in questo caso la descrizione della linea è riportata nel paragrafo dedicato.

Lungo le linee di trincee drenanti previste, ad intervallo di circa 100 m, sono posati idonei pozzetti prefabbricati di ispezione in CLS con dimensioni interne 80x80.

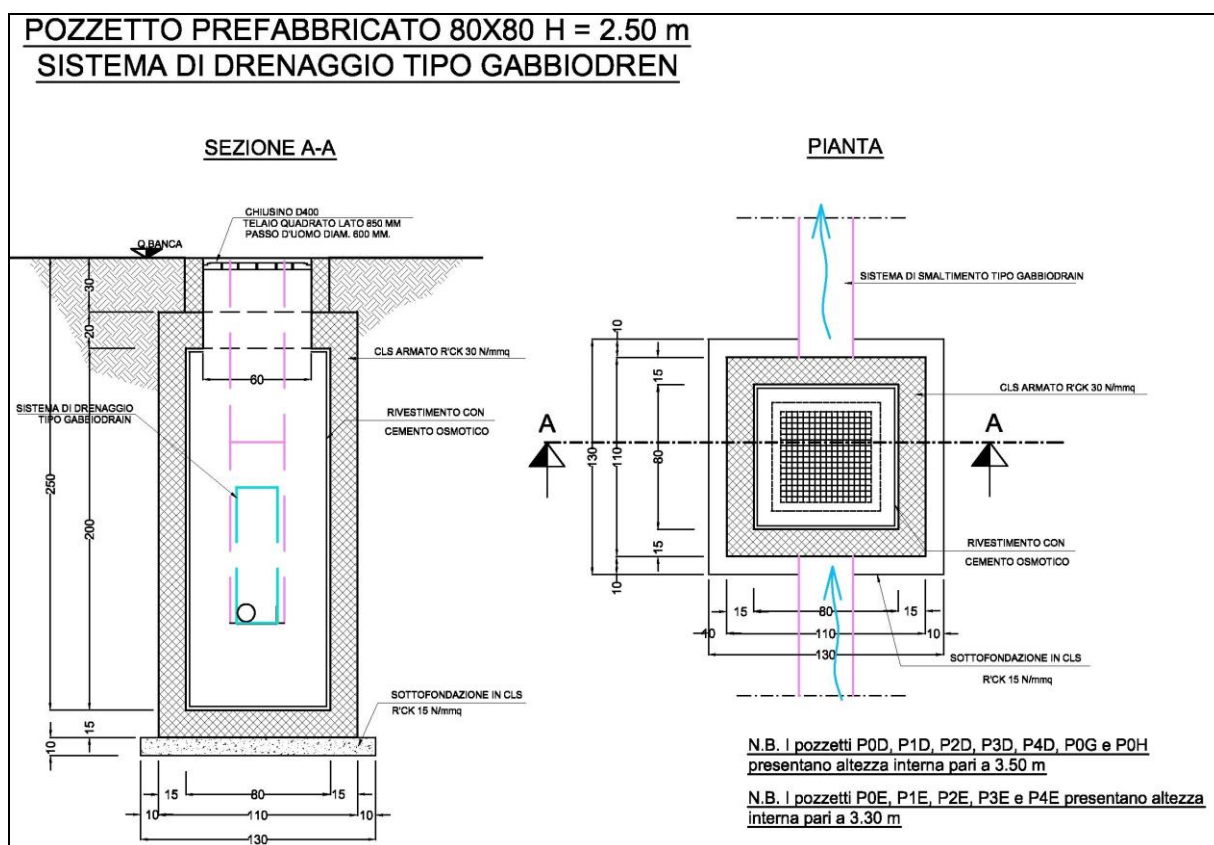


Figura 26 – Pozzetto di ispezione sistema di drenaggio tipo Gabbiodren

In corrispondenza delle vasche Vi0, Vi1, Vi2, Vi3, Vi4 e Vi5, lungo il compluvio centrale, si prevede di deviare le trincee drenanti di circa 2.50 m lato scarpata. La continuità è garantita dalla posa di una tubazione in CLS di diametro interno 300 mm. In corrispondenza della deviazione sono posati idonei pozzetti prefabbricati in CLS di dimensioni interne 100x100 cm.

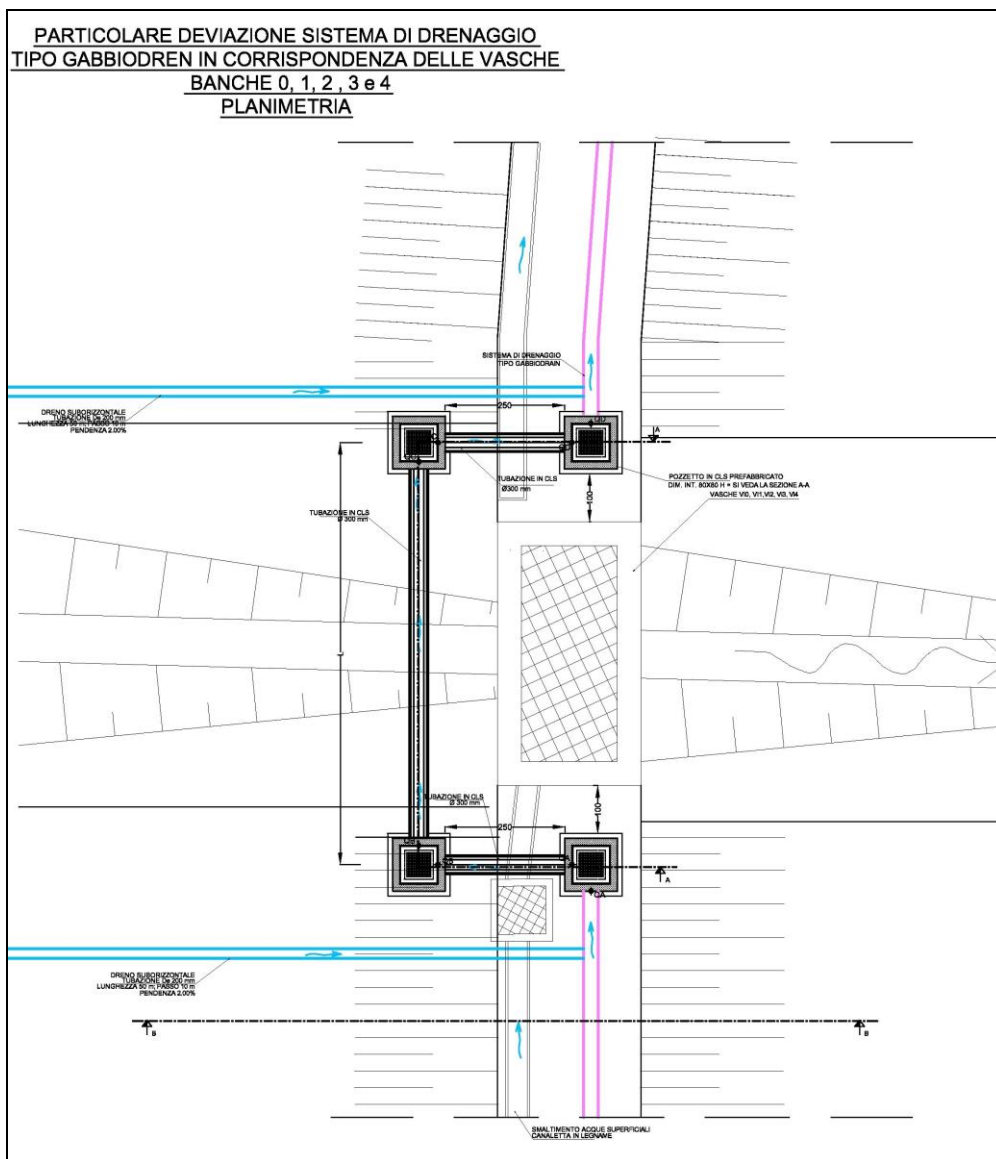
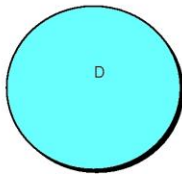


Figura 27 – Particolare deviazione del sistema tipo Gabbiodren in corrispondenza delle vasche lungo il compluvio centrale

Si riporta la verifica della tubazione di continuità in CLS di diametro interno 300 mm.

TUBAZIONE DI CONTINUITA' TRINCEE DRENANTI IN CLS DI300

| | |
|--|--------------|
| Portata Q (l/s) | 12.5 |
| Pendenza tubazione i | 0.06 |
| Coefficiente di scabrezza ks (m ^{1/3} /s) | 60 |
| D tubazione (m) | 0.3000 |
| grado di riempimento y/D | 0.176 |
| velocità corrente v (m/s) | 1.490 |



| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m ²) | Perimetro bagnato (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.05 | 0.02 | 0.001 | 0.135 | 0.010 | 0.671 | 0.887 |
| 0.10 | 0.03 | 0.004 | 0.193 | 0.019 | 1.049 | 3.857 |
| 0.15 | 0.05 | 0.007 | 0.239 | 0.028 | 1.351 | 8.981 |
| 0.20 | 0.06 | 0.010 | 0.278 | 0.036 | 1.608 | 16.179 |
| 0.25 | 0.08 | 0.014 | 0.314 | 0.044 | 1.831 | 25.308 |
| 0.30 | 0.09 | 0.018 | 0.348 | 0.051 | 2.029 | 36.181 |
| 0.35 | 0.11 | 0.022 | 0.380 | 0.058 | 2.203 | 48.580 |
| 0.40 | 0.12 | 0.026 | 0.411 | 0.064 | 2.358 | 62.261 |
| 0.45 | 0.14 | 0.031 | 0.441 | 0.070 | 2.495 | 76.957 |
| 0.50 | 0.15 | 0.035 | 0.471 | 0.075 | 2.614 | 92.378 |
| 0.55 | 0.17 | 0.040 | 0.501 | 0.079 | 2.717 | 108.214 |
| 0.60 | 0.18 | 0.044 | 0.532 | 0.083 | 2.803 | 124.127 |
| 0.65 | 0.20 | 0.049 | 0.563 | 0.086 | 2.873 | 139.751 |
| 0.70 | 0.21 | 0.053 | 0.595 | 0.089 | 2.927 | 154.685 |
| 0.75 | 0.23 | 0.057 | 0.628 | 0.091 | 2.963 | 168.475 |
| 0.80 | 0.24 | 0.061 | 0.664 | 0.091 | 2.979 | 180.594 |
| 0.85 | 0.26 | 0.064 | 0.704 | 0.091 | 2.973 | 190.381 |
| 0.90 | 0.27 | 0.067 | 0.749 | 0.089 | 2.939 | 196.913 |
| 0.95 | 0.29 | 0.069 | 0.807 | 0.086 | 2.862 | 198.524 |
| 1.00 | 0.30 | 0.071 | 0.942 | 0.075 | 2.614 | 184.757 |

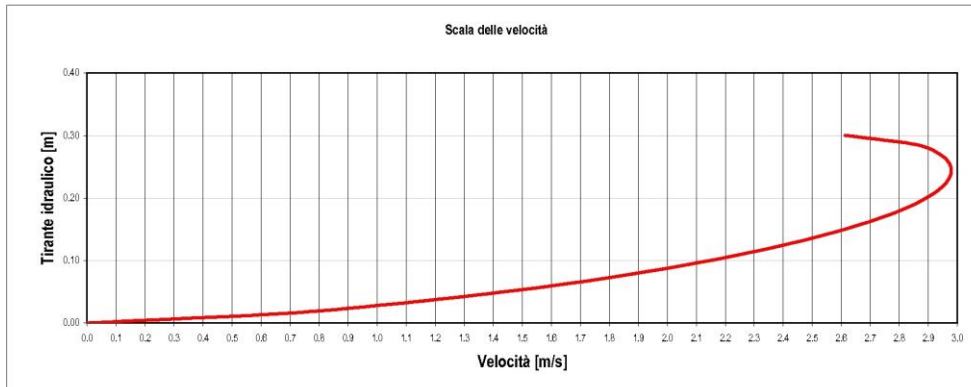
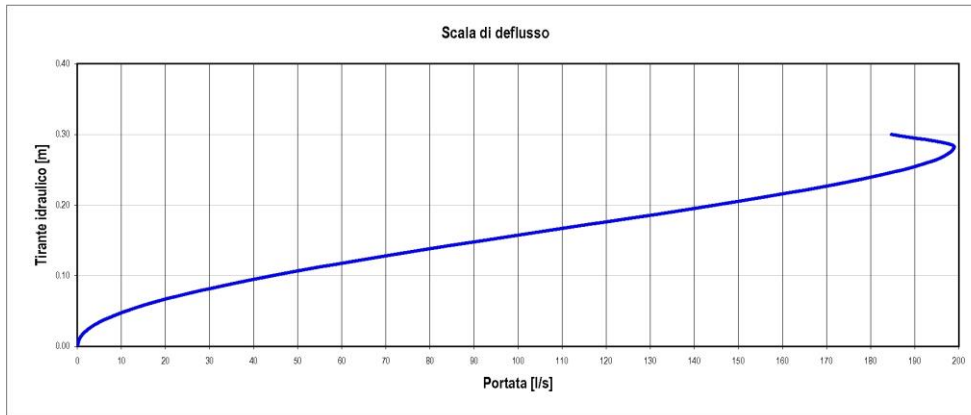


Figura 28 – Verifica tubazione di continuità trincea drenante in CLS diametro interno 300 mm

| | | |
|---|---|------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 92 di 198 |

5.4 Canali collettori principali

5.4.1 Descrizione linee di drenaggio principali del sistema di drenaggio tipo Gabbiodren

Come descritto in precedenza le singole trincee drenanti scaricano all'interno di due linee di drenaggio principali indicate, in seguito, come linea sud e linea nord.

La linea di drenaggio sud si sviluppa dal pozzetto P1 al P15. Nel tratto compreso tra i pozzetti P1 - e P7, la tubazione in CLS, è posata in testa all'abbancamento. Il diametro interno della tubazione è 500 mm tra i pozzetti P1 e P4/1 e 600 mm tra P4/1 e P7. In questo tratto la linea riceve il contributo delle trincee drenanti posate lungo le banche 5, 6, 7, 8 e 9 a monte del compluvio centrale.

In corrispondenza del pozzetto P7 la tubazione scende lungo la scarpata della banca 5 e corre parallela alla vasca dei drenaggi superficiali Vi4 (pozzetti P8-P8/1). In corrispondenza del pozzetto P9 raggiunge la banca 4. L'ultimo tratto di tubazione si sviluppa lungo la quarta banca, parallelamente alla trincea drenante, sino allo scarico al pozzetto P15. Il diametro interno della tubazione dal pozzetto P7 al pozzetto P9 è 600 mm. L'ultimo tratto di linea, dal pozzetto P9 al P15, è realizzato con tubazioni in CLS di diametro interno 800 mm.

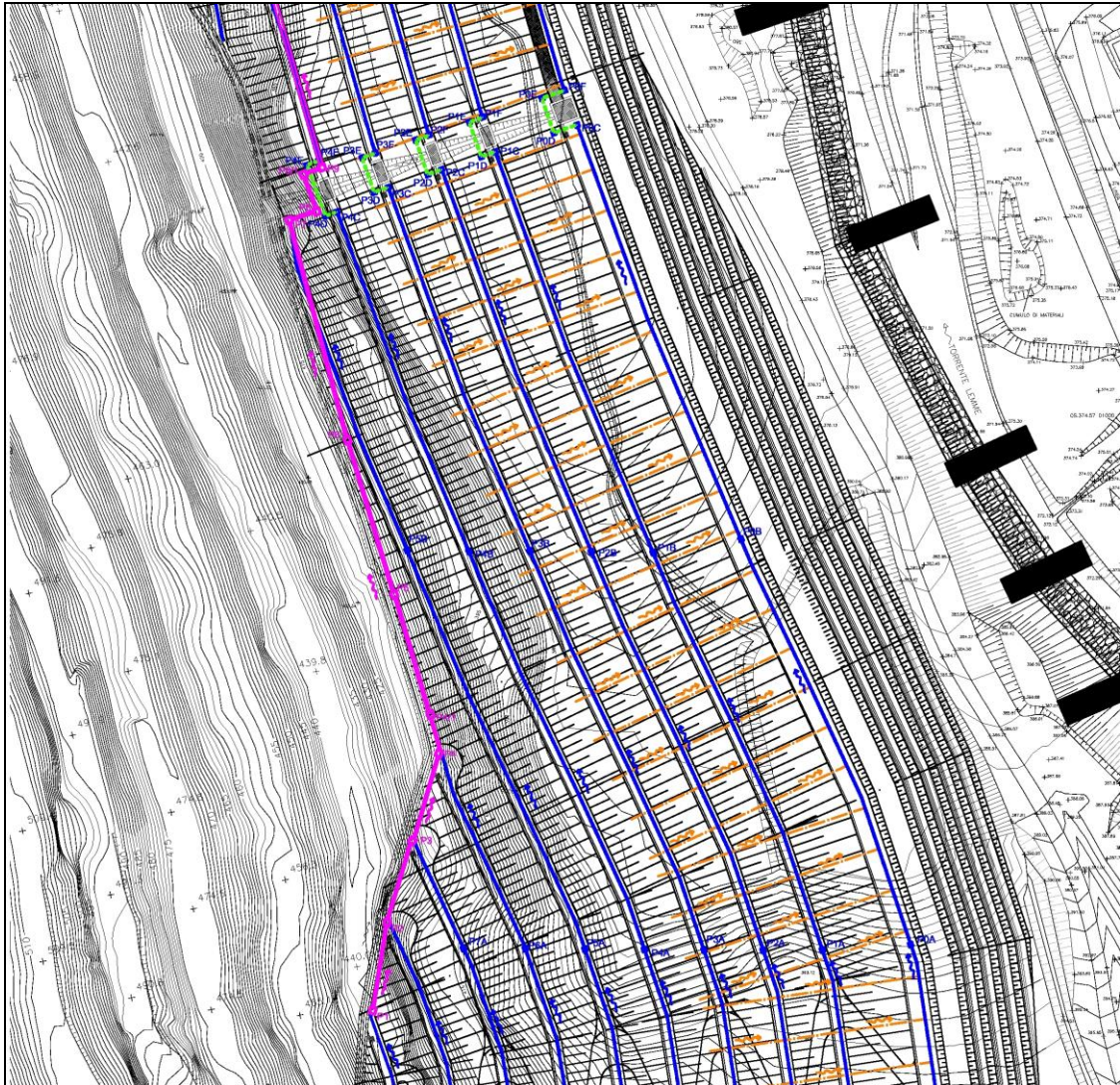


Figura 29 – Linea di drenaggio principale sud – primo tratto

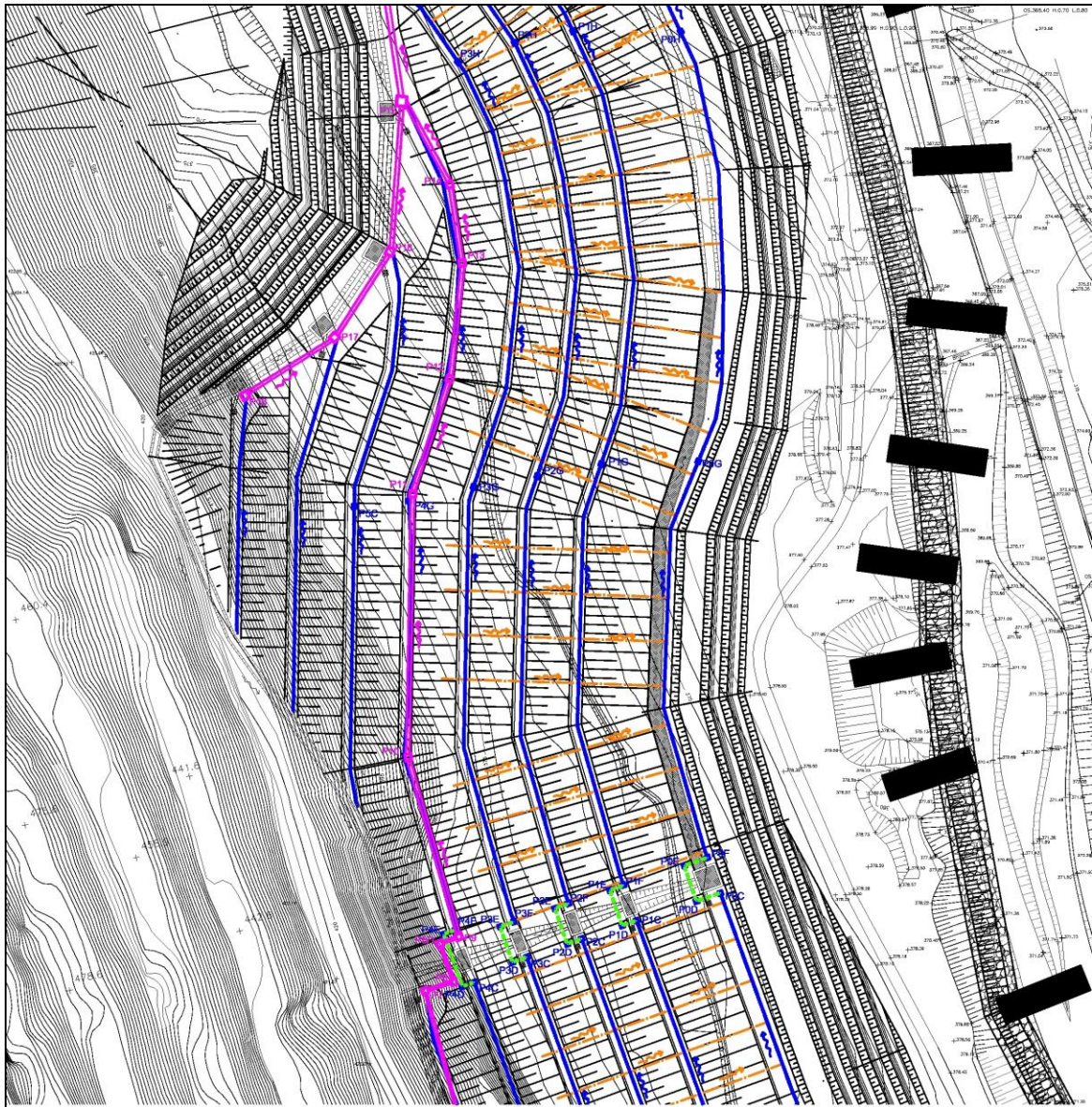


Figura 30 – Linea di drenaggio principale sud – secondo tratto

Lungo la linea, in corrispondenza degli scarichi della trincea drenante, dei cambi di direzione e dei cambi di diametro, sono presenti pozzetti in CLS prefabbricati e gettati in opera.

In particolare nel primo tratto (da P1 a P8/1) i pozzetti risultano prefabbricati con dimensioni interne 100x100 cm.

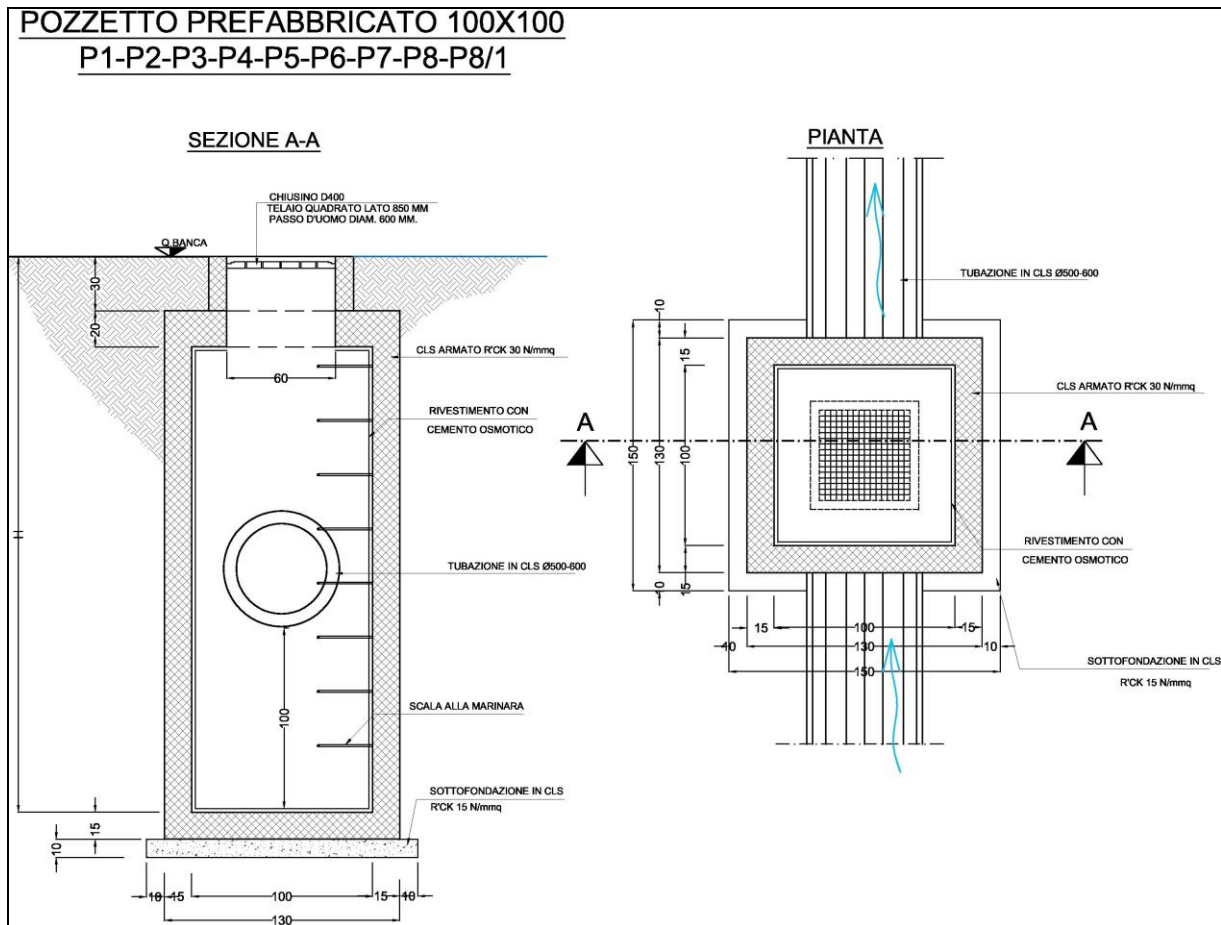


Figura 31 – Pozzetti prefabbricati 100x100

Anche il pozzetto P9 risulta prefabbricato con dimensioni interne 150x150 cm. Nel tratto compreso tra i pozzetti P10 al P14 è presente un parallelismo tra la trincea drenante e la tubazione in CLS; pertanto i pozzetti di ispezione sono costituiti da un torrino di accesso di dimensioni interne 80x80 e da una camera sottostante di dimensioni interne 150x150. In corrispondenza di ciascun pozzetto di ispezione la trincea drenante tipo Gabbiodren è deviata di 50 cm verso la base della scarpata.

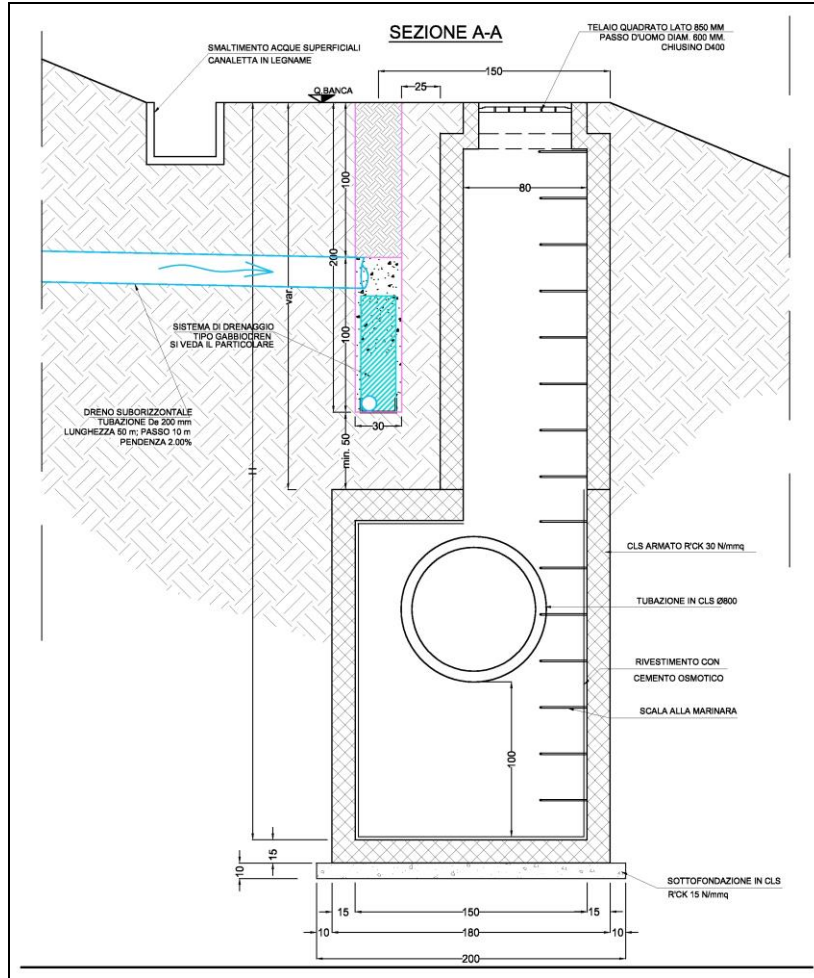


Figura 32 – Pozzetti di ispezione lungo la banca 4.

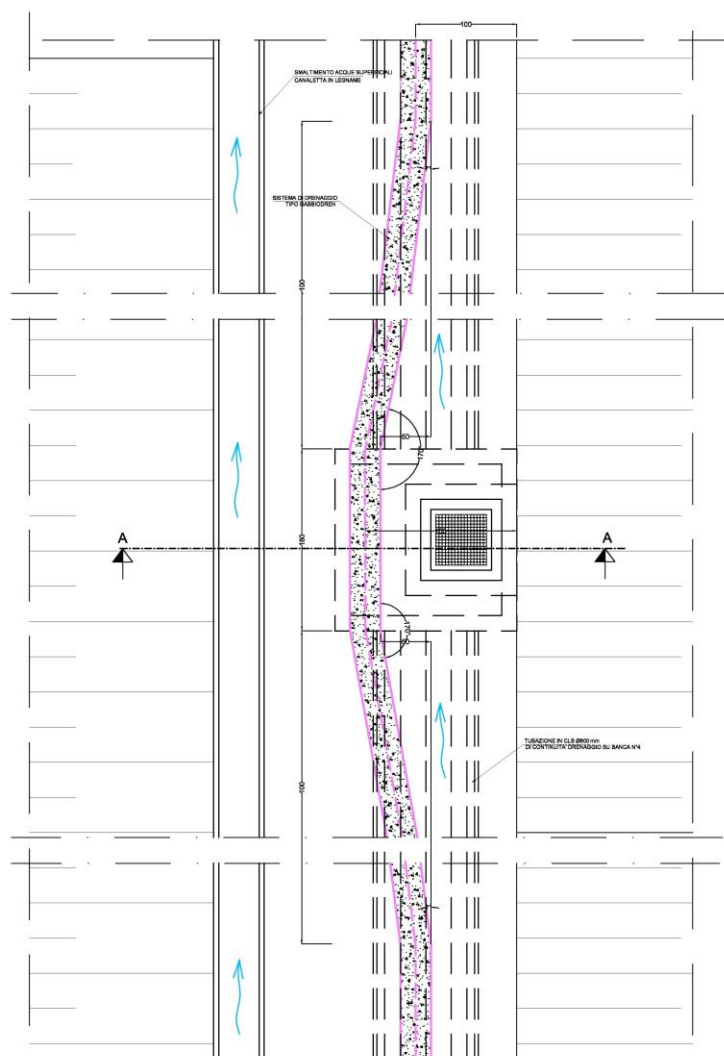


Figura 33 – Deviazione trincea drenante tipo Gabbiodren in corrispondenza dei pozzetti di ispezione lungo la banca 4

Come descritto in precedenza, la linea converge al pozzetto P15, prefabbricato e di dimensioni interne 200x200 cm, di scarico all'interno della seconda linea di drenaggio principale. La quota di arrivo è fissata a 389.99 m s.l.m.

La tubazione in CLS è posata sopra uno strato di sabbia il cui spessore è pari a 15 cm per tubazioni di diametro interno sino a 800 mm e pari a $0.25 * DN + 10$ cm per quelle con diametro superiore. Il rinfiacco, realizzato sempre con sabbia, prosegue sino a 30 cm al di sopra della generatrice superiore della tubazione. Sopra lo strato di sabbia, il ricoprimento avviene con il materiale con il quale è realizzato l'abbancamento.

POSA TUBAZIONE CLS Ø500-600-700-800

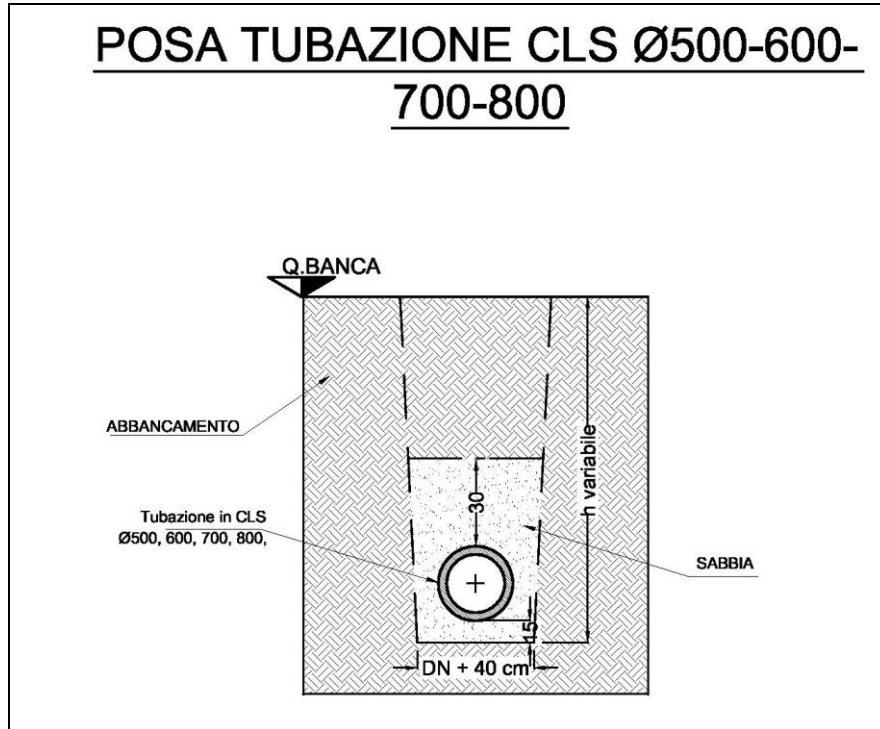


Figura 34 – Posa tubazioni con diametro sino a 800 mm

POSA TUBAZIONE CLS Ø1000-1200

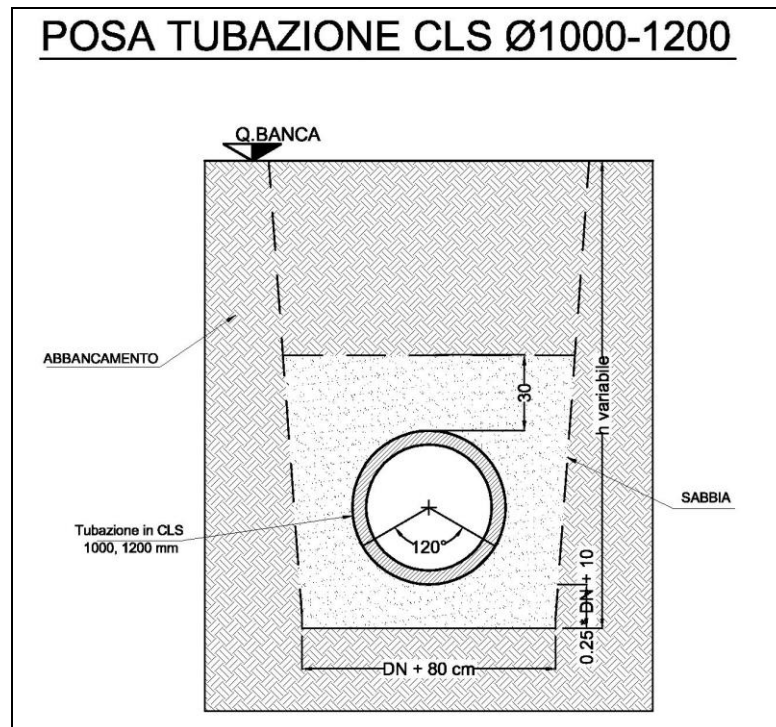


Figura 35 – Posa tubazioni con diametro superiore a 800 mm

| | | |
|---|---|---------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | |
| | <p>IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme</p> | <p>Foglio 99 di 198</p> |

La linea nord di drenaggio principale si sviluppa dal pozzetto P16 sino alla vasca di sedimentazione. La tubazione, sempre in CLS, si sviluppa, sino al pozzetto P22, in testa all'abbancamento. In corrispondenza del pozzetto P15 converge la prima linea descritta in precedenza.

Il diametro interno della tubazione è 700 mm tra i pozzetti P16 e P17; dal pozzetto P17 al pozzetto P15 il diametro interno della tubazione è 800 mm. Dal pozzetto P15 al P21 il diametro risulta di 1000 mm; infine tra i pozzetti P21 e P24 il diametro interno è 1200 mm.

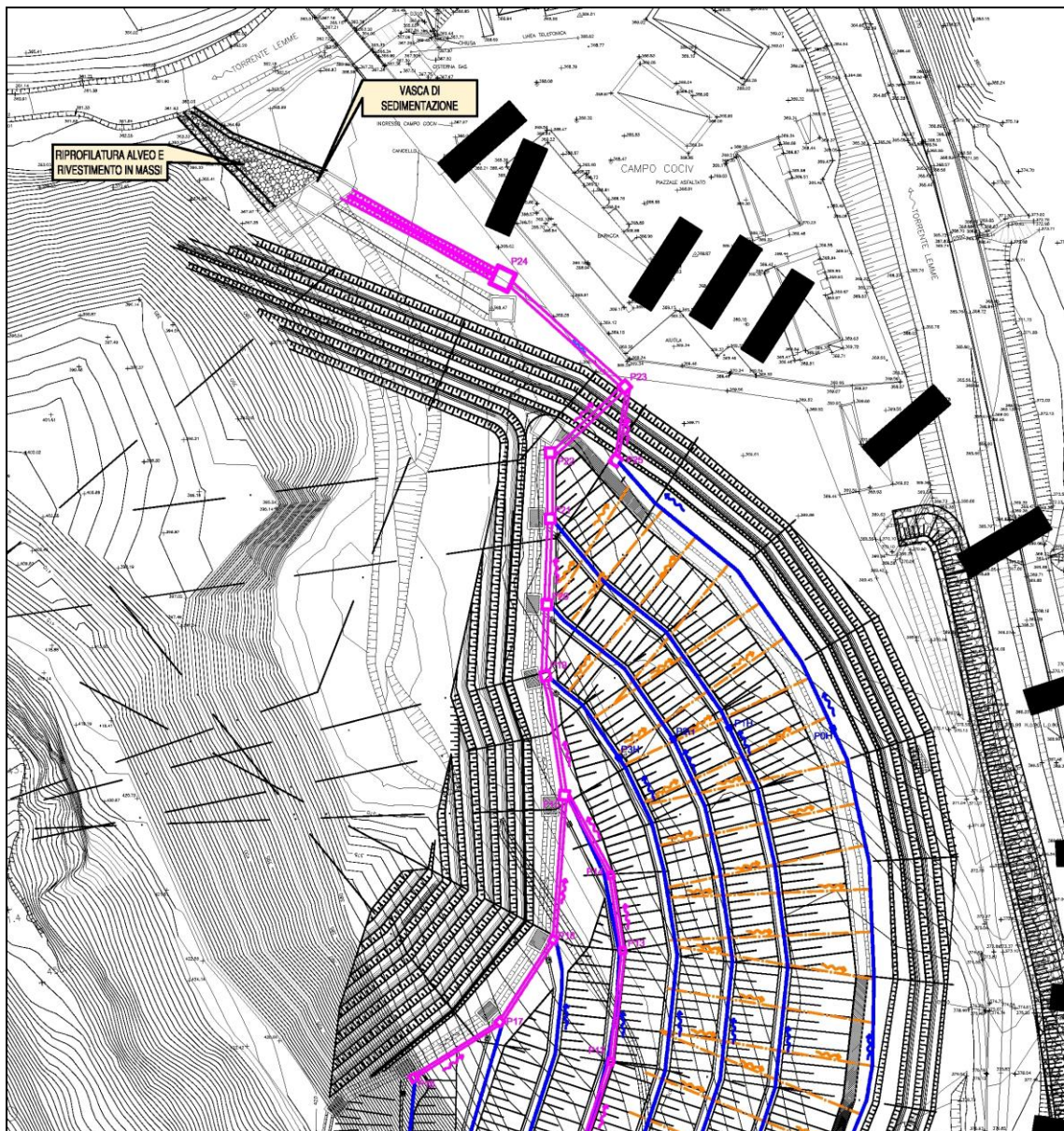


Figura 36 – Linea di drenaggio principale nord

La modalità di posa delle tubazioni è analoga a quanto descritto per la linea di drenaggio ovest. I pozzetti prefabbricati in CLS P16, P17 e P18 presentano dimensioni interne 150x150. I pozzetti P19, P20, P21 e P23, anch'essi prefabbricati, presentano dimensioni interne 200x200. Il pozzetto di salto P22, di dimensioni interne 200x200 cm, presenta altezza interna di 9.90 m; tale pozzetto è previsto gettato in opera. Il salto è necessario per consentire alla tubazione di drenaggio di raggiungere, in corrispondenza del pozzetto P24, la quota di piano campagna attuale.

In uscita dal pozzetto P24 si sviluppa il fosso di scarico in massi cementati a sezione trapezia di base 60 cm e sponde inclinate 2/1. Il fosso convoglia le acque nella vasca di sedimentazione di valle descritta in precedenza.

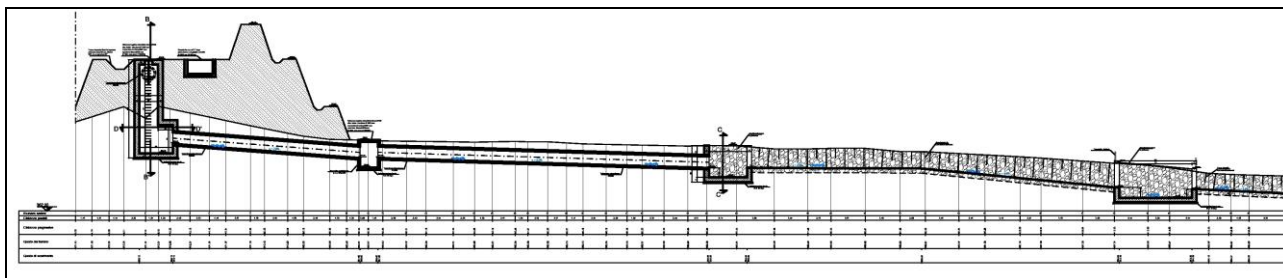


Figura 37 – Tratto finale linea di drenaggio principale nord

Infine, la trincea drenante in corrispondenza della banca 0 scarica all'interno del pozzetto si salto P25. Anche il pozzetto di salto P25 risulta in c.a. gettato in opera. Dal pozzetto, un breve tratto di tubazione in CLS di diametro interno 800 mm convoglia le acque all'interno del pozzetto P23 descritto in precedenza.

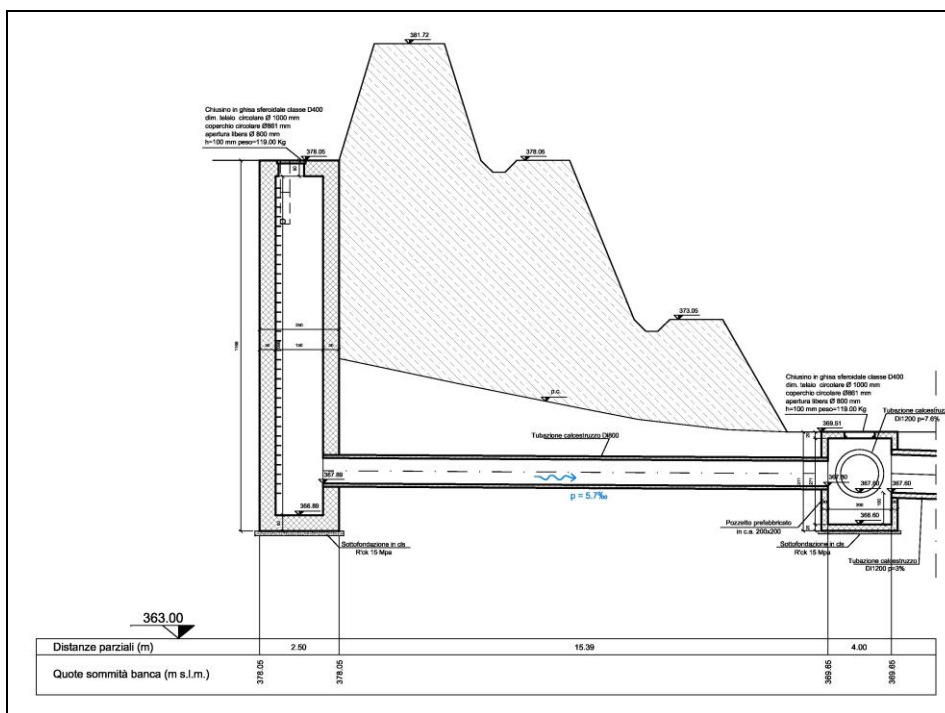
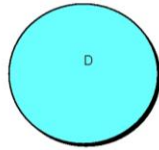


Figura 38 – Pozzetto di salto P25

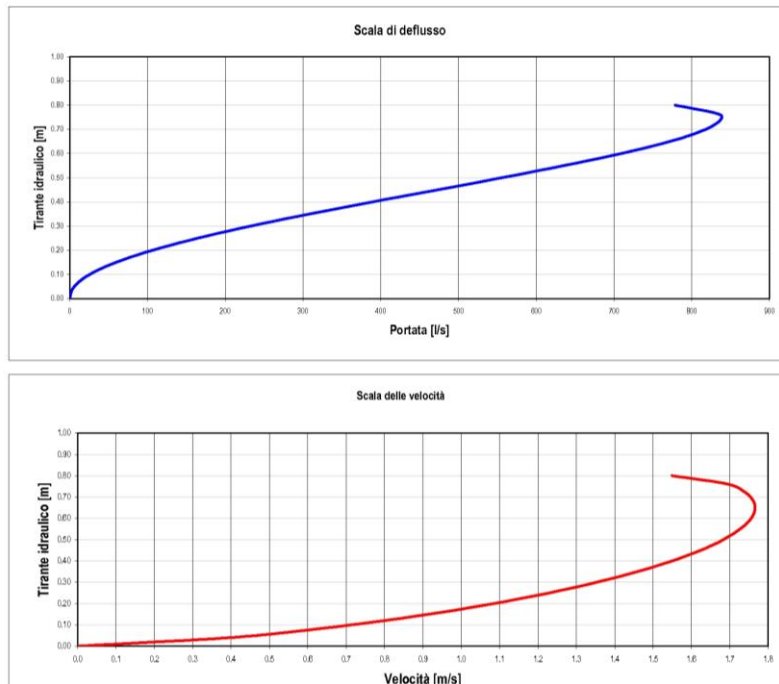
Si riporta la verifica idraulica del tratto di tubazione compreso tra i pozzetti P25-P23.

TUBAZIONE TRATTO P25-P23 DN800

| | |
|---|--------|
| Portata Q (l/s) | 494.68 |
| Pendenza tubazione i | 0.0057 |
| Coefficiente di scabrezza ks (m ¹⁰ /s) | 60 |
| D tubazione (m) | 0.8000 |
| grado di riempimento y/D | 0.579 |
| velocità corrente v (m/s) | 1.641 |



| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m ²) | Perimetro bagnato (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 0.05 | 0.04 | 0.009 | 0.361 | 0.026 | 0.398 | 3.739 |
| 0.10 | 0.08 | 0.026 | 0.515 | 0.051 | 0.621 | 16.258 |
| 0.15 | 0.12 | 0.047 | 0.636 | 0.074 | 0.801 | 37.853 |
| 0.20 | 0.16 | 0.072 | 0.742 | 0.096 | 0.953 | 68.193 |
| 0.25 | 0.20 | 0.098 | 0.838 | 0.117 | 1.085 | 106.670 |
| 0.30 | 0.24 | 0.127 | 0.927 | 0.137 | 1.202 | 152.497 |
| 0.35 | 0.28 | 0.157 | 1.013 | 0.155 | 1.306 | 204.755 |
| 0.40 | 0.32 | 0.188 | 1.096 | 0.171 | 1.398 | 262.417 |
| 0.45 | 0.36 | 0.219 | 1.177 | 0.186 | 1.479 | 324.358 |
| 0.50 | 0.40 | 0.251 | 1.257 | 0.200 | 1.549 | 389.357 |
| 0.55 | 0.44 | 0.283 | 1.337 | 0.212 | 1.610 | 456.102 |
| 0.60 | 0.48 | 0.315 | 1.418 | 0.222 | 1.661 | 523.172 |
| 0.65 | 0.52 | 0.346 | 1.500 | 0.231 | 1.703 | 589.027 |
| 0.70 | 0.56 | 0.376 | 1.586 | 0.237 | 1.735 | 651.970 |
| 0.75 | 0.60 | 0.404 | 1.676 | 0.241 | 1.756 | 710.093 |
| 0.80 | 0.64 | 0.431 | 1.771 | 0.243 | 1.766 | 761.168 |
| 0.85 | 0.68 | 0.455 | 1.877 | 0.243 | 1.762 | 802.419 |
| 0.90 | 0.72 | 0.476 | 1.996 | 0.238 | 1.742 | 829.952 |
| 0.95 | 0.76 | 0.493 | 2.152 | 0.229 | 1.696 | 836.741 |
| 1.00 | 0.80 | 0.503 | 2.513 | 0.200 | 1.549 | 778.715 |


Figura 39 – Verifica tubazione P25-P23

Al fine di realizzare una progettazione corretta dei due collettori principali di drenaggio, è stato utilizzato il modello idraulico HEC-RAS. I due sistemi sono stati modellati secondo le loro effettive caratteristiche geometriche e costruttive (materiali), in due distinte geometrie RAS.

Le portate entranti sono state inserite lungo lo sviluppo dei due tratti di tubazione, secondo le

| | | |
|---|---|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 103 di 198 |

effettive caratteristiche di afferenza in essi.

La simulazione è stata condotta in regime di moto permanente. Come condizioni al contorno, è stata imposta, a monte e valle, la pendenza motrice, come corrispondente alla pendenza del fondo.

I coefficienti di scabrezza utilizzati per le varie tipologie previste sono:

- Canale in c.a. rivestito in pietra: $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- Pozzetti in c.a. $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- Tubazioni in CLS: $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

5.4.2 Franchi idraulici

Tutti i sistemi di drenaggio previsti sono stati progettati considerando, per i canali, un franco idraulico minimo di 10 cm, mentre per le tubazioni un grado di riempimento massimo pari a 80% rispetto al livello relativo alla portata con tempo di ritorno 20 anni.

5.4.3 Dimensionamento linee di drenaggio principali

5.4.3.1 *Dimensionamento linea di drenaggio principale ovest - P1 - P15*

Per il dimensionamento della linea ovest di drenaggio principale (linea P1-P15) si è ricorso al software di modellazione idraulica HEC-RAS.

La geometria schematica RAS relativa alla prima linea è riportata in **Figura 40**.

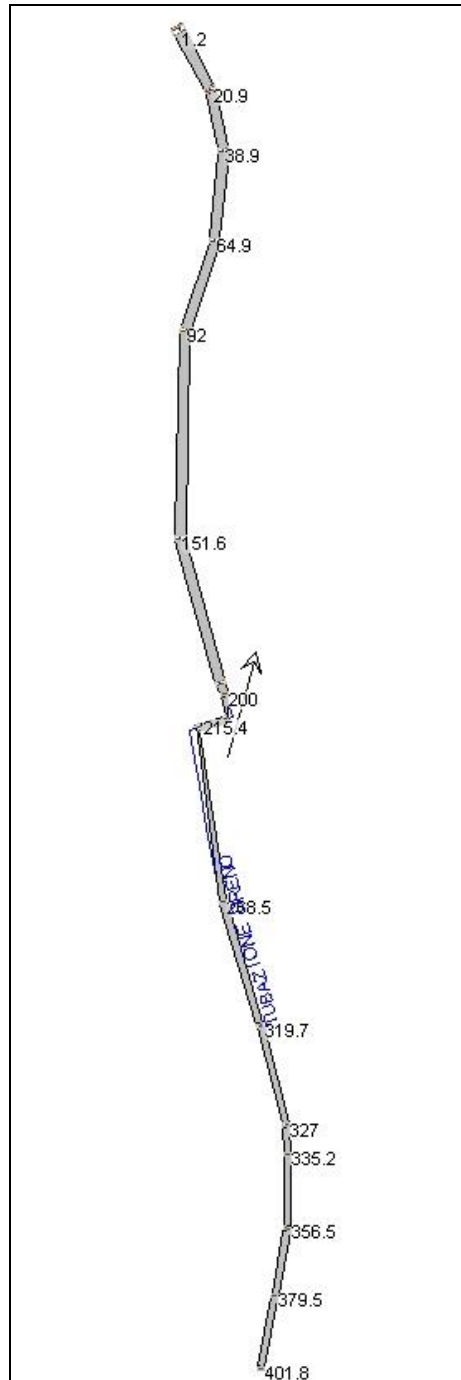


Figura 40 – Linea P1-P15 – Geometria RAS

Le portate entranti, di competenza dei singoli tratti, calcolate per tempo di ritorno 20 anni, sono state inserite nel modello all'inizio di essi. Si riportano le tabelle per la determinazione delle portate di afferenza alla linea oggetto di studio.

| Analisi idrologica bacino monte P3 | | | | | | | |
|--|--------------------------|---------------------|--------|----------------|------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.0044 | L max percorso (km) | 0.150 | Pendenza media | 0.19 | Lunghezza versante (km) | 0.05 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 444.48 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 430.86 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 458.1 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | ϕ_{1tot} | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.17 | | | | | | |
| Ventura | 0.02 | | | | | | |
| Pasini | 0.02 | | | | | | |
| Puglisi | 0.57 | | | | | | |
| T = L/v | 0.03 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.16 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.13 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 0.33 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 0.31 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.08 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 0.26 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.22 | | | | | |

Tabella 21 – Bacino idrologico a monte del pozzetto P3

| Analisi idrologica bacino monte P4 | | | | | | | |
|--|--------------------------|---------------------|--------|----------------|------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.00695 | L max percorso (km) | 0.180 | Pendenza media | 0.19 | Lunghezza versante (km) | 0.6 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 440.98 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 423.86 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 458.1 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | ϕ_{1tot} | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.18 | | | | | | |
| Ventura | 0.02 | | | | | | |
| Pasini | 0.03 | | | | | | |
| Puglisi | 0.59 | | | | | | |
| T = L/v | 0.19 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.20 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.20 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 0.47 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 0.45 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.12 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 0.20 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.29 | | | | | |

Tabella 22 – Bacino idrologico a monte del pozzetto P4

| Analisi idrologica bacino monte P7 | | | | | | | |
|--|--------------------------|---------------------|-------------|----------------|------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.01069 | L max percorso (km) | 0.320 | Pendenza media | 0.16 | Lunghezza versante (km) | 0.7 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 431.55 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 405 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 458.1 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | ϕ_{1tot} | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.22 | | | | | | |
| Ventura | 0.03 | | | | | | |
| Pasini | 0.04 | | | | | | |
| Puglisi | 0.75 | | | | | | |
| T = L/v | 0.24 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.26 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.29 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 0.64 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 0.58 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.17 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 0.28 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.39 | | | | | |

Tabella 23 – Bacino idrologico a monte del pozzetto P7

Pertanto le portate immesse nel modello RAS in corrispondenza dei pozzetti P3, P4 e P7 risultano rispettivamente 0.22 m³/s, 0.29 m³/s e 0.39 m³/s.

Il modello restituisce i risultati riportati in Tabella 24 ed i profili.

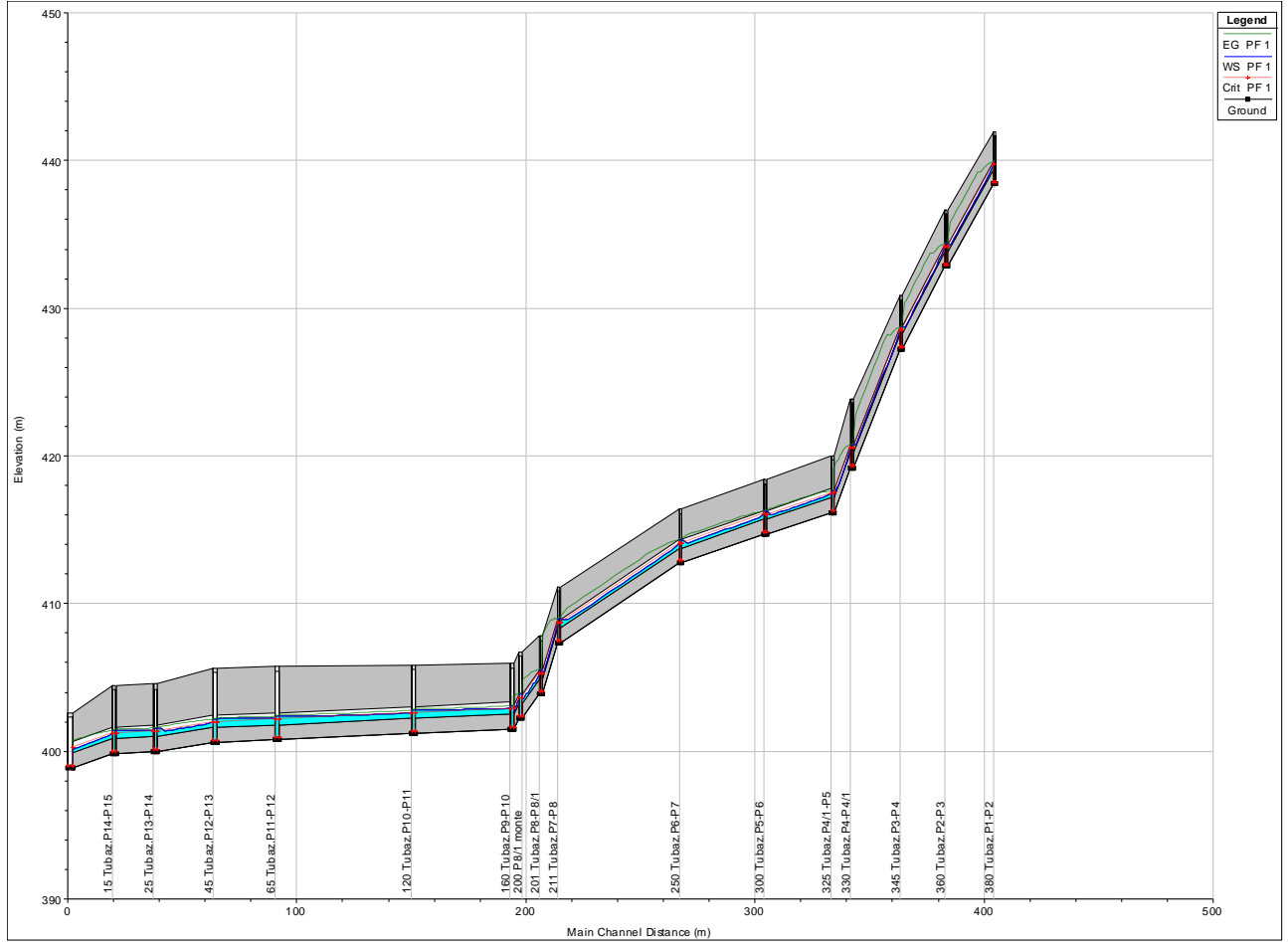


Figura 41 – Linea P1-P15 – Profilo RAS

| 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 |
|--------------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Linea_P1-P15 | 401.8 | PF 1 | 0.22 | 438.43 | 439.96 | 438.54 | 439.96 | 0.000003 | 0.07 | 3.06 | 2.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 400.8 | PF 1 | 0.22 | 438.43 | 439.96 | 438.54 | 439.96 | 0.000003 | 0.07 | 3.06 | 2.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 380 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P1-P15 | 379.5 | PF 1 | 0.22 | 432.84 | 434.37 | 432.95 | 434.37 | 0.000003 | 0.07 | 3.06 | 2.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 378.5 | PF 1 | 0.22 | 432.84 | 434.37 | 432.95 | 434.37 | 0.000003 | 0.07 | 3.06 | 2.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 360 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P1-P15 | 356.5 | PF 1 | 0.22 | 427.23 | 428.76 | 427.34 | 428.76 | 0.000003 | 0.07 | 3.06 | 2.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 355.5 | PF 1 | 0.22 | 427.23 | 428.76 | 427.34 | 428.76 | 0.000003 | 0.07 | 3.06 | 2.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 345 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P1-P15 | 335.2 | PF 1 | 0.22 | 419.20 | 420.73 | 419.31 | 420.73 | 0.000003 | 0.07 | 3.06 | 2.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 334.2 | PF 1 | 0.22 | 419.20 | 420.73 | 419.31 | 420.73 | 0.000003 | 0.07 | 3.06 | 2.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 330 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P1-P15 | 327 | PF 1 | 0.22 | 416.17 | 417.65 | 416.28 | 417.65 | 0.000003 | 0.07 | 2.97 | 2.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 326 | PF 1 | 0.22 | 416.17 | 417.65 | 416.28 | 417.65 | 0.000003 | 0.07 | 2.97 | 2.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 325 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P1-P15 | 319.7 | PF 1 | 0.29 | 414.70 | 416.27 | 414.83 | 416.27 | 0.000005 | 0.09 | 3.14 | 2.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 318.7 | PF 1 | 0.29 | 414.70 | 416.27 | 414.83 | 416.27 | 0.000005 | 0.09 | 3.14 | 2.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 300 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P1-P15 | 268.5 | PF 1 | 0.29 | 412.76 | 414.33 | 412.89 | 414.33 | 0.000005 | 0.09 | 3.14 | 2.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 267.5 | PF 1 | 0.29 | 412.76 | 414.33 | 412.89 | 414.33 | 0.000005 | 0.09 | 3.14 | 2.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 250 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P1-P15 | 215.4 | PF 1 | 0.39 | 407.35 | 409.02 | 407.51 | 409.02 | 0.000007 | 0.12 | 3.35 | 2.00 | 0.03 |
| Linea_P1-P15 | 214.5 | PF 1 | 0.39 | 407.35 | 409.02 | 407.51 | 409.02 | 0.000007 | 0.12 | 3.35 | 2.00 | 0.03 |
| Linea_P1-P15 | 211 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P1-P15 | 202.4 | PF 1 | 0.39 | 403.89 | 405.57 | 404.05 | 405.57 | 0.000007 | 0.12 | 3.37 | 2.00 | 0.03 |
| Linea_P1-P15 | 201.4 | PF 1 | 0.39 | 403.89 | 405.57 | 404.05 | 405.57 | 0.000007 | 0.12 | 3.37 | 2.00 | 0.03 |
| Linea_P1-P15 | 201 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P1-P15 | 200 | PF 1 | 0.39 | 402.24 | 403.92 | 402.40 | 403.92 | 0.000007 | 0.12 | 3.37 | 2.00 | 0.03 |
| Linea_P1-P15 | 198 | PF 1 | 0.39 | 402.24 | 403.92 | 402.40 | 403.92 | 0.000007 | 0.12 | 3.37 | 2.00 | 0.03 |
| Linea_P1-P15 | 195 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P1-P15 | 194.6 | PF 1 | 0.39 | 401.52 | 403.11 | 401.64 | 403.11 | 0.000003 | 0.08 | 4.76 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 193.4 | PF 1 | 0.39 | 401.52 | 403.11 | 401.64 | 403.11 | 0.000003 | 0.08 | 4.76 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 160 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P1-P15 | 151.6 | PF 1 | 0.39 | 401.22 | 402.81 | 401.34 | 402.81 | 0.000003 | 0.08 | 4.76 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 150.4 | PF 1 | 0.39 | 401.22 | 402.81 | 401.34 | 402.81 | 0.000003 | 0.08 | 4.76 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 120 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P1-P15 | 92 | PF 1 | 0.39 | 400.80 | 402.39 | 400.92 | 402.39 | 0.000003 | 0.08 | 4.76 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 90.8 | PF 1 | 0.39 | 400.80 | 402.39 | 400.92 | 402.39 | 0.000003 | 0.08 | 4.76 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 65 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P1-P15 | 64.9 | PF 1 | 0.39 | 400.62 | 402.21 | 400.74 | 402.21 | 0.000003 | 0.08 | 4.78 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 63.7 | PF 1 | 0.39 | 400.62 | 402.21 | 400.74 | 402.21 | 0.000003 | 0.08 | 4.78 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 45 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P1-P15 | 38.9 | PF 1 | 0.39 | 400.00 | 401.58 | 400.12 | 401.58 | 0.000003 | 0.08 | 4.75 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 37.7 | PF 1 | 0.39 | 400.00 | 401.58 | 400.12 | 401.58 | 0.000003 | 0.08 | 4.75 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 25 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P1-P15 | 20.9 | PF 1 | 0.39 | 399.84 | 401.43 | 399.96 | 401.43 | 0.000003 | 0.08 | 4.78 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 19.7 | PF 1 | 0.39 | 399.84 | 401.43 | 399.96 | 401.43 | 0.000003 | 0.08 | 4.78 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P1-P15 | 15 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P1-P15 | 1.2 | PF 1 | 0.39 | 398.89 | 399.02 | 398.99 | 399.05 | 0.002606 | 0.74 | 0.52 | 4.00 | 0.65 |
| Linea_P1-P15 | 0 | PF 1 | 0.39 | 398.89 | 398.99 | 398.99 | 399.04 | 0.006848 | 1.00 | 0.39 | 4.00 | 1.02 |

Tabella 24 – Linea P1-P15 – Tabella RAS

| Reach | River Sta | Profile | E.G. US (m) | W.S. US (m) | E.G. IC (m) | E.G. OC (m) | Min El Weir Flow (m) | Q Culv Group (m3/s) | Q Weir (m3/s) | Delta WS (m) | Culv Vel US (m/s) | Culv Vel DS (m/s) |
|--------------|----------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------|------------------------|------------------|-----------------|----------------------|----------------------|
| Linea_P1-P15 | 380 Culvert #1 | PF 1 | 439.96 | 439.96 | 439.86 | 439.96 | 441.98 | 0.22 | | 5.59 | 1.65 | 1.12 |
| Linea_P1-P15 | 360 Culvert #1 | PF 1 | 434.37 | 434.37 | 434.26 | 434.37 | 436.67 | 0.22 | | 5.61 | 1.65 | 1.12 |
| Linea_P1-P15 | 345 Culvert #1 | PF 1 | 428.76 | 428.76 | 428.62 | 428.76 | 430.86 | 0.22 | | 8.03 | 1.65 | 1.12 |
| Linea_P1-P15 | 330 Culvert #1 | PF 1 | 420.73 | 420.73 | 420.58 | 420.73 | 423.86 | 0.22 | | 3.08 | 1.65 | 5.96 |
| Linea_P1-P15 | 325 Culvert #1 | PF 1 | 417.65 | 417.65 | 417.60 | 417.65 | 420.00 | 0.22 | | 1.38 | 1.53 | 0.79 |
| Linea_P1-P15 | 300 Culvert #1 | PF 1 | 416.27 | 416.27 | 416.21 | 416.27 | 418.40 | 0.29 | | 1.94 | 1.69 | 1.05 |
| Linea_P1-P15 | 250 Culvert #1 | PF 1 | 414.33 | 414.33 | 414.26 | 414.33 | 416.41 | 0.29 | | 5.30 | 1.69 | 1.03 |
| Linea_P1-P15 | 211 Culvert #1 | PF 1 | 409.02 | 409.02 | 408.81 | 409.02 | 411.14 | 0.39 | | 3.45 | 1.90 | 1.38 |
| Linea_P1-P15 | 201 Culvert #1 | PF 1 | 405.57 | 405.57 | 405.48 | 405.57 | 407.80 | 0.39 | | 1.65 | 1.90 | 1.38 |
| Linea_P1-P15 | 195 Culvert #1 | PF 1 | 403.92 | 403.92 | 403.79 | 403.92 | 406.74 | 0.39 | | 0.82 | 1.90 | 4.44 |
| Linea_P1-P15 | 160 Culvert #1 | PF 1 | 403.11 | 403.11 | 403.06 | 403.11 | 405.95 | 0.39 | | 0.30 | 1.60 | 0.99 |
| Linea_P1-P15 | 120 Culvert #1 | PF 1 | 402.81 | 402.81 | 402.76 | 402.81 | 405.83 | 0.39 | | 0.42 | 1.60 | 0.99 |
| Linea_P1-P15 | 65 Culvert #1 | PF 1 | 402.39 | 402.39 | 402.34 | 402.39 | 405.74 | 0.39 | | 0.17 | 1.35 | 0.98 |
| Linea_P1-P15 | 45 Culvert #1 | PF 1 | 402.21 | 402.21 | 402.15 | 402.21 | 405.64 | 0.39 | | 0.63 | 1.69 | 0.99 |
| Linea_P1-P15 | 25 Culvert #1 | PF 1 | 401.58 | 401.58 | 401.54 | 401.58 | 404.60 | 0.39 | | 0.15 | 1.41 | 0.98 |
| Linea_P1-P15 | 15 Culvert #1 | PF 1 | 401.43 | 401.43 | 401.36 | 401.43 | 404.44 | 0.39 | | 2.41 | 1.69 | 3.28 |

Tabella 25 – Linea P1-P15 – Tabella RAS tubazioni

| | | |
|--|---|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 109 di 198 |

5.4.3.2 Dimensionamento linea di drenaggio principale nord - P16 – vasca di sedimentazione

Anche per il dimensionamento della seconda linea di drenaggio principale, linea NORD (P16-vasca di sedimentazione), si è ricorso al software di modellazione idraulica HEC-RAS, la cui geometria schematica è riportata in Figura 42.

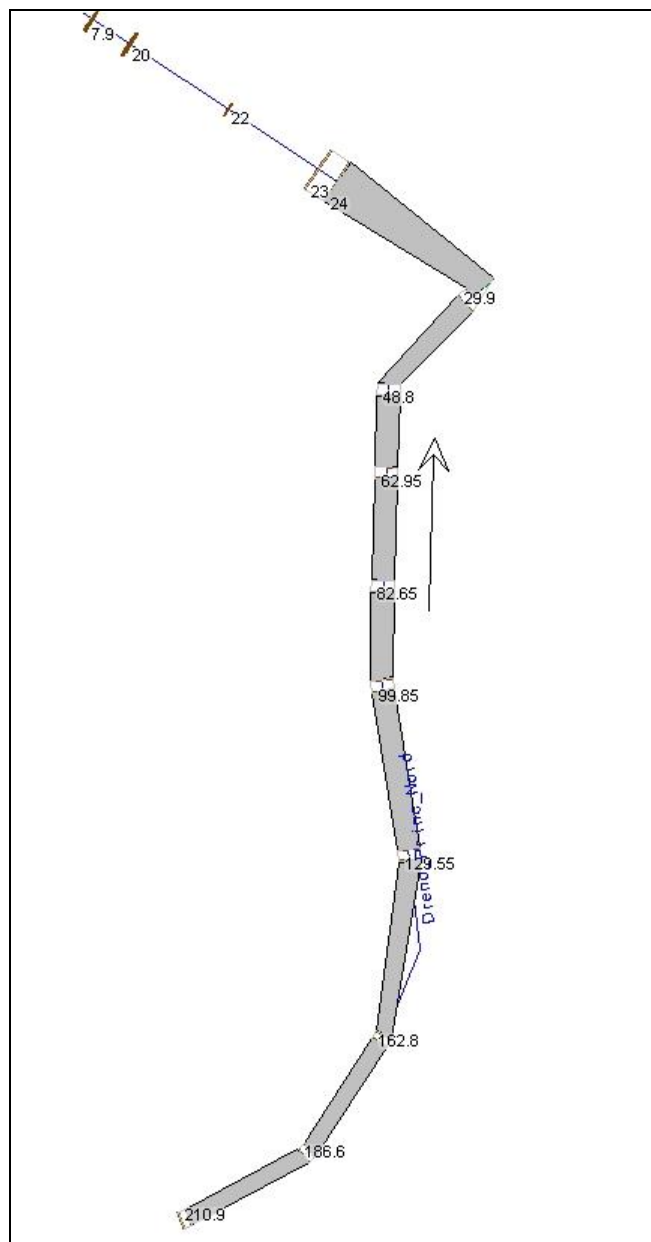


Figura 42 – Linea P16-Vasca sedimentazione – Geometria RAS

| | | |
|--|---|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | | Foglio 110 di 198 |

Le portate entranti, di competenza dei singoli tratti, calcolate per tempo di ritorno 20 anni, sono state inserite nel modello all'inizio di essi. Si riportano le tabelle per la determinazione delle portate di afferenza alla linea oggetto di studio.

| Analisi idrologica bacino monte P15 | | | | | | | |
|--|------------------------------|---------------------|-------------|----------------|------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.00945 | L max percorso (km) | 0.130 | Pendenza media | 0.10 | Lunghezza versante (km) | 0.04 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 409.41 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 402.62 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 416.2 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | ϕ_{1tot} | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.28 | | | | | | |
| Ventura | 0.04 | | | | | | |
| Pasini | 0.04 | | | | | | |
| Puglisi | 0.65 | | | | | | |
| T = L/v | 0.03 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.21 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.23 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 0.52 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 0.54 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.16 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 0.59 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.41 | | | | | |

Tabella 26 – Bacino idrologico a monte del pozzetto P15

| Analisi idrologica bacino valle P15 | | | | | | | |
|--|------------------------------|---------------------|-------------|----------------|------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.02014 | L max percorso (km) | 0.525 | Pendenza media | 0.11 | Lunghezza versante (km) | 0.06 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 430.36 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 402.62 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 458.1 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | ϕ_{1tot} | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.32 | | | | | | |
| Ventura | 0.05 | | | | | | |
| Pasini | 0.07 | | | | | | |
| Puglisi | 1.04 | | | | | | |
| T = L/v | 0.09 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.31 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.46 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 0.97 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 0.86 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.28 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 0.79 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.67 | | | | | |

Tabella 27 – Bacino idrologico in corrispondenza del pozzetto P15

| Analisi idrologica bacino monte P19 | | | | | | | |
|--|--------------------------|---------------------|--------|----------------|------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.02743 | L max percorso (km) | 0.550 | Pendenza media | 0.12 | Lunghezza versante (km) | 0.09 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 425.02 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 391.93 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 458.1 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | $\phi_{I\text{tot}}$ | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.32 | | | | | | |
| Ventura | 0.06 | | | | | | |
| Pasini | 0.08 | | | | | | |
| Puglisi | 1.01 | | | | | | |
| T = L/v | 0.10 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.31 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.62 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 1.26 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 1.14 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.39 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 1.02 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 0.89 | | | | | |

Tabella 28 – Bacino idrologico in corrispondenza del pozzetto P19

| Analisi idrologica bacino monte P20 | | | | | | | |
|--|--------------------------|---------------------|--------|----------------|------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.03483 | L max percorso (km) | 0.550 | Pendenza media | 0.13 | Lunghezza versante (km) | 0.1 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 422.66 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 387.21 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 458.1 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | $\phi_{I\text{tot}}$ | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.33 | | | | | | |
| Ventura | 0.07 | | | | | | |
| Pasini | 0.08 | | | | | | |
| Puglisi | 0.99 | | | | | | |
| T = L/v | 0.10 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.31 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.78 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 1.55 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 1.43 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.49 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 1.28 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 1.11 | | | | | |

Tabella 29 – Bacino idrologico in corrispondenza del pozzetto P20

| Analisi idrologica bacino monte P21 | | | | | | | |
|--|--------------------------|---------------------|--------|----------------|------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.04213 | L max percorso (km) | 0.560 | Pendenza media | 0.14 | Lunghezza versante (km) | 0.12 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 420.14 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 382.18 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 458.1 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | ϕ_{1tot} | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.34 | | | | | | |
| Ventura | 0.07 | | | | | | |
| Pasini | 0.08 | | | | | | |
| Puglisi | 0.97 | | | | | | |
| T = L/v | 0.11 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.32 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 0.94 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 1.83 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 1.70 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.60 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 1.50 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 1.31 | | | | | |

Tabella 30 – Bacino idrologico in corrispondenza del pozzetto P21

| Analisi idrologica bacino monte P23 | | | | | | | |
|--|--------------------------|---------------------|--------|----------------|-------|-----------------------------------|--------|
| Dati | | | | | | | |
| Area bacino (kmq) | 0.05631 | L max percorso (km) | 0.580 | Pendenza media | 0.085 | Lunghezza versante (km) | 0.14 |
| T (anni) | 20 | | | | | H media bacino sotteso (m s.m.m.) | 418.08 |
| Parametri pluviometrici | a | 63.48 | n | 0.578 | | H sezione di chiusura (m s.m.m.) | 378.05 |
| Coefficiente di afflusso | | | | | | Altitudine max (m s.m.m.) | 458.1 |
| ϕ_1 | Tipologia | A/Atot | | | | λ Giandotti | 166 |
| 0.5 | terreni coltivati | 0.00 | | | | Velocità compluvio(m/s) | 2 |
| 0.8 | boschi | 1.00 | | | | Velocità versante (m/s) | 1 |
| 0.5 | quartieri con fabbricati | 0.00 | | | | | |
| 0.9 | superfici pavimentate | 0.00 | | | | | |
| | ϕ_{1tot} | 0.80 | ϕ | 0.80 | | | |
| Tempo di corrivazione T (ore) | | | | | | | |
| Giandotti | 0.36 | | | | | | |
| Ventura | 0.10 | | | | | | |
| Pasini | 0.12 | | | | | | |
| Puglisi | 0.98 | | | | | | |
| T = L/v | 0.12 | | | | | | |
| Tc media di Ventura, Pasini, Puglisi e T | | T (ore) | 0.34 | | | | |
| Portata max (mc/s) | | | | | | | |
| | Qmax Giandotti (mc/s) | 1.22 | | | | | |
| | Qmax Ventura (mc/s) | 2.07 | | | | | |
| | Qmax Pasini (mc/s) | 1.95 | | | | | |
| | Qmax Puglisi (mc/s) | 0.80 | | | | | |
| | Qmax L/V (mc/s) | 1.95 | | | | | |
| | Qmax (mc/s) | 1.60 | | | | | |

Tabella 31 – Bacino idrologico in corrispondenza del pozzetto P23

Pertanto le portate immesse nel modello Hec in corrispondenza dei pozzetti P16, P15, P19, P20 e P23 risultano rispettivamente 0.41 m³/s, 0.67 m³/s, 0.89 m³/s, 1.11 m³/s, 1.31 m³/s e 1.60 m³/s.

Il modello restituisce i risultati riportati in Tabella 32 ed i profili.

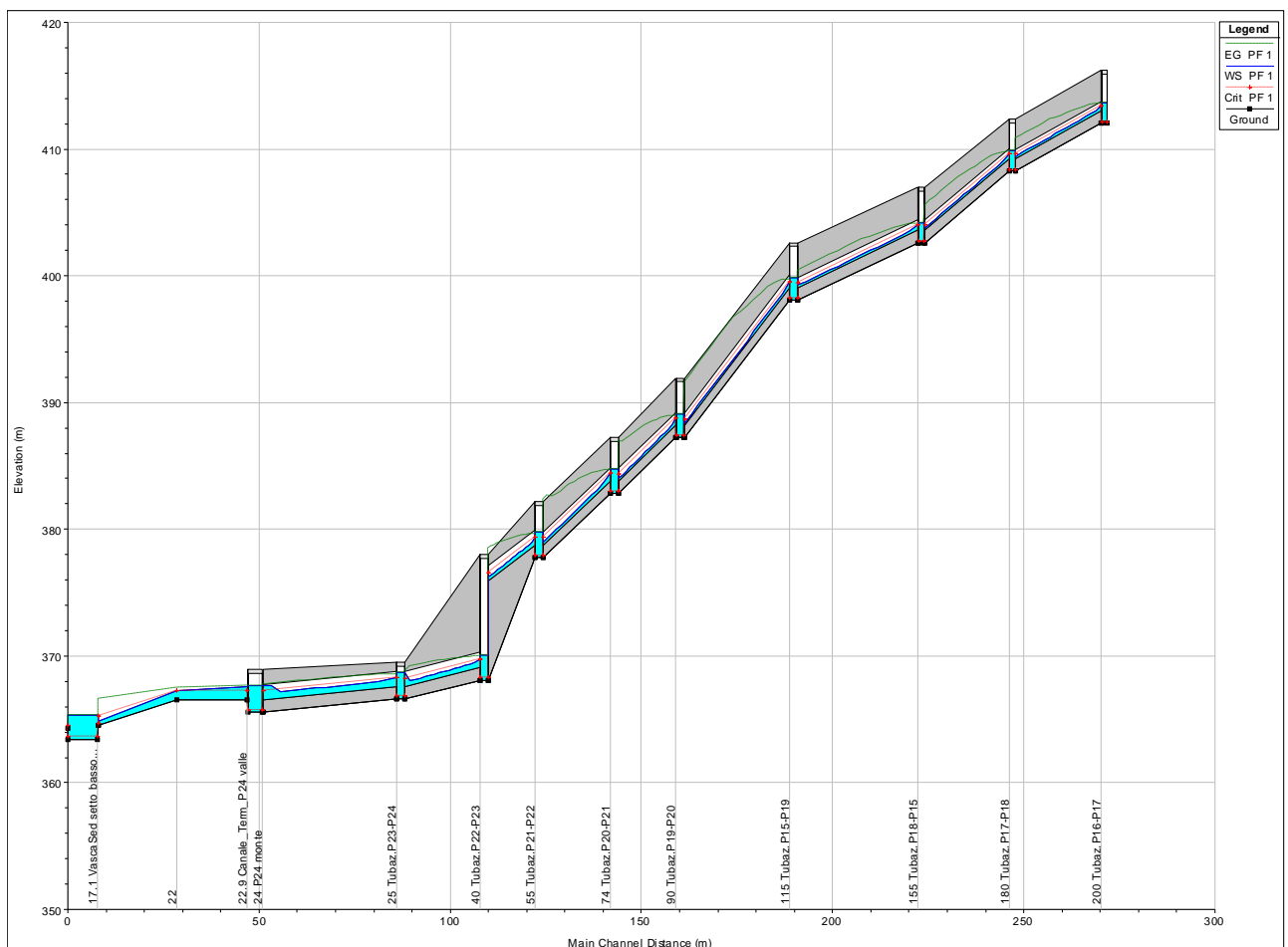


Figura 43 – Linea P16-Vasca sedimentazione – Profilo RAS

| 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 |
|------------------|-----------|---------|-------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|---------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------|
| Linea_P16-VasSed | 210.9 | PF 1 | 0.41 | 412.05 | 413.70 | 412.17 | 413.70 | 0.000003 | 0.08 | 4.94 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P16-VasSed | 209.7 | PF 1 | 0.41 | 412.05 | 413.70 | 412.17 | 413.70 | 0.000003 | 0.08 | 4.94 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P16-VasSed | 200 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P16-VasSed | 186.6 | PF 1 | 0.41 | 408.26 | 409.87 | 408.38 | 409.87 | 0.000003 | 0.08 | 4.83 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P16-VasSed | 185.4 | PF 1 | 0.41 | 408.26 | 409.87 | 408.38 | 409.87 | 0.000003 | 0.08 | 4.83 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P16-VasSed | 180 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P16-VasSed | 162.8 | PF 1 | 0.41 | 402.61 | 404.22 | 402.73 | 404.22 | 0.000003 | 0.08 | 4.83 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P16-VasSed | 161.6 | PF 1 | 0.41 | 402.61 | 404.22 | 402.73 | 404.22 | 0.000003 | 0.08 | 4.83 | 3.00 | 0.02 |
| Linea_P16-VasSed | 155 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P16-VasSed | 129.55 | PF 1 | 0.67 | 398.08 | 399.81 | 398.22 | 399.81 | 0.000003 | 0.10 | 6.93 | 4.00 | 0.02 |
| Linea_P16-VasSed | 128.05 | PF 1 | 0.67 | 398.08 | 399.81 | 398.22 | 399.81 | 0.000003 | 0.10 | 6.93 | 4.00 | 0.02 |
| Linea_P16-VasSed | 115 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P16-VasSed | 99.85 | PF 1 | 0.89 | 387.21 | 389.07 | 387.38 | 389.07 | 0.000004 | 0.12 | 7.45 | 4.00 | 0.03 |
| Linea_P16-VasSed | 98.35 | PF 1 | 0.89 | 387.21 | 389.07 | 387.38 | 389.07 | 0.000004 | 0.12 | 7.45 | 4.00 | 0.03 |
| Linea_P16-VasSed | 90 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P16-VasSed | 82.65 | PF 1 | 1.11 | 382.80 | 384.79 | 383.00 | 384.79 | 0.000006 | 0.14 | 7.94 | 4.00 | 0.03 |
| Linea_P16-VasSed | 81.15 | PF 1 | 1.11 | 382.80 | 384.79 | 383.00 | 384.79 | 0.000006 | 0.14 | 7.94 | 4.00 | 0.03 |
| Linea_P16-VasSed | 74 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P16-VasSed | 62.95 | PF 1 | 1.31 | 377.75 | 379.74 | 377.97 | 379.75 | 0.000008 | 0.16 | 7.98 | 4.00 | 0.04 |
| Linea_P16-VasSed | 61.45 | PF 1 | 1.31 | 377.75 | 379.74 | 377.97 | 379.75 | 0.000008 | 0.16 | 7.98 | 4.00 | 0.04 |
| Linea_P16-VasSed | 55 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P16-VasSed | 48.8 | PF 1 | 1.31 | 368.10 | 370.09 | 368.32 | 370.10 | 0.000008 | 0.16 | 7.98 | 4.00 | 0.04 |
| Linea_P16-VasSed | 46.8 | PF 1 | 1.31 | 368.10 | 370.09 | 368.32 | 370.10 | 0.000008 | 0.16 | 7.98 | 4.00 | 0.04 |
| Linea_P16-VasSed | 40 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P16-VasSed | 29.9 | PF 1 | 1.60 | 366.60 | 368.72 | 366.86 | 368.72 | 0.000010 | 0.19 | 8.48 | 4.00 | 0.04 |
| Linea_P16-VasSed | 26.3 | PF 1 | 1.60 | 366.60 | 368.72 | 366.86 | 368.72 | 0.000010 | 0.19 | 8.48 | 4.00 | 0.04 |
| Linea_P16-VasSed | 25 | Culvert | | | | | | | | | | |
| Linea_P16-VasSed | 24 | PF 1 | 1.60 | 365.55 | 367.67 | 365.71 | 367.67 | 0.000004 | 0.09 | 16.95 | 8.00 | 0.02 |
| Linea_P16-VasSed | 23 | PF 1 | 1.60 | 365.55 | 367.67 | 365.71 | 367.67 | 0.000004 | 0.09 | 16.95 | 8.00 | 0.02 |
| Linea_P16-VasSed | 22.9 | PF 1 | 1.60 | 366.55 | 367.54 | 367.28 | 367.66 | 0.005069 | 1.50 | 1.07 | 1.55 | 0.58 |
| Linea_P16-VasSed | 22 | PF 1 | 1.60 | 366.50 | 367.23 | 367.23 | 367.49 | 0.015205 | 2.28 | 0.70 | 1.33 | 1.00 |
| Linea_P16-VasSed | 20 | PF 1 | 1.60 | 364.49 | 364.85 | 365.22 | 366.59 | 0.186659 | 5.85 | 0.27 | 0.94 | 3.46 |
| Linea_P16-VasSed | 17.2 | PF 1 | 1.60 | 364.49 | 365.36 | 364.72 | 365.37 | 0.000184 | 0.40 | 4.01 | 4.60 | 0.14 |
| Linea_P16-VasSed | 17.1 | PF 1 | 1.60 | 363.39 | 365.37 | 363.62 | 365.37 | 0.000018 | 0.18 | 9.09 | 4.60 | 0.04 |
| Linea_P16-VasSed | 7.9 | PF 1 | 1.60 | 363.39 | 365.37 | 363.62 | 365.37 | 0.000018 | 0.18 | 9.09 | 4.60 | 0.04 |
| Linea_P16-VasSed | 0 | PF 1 | 1.60 | 364.29 | 365.36 | 364.52 | 365.37 | 0.000100 | 0.32 | 4.93 | 4.60 | 0.10 |

Tabella 32 – Linea P16-vasca sedimentazione – Tabella RAS

| Reach | River Sta | Profile | E.G. US. (m) | W.S. US. (m) | E.G. IC (m) | E.G. OC (m) | Min El Weir Flow (m) | Q Culv Group (m3/s) | Q Weir (m3/s) | Delta WS (m) | Culv Vel US (m/s) | Culv Vel DS (m/s) | |
|------------------|-----------|------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------------|------------------------|------------------|-----------------|----------------------|----------------------|------|
| Linea_P16-VasSed | 200 | Culvert #1 | PF 1 | 413.70 | 413.70 | 413.59 | 413.70 | 416.21 | 0.41 | | 3.83 | 1.80 | 5.20 |
| Linea_P16-VasSed | 180 | Culvert #1 | PF 1 | 409.87 | 409.87 | 409.71 | 409.87 | 412.34 | 0.41 | | 5.65 | 1.71 | 5.89 |
| Linea_P16-VasSed | 155 | Culvert #1 | PF 1 | 404.22 | 404.22 | 404.11 | 404.22 | 406.98 | 0.41 | | 4.41 | 1.71 | 4.83 |
| Linea_P16-VasSed | 115 | Culvert #1 | PF 1 | 399.81 | 399.81 | 399.53 | 399.81 | 402.62 | 0.67 | | 10.74 | 1.88 | 7.97 |
| Linea_P16-VasSed | 90 | Culvert #1 | PF 1 | 389.07 | 389.07 | 388.85 | 389.07 | 391.93 | 0.89 | | 4.29 | 2.06 | 7.62 |
| Linea_P16-VasSed | 74 | Culvert #1 | PF 1 | 384.79 | 384.79 | 384.57 | 384.79 | 387.21 | 1.11 | | 5.04 | 2.23 | 8.14 |
| Linea_P16-VasSed | 55 | Culvert #1 | PF 1 | 379.75 | 379.74 | 379.52 | 379.75 | 382.18 | 1.31 | | 9.65 | 2.21 | 6.70 |
| Linea_P16-VasSed | 40 | Culvert #1 | PF 1 | 370.10 | 370.09 | 369.97 | 370.10 | 378.00 | 1.31 | | 1.38 | 2.21 | 1.19 |
| Linea_P16-VasSed | 25 | Culvert #1 | PF 1 | 368.72 | 368.72 | 368.62 | 368.72 | 369.51 | 1.60 | | 1.05 | 2.37 | 1.46 |

Tabella 33 – Linea P16-vasca sedimentazione – Tabella RAS tubazioni

| | | |
|--|---|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 115 di 198 |

5.4.4 Verifica in moto uniforme tubazioni drenaggio principali

In corrispondenza delle tubazioni, presenti lungo le linea dei drenaggi principali, è stata realizzata anche la verifica in moto uniforme della capacità di smaltimento della sezione.

La tubazione nel tratto P1-P4/1 è in cls Di500 ed ha pendenza variabile da 0.28 a 0.42; la portata di riferimento nel tratto, pari a 0.22 m³/s, è smaltita dalla sezione, nel tratto a pendenza minore, con grado di riempimento pari al 28%, corrispondente ad un tirante di circa 14 cm.

La tubazione nel tratto P4/1-P5 è in cls Di600 ed ha pendenza 0.052; la portata di riferimento nel tratto, pari a 0.22 m³/s, è smaltita dalla sezione, nel tratto a pendenza minore, con grado di riempimento pari al 32%, corrispondente ad un tirante di circa 19 cm.

La tubazione nel tratto P5-P9 è in cls Di600 ed ha pendenza variabile da 0.054 a 0.523; la portata di riferimento nel tratto, pari a 0.39 m³/s, è smaltita dalla sezione, nel tratto a pendenza minore, con grado di riempimento pari al 40%, corrispondente ad un tirante di circa 24 cm.

La tubazione nel tratto P9-P15 è in cls Di800 ed ha pendenza variabile da 0.007 a 0.055; la portata di riferimento nel tratto, pari a 0.39 m³/s, è smaltita dalla sezione, nel tratto a pendenza minore, con grado di riempimento pari al 40%, corrispondente ad un tirante di circa 24 cm.

La tubazione nel tratto P16-P17 è in cls Di700 ed ha pendenza 0.17; la portata di riferimento nel tratto, pari a 0.41 m³/s, è smaltita dalla sezione, nel tratto a pendenza minore, con grado di riempimento pari al 27%, corrispondente ad un tirante di circa 19 cm.

La tubazione nel tratto P17-P15 è in cls Di800 ed ha pendenza variabile da 0.145 a 0.250; la portata di riferimento nel tratto, pari a 0.41 m³/s, è smaltita dalla sezione, nel tratto a pendenza minore, con grado di riempimento pari al 23%, corrispondente ad un tirante di circa 18 cm.

La tubazione nel tratto P15-P19 è in cls Di1000 ed ha pendenza 0.40; la portata di riferimento nel tratto, pari a 0.67 m³/s, è smaltita dalla sezione, nel tratto a pendenza minore, con grado di riempimento pari al 16%, corrispondente ad un tirante di circa 16 cm.

La tubazione nel tratto P19-P21 è in cls Di1000 ed ha pendenza 0.29; la portata massima di riferimento nel tratto, pari a $1.11 \text{ m}^3/\text{s}$, è smaltita dalla sezione, nel tratto a pendenza minore, con grado di riempimento pari al 24%, corrispondente ad un tirante di circa 24 cm.

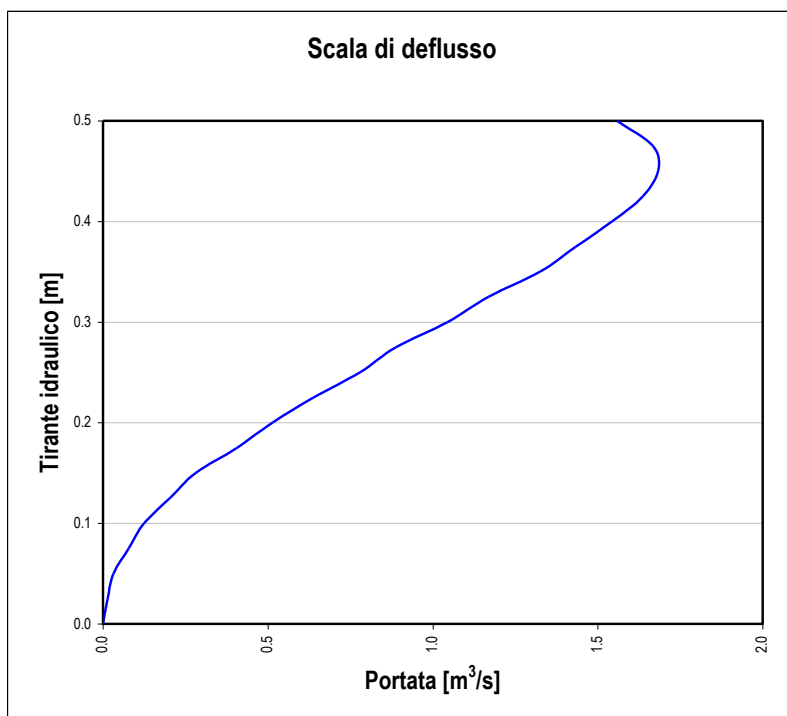
La tubazione nel tratto P21-P23 è in cls Di1200 ed ha pendenza variabile da 0.076 a 0.230; la portata di riferimento nel tratto, pari a $1.31 \text{ m}^3/\text{s}$, è smaltita dalla sezione, nel tratto a pendenza minore, con grado di riempimento pari al 29%, corrispondente ad un tirante di circa 35 cm.

La tubazione nel tratto P23-P24 è in cls Di1200 ed ha pendenza 0.030; la portata di riferimento nel tratto, pari a $1.60 \text{ m}^3/\text{s}$, è smaltita dalla sezione, nel tratto a pendenza minore, con grado di riempimento pari al 39%, corrispondente ad un tirante di circa 47 cm.

Linea P1-P15 - Tubazione Di500 P1-P4/1 - $p_{\min}=0.28$

La sezione di deflusso è quella di una tubazione di forma circolare in cls

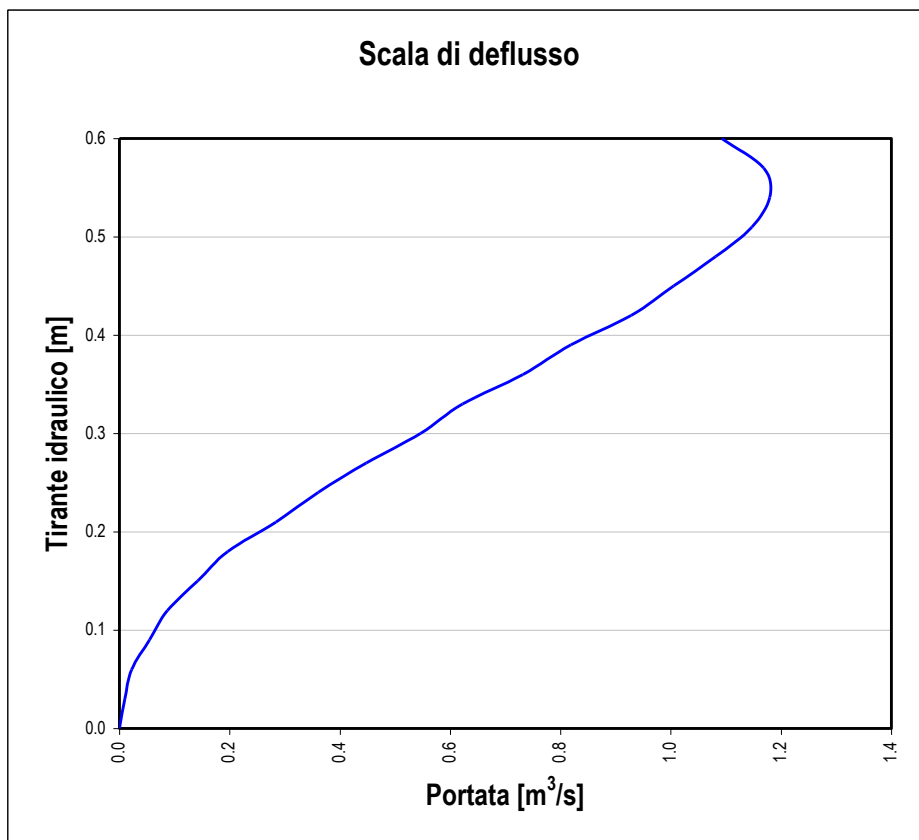
Diametro: 0.5 m
Coefficiente di scabrezza: 60 $\text{m}^{1/3}/\text{s}$
Pendenza del fondo: 28 %



Linea P1-P15 - Tubazione Di600 P4/1-P5 - p=0.052

La sezione di deflusso è quella di una tubazione di forma circolare in cls

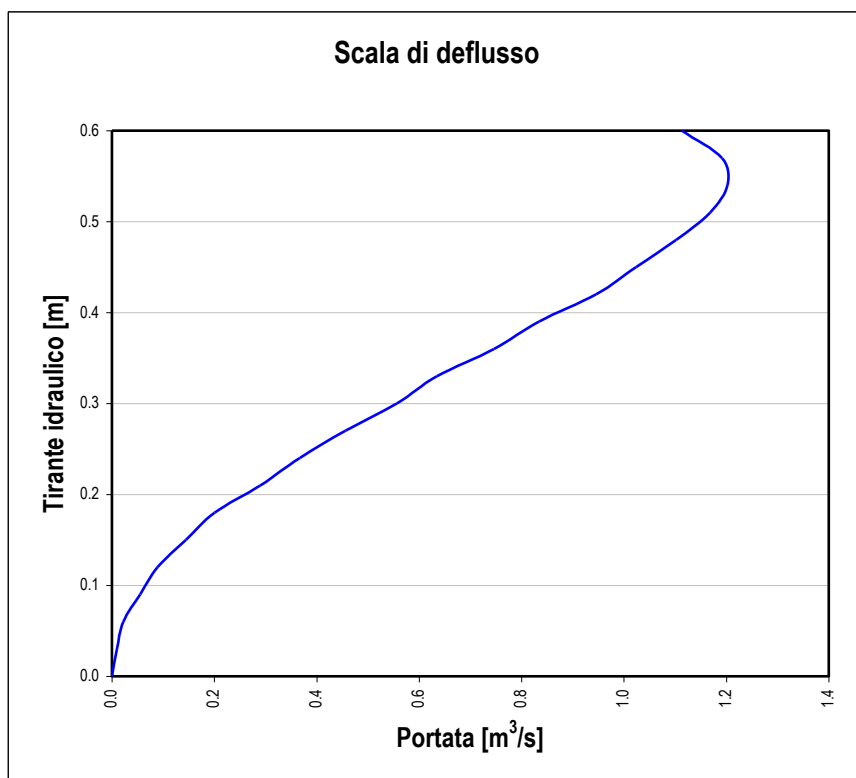
Diametro: 0.6 m
 Coefficiente di scabrezza: 60 $m^{1/3}/s$
 Pendenza del fondo: 5.2 %



Linea P1-P15 - Tubazione Di600 P5-P9 - $p_{\min}=0.054$

La sezione di deflusso è quella di una tubazione di forma circolare in cls

Diametro: 0.6 m
 Coefficiente di scabrezza: 60 $m^{1/3}/s$
 Pendenza del fondo: 5.4 %



Linea P1-P15 - Tubazione Di800 P9-P15 - $p_{\min}=0.007$

La sezione di deflusso è quella di una tubazione di forma circolare in cls

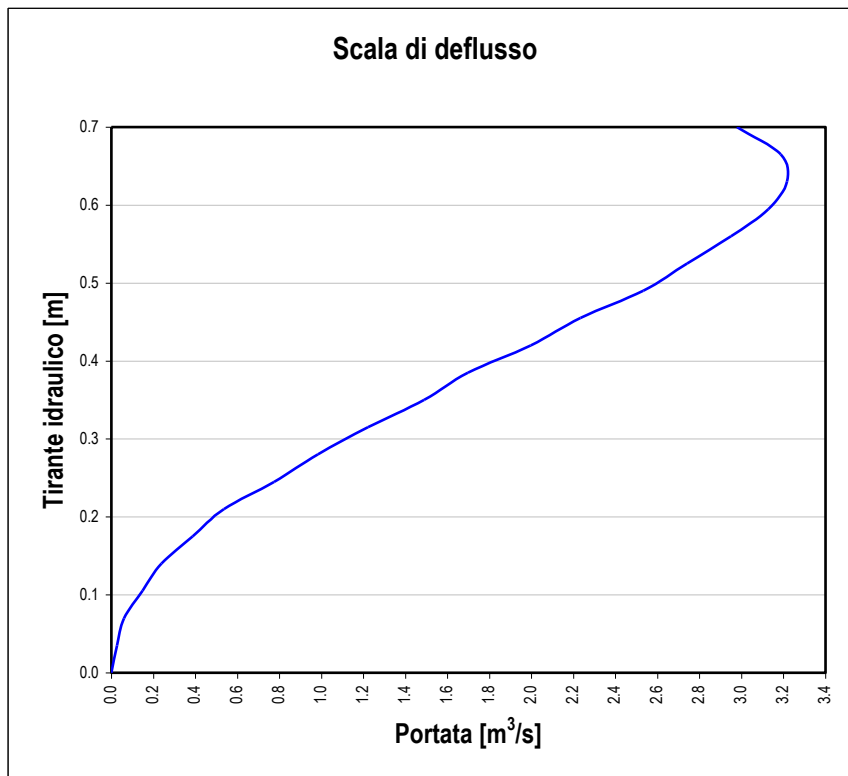
Diametro: 0.8 m
 Coefficiente di scabrezza: 60 $m^{1/3}/s$
 Pendenza del fondo: 0.7 %



Linea P16-Vasca Sed. - Tubazione Di700 P16-P17 - p=0.17

La sezione di deflusso è quella di una tubazione di forma circolare in cls

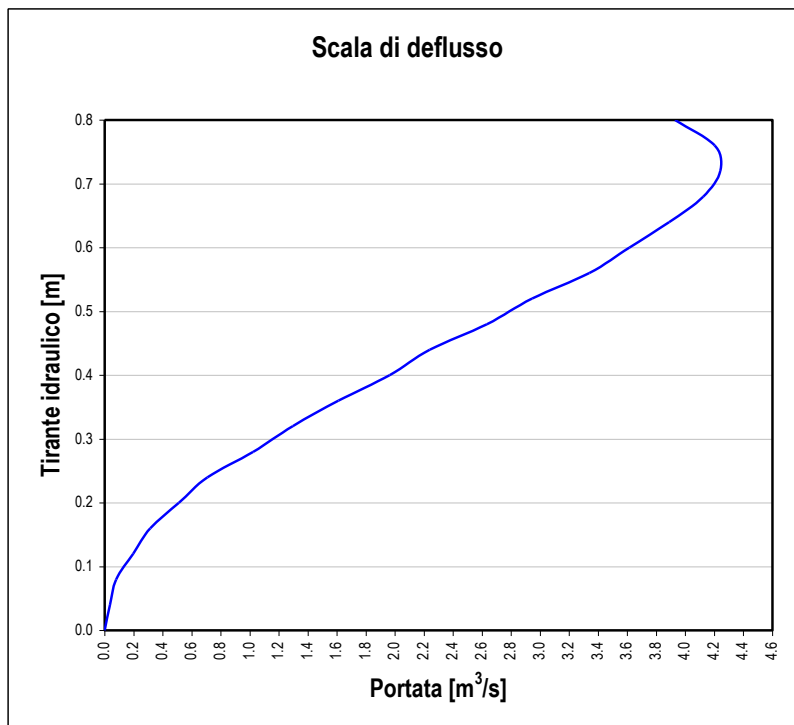
Diametro: 0.7 m
 Coefficiente di scabrezza: 60 $m^{1/3}/s$
 Pendenza del fondo: 17 %



Linea P16-Vasca Sed. - Tubazione Di800 P17-P15 - $p_{\min}=0.145$

La sezione di deflusso è quella di una tubazione di forma circolare in cls

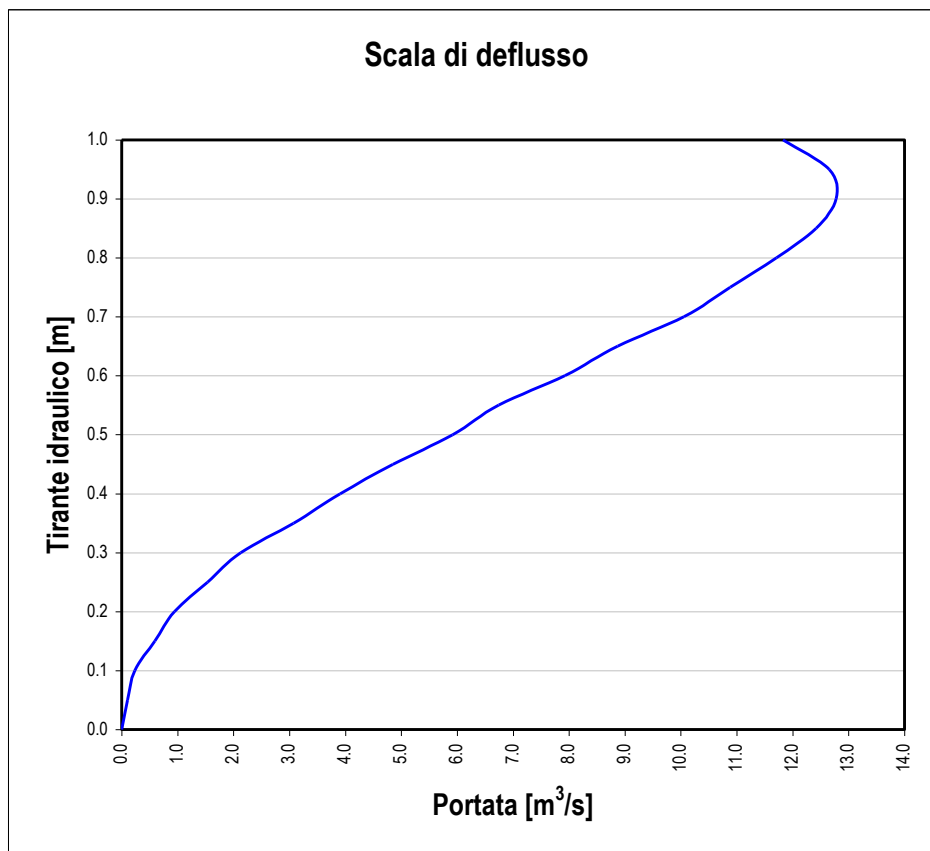
Diametro: 0.8 m
 Coefficiente di scabrezza: 60 $m^{1/3}/s$
 Pendenza del fondo: 14.5 %



Linea P16-Vasca Sed. - Tubazione Di1000 P15-P19 - p=0.40

La sezione di deflusso è quella di una tubazione di forma circolare in cls

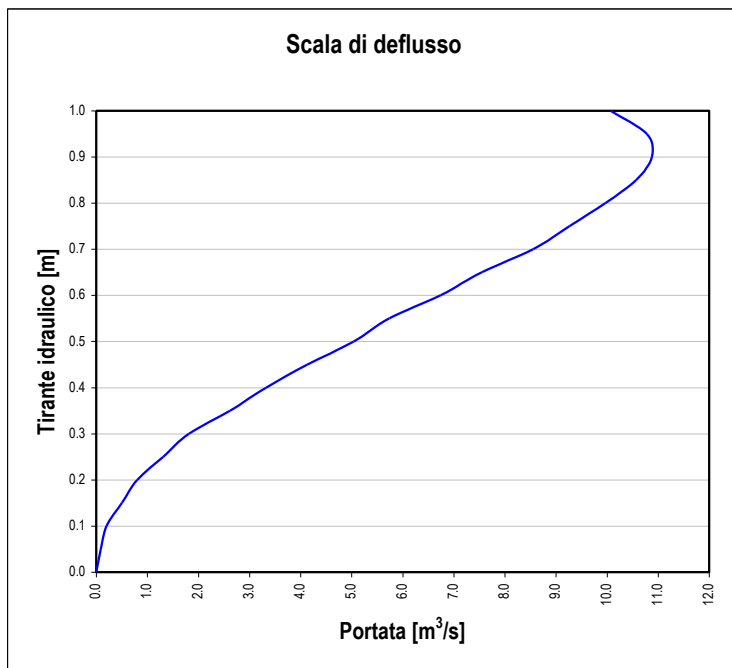
Diametro: 1.0 m
 Coefficiente di scabrezza: 60 $m^{1/3}/s$
 Pendenza del fondo: 40 %



Linea P16-Vasca Sed. - Tubazione Di1000 P19-P21 - $p=0.29$

La sezione di deflusso è quella di una tubazione di forma circolare in cls

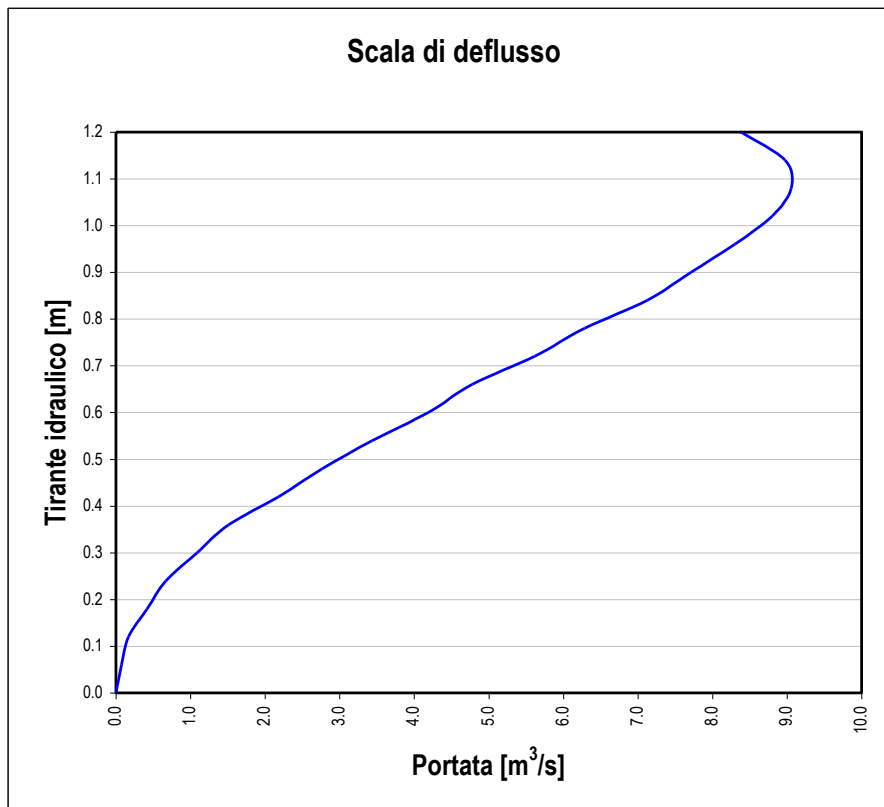
Diametro: 1.0 m
 Coefficiente di scabrezza: 60 $m^{1/3}/s$
 Pendenza del fondo: 29 %



Linea P16-Vasca Sed. - Tubazione Di1200 P21-P23 - $p_{\min}=0.076$

La sezione di deflusso è quella di una tubazione di forma circolare in cls

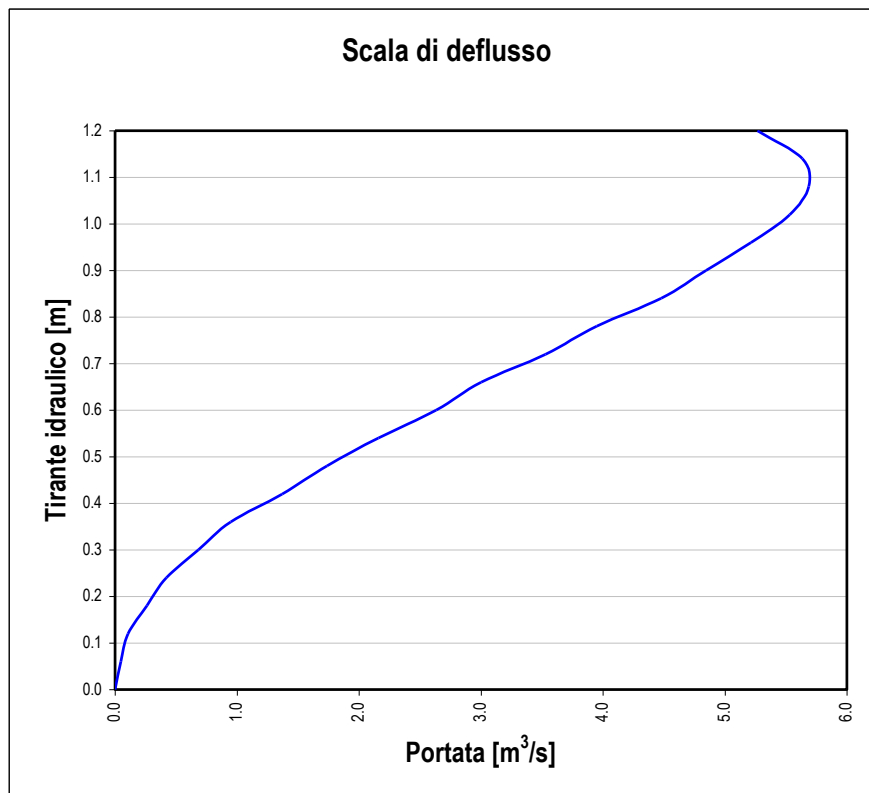
Diametro: 1.2 m
 Coefficiente di scabrezza: 60 $m^{1/3}/s$
 Pendenza del fondo: 7.6 ‰



Linea P16-Vasca Sed. - Tubazione Di1200 P23-P24 - p=0.03

La sezione di deflusso è quella di una tubazione di forma circolare in cls

Diametro: 1.2 m
 Coefficiente di scabrezza: 60 $m^{1/3}/s$
 Pendenza del fondo: 3 %



| | | |
|---|---|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme | Foglio 126 di 198 |

5.5 Verifiche di stabilità tubazioni c.a.v.

Il presente paragrafo è finalizzato alla verifica statica delle tubazioni in c.a.v. presenti lungo le linee di drenaggio principali del sistema di drenaggio tipo Gabbiodren, in particolare tra i pozzetti P25 e P23, aventi diametro Di800, e tra i pozzetti P22 e P23 e tra i pozzetti P23 e P24, aventi diametro Di1200. Le verifiche saranno effettuate utilizzando il ricoprimento massimo e quello minimo al di sopra della tubazione nel tratto in oggetto.

La verifica statica di una canalizzazione interrata consiste nell'accertare che i carichi agenti sulla struttura provochino tensioni e deformazioni ammissibili, cioè compatibili con il materiale costituente la tubazione e con le esigenze di progetto. Il criterio di verifica da adottare dipende dal comportamento della tubazione nei confronti della deformabilità, cioè dell'elasticità in sito.

Nel caso di tubazioni in c.a.v., ci si colloca nel campo delle tubazioni rigide.

In questo caso la resistenza massima sotto carico è limitata ad uno stato limite ultimo di rottura senza deformazione significativa della sezione.

5.5.1 Determinazione dei carichi ovalizzanti agenti sulla tubazione rigida

Una tubazione rigida interrata risulta sottoposta a carichi verticali costituiti dal peso del terreno di ricoprimento e da eventuali sovraccarichi accidentali; tali carichi tendono ad ovalizzare la tubazione.

Per effetto dell'ovalizzazione il tubo esercita sul terreno circostante una spinta; la reazione del terreno contrasta l'ovalizzazione della tubazione contribuendo a migliorarne la stabilità.

Questo effetto stabilizzante, viene quantificato in un coefficiente di posa che dipende dal modo in cui la tubazione è posata e dal tipo di rinfianco.

Lo stato tensionale interno dipende dal complesso sistema di forze agenti sulla tubazione; per tale motivo si ricorre a metodologie approssimate, sostituendo alle reali forze ovalizzanti una forza risultante che, applicata alla generatrice superiore, determini lo stesso effetto delle forze verticali effettivamente agenti.

5.5.2 Calcolo del carico dovuto al rinterro

Il calcolo del carico dovuto al rinterro fa riferimento alle ipotesi e i risultati ottenuti da Spangler [Spangler, 1948].

| | | |
|--|---|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme | Foglio 127 di 198 |

Tale carico viene calcolato in maniera differente a seconda che la posa sia in trincea stretta o in trincea larga.

Si dice che un tubo avente diametro esterno D è posato in trincea stretta quando la larghezza B della trincea a livello della generatrice superiore del tubo e l'altezza H del rinterro al di sopra di questa soddisfano una delle seguenti condizioni:

$$B \leq 2D \quad H \geq 1.5 B \quad (1^a \text{ condizione})$$

$$2D < B < 3D \quad H \geq 3.5 B \quad (2^a \text{ condizione})$$

Si dice che il tubo è posato in trincea larga, quando le relazioni fra B , D , H differiscono da quelle sopra indicate.

Il valore del carico verticale sul tubo, dovuto al rinterro in condizioni di posa in trincea stretta, è dato dalla formula:

$$P_{st} = C_t \cdot \gamma_t \cdot B^2 \quad [\text{N/m}]$$

con C_t = coefficiente di carico del terreno nella posa a trincea stretta;

γ_t = peso specifico del rinterro [valutato cautelativamente pari a 18 kN/m³];

B = larghezza effettiva trincea alla generatrice superiore del tubo [m].

$$C_t = \frac{1 - e^{-2k(H/B)tg(\rho')}}{2k \cdot tg(\rho')}$$

$$k = tg^2\left(45^\circ - \frac{\rho}{2}\right)$$

Nel caso in esame, l'angolo di attrito interno del reinterro (ρ) è considerato pari a 33°; ρ' , angolo di attrito interno fra reinterro e terreno naturale è assimilato a ρ .

Il valore del carico verticale sul tubo, dovuto al rinterro in condizioni di posa in trincea larga, è dato dalla formula:

$$P_{st} = C_e \cdot \gamma_t \cdot D^2 \quad [\text{N/m}]$$

con C_e = coefficiente di carico del terreno nella posa a trincea larga;

γ_t = peso specifico del rinterro [valutato cautelativamente pari a 18 kN/m³];

D = diametro esterno del tubo [m].

| | | |
|--|---|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 128 di 198 |

Il coefficiente C_e è funzione del rapporto H/D , essendo H l'altezza del rinterro al di sopra della generatrice superiore del tubo [m], ed è calcolato con le seguenti relazioni:

$$C_e = 0.1 + 0.85(H/D) + 0.3(H/D) \quad \text{per } H/D \leq 2.66$$

$$C_e = 0.1 + 1.68(H/D) \quad \text{per } H/D \geq 2.66$$

Il carico così calcolato risulta sempre maggiore di quello ottenibile utilizzando le "Norme tecniche per gli attraversamenti e per i parallelismi ferroviari di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto"

5.5.3 Calcolo del carico dovuto ai sovraccarichi verticali mobili

La valutazione del carico a livello della generatrice superiore del tubo, dovuto al transito di un mezzo circolante ad un'altezza H sopra la generatrice superiore del tubo, viene calcolato, per le tubazioni rigide, con la teoria di Boussinesq, valida nell'ipotesi di terreno elastico, omogeneo e isotropo. Si considera un sovraccarico di tipo concentrato.

Il carico verticale sulla generatrice superiore del tubo viene determinato con l'espressione:

$$P_{vc} = p_v \cdot D \cdot \varphi \quad [\text{N/m}]$$

p_v = pressione verticale a livello della generatrice superiore del tubo [N/m²]

D = diametro esterno del tubazione in m

φ = fattore dinamico = $1 + 0.3/H$ per strade e autostrade

Per il calcolo di p_v , si considerano i carichi dovuti al transito di un convoglio pesante HT60, avente massa 6 t, tre assi, sovraccarico singola ruota ruota 100 kN; per carico applicato con condotta in posizione assiale, si utilizza l'espressione:

$$p_v = \frac{3P}{2\pi H^2} \left[2 \left(1 + \frac{a^2}{H^2} \right)^{-\left(\frac{5}{2}\right)} + 4 \left(1 + \frac{a^2 + b^2}{H^2} \right)^{-\left(\frac{5}{2}\right)} \right]$$

Indicati con $2a$ l'interasse trasversale tra le ruote e b quello longitudinale.

Si osservi che, nel calcolo dei sovraccarichi verticali, non vi è differenza fra trincea larga e stretta

| | | |
|---|---|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  | ALTA SORVEGLIANZA  | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme | Foglio 129 di 198 |

5.5.4 Calcolo del carico dovuto alla massa dell'acqua contenuta nel tubo

Il calcolo verticale sulla generatrice superiore del tubo, dovuto alla massa dell'acqua contenuta nel tubo riempito per tre quarti, si calcola con la relazione:

$$P_a = 5788 \cdot d^2 \quad [\text{N/m}]$$

con d = diametro interno del tubo [m].

5.5.5 Verifica allo stato ultimo di resistenza

Relativamente alle tubazioni rigide caratterizzate da un carico a rottura per schiacciamento definito, la stabilità è verificata se risulta:

$$Q_t \leq K \cdot Q / \mu$$

dove Q_t = carico esterno totale di schiacciamento agente sulla canalizzazione interrata,

K = coefficiente di posa (assunto pari a 1.5 per le tubazioni in c.a. e 2.0 per quelle in gres),

μ = coeff. di sicurezza allo schiacciamento (assunto cautelativamente pari a 1.5).

5.5.6 Tabella di verifica

Si riporta, a seguito, la tabella di verifica delle tubazioni.

Il carico concentrato utilizzato è pari a 1000 t.

Il peso specifico del terreno sovrastante è 2 t/m³.

Tubi turbocentrifugati (detti anche turbocompressi)

Carico minimo alla fessurazione $Q = 1 \text{ kN/m}^2$ al cm interno

Peso specifico rinterro = 20000 N/m^3

Angolo di attrito interno del rinterro $\phi = 33^\circ$

Coefficiente di spinta del terreno $k = 0.295$ adm.

Eventuale peso specifico soletta = 22500 N/m^3

Sovraccarico mobile concentrato = 100000 N

Tabella 13.3 - Caratteristiche dei terreni per il calcolo dei carichi (dalla norma UNI 7517).

| DESCRIZIONE DEL TERRENO | ANGOLO D'ATTRITO INTERNO ϕ (gradi) | PESO SPECIFICO γ (kg/m^3) | PESO SPECIFICO γ (kN/m^3) |
|--|---|---|---|
| 1 Argilla umida comune | 12 | 2000 | 19,613 |
| 2 Terreno paludoso, torboso (terreno organico) | 12 | 1700 | 16,671 |
| 3 Argilla, plastica, argilla sabbiosa | 14 | 1800 | 17,652 |
| 4 Sabbia argillosa | 15 | 1800 | 17,652 |
| 5 Loess, fess. argilloso | 18 | 2100 | 20,594 |
| 6 Argilla fangosa | 20 | 2000 | 19,613 |
| 7 Marna, argilla povera | 22 | 2100 | 20,594 |
| 8 Fango, polvere di roccia | 25 | 1800 | 17,652 |
| 9 Sabbia non compressa (terreno sabbioso non stabilizzato) | 31 | 1700 | 16,671 |
| 10 Miscio di cava di sabbia e ghiaia | 33 | 2000 | 19,613 |
| 11 Miscio di cava di ghiaia e ciottoli | 37 | 1900 | 18,633 |

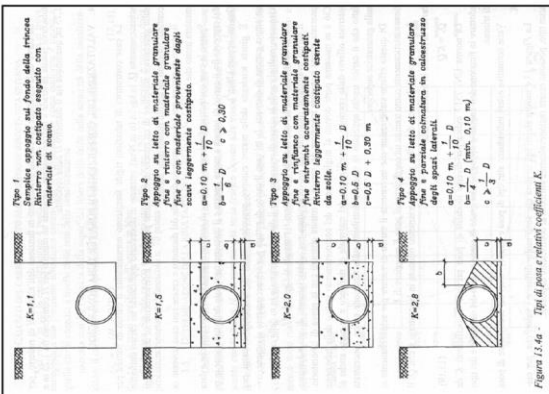


Figura 13.46 - Tipi di pose e relativi coefficienti K.

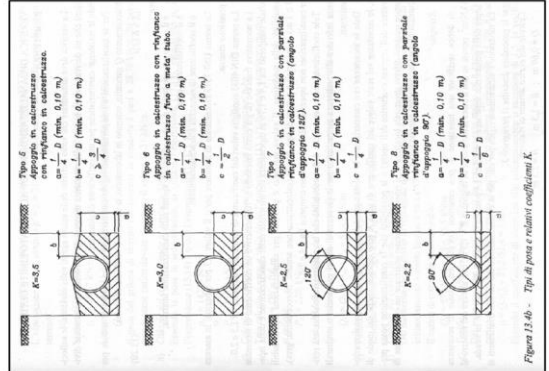


Figura 13.48 - Tipi di pose e relativi coefficienti K.

Verifica allo stato limite ultimo di resistenza

| Tratto | Profondità di posa (m) | Diámetro interno tubo Di (mm) | Spessore tubo (mm) | Larghezza trincea B (m) | Ricoprimento H (m) | H/D | C _i | C _e | P _{ST} (N/m) | ϕ | Pv (N/m) | Pa (N/m) | Coef. Di posa K | Fs [> 1.5] |
|--------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------|--------------------|-------|----------------|----------------|-----------------------|--------|----------|----------|-----------------|----------------|
| P22-P23 (max.ric.) | 14.12 | 1200 | 130 | 2.4 | 12.66 | 8.67 | 2.265 | 14.668 | 260947 | 1.02 | 5546 | 8335 | 2.00 | 8.73 |
| P22-P23 (min.ric.) | 1.91 | 1200 | 130 | 2.4 | 0.45 | 0.31 | 0.181 | 0.393 | 16769 | 1.67 | 296273 | 8335 | 2.00 | 7.47 |
| P23-P24 (inizio) | 2.87 | 1200 | 130 | 2.4 | 1.41 | 0.97 | 0.526 | 1.229 | 52361 | 1.21 | 65275 | 8335 | 2.00 | 19.05 |
| P23-P24 (fine) | 2.37 | 1200 | 130 | 2.4 | 0.91 | 0.62 | 0.353 | 0.758 | 32315 | 1.33 | 113151 | 8335 | 2.00 | 15.60 |
| P25-P23 (max.ric.) | 13.92 | 800 | 95 | 1.6 | 12.93 | 13.06 | 2.493 | 22.042 | 127661 | 1.02 | 3677 | 3704 | 2.00 | 11.85 |
| P25-P23 (min.ric.) | 1.71 | 800 | 95 | 1.6 | 0.72 | 0.73 | 0.413 | 0.893 | 17499 | 1.42 | 104439 | 3704 | 2.00 | 12.73 |

Tabella 34 – Verifica statica tubazioni c.a.v.

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 131 di 198 |

6. DIMENSIONAMENTO DRENAGGI DI FONDO

6.1 Descrizione drenaggio di fondo

Il drenaggio di fondo verrà realizzato mediante la posa di uno strato drenante in ghiaia confinato entro un geotessile con funzione di separazione e filtrazione. All'interno dello strato di ghiaia sarà posata una tubazione in PVC SN8 (lato abbancamento) e SN16 (zona vallo) a diametro variabile microforata per agevolare il deflusso dei drenaggi verso il T. Lemme.

Le tubazioni di drenaggio profondo verranno posate nei punti depressi della topografia attuale che coincidono grosso modo con il centro della golena in sponda destra Lemme; nei tratti interni all'abbancamento in cui il piano campagna pende verso il Lemme è stata prevista la posa di tubazione drenante anche al piede delle terre armate in progetto.

A partire da monte, verranno realizzate tre linee di drenaggio: quella principale, immediatamente a valle della sezione 2 e le due secondarie ubicate rispettivamente in una incisione secondaria del piano campagna attuale e a tergo delle terre armate (con partenza rispettivamente in corrispondenza delle sezioni 3 e 4). Le tubazioni di drenaggio utilizzate per le tre linee sono in PVC SN8 micro fessurato con diametri esterni DN 400e 500 mm.

A valle della sezione 7, fino alla sezione 13 compresa, il drenaggio di fondo dell'abbancamento prevede una sola linea, quella principale armata con tubazione in PVC SN8 DN 500-630 mm.

In corrispondenza della sezione 14 è prevista la posa di una tubazione in PVC micro fessurata DN 630 mm SN8 anche a tergo delle terre armate in quanto il piano campagna presenta un alto tra la depressione a centro golena e il T. Lemme con pendenza del terreno al piede delle terre armate verso il torrente stesso. Dalla sezione 18, in corrispondenza del pozzetto D3, la tubazione necessita di un aumento di rigidità anulare con passaggio dalla classe di resistenza da SN8 a SN16 per via della presenza del vallo di accumulo a monte dell'abbancamento.

La tubazione drenante principale, a centro golena, dalla sezione 13 in poi (in corrispondenza del pozzetto A10, passa anch'essa ad un grado di rigidità anulare superiore, ovvero da SN8 a SN16, sempre per far fronte alle possibili sollecitazioni ulteriori cui verrebbe sottoposta nella zona del vallo di accumulo in caso di frana.

Dalla sezione 20, in corrispondenza del pozzetto A12, fino allo scarico nella vasca di sedimentazione, la tubazione drenante è una sola in PVC micro fessurato DN800 mm SN16.

Risulta quindi evidente la maggior esposizione alle sollecitazioni esterne del tratto di tubazione drenante ubicata all'interno del vallo paramassi ubicato nel settore nord dell'abbancamento; per sopperire a tale criticità sono state adottate sostanzialmente quattro soluzioni:

| | | |
|--|---|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 132 di 198 |

- realizzazione di una terra armata in sommità della trincea drenante che contiene la tubazione micro fessurata con geogriglie ad alta resistenza;
- aumento delle caratteristiche di rigidità anulare della tubazione (da SN8 si passa a SN16);
- in corrispondenza dalla sez. 10, è stata prevista una tubazione di riserva che consente di derivare le portate del dreno attraverso le terre armate lato Lemme. Allo stato attuale la derivazione si arresta in un pozzetto di controllo al piede delle terre armate in prossimità della sponda del Lemme, ma, in caso di necessità, il pozzetto potrebbe essere utilizzato per una derivazione verso l'alveo del torrente;
- la trincea drenante contenente la tubazione micro fessurata verrà realizzata con un'ampiezza a piano campagna sovradimensionata rispetto al necessario per consentire un migliore apporto dei deflussi superficiali interessanti la vasca al suo interno; questa soluzione consente quindi lo smaltimento delle acque meteoriche che si accumulano nella vasca e permette, in caso di caduta della frana, di mantenere la capacità di smaltimento del dreno per mezzo della trincea drenante esterna alla tubazione, sfruttando i vuoti all'interno della trincea stessa.

6.2 Analisi idrologica e idraulica per il dimensionamento dei drenaggi di fondo

Durante la realizzazione dell'abbancamento del materiale di smarino, nell'intervallo di tempo occorrente al materiale di deposito per raggiungere la quota della testa terre armate in sponda sinistra al t. Lemme, il drenaggio di fondo rappresenta l'unico canale di scarico delle acque meteoriche insistenti sull'area di cava. L'area scolante in fase di realizzazione risulta esclusivamente quella di fondo cava, escludendo i contributi di precipitazione del versante di cava, raccolti da apposito fosso di guardia. Il funzionamento idraulico della trincea drenante come ricettore di scarico delle acque meteoriche è limitato al tempo necessario per realizzare la copertura della trincea col materiale di abbancamento. Successivamente, la bassa permeabilità del materiale di deposito riduce pesantemente gli afflussi idrici alla trincea, mentre la progressiva realizzazione delle banche con i relativi drenaggi orizzontali e superficiali ridurrà conseguentemente la superficie di infiltrazione.

La verifica idraulica è quindi condotta nelle condizioni più sfavorevoli, ossia quelle relative alle prime fasi di lavorazione, nell'ipotesi di piogge direttamente insistenti sui drenaggi.

Per il calcolo si utilizza la procedura di calcolo adottata per i dreni sub orizzontali delle banche, con un tempo di ritorno $T_r = 20$ anni; il coefficiente di deflusso adottato risulta invece pari a 0.5. La

| | | |
|---|---|----------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | |
| | <p>IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme</p> | <p>Foglio 133 di 198</p> |

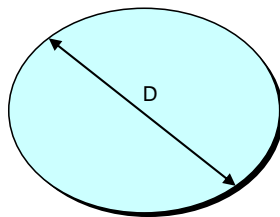
verifica idraulica della tubazione è stata eseguita in moto uniforme. Nel seguito, per le singole sezioni di chiusura considerate (coincidenti con i pozzetti di ispezione) si riporta una raffigurazione della planimetria di progetto dei dreni di fondo con evidenziato, in magenta, il bacino idrografico di riferimento e la scala delle portate, calcolata in moto uniforme, della tubazione drenante. In allegato al fondo sono state inserite le computazioni idrografiche relative ai bacini di riferimento.

La definizione dei bacini idrografici di riferimento per il dimensionamento del diametro dei dreni di fondo tiene conto delle diverse fasi di abbancamento, tant'è che, nel settore di monte, è stata fatta una verifica incrociata con bacini dedicati a ciascuna fase al fine di individuare la condizione più sfavorevole nel tempo che desse come output il contributo in deflusso più elevato. Il risultato, per ogni sezione di chiusura, è quindi rappresentativo della situazione più sfavorevole tenendo conto delle diverse fasi di abbancamento.

Si ricorda che il contributo di pioggia è significativo quando il materasso drenante di base è esposto direttamente alle precipitazioni (fasi iniziali dell'abbancamento); procedendo ad abbancare verso monte, le zone di valle del materasso vengono progressivamente coperte con materiale poco permeabile, mentre si aggiungono zone di materasso drenante verso Sud via via più ridotte. Ciò implica, sul risultato finale, che la fase di start dell'abbancamento sia la più gravosa in termini di superficie drenante esposta, rispetto alle fasi più avanzate.

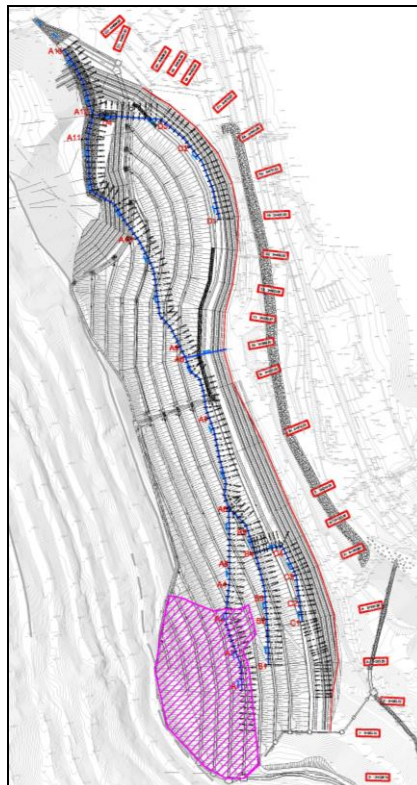
VERIFICA IDRAULICA DRENO TRATTO A1-A6 - DN500 mm

| | |
|---|--------------|
| Pendenza minima tubazione i_t | 0.05 |
| Coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$) | 80 |
| D tubazione (m) | 0.462 |
| velocità corrente v (m/s) | 4.442 |



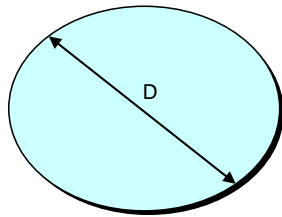
| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m^2) | Perimetro bagnato (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.05 | 0.02 | 0.00 | 0.21 | 0.02 | 1.09 | 3.42 |
| 0.10 | 0.05 | 0.01 | 0.30 | 0.03 | 1.70 | 14.85 |
| 0.15 | 0.07 | 0.02 | 0.37 | 0.04 | 2.19 | 34.57 |
| 0.20 | 0.09 | 0.02 | 0.43 | 0.06 | 2.61 | 62.28 |
| 0.25 | 0.12 | 0.03 | 0.48 | 0.07 | 2.97 | 97.42 |
| 0.30 | 0.14 | 0.04 | 0.54 | 0.08 | 3.29 | 139.28 |
| 0.35 | 0.16 | 0.05 | 0.58 | 0.09 | 3.58 | 187.01 |
| 0.40 | 0.18 | 0.06 | 0.63 | 0.10 | 3.83 | 239.67 |
| 0.45 | 0.21 | 0.07 | 0.68 | 0.11 | 4.05 | 296.24 |
| 0.50 | 0.23 | 0.08 | 0.73 | 0.12 | 4.24 | 355.61 |
| 0.55 | 0.25 | 0.09 | 0.77 | 0.12 | 4.41 | 416.57 |
| 0.60 | 0.28 | 0.11 | 0.82 | 0.13 | 4.55 | 477.83 |
| 0.65 | 0.30 | 0.12 | 0.87 | 0.13 | 4.66 | 537.97 |
| 0.70 | 0.32 | 0.13 | 0.92 | 0.14 | 4.75 | 595.46 |
| 0.75 | 0.35 | 0.13 | 0.97 | 0.14 | 4.81 | 648.54 |
| 0.80 | 0.37 | 0.14 | 1.02 | 0.14 | 4.84 | 695.19 |
| 0.85 | 0.39 | 0.15 | 1.08 | 0.14 | 4.83 | 732.87 |
| 0.90 | 0.42 | 0.16 | 1.15 | 0.14 | 4.77 | 758.02 |
| 0.95 | 0.44 | 0.16 | 1.24 | 0.13 | 4.65 | 764.22 |
| 1.00 | 0.46 | 0.17 | 1.45 | 0.12 | 4.24 | 711.22 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Portata di progetto = | 430 l/s |
| TIRANTE IDRAULICO (m) = | 0.26 m |
| GRADO DI RIEMPIMENTO = | 56 % |



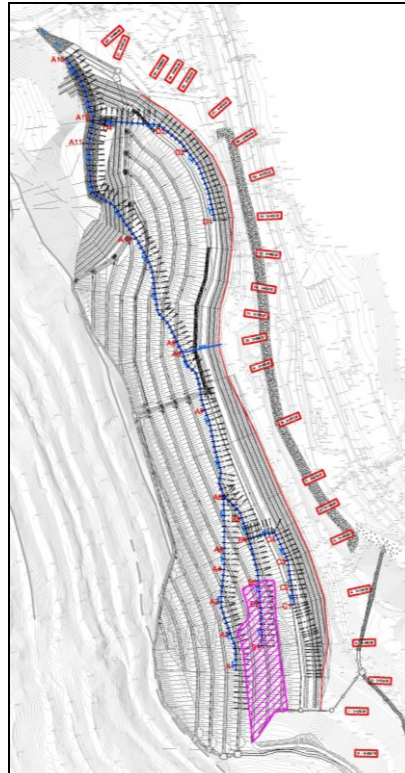
VERIFICA IDRAULICA DRENO TRATTO B1-A6 - DN400 mm

| | |
|---|--------------|
| Pendenza minima tubazione i_t | 0.028 |
| Coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$) | 80 |
| D tubazione (m) | 0.368 |
| velocità corrente v (m/s) | 2.909 |



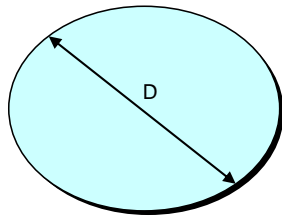
| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m ²) | Perimetro baganto (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.05 | 0.02 | 0.00 | 0.17 | 0.01 | 0.70 | 1.39 |
| 0.10 | 0.04 | 0.01 | 0.24 | 0.02 | 1.09 | 6.06 |
| 0.15 | 0.06 | 0.01 | 0.29 | 0.03 | 1.41 | 14.10 |
| 0.20 | 0.07 | 0.02 | 0.34 | 0.04 | 1.68 | 25.41 |
| 0.25 | 0.09 | 0.02 | 0.39 | 0.05 | 1.91 | 39.75 |
| 0.30 | 0.11 | 0.03 | 0.43 | 0.06 | 2.12 | 56.82 |
| 0.35 | 0.13 | 0.03 | 0.47 | 0.07 | 2.30 | 76.30 |
| 0.40 | 0.15 | 0.04 | 0.50 | 0.08 | 2.46 | 97.78 |
| 0.45 | 0.17 | 0.05 | 0.54 | 0.09 | 2.60 | 120.86 |
| 0.50 | 0.18 | 0.05 | 0.58 | 0.09 | 2.73 | 145.08 |
| 0.55 | 0.20 | 0.06 | 0.61 | 0.10 | 2.84 | 169.95 |
| 0.60 | 0.22 | 0.07 | 0.65 | 0.10 | 2.93 | 194.95 |
| 0.65 | 0.24 | 0.07 | 0.69 | 0.11 | 3.00 | 219.48 |
| 0.70 | 0.26 | 0.08 | 0.73 | 0.11 | 3.05 | 242.94 |
| 0.75 | 0.28 | 0.09 | 0.77 | 0.11 | 3.09 | 264.60 |
| 0.80 | 0.29 | 0.09 | 0.81 | 0.11 | 3.11 | 283.63 |
| 0.85 | 0.31 | 0.10 | 0.86 | 0.11 | 3.10 | 299.00 |
| 0.90 | 0.33 | 0.10 | 0.92 | 0.11 | 3.07 | 309.26 |
| 0.95 | 0.35 | 0.10 | 0.99 | 0.11 | 2.99 | 311.79 |
| 1.00 | 0.37 | 0.11 | 1.16 | 0.09 | 2.73 | 290.17 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Portata di progetto = | 190 l/s |
| TIRANTE IDRAULICO (m) = | 0.22 m |
| GRADO DI RIEMPIMENTO = | 59 % |



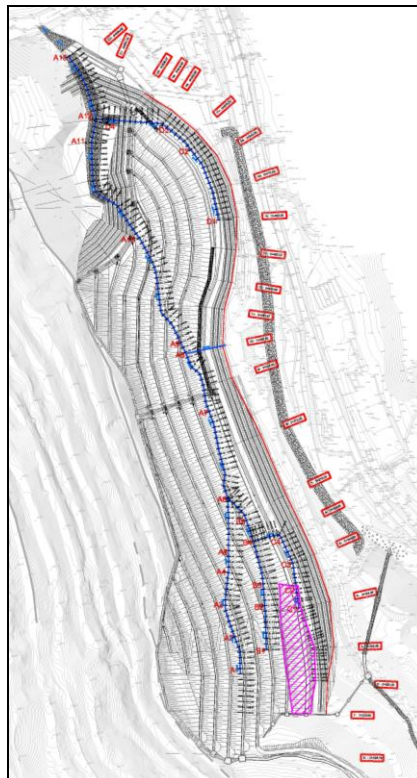
VERIFICA IDRAULICA DRENO TRATTO C1-B4 - DN500 mm

| | |
|---|--------------|
| Pendenza minima tubazione i_t | 0.002 |
| Coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$) | 80 |
| D tubazione (m) | 0.462 |
| velocità corrente v (m/s) | 0.951 |



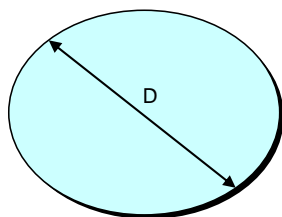
| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m^2) | Perimetro bagnato (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.05 | 0.02 | 0.00 | 0.21 | 0.02 | 0.22 | 0.68 |
| 0.10 | 0.05 | 0.01 | 0.30 | 0.03 | 0.34 | 2.97 |
| 0.15 | 0.07 | 0.02 | 0.37 | 0.04 | 0.44 | 6.91 |
| 0.20 | 0.09 | 0.02 | 0.43 | 0.06 | 0.52 | 12.46 |
| 0.25 | 0.12 | 0.03 | 0.48 | 0.07 | 0.59 | 19.48 |
| 0.30 | 0.14 | 0.04 | 0.54 | 0.08 | 0.66 | 27.86 |
| 0.35 | 0.16 | 0.05 | 0.58 | 0.09 | 0.72 | 37.40 |
| 0.40 | 0.18 | 0.06 | 0.63 | 0.10 | 0.77 | 47.93 |
| 0.45 | 0.21 | 0.07 | 0.68 | 0.11 | 0.81 | 59.25 |
| 0.50 | 0.23 | 0.08 | 0.73 | 0.12 | 0.85 | 71.12 |
| 0.55 | 0.25 | 0.09 | 0.77 | 0.12 | 0.88 | 83.31 |
| 0.60 | 0.28 | 0.11 | 0.82 | 0.13 | 0.91 | 95.57 |
| 0.65 | 0.30 | 0.12 | 0.87 | 0.13 | 0.93 | 107.59 |
| 0.70 | 0.32 | 0.13 | 0.92 | 0.14 | 0.95 | 119.09 |
| 0.75 | 0.35 | 0.13 | 0.97 | 0.14 | 0.96 | 129.71 |
| 0.80 | 0.37 | 0.14 | 1.02 | 0.14 | 0.97 | 139.04 |
| 0.85 | 0.39 | 0.15 | 1.08 | 0.14 | 0.97 | 146.57 |
| 0.90 | 0.42 | 0.16 | 1.15 | 0.14 | 0.95 | 151.60 |
| 0.95 | 0.44 | 0.16 | 1.24 | 0.13 | 0.93 | 152.84 |
| 1.00 | 0.46 | 0.17 | 1.45 | 0.12 | 0.85 | 142.24 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Portata di progetto = | 120 l/s |
| TIRANTE IDRAULICO (m) = | 0.33 m |
| GRADO DI RIEMPIMENTO = | 70 % |



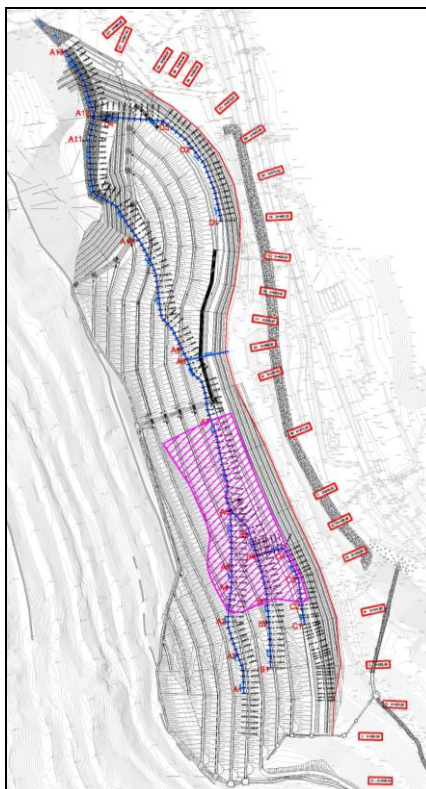
VERIFICA IDRAULICA DRENO TRATTO A6-A7 - DN500 mm

| | |
|---|---------------|
| Pendenza minima tubazione i_t | 0.0163 |
| Coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$) | 80 |
| D tubazione (m) | 0.462 |
| velocità corrente v (m/s) | 2.699 |



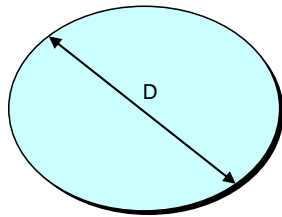
| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m^2) | Perimetro bagnato (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.05 | 0.02 | 0.00 | 0.21 | 0.02 | 0.62 | 1.95 |
| 0.10 | 0.05 | 0.01 | 0.30 | 0.03 | 0.97 | 8.48 |
| 0.15 | 0.07 | 0.02 | 0.37 | 0.04 | 1.25 | 19.74 |
| 0.20 | 0.09 | 0.02 | 0.43 | 0.06 | 1.49 | 35.56 |
| 0.25 | 0.12 | 0.03 | 0.48 | 0.07 | 1.70 | 55.63 |
| 0.30 | 0.14 | 0.04 | 0.54 | 0.08 | 1.88 | 79.52 |
| 0.35 | 0.16 | 0.05 | 0.58 | 0.09 | 2.04 | 106.77 |
| 0.40 | 0.18 | 0.06 | 0.63 | 0.10 | 2.19 | 136.84 |
| 0.45 | 0.21 | 0.07 | 0.68 | 0.11 | 2.31 | 169.14 |
| 0.50 | 0.23 | 0.08 | 0.73 | 0.12 | 2.42 | 203.04 |
| 0.55 | 0.25 | 0.09 | 0.77 | 0.12 | 2.52 | 237.85 |
| 0.60 | 0.28 | 0.11 | 0.82 | 0.13 | 2.60 | 272.82 |
| 0.65 | 0.30 | 0.12 | 0.87 | 0.13 | 2.66 | 307.16 |
| 0.70 | 0.32 | 0.13 | 0.92 | 0.14 | 2.71 | 339.99 |
| 0.75 | 0.35 | 0.13 | 0.97 | 0.14 | 2.75 | 370.30 |
| 0.80 | 0.37 | 0.14 | 1.02 | 0.14 | 2.76 | 396.93 |
| 0.85 | 0.39 | 0.15 | 1.08 | 0.14 | 2.76 | 418.44 |
| 0.90 | 0.42 | 0.16 | 1.15 | 0.14 | 2.72 | 432.80 |
| 0.95 | 0.44 | 0.16 | 1.24 | 0.13 | 2.65 | 436.34 |
| 1.00 | 0.46 | 0.17 | 1.45 | 0.12 | 2.42 | 406.08 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Portata di progetto = | 330 l/s |
| TIRANTE IDRAULICO (m) = | 0.32 m |
| GRADO DI RIEMPIMENTO = | 68 % |



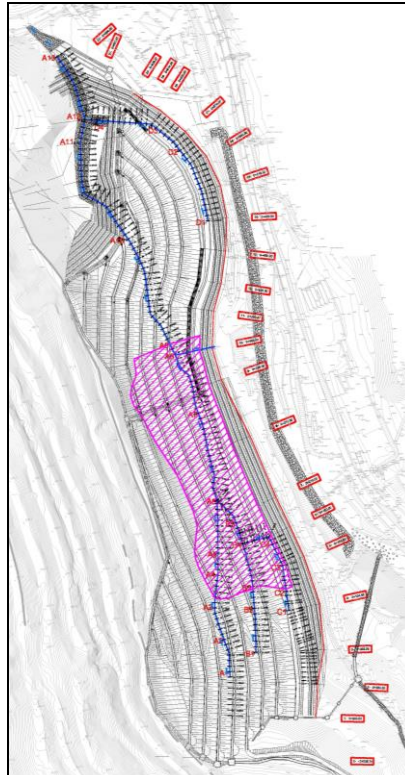
VERIFICA IDRAULICA DRENO TRATTO A7-A9 - DN500 mm

| | |
|---|---------------|
| Pendenza minima tubazione i_t | 0.0231 |
| Coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$) | 80 |
| D tubazione (m) | 0.462 |
| velocità corrente v (m/s) | 3.248 |



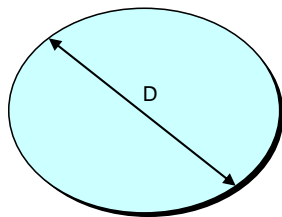
| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m^2) | Perimetro bagnato (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.05 | 0.02 | 0.00 | 0.21 | 0.02 | 0.74 | 2.32 |
| 0.10 | 0.05 | 0.01 | 0.30 | 0.03 | 1.16 | 10.09 |
| 0.15 | 0.07 | 0.02 | 0.37 | 0.04 | 1.49 | 23.50 |
| 0.20 | 0.09 | 0.02 | 0.43 | 0.06 | 1.77 | 42.33 |
| 0.25 | 0.12 | 0.03 | 0.48 | 0.07 | 2.02 | 66.22 |
| 0.30 | 0.14 | 0.04 | 0.54 | 0.08 | 2.24 | 94.67 |
| 0.35 | 0.16 | 0.05 | 0.58 | 0.09 | 2.43 | 127.11 |
| 0.40 | 0.18 | 0.06 | 0.63 | 0.10 | 2.60 | 162.91 |
| 0.45 | 0.21 | 0.07 | 0.68 | 0.11 | 2.75 | 201.36 |
| 0.50 | 0.23 | 0.08 | 0.73 | 0.12 | 2.88 | 241.71 |
| 0.55 | 0.25 | 0.09 | 0.77 | 0.12 | 3.00 | 283.14 |
| 0.60 | 0.28 | 0.11 | 0.82 | 0.13 | 3.09 | 324.78 |
| 0.65 | 0.30 | 0.12 | 0.87 | 0.13 | 3.17 | 365.66 |
| 0.70 | 0.32 | 0.13 | 0.92 | 0.14 | 3.23 | 404.74 |
| 0.75 | 0.35 | 0.13 | 0.97 | 0.14 | 3.27 | 440.82 |
| 0.80 | 0.37 | 0.14 | 1.02 | 0.14 | 3.29 | 472.53 |
| 0.85 | 0.39 | 0.15 | 1.08 | 0.14 | 3.28 | 498.14 |
| 0.90 | 0.42 | 0.16 | 1.15 | 0.14 | 3.24 | 515.23 |
| 0.95 | 0.44 | 0.16 | 1.24 | 0.13 | 3.16 | 519.44 |
| 1.00 | 0.46 | 0.17 | 1.45 | 0.12 | 2.88 | 483.42 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Portata di progetto = | 420 l/s |
| TIRANTE IDRAULICO (m) = | 0.33 m |
| GRADO DI RIEMPIMENTO = | 72 % |



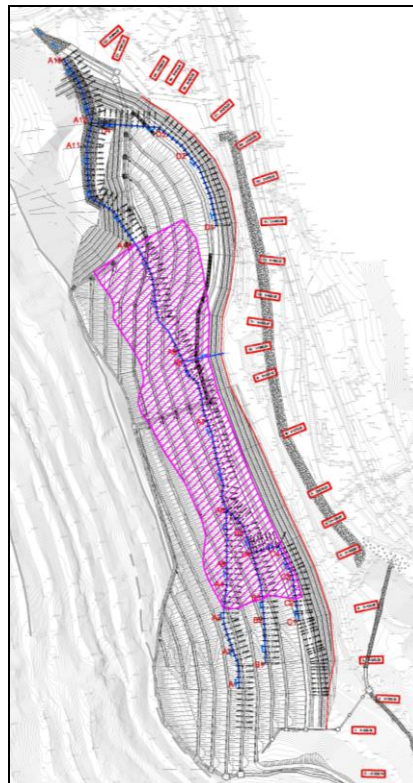
VERIFICA IDRAULICA DRENO TRATTO A9-A10 - DN630 mm

| | |
|---|--------------|
| Pendenza minima tubazione i_t | 0.013 |
| Coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$) | 80 |
| D tubazione (m) | 0.583 |
| velocità corrente v (m/s) | 2.825 |



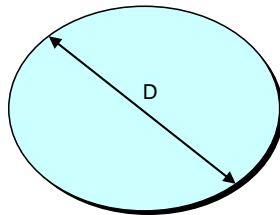
| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m^2) | Perimetro bagnato (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.05 | 0.03 | 0.00 | 0.26 | 0.02 | 0.65 | 3.24 |
| 0.10 | 0.06 | 0.01 | 0.38 | 0.04 | 1.01 | 14.09 |
| 0.15 | 0.09 | 0.03 | 0.46 | 0.05 | 1.31 | 32.81 |
| 0.20 | 0.12 | 0.04 | 0.54 | 0.07 | 1.55 | 59.11 |
| 0.25 | 0.15 | 0.05 | 0.61 | 0.09 | 1.77 | 92.46 |
| 0.30 | 0.17 | 0.07 | 0.68 | 0.10 | 1.96 | 132.18 |
| 0.35 | 0.20 | 0.08 | 0.74 | 0.11 | 2.13 | 177.48 |
| 0.40 | 0.23 | 0.10 | 0.80 | 0.12 | 2.28 | 227.46 |
| 0.45 | 0.26 | 0.12 | 0.86 | 0.14 | 2.41 | 281.15 |
| 0.50 | 0.29 | 0.13 | 0.92 | 0.15 | 2.53 | 337.49 |
| 0.55 | 0.32 | 0.15 | 0.97 | 0.15 | 2.63 | 395.34 |
| 0.60 | 0.35 | 0.17 | 1.03 | 0.16 | 2.71 | 453.48 |
| 0.65 | 0.38 | 0.18 | 1.09 | 0.17 | 2.78 | 510.56 |
| 0.70 | 0.41 | 0.20 | 1.16 | 0.17 | 2.83 | 565.12 |
| 0.75 | 0.44 | 0.21 | 1.22 | 0.18 | 2.86 | 615.50 |
| 0.80 | 0.47 | 0.23 | 1.29 | 0.18 | 2.88 | 659.77 |
| 0.85 | 0.50 | 0.24 | 1.37 | 0.18 | 2.87 | 695.53 |
| 0.90 | 0.52 | 0.25 | 1.46 | 0.17 | 2.84 | 719.39 |
| 0.95 | 0.55 | 0.26 | 1.57 | 0.17 | 2.77 | 725.28 |
| 1.00 | 0.58 | 0.27 | 1.83 | 0.15 | 2.53 | 674.98 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Portata di progetto = | 560 l/s |
| TIRANTE IDRAULICO (m) = | 0.41 m |
| GRADO DI RIEMPIMENTO = | 70 % |



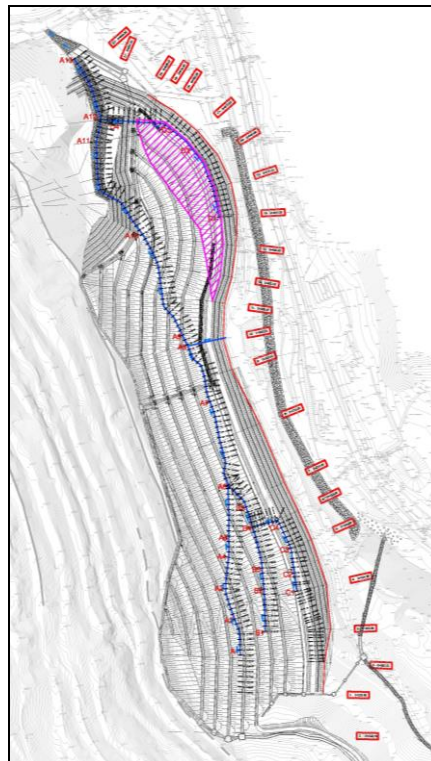
VERIFICA IDRAULICA DRENO TRATTO D1-A12 - DN630 mm

| | |
|---|--------------|
| Pendenza minima tubazione i_t | 0.002 |
| Coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$) | 80 |
| D tubazione (m) | 0.583 |
| velocità corrente v (m/s) | 1.052 |



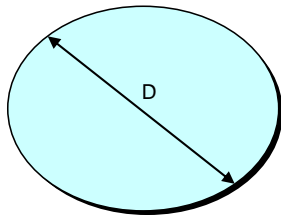
| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m^2) | Perimetro bagnato (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.05 | 0.03 | 0.00 | 0.26 | 0.02 | 0.25 | 1.27 |
| 0.10 | 0.06 | 0.01 | 0.38 | 0.04 | 0.40 | 5.52 |
| 0.15 | 0.09 | 0.03 | 0.46 | 0.05 | 0.51 | 12.86 |
| 0.20 | 0.12 | 0.04 | 0.54 | 0.07 | 0.61 | 23.16 |
| 0.25 | 0.15 | 0.05 | 0.61 | 0.09 | 0.69 | 36.23 |
| 0.30 | 0.17 | 0.07 | 0.68 | 0.10 | 0.77 | 51.80 |
| 0.35 | 0.20 | 0.08 | 0.74 | 0.11 | 0.84 | 69.55 |
| 0.40 | 0.23 | 0.10 | 0.80 | 0.12 | 0.89 | 89.14 |
| 0.45 | 0.26 | 0.12 | 0.86 | 0.14 | 0.95 | 110.18 |
| 0.50 | 0.29 | 0.13 | 0.92 | 0.15 | 0.99 | 132.25 |
| 0.55 | 0.32 | 0.15 | 0.97 | 0.15 | 1.03 | 154.92 |
| 0.60 | 0.35 | 0.17 | 1.03 | 0.16 | 1.06 | 177.71 |
| 0.65 | 0.38 | 0.18 | 1.09 | 0.17 | 1.09 | 200.08 |
| 0.70 | 0.41 | 0.20 | 1.16 | 0.17 | 1.11 | 221.46 |
| 0.75 | 0.44 | 0.21 | 1.22 | 0.18 | 1.12 | 241.20 |
| 0.80 | 0.47 | 0.23 | 1.29 | 0.18 | 1.13 | 258.55 |
| 0.85 | 0.50 | 0.24 | 1.37 | 0.18 | 1.13 | 272.56 |
| 0.90 | 0.52 | 0.25 | 1.46 | 0.17 | 1.11 | 281.91 |
| 0.95 | 0.55 | 0.26 | 1.57 | 0.17 | 1.08 | 284.22 |
| 1.00 | 0.58 | 0.27 | 1.83 | 0.15 | 0.99 | 264.51 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Portata di progetto = | 170 l/s |
| TIRANTE IDRAULICO (m) = | 0.34 m |
| GRADO DI RIEMPIMENTO = | 58 % |



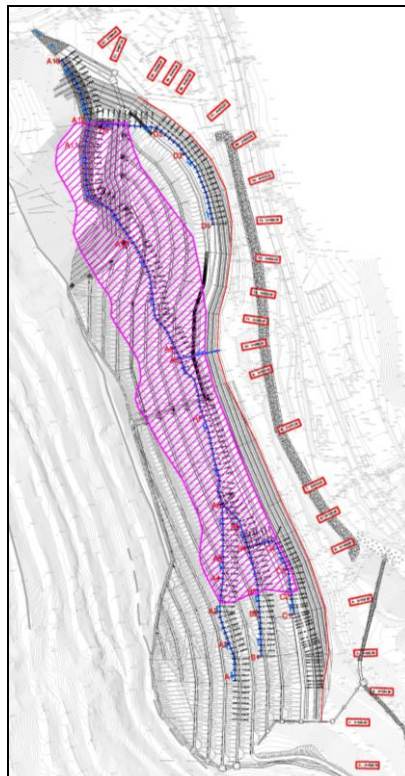
VERIFICA IDRAULICA DRENO TRATTO A10-A12 - DN630 mm

| | |
|---|---------------|
| Pendenza minima tubazione i_t | 0.0118 |
| Coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$) | 80 |
| D tubazione (m) | 0.583 |
| velocità corrente v (m/s) | 2.740 |



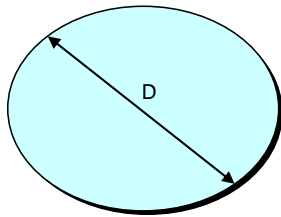
| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m^2) | Perimetro bagnato (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.05 | 0.03 | 0.00 | 0.26 | 0.02 | 0.62 | 3.09 |
| 0.10 | 0.06 | 0.01 | 0.38 | 0.04 | 0.97 | 13.43 |
| 0.15 | 0.09 | 0.03 | 0.46 | 0.05 | 1.24 | 31.26 |
| 0.20 | 0.12 | 0.04 | 0.54 | 0.07 | 1.48 | 56.31 |
| 0.25 | 0.15 | 0.05 | 0.61 | 0.09 | 1.69 | 88.09 |
| 0.30 | 0.17 | 0.07 | 0.68 | 0.10 | 1.87 | 125.93 |
| 0.35 | 0.20 | 0.08 | 0.74 | 0.11 | 2.03 | 169.09 |
| 0.40 | 0.23 | 0.10 | 0.80 | 0.12 | 2.17 | 216.71 |
| 0.45 | 0.26 | 0.12 | 0.86 | 0.14 | 2.30 | 267.86 |
| 0.50 | 0.29 | 0.13 | 0.92 | 0.15 | 2.41 | 321.54 |
| 0.55 | 0.32 | 0.15 | 0.97 | 0.15 | 2.50 | 376.66 |
| 0.60 | 0.35 | 0.17 | 1.03 | 0.16 | 2.58 | 432.04 |
| 0.65 | 0.38 | 0.18 | 1.09 | 0.17 | 2.65 | 486.43 |
| 0.70 | 0.41 | 0.20 | 1.16 | 0.17 | 2.70 | 538.41 |
| 0.75 | 0.44 | 0.21 | 1.22 | 0.18 | 2.73 | 586.40 |
| 0.80 | 0.47 | 0.23 | 1.29 | 0.18 | 2.74 | 628.58 |
| 0.85 | 0.50 | 0.24 | 1.37 | 0.18 | 2.74 | 662.65 |
| 0.90 | 0.52 | 0.25 | 1.46 | 0.17 | 2.71 | 685.39 |
| 0.95 | 0.55 | 0.26 | 1.57 | 0.17 | 2.64 | 690.99 |
| 1.00 | 0.58 | 0.27 | 1.83 | 0.15 | 2.41 | 643.07 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Portata di progetto = | 660 l/s |
| TIRANTE IDRAULICO (m) = | 0.49 m |
| GRADO DI RIEMPIMENTO = | 85 % |



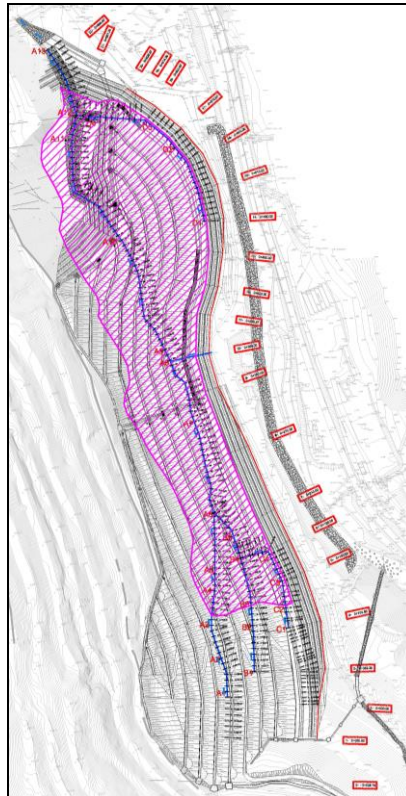
VERIFICA IDRAULICA DRENO TRATTO A12-A13 - DN800 mm

| | |
|---|---------------|
| Pendenza minima tubazione i_t | 0.0118 |
| Coefficiente di scabrezza k_s ($m^{1/3}/s$) | 80 |
| D tubazione (m) | 0.741 |
| velocità corrente v (m/s) | 2.960 |



| Grado di riempimento | Tirante (m) | Area bagnata (m^2) | Perimetro baganto (m) | Raggio idraulico (m) | Velocità (m/s) | Portata (l/s) |
|----------------------|-------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|---------------|
| 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.05 | 0.04 | 0.01 | 0.33 | 0.02 | 0.73 | 5.85 |
| 0.10 | 0.07 | 0.02 | 0.48 | 0.05 | 1.13 | 25.43 |
| 0.15 | 0.11 | 0.04 | 0.59 | 0.07 | 1.46 | 59.20 |
| 0.20 | 0.15 | 0.06 | 0.69 | 0.09 | 1.74 | 106.65 |
| 0.25 | 0.19 | 0.08 | 0.78 | 0.11 | 1.98 | 166.82 |
| 0.30 | 0.22 | 0.11 | 0.86 | 0.13 | 2.19 | 238.49 |
| 0.35 | 0.26 | 0.13 | 0.94 | 0.14 | 2.38 | 320.22 |
| 0.40 | 0.30 | 0.16 | 1.01 | 0.16 | 2.55 | 410.40 |
| 0.45 | 0.33 | 0.19 | 1.09 | 0.17 | 2.70 | 507.27 |
| 0.50 | 0.37 | 0.22 | 1.16 | 0.19 | 2.82 | 608.93 |
| 0.55 | 0.41 | 0.24 | 1.24 | 0.20 | 2.94 | 713.31 |
| 0.60 | 0.44 | 0.27 | 1.31 | 0.21 | 3.03 | 818.20 |
| 0.65 | 0.48 | 0.30 | 1.39 | 0.21 | 3.10 | 921.20 |
| 0.70 | 0.52 | 0.32 | 1.47 | 0.22 | 3.16 | 1019.64 |
| 0.75 | 0.56 | 0.35 | 1.55 | 0.22 | 3.20 | 1110.54 |
| 0.80 | 0.59 | 0.37 | 1.64 | 0.23 | 3.22 | 1190.41 |
| 0.85 | 0.63 | 0.39 | 1.74 | 0.22 | 3.21 | 1254.93 |
| 0.90 | 0.67 | 0.41 | 1.85 | 0.22 | 3.18 | 1297.99 |
| 0.95 | 0.70 | 0.42 | 1.99 | 0.21 | 3.09 | 1308.60 |
| 1.00 | 0.74 | 0.43 | 2.33 | 0.19 | 2.82 | 1217.86 |

| | |
|-------------------------|---------|
| Portata di progetto = | 740 l/s |
| TIRANTE IDRAULICO (m) = | 0.42 m |
| GRADO DI RIEMPIMENTO = | 56 % |



| | | |
|---|---|----------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | |
| | <p>IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme</p> | <p>Foglio 143 di 198</p> |

ALLEGATO 1
Piogge di durata inferiore all'ora
Stazione pluviometrica di Gavi

TABELLA.1 - OSSERVAZIONI AL PLUVIOMETRO
STAZIONE PLUVIOMETRICA DI: **GAVI**
BRUNO: **41**
8001P: **41**
Anno di osservazione: **41**

| Anno | INTERVALLO IN MINUTI | | | | | | | | | | |
|----------|----------------------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|--------------------------|-------|--------------------------|------|
| | 10 | | 15 | | 30 | | 45 | | 60 | | |
| | h(mm) | $\sum_{i=1}^n h_i - h $ | h(mm) | $\sum_{i=1}^n h_i - h $ | h(mm) | $\sum_{i=1}^n h_i - h $ | h(mm) | $\sum_{i=1}^n h_i - h $ | h(mm) | $\sum_{i=1}^n h_i - h $ | |
| 1 1951 | 3,4 | 4,99 | 1,98 | 1,9 | 3,10 | 0,33 | 12 | 2,04 | 2,28 | 32,2 | 1,14 |
| 2 1952 | | | 0,38 | 18,8 | 1,90 | 43,18 | 6 | 1,25 | 0,35 | 21,6 | 0,67 |
| 3 1953 | | | 0,98 | 14,2 | 1,03 | 16,8 | 5 | 0,76 | 0,08 | 20 | 0,09 |
| 4 1954 | 8 | 13,20 | 0,17 | 10,2 | 0,67 | 12 | 0,67 | 0,37 | 0,07 | 12 | 0,13 |
| 5 1955 | | | -0,22 | 3,6 | 0,37 | 3,6 | 0,37 | 0,02 | 0,27 | 6,4 | 0,85 |
| 6 1956 | | | -0,67 | 8 | 0,09 | 8 | 0,09 | 0,02 | 0,27 | 6,4 | 0,85 |
| 7 1957 | 6 | 21,73 | 1,24 | 5,6 | -0,19 | 6,4 | 6,4 | -0,73 | 1,46 | 2,10 | |
| 8 1958 | 14 | 5,40 | | 4,8 | 0,93 | 38,09 | 6,4 | | | 115,56 | |
| 9 1959 | | | | 4,5 | -0,48 | 20 | 20 | | | 89,30 | |
| 10 1960 | 9,6 | 4,13 | | 10,2 | 1,75 | 16,8 | 16,8 | | | 0,02 | |
| 11 1961 | | | | 19 | -0,83 | 17,88 | 6,8 | | | | |
| 12 1962 | | | | 4,8 | | 33,31 | | | | | |
| 13 1963 | | | | 16,8 | | 95,18 | 20 | | | | |
| 14 1964 | 22,8 | 14,49 | | 14,2 | | 95,18 | 20 | | | | |
| 15 1965 | | | | | | | | | | | |
| 16 1966 | | | | | | | | | | | |
| 17 1967 | | | | | | | | | | | |
| 18 1968 | | | | | | | | | | | |
| 19 1969 | | | | | | | | | | | |
| 20 1970 | | | | | | | | | | | |
| 21 1971 | | | | | | | | | | | |
| 22 1972 | | | | | | | | | | | |
| 23 1973 | | | | | | | | | | | |
| 24 1974 | | | | | | | | | | | |
| 25 1975 | | | | | | | | | | | |
| 26 1976 | | | | | | | | | | | |
| 27 1977 | | | | | | | | | | | |
| 28 1978 | | | | | | | | | | | |
| 29 1979 | | | | | | | | | | | |
| 30 1980 | | | | | | | | | | | |
| 31 1981 | | | | | | | | | | | |
| 32 1982 | | | | | | | | | | | |
| 33 1983 | | | | | | | | | | | |
| 34 1984 | | | | | | | | | | | |
| 35 1985 | | | | | | | | | | | |
| 36 1986 | | | | | | | | | | | |
| 37 1987 | | | | | | | | | | | |
| 38 1988 | | | | | | | | | | | |
| 39 1989 | | | | | | | | | | | |
| 40 1990 | | | | | | | | | | | |
| 41 1991 | | | | | | | | | | | |
| 42 1992 | | | | | | | | | | | |
| 43 1993 | | | | | | | | | | | |
| 44 1994 | | | | | | | | | | | |
| 45 1995 | | | | | | | | | | | |
| 46 1996 | | | | | | | | | | | |
| 47 1997 | | | | | | | | | | | |
| 48 1998 | | | | | | | | | | | |
| 49 1999 | | | | | | | | | | | |
| 50 2000 | | | | | | | | | | | |
| 51 2001 | | | | | | | | | | | |
| 52 2002 | | | | | | | | | | | |
| 53 2003 | | | | | | | | | | | |
| 54 2004 | | | | | | | | | | | |
| 55 2005 | | | | | | | | | | | |
| 56 2006 | | | | | | | | | | | |
| 57 2007 | | | | | | | | | | | |
| 58 2008 | | | | | | | | | | | |
| 59 2009 | | | | | | | | | | | |
| 60 2010 | | | | | | | | | | | |
| 61 2011 | | | | | | | | | | | |
| 62 2012 | | | | | | | | | | | |
| 63 2013 | | | | | | | | | | | |
| 64 2014 | | | | | | | | | | | |
| 65 2015 | | | | | | | | | | | |
| 66 2016 | | | | | | | | | | | |
| 67 2017 | | | | | | | | | | | |
| 68 2018 | | | | | | | | | | | |
| 69 2019 | | | | | | | | | | | |
| 70 2020 | | | | | | | | | | | |
| 71 2021 | | | | | | | | | | | |
| 72 2022 | | | | | | | | | | | |
| 73 2023 | | | | | | | | | | | |
| 74 2024 | | | | | | | | | | | |
| 75 2025 | | | | | | | | | | | |
| 76 2026 | | | | | | | | | | | |
| 77 2027 | | | | | | | | | | | |
| 78 2028 | | | | | | | | | | | |
| 79 2029 | | | | | | | | | | | |
| 80 2030 | | | | | | | | | | | |
| 81 2031 | | | | | | | | | | | |
| 82 2032 | | | | | | | | | | | |
| 83 2033 | | | | | | | | | | | |
| 84 2034 | | | | | | | | | | | |
| 85 2035 | | | | | | | | | | | |
| 86 2036 | | | | | | | | | | | |
| 87 2037 | | | | | | | | | | | |
| 88 2038 | | | | | | | | | | | |
| 89 2039 | | | | | | | | | | | |
| 90 2040 | | | | | | | | | | | |
| 91 2041 | | | | | | | | | | | |
| 92 2042 | | | | | | | | | | | |
| 93 2043 | | | | | | | | | | | |
| 94 2044 | | | | | | | | | | | |
| 95 2045 | | | | | | | | | | | |
| 96 2046 | | | | | | | | | | | |
| 97 2047 | | | | | | | | | | | |
| 98 2048 | | | | | | | | | | | |
| 99 2049 | | | | | | | | | | | |
| 100 2050 | | | | | | | | | | | |

Figura All.1-1 - RegISTRAZIONI pluviometriche piogge di forte intensità e breve durata - Pluviometro di Gavi

TABELLA 2 - ELABORAZIONI STATISTICHE - METODO DI GUMBEL

| N. | 6 | 9 | 7 | 4 |
|--|--------|--------|--------|--------|
| $\frac{\sum H_i}{n}$ | 11,63 | 10,52 | 12,57 | 21,45 |
| $\frac{\sum H_i^2}{n}$ | 184,35 | 254,48 | 243,15 | 206,99 |
| $\sigma = \sqrt{\frac{\sum H_i^2}{n} - \left(\frac{\sum H_i}{n}\right)^2}$ | 6,072 | 5,640 | 6,366 | 8,306 |
| VM | 0,469 | 0,490 | 0,477 | 0,446 |
| SN | 0,919 | 0,985 | 0,945 | 0,885 |
| MODA | 8,53 | 7,72 | 9,34 | 17,07 |
| ALFA | 6,61 | 5,72 | 6,74 | 9,83 |

| Tempo di ritorno | 10 min | 15 min | 30 min | 45 min |
|------------------|-------------|----------|----------|----------|
| 5 anni | hm=18,45 mm | 16,30 mm | 19,46 mm | 31,92 mm |
| 10 anni | hm=23,41 mm | 20,60 mm | 24,51 mm | 38,20 mm |
| 20 anni | hm=28,16 mm | 24,72 mm | 29,36 mm | 46,28 mm |
| 50 anni | hm=34,25 mm | 30,05 mm | 35,64 mm | 55,44 mm |
| 100 anni | hm=38,93 mm | 34,05 mm | 40,34 mm | 62,31 mm |

| t | T - 5 anni | T - 10 anni | T - 20 anni | T - 50 anni | T - 100 anni |
|------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 0,17 | 18,45 | 23,41 | 28,16 | 34,32 | 38,93 |
| 0,25 | 16,30 | 20,60 | 24,72 | 30,05 | 34,05 |
| 0,50 | 19,46 | 24,51 | 29,36 | 35,64 | 40,34 |
| 0,75 | 31,82 | 39,20 | 46,28 | 55,44 | 62,31 |

Figura All.1-2 - Trattazione probabilistica secondo Gumbel delle piogge di forte intensità e breve durata – Pluviometro di Gavi

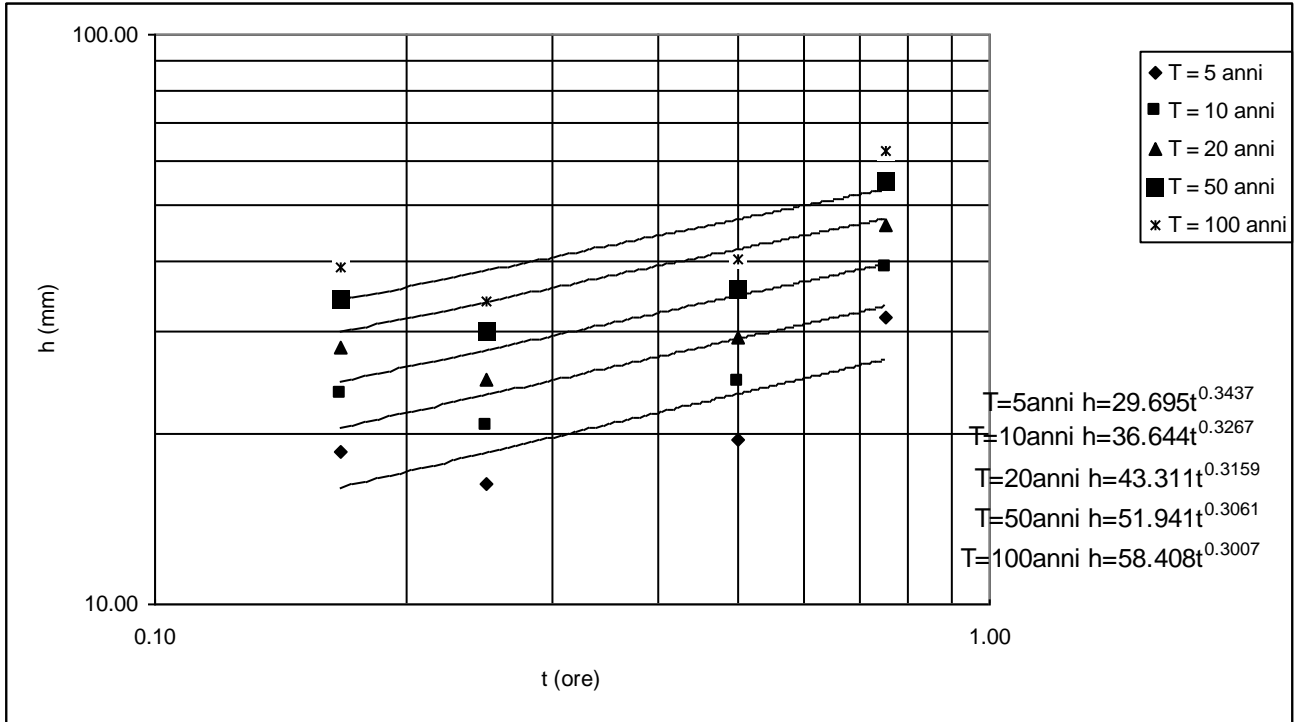


Figura All.1-3 – Parametri a e n secondo la trattazione probabilistica di Gumbel delle piogge di forte intensità e breve durata – Pluviometro di Gavi

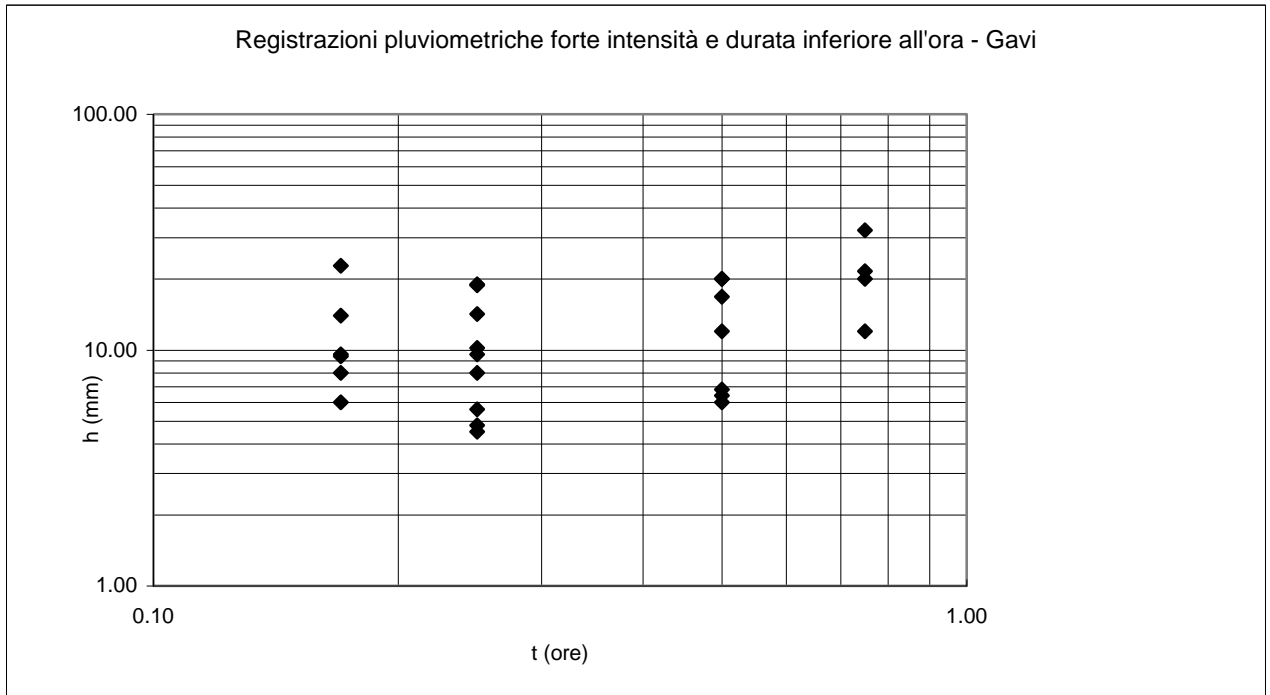


Figura All.1-4 – Registrazioni pluviometriche di forte intensità e breve durata su carta bi-logaritmica Pluviometro di Gavi

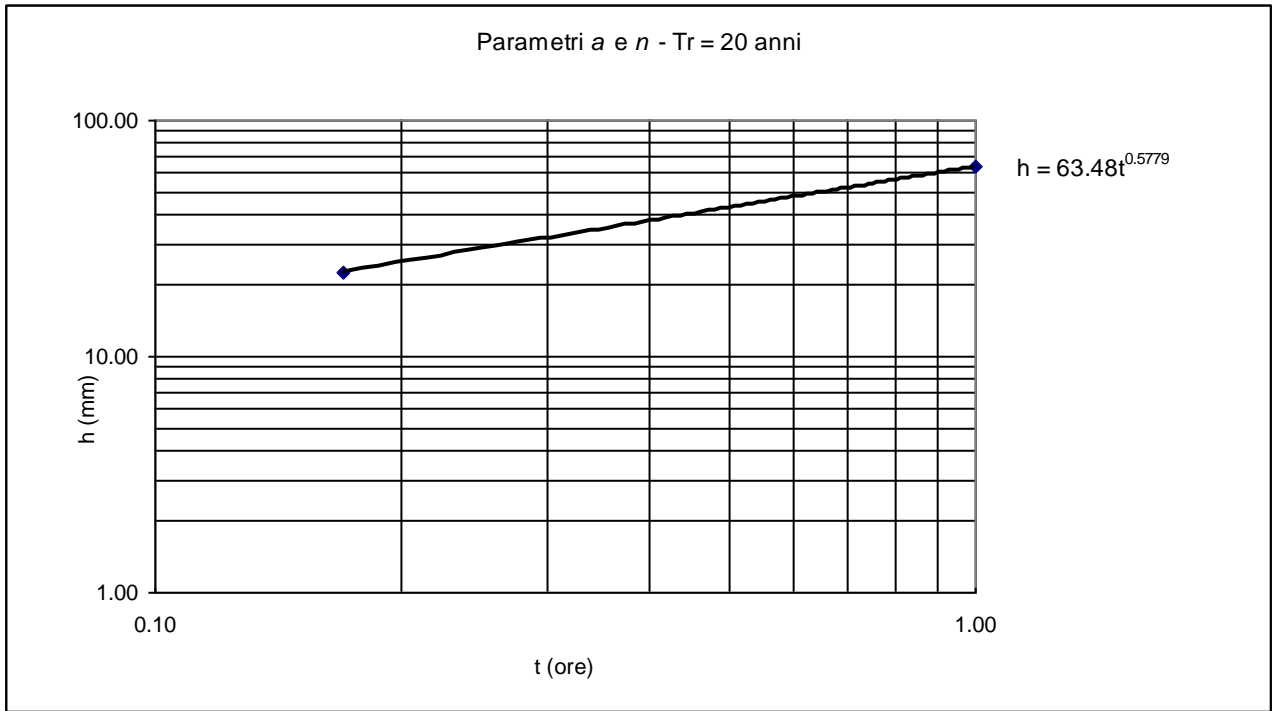


Figura All.1-5 – Parametri a e n piogge di forte intensità e breve durata – Pluviometro di Gavi

| | | |
|---|---|----------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | |
| | <p>IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme</p> | <p>Foglio 148 di 198</p> |

ALLEGATO 2
Descrizione modello HEC-RAS

| | | |
|--|---|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 149 di 198 |

Le modellazioni idrauliche monodimensionali sono state realizzate con il software di analisi dei corsi d'acqua HEC-RAS v.4.1 (Hydrologic Engineering Center – River Analysis System) dell'U.S. Army Corps of Engineers.

La procedura computazionale è basata sulla soluzione dell'equazione monodimensionale dell'energia; le perdite di carico sono valutate con l'equazione di Manning e utilizzando i parametri di contrazione/espansione.

LE EQUAZIONI DEL MOTO

HEC-RAS risolve le equazioni di De Saint Venant distinguendo tra alveo e zone golenali:

Equazione di continuità

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

Dove:

x distanza lungo il canale;

t tempo;

Q portata;

A area della sezione;

S area della sezione con considerata contribuente al deflusso (ineffective flow area);

q_l flusso laterale per unità di lunghezza.

L'equazione può essere scritta per l'alveo inciso, per la golena destra e per la golena sinistra, di seguito, per semplicità, si riportano le equazioni per l'alveo inciso e per le golene complessivamente:

$$\frac{\partial A_a}{\partial t} + \frac{\partial Q_a}{\partial x_a} - q_g = 0$$

$$\frac{\partial A_g}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q_g}{\partial x_g} = q_a + q_l$$

Dove la sottoscrittura a e g indica alveo inciso e golene rispettivamente, q_c e q_g indicano gli scambi di portata tra l'alveo inciso e le zone golenali.

Si noti come siano considerate distanze diverse lungo l'alveo inciso e le zone golenali.

L'equazione dell'energia è:

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 150 di 198 |

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(VQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S \right) = 0$$

dove:

- g accelerazione di gravità;
- S perdite di energia dovute alla scabrezza;
- V velocità.

Anche in questo caso possiamo scrivere l'equazione per l'alveo inciso e per le golene:

$$\frac{\partial Q_a}{\partial t} + \frac{\partial(V_a Q_a)}{\partial x_a} + gA_a \left(\frac{\partial z}{\partial x_a} + S_a \right) = M_g$$

$$\frac{\partial Q_g}{\partial t} + \frac{\partial(V_g Q_g)}{\partial x_g} + gA_g \left(\frac{\partial z}{\partial x_g} + S_g \right) = M_a$$

Dove M rappresenta lo scambio di quantità di moto tra alveo inciso e golene, si noti che:

$$\Delta x_a M_a = -\Delta x_g M_g$$

Nelle equazioni z (livello d'acqua) non è sottoscritto, infatti un modello monodimensionale ha come assunzione implicita che il livello è costante all'interno dell'intera sezione. La velocità è invece diversa tra alveo inciso e zone golenali, per cui si avrebbe un valore dell'energia diverso, non possibile in un modello monodimensionale. Il valore dell'energia viene calcolato introducendo il valore **a**. Considerando una velocità media nella sezione e differenziando tra alveo, golena destra e golena sinistra, facendo una media pesata sulle portate, possiamo scrivere:

$$\alpha \frac{\bar{V}}{2g} = \frac{Q_{gsx} \frac{V_{gsx}^2}{2g} + Q_a \frac{V_a^2}{2g} + Q_{gdx} \frac{V_{gdx}^2}{2g}}{Q_{gsx} + Q_a + Q_{gdx}}$$

assumendo che la pendenza della linea dell'energia è unica risulta anche:

$$Q_{gsx} = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_{gsx} \quad Q_a = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_a \quad Q_{gdx} = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_{gdx}$$

dove K rappresenta la conveyance o conduttività idraulica. Inserendo quest'ultime nell'equazione precedente si ottiene:

$$\alpha = \frac{A_{Tot}^2 \left[\frac{K_{gsx}^3}{A_{gsx}^2} + \frac{K_a^3}{A_a^2} + \frac{K_{gdx}^3}{A_{gdx}^2} \right]}{K_{Tot}^3}$$

| | | |
|--|---|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 151 di 198 |

DEFINIZIONE DELLE PERDITE DI CARICO PER ATTRITO

HEC-RAS utilizza l'equazione di Manning per la definizione delle perdite di carico per attrito:

$$Q = \frac{AR_H^{2/3} \sqrt{S}}{n}$$

dove n è il coefficiente di scabrezza secondo tale formulazione. I valori di n saranno valutati sull'intero tratto di studio con il metodo indicato nell'Allegato 5 "Specifiche per la valutazione della resistenza al moto in un'analisi idrodinamica di piena" del Disciplinare Tecnico d'Appalto e saranno imposti nelle singole sezioni automaticamente attraverso HEC-GeoRAS.

HEC-RAS nella scrittura, e quindi implementazione, dell'equazione dell'energia distingue sempre tra alveo inciso e zone golenali calcolando separatamente la conveyance di queste zone. Nel caso in cui all'interno di tali zone vi siano variazioni di scabrezza suddivise ulteriormente la sezione calcolando la conveyance per ogni tratto a partire da area e contorno bagnato. Con tale procedura si trascura lo scambio di quantità di moto attraverso le linee di separazione, ipotesi generalmente accettabile. Nel caso di imposizione di scabrezze diverse all'interno dell'alveo tale assunzione può non essere accettabile. Infatti se si è in presenza di sponde fortemente vegetate rispetto all'alveo la procedura normalmente utilizzata fa sì che la parte centrale dell'alveo non risenta della presenza della vegetazione sulle sponde (le linee di separazione sono considerate senza attrito). Per questo motivo nel caso dell'alveo HEC-RAS verifica se la pendenza dei tratti in cui avviene la variazione di scabrezza è maggiore di 5:1, in questo caso non suddivide l'alveo, ma calcola un valore di scabrezza complessivo per l'alveo con la formula:

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N P_i n_i^{3/2}}{P} \right]^{2/3}$$

dove:

- n_c valore di scabrezza complessivo;
- P contorno bagnato complessivo;
- P_i contorno bagnato del tratto i ;
- n_i valore di scabrezza del tratto i .

Nei risultati HEC-RAS riporta la scabrezza media utilizzata per le golene e per l'alveo, sia che siano calcolate con il classico metodo della suddivisione che nel caso, per l'alveo, sia calcolato un valore complessivo.

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 152 di 198 |

La scabrezza, oltre che lungo la sezione, può essere variata anche con il livello o la portata. Questa opzione permette una maggior flessibilità del modello in presenza di particolari situazioni, come per esempio zone vegetate in cui l'influenza si fa sentire per certi tiranti d'acqua, ma si riduce quando la vegetazione è notevolmente sommersa.

HEC-RAS permette inoltre di utilizzare diverse medie per valutare la scabrezza tra due sezioni. Infatti per ogni tratto possiamo calcolare la cadente S sia nella sezione di monte che in quella di valle:

$$S = \left(\frac{Q}{K} \right)^2$$

Nel tratto compreso la cadente può essere valutato come:

$$\bar{S} = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \quad \text{conduttività media (default per moto permanente e strutture)}$$

$$\bar{S} = \frac{S_1 + S_2}{2} \quad \text{media aritmetica (default per moto vario)}$$

$$\bar{S} = \sqrt{S_1 \cdot S_2} \quad \text{media geometrica}$$

$$\frac{1}{\bar{S}} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} \right) \quad \text{media armonica}$$

Il programma permette anche di scegliere il tipo di media sulla base del tipo di profilo che esiste tra le due sezioni:

| Tipo profilo | Equazione utilizzata |
|----------------|----------------------|
| Lenta (M1;S1) | Media aritmetica |
| Lenta (M2) | Media armonica |
| Veloce (S2) | Media aritmetica |
| Veloce (M3;S3) | Media geometrica |

Oltre alle perdite di carico per attrito HEC-RAS considera anche le perdite di carico per allargamento o restringimento della sezione:

$$h_e = C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove c è il coefficiente di contrazione.

| | | |
|--|---|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 153 di 198 |

PROPRIETÀ OPZIONALI DELLE SEZIONI

Nelle sezioni oltre alla definizione della scabrezza, dei coefficienti contrazione e delle diverse distanze lungo l'alveo e le golene, possono essere definite altre tre caratteristiche che possono aumentare la rappresentatività del modello:

- levee;
- ineffective flow area;
- blocked obstruction.

I levee permettono di non considerare parti della sezione finché non è stato raggiunto un determinato livello. Tale opzione è utilizzabile solo in simulazioni in moto stazionario, infatti nel caso di moto vario l'improvviso aumento dell'area di deflusso provoca instabilità numeriche, ma principalmente non rappresenta in modo corretto la dinamica della corrente. In un modello a moto vario è preferibile utilizzare strutture di sfioro (lateral weir) e suddividere la sezione in 2 o più canali.

Le ineffective flow area definiscono parti della sezione in cui si ha accumulo d'acqua, ma che non contribuisce al deflusso. Sono solitamente utilizzate per la definizione dei restringimenti dovuti alle strutture, quando si vogliono definire più sezioni nel tratto influenzato dalla struttura. Sono comunque molteplici le situazioni in cui l'utilizzo delle ineffective flow area permette una più accurata schematizzazione della realtà. Inoltre il loro uso permette di ridurre l'utilizzo delle zone di accumulo (storage area) che a rigore dovrebbero essere utilizzate solo in presenza di discontinuità idrauliche (per es. arginature). Numericamente viene tolta l'area nell'equazione dell'energia, ma non in quella di continuità, e non viene aumentato il perimetro bagnato.

Le blocked obstruction sono utilizzate per la schematizzazione di ostacoli (generalmente edifici) all'interno della sezione. Numericamente viene eliminata l'area occupata (sia nell'equazione di continuità che in quella dell'energia) e viene aggiunto perimetro bagnato per la parte interessata dai livelli.

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 154 di 198 |

STRUTTURE

In HEC-RAS possono essere schematizzate diversi tipi di strutture, sia trasversali al corso d'acqua che parallele allo stesso.

Per le strutture trasversali la valutazione delle perdite di carico dovute alla presenza della struttura è fatta mediante la schematizzazione con 4 sezioni del tratto in cui avviene la contrazione e l'espansione della vena liquida (Figura All.2-1). Il manuale di HEC-RAS riporta anche diverse formulazioni per la valutazione di un corretto posizionamento delle sezioni 1 e 4. Nel caso in cui si vogliano utilizzare più sezioni per la definizione dei 2 tratti, per la corretta definizione della parte di sezione contribuente al deflusso si devono usare le ineffective flow area.

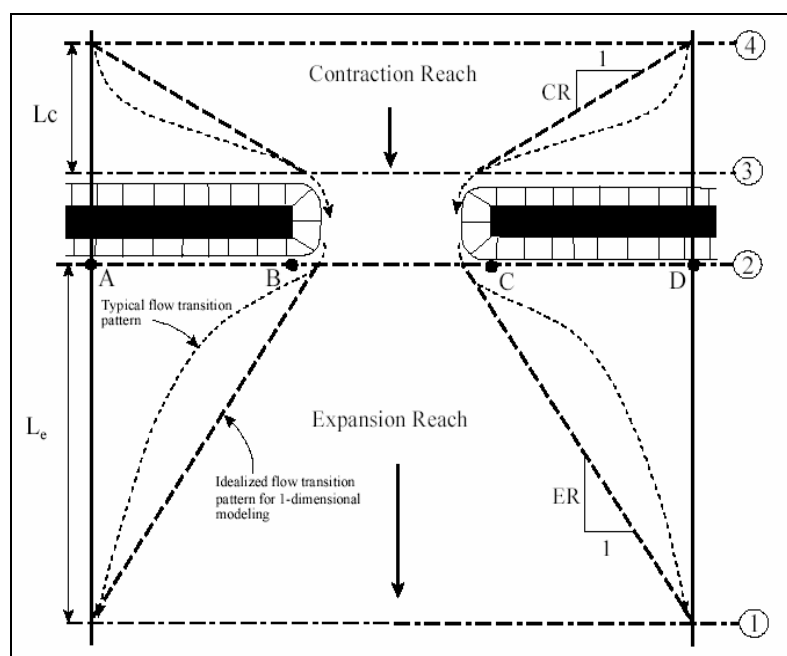


Figura All.2-1 – Ubicazione sezioni per l'analisi dei tratti di contrazione ed espansione dovute alle strutture.

Ponti

Il codice di calcolo permette l'utilizzo di 4 formulazioni per il calcolo del rigurgito provocato dai ponti:

- bilancio energetico;
- teorema della quantità di moto;
- Yarnell;
- Metodo WSPRO.

| | | |
|--|---|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme | Foglio 155 di 198 |

Con il metodo del bilancio energetico sono definite 2 sezioni aggiuntive all'interno del ponte sottraendo l'area occupata dalla struttura e la soluzione viene ottenuta considerando queste 2 sezioni come normali sezioni di calcolo.

Anche con il metodo della quantità di moto vengono inserite 2 sezioni aggiuntive all'interno del ponte ed è applicato il teorema della quantità di moto ai tre volumi di controllo: 2-sezione di valle del ponte, sezione di valle del ponte – sezione di monte del ponte e sezione di monte del ponte-3. In quest'ultimo considera anche la forza di reazione alla spinta idrodinamica esercitata dalla corrente. Tale forza dipende solo dalla forma della pila per $Fr < 0.7$. Al modello viene fornito il valore di CD (Drag coefficient) tabellato per diverse forme di pile.

Il metodo di Yarnell deriva da indagini sperimentali. La formula che consente di calcolare il soprizzo del pelo libero nella sezione 3 rispetto a quello della sezione 2 prodotto da una pila. La forma della pila è inserito mediante il coefficiente di forma K.

Il metodo WSPRO è quello utilizzato dal programma omonimo della FHWA (Federal Highway Administration). In sostanza è applicato il bilancio energetico nei tronchi 1-2, 2-3 e 3-4, usando espressioni delle perdite di carico che tengono conto di alcuni risultati sperimentali.

La scelta del metodo da utilizzare dipende dalle caratteristiche del ponte: nel caso in cui il rigurgito sia dovuto prevalentemente alla presenza delle pile è preferibile utilizzare il metodo di Yarnell o quello della quantità di moto in cui è possibile definire un coefficiente legato alla forma della pila; nel caso di forti restringimenti provocati dalla presenza del ponte è preferibile il metodo WSPRO sviluppato appositamente per questi casi.

Nel caso in cui il livello d'acqua raggiunga o superi l'intradosso del ponte i metodi sopra citati, ad esclusione di quello dell'energia, non sono più validi. In questo caso o si utilizza l'equazione dell'energia o è possibile utilizzare le formulazioni per deflusso a battente, libero o rigurgitato, e, se il livello supera l'estradosso, la formula del deflusso a stramazzo.

Tombini

L'analisi del flusso all'interno dei tombini è abbastanza complicata. Sono comunemente usati i concetti di "controllo in ingresso" e "controllo in uscita" per semplificare l'analisi. Il **controllo in ingresso** accade quando la capacità di deflusso del tombino all'ingresso è minore della capacità di deflusso delle canne del tombino. In questo caso la sezione di controllo del tombino è posizionata appena all'interno del tombino. Il profilo di moto passa attraverso lo stato critico in prossimità di questa sezione, la corrente immediatamente a valle è supercritica. L'energia a monte è calcolata assumendo che l'imbocco del tombino si comporti come uno sfioro. Quindi la capacità di deflusso dipende principalmente dalla geometria dell'imbocco del tombino. Il **controllo in uscita** accade

| | | |
|--|---|-------------------------|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme | Foglio 156 di 198 |

quando la capacità di deflusso del tombino è limitata dalle condizioni di valle o dalla capacità di deflusso delle canne del tombino. HEC-RAS determina l'energia a monte richiesta per far fluire una data portata attraverso il tombino, sia per controllo in ingresso che per controllo in uscita. La condizione di maggiore energia a monte determina il tipo di flusso nel tombino per un dato livello di valle e una data portata. Nel caso di controllo in uscita l'energia a monte è calcolata facendo un bilancio tra la sezione di valle e quella di monte. Il programma considera la perdita di energia all'ingresso, le perdite distribuite all'interno delle canne del tombino e le perdite in uscita. Se durante il calcolo la condizione di controllo in ingresso risulta più alta di quella associata al controllo in uscita, il programma verifica se la condizione di controllo in ingresso può persistere senza mettere in pressione il tombino. Se si verifica un risalto idraulico all'interno del tombino si assume che il flusso avvenga in pressione lungo tutto il tombino.

Per la determinazione della situazione del controllo in ingresso, che dipende solamente dalla geometria dell'imbocco del tombino, sono utilizzate le equazioni ottenute da vari enti americani e pubblicate in "Hydraulic Design of Highway Culverts" [FHWA, 1985].

Stramazzi

Il calcolo del deflusso attraverso gli stramazzi è fatta con le formule degli stramazzi. Si possono considerare sia stramazzi in parete sottile che in parete grossa, liberi o controllati da paratoie verticali o radiali.

Stramazzi laterali

Oltre alle strutture trasversali alla corrente è possibile considerare delle strutture parallele alla corrente che simulano lo sfioro dell'acqua al di sopra di un argine o di una apposita struttura di sfioro laterale. In HEC-RAS il calcolo della portata sfiorante non è fatta considerando unicamente il livello di una sezione, ma considerando la variazione di livello sia dello stramazzo che del livello d'acqua, permettendo una più precisa valutazione.

L'equazione fondamentale di sfioro

$$Q = CLH^{3/2}$$

deve rendere conto di tale situazione. In Figura All.2-2 sono evidenziate le equazioni delle rette che identificano le pendenze della struttura laterale e del pelo libero tra due sezioni di calcolo: le costanti a_{ws} e a_w rappresentano le pendenze, mentre C_{ws} e C_w indicano le altezze iniziali (il pedice ws sta per *water surface*, mentre il pedice w sta per *weir*).

Dall'equazione classica relativa allo sfioro si ricava:

$$dQ = C(y_{ws} - y_w)^{3/2} dx$$

$$dQ = C(a_{ws}x + C_{ws} - a_w - C_w)^{3/2} dx$$

$$dQ = C(a_1x + C_1)^{3/2} dx$$

con $a_1 = a_{ws} - a_w$ e $C_1 = C_{ws} - C_w$.

Integrando:

$$\int_{x_1}^{x_2} dQ = C \int_{x_1}^{x_2} (a_1x + C_1)^{3/2}$$

$$Q_{x_1-x_2} = \frac{2C}{5a_1} \left[(a_1x_2 + C_1)^{5/2} - (a_1x_1 + C_1)^{5/2} \right]$$

Questa equazione è valida per a_1 diverso da zero; quando è pari a zero si ritorna al caso in cui il pelo libero parallelo alla superficie di sfioro.

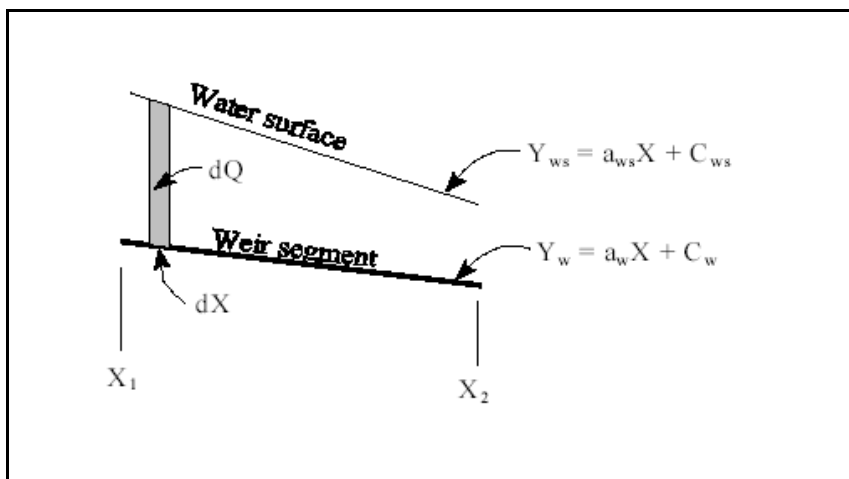


Figura All.2-2 – Pendenza della struttura laterale e del profilo idrico

| | | |
|---|---|----------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | |
| | <p>IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme</p> | <p>Foglio 158 di 198</p> |

ALLEGATO 3

Trasformazione afflussi-deflussi per il dimensionamento delle tubazioni di scarico dei dreni sub orizzontali profondi a tergo delle terre armate (Tr = 20 anni)

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 159 di 198 |

ANALISI AFFLUSSI DEFLUSSI BACINO FINO ALLA SEZ. 7

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE BACINO

| | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------|
| Superficie bacino: | 0.011 | km ² |
| Lunghezza asta principale: | 0.138 | km |
| Altitudine sezione di chiusura: | 392.19 | m s.l.m. |
| Altitudine massima corso d'acqua: | 402 | m s.l.m. |
| Altitudine media del bacino: | 395 | m s.l.m. |
| Pendenza media corso d'acqua: | 0.0711 | |
| Altitudine massima del bacino: | 411 | m s.l.m. |

PLUVIOMETRIA

Valori di a ed n per i vari tempi di ritorno:

| $T = 20 \text{ anni}$ | |
|-----------------------|----------|
| a_{20} | n_{20} |
| 63.48 | 0.578 |

Coefficiente di deflusso: 0.50

RISULTATI ANALISI

| | | |
|-------------------|------|-----|
| T_{corr} | 0.05 | ore |
|-------------------|------|-----|

| RAZIONALE | | |
|-----------|------|-------------------|
| Q_{20} | 0.37 | m ³ /s |

VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

A seguito si riporta il calcolo del tempo di corrivazione del bacino eseguito utilizzando quattro fra le formule empiriche esistenti in letteratura.

In base ai risultati che si otterranno ed alla loro media, si valuterà il tempo di corrivazione da utilizzare nei calcoli idrologici delle portate di colmo di piena.

| PARAMETRI DI INGRESSO | |
|--|-----------------------|
| S = Superficie del bacino | 0.011 km ² |
| L = Lunghezza asta principale | 0.138 km |
| H _{max} = Altitudine massima del ba | 411 m s.l.m. |
| H _{min} = Altitudine sezione di chius | 392 m s.l.m. |
| H _{med} = Altitudine media del bacin | 395 m s.l.m. |
| i _m = Pendenza media asta | 0.071 -- |

Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{H_{med} - H_{min}}} = 0.47 \text{ ore}$$

Formula di Pezzoli

Metodo tarato per supefici inferiori a 20 Km²

$$T_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_m}} = 0.03 \text{ ore}$$

Formula di Ventura

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = 0.1272 \cdot \left(\frac{S}{i_m}\right)^{0.5} = 0.05 \text{ ore}$$

Formula di Pasini

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = \frac{0.108(S \cdot L)^{0.33}}{i_m^{0.5}} = 0.05 \text{ ore}$$

Media dei valori ottenuti dalle formule per il calcolo del Tempo di Corr $T_{c(\text{med})} = 0.15 \text{ ore}$

Stima Tempo di Corrivazione adottata 0.045 ore

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 161 di 198 |

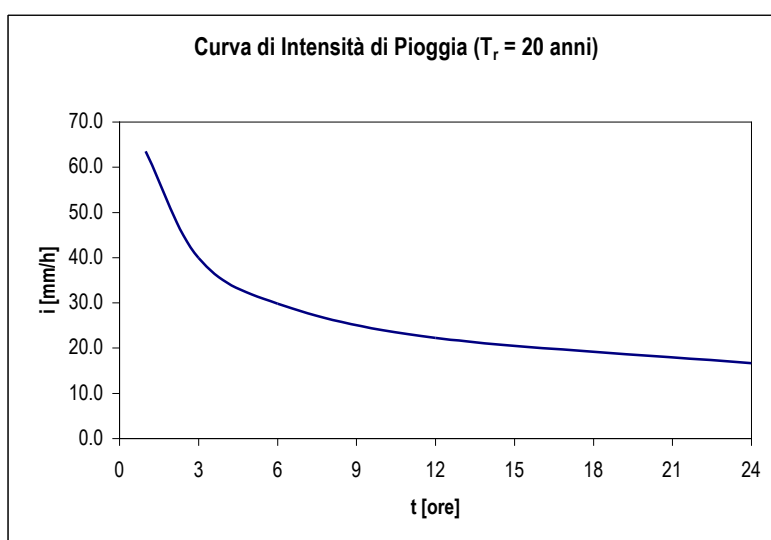
INTENSITÀ ISTANTANEA DI PIOGGIA E PORTATA AL COLMO ($T_r = 20$ anni)

Si considera la curva di intensità di pioggia relativa a tempi di pioggia superiori ad 1 h, la quale assume una forma del tipo:

$$i = n \cdot a \cdot t^{n-1}$$

I valori sono: $a = 63.48$
 $n = 0.578$

Ne risulta la curva di Intensità istantanea di pioggia riportata a seguito:



Al tempo di corrivazione stimato per il bacino idrografico in oggetto (0.05 ore) corrisponde un valore dell'intensità di pioggia pari a: **235.0** mm/h

Dalla formula: $Q_C = 0,28 \cdot c \cdot i_T \cdot A$ si ricava il valore della portata al colmo stimata per il tempo di ritorno considerato.

Sostituendo i valori:

| | |
|--|---------|
| c = coefficiente di deflusso | 0.5 |
| i_{20} = intensità di pioggia relativa al $T_r = 20$ anni [mm/ora] | 235.0 |
| A = superficie del bacino [km ²] | 0.01114 |

risulta la portata al colmo di piena relativa a tempo di ritorno 20 anni (Q_{20}):

$$Q_{20} = 0.37 \text{ m}^3/\text{s}$$

**ANALISI AFFLUSSI DEFLUSSI BACINO FINO ALLA SEZ. 9****CARATTERISTICHE GEOMETRICHE BACINO**

| | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------|
| Superficie bacino: | 0.018 | km ² |
| Lunghezza asta principale: | 0.258 | km |
| Altitudine sezione di chiusura: | 383.00 | m s.l.m. |
| Altitudine massima corso d'acqua: | 402 | m s.l.m. |
| Altitudine media del bacino: | 391 | m s.l.m. |
| Pendenza media corso d'acqua: | 0.0736 | |
| Altitudine massima del bacino: | 411 | m s.l.m. |

PLUVIOMETRIAValori di a ed n per i vari tempi di ritorno:

| <i>T = 20 anni</i> | |
|--------------------|----------|
| a_{20} | n_{20} |
| 63.48 | 0.578 |

Coefficiente di deflusso: 0.50

RISULTATI ANALISI

| | | |
|------------|------|-------------------|
| T_{corr} | 0.06 | ore |
| RAZIONALE | | |
| Q_{20} | 0.54 | m ³ /s |

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collocamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 163 di 198 |

VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

A seguito si riporta il calcolo del tempo di corrivazione del bacino eseguito utilizzando quattro fra le formule empiriche esistenti in letteratura.

In base ai risultati che si otterranno ed alla loro media, si valuterà il tempo di corrivazione da utilizzare nei calcoli idrologici delle portate di colmo di piena.

| PARAMETRI DI INGRESSO | |
|--|-----------------------|
| S = Superficie del bacino | 0.018 km ² |
| L = Lunghezza asta principale | 0.258 km |
| H _{max} = Altitudine massima del ba | 411 m s.l.m. |
| H _{min} = Altitudine sezione di chius | 383 m s.l.m. |
| H _{med} = Altitudine media del bacin | 391 m s.l.m. |
| i _m = Pendenza media asta | 0.074 -- |

Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{H_{med} - H_{min}}} = 0.41 \text{ ore}$$

Formula di Pezzoli

Metodo tarato per supefici inferiori a 20 Km²

$$T_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_m}} = 0.05 \text{ ore}$$

Formula di Ventura

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = 0.1272 \cdot \left(\frac{S}{i_m}\right)^{0.5} = 0.06 \text{ ore}$$

Formula di Pasini

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = \frac{0.108(S \cdot L)^{0.33}}{i_m^{0.5}} = 0.07 \text{ ore}$$

Media dei valori ottenuti dalle formule per il calcolo del Tempo di Corr $T_{c(\text{med})} = 0.15 \text{ ore}$

Stima Tempo di Corrivazione adottata 0.06 ore

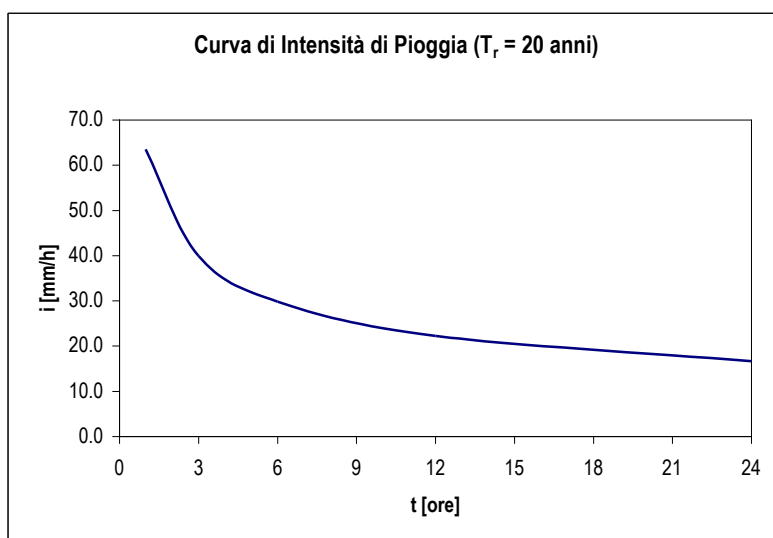
INTENSITÀ ISTANTANEA DI PIOGGIA E PORTATA AL COLMO ($T_r = 20$ anni)

Si considera la curva di intensità di pioggia relativa a tempi di pioggia superiori ad 1 h, la quale assume una forma del tipo:

$$i = n \cdot a \cdot t^{n-1}$$

I valori sono: $a = 63.48$
 $n = 0.578$

Ne risulta la curva di Intensità istantanea di pioggia riportata a seguito:



Al tempo di corrivazione stimato per il bacino idrografico in oggetto (0.06 ore) corrisponde un valore dell'intensità di pioggia pari a: **208.2** mm/h

Dalla formula: $Q_C = 0,28 \cdot c \cdot i_T \cdot A$ si ricava il valore della portata al colmo stimata per il tempo di ritorno considerato.

Sostituendo i valori:

| | |
|--|---------|
| c = coefficiente di deflusso | 0.5 |
| i_{20} = intensità di pioggia relativa al $T_r = 20$ anni [mm/ora] | 208.2 |
| A = superficie del bacino [km ²] | 0.01837 |

risulta la portata al colmo di piena relativa a tempo di ritorno 20 anni (Q_{20}):

$$Q_{20} = 0.54 \text{ m}^3/\text{s}$$

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 165 di 198 |

ANALISI AFFLUSSI DEFLUSSI BACINO FINO ALLA SEZ. 12

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE BACINO

| | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------|
| Superficie bacino: | 0.026 | km ² |
| Lunghezza asta principale: | 0.356 | km |
| Altitudine sezione di chiusura: | 382.79 | m s.l.m. |
| Altitudine massima corso d'acqua: | 402 | m s.l.m. |
| Altitudine media del bacino: | 389 | m s.l.m. |
| Pendenza media corso d'acqua: | 0.0540 | |
| Altitudine massima del bacino: | 411 | m s.l.m. |

PLUVIOMETRIA

Valori di a ed n per i vari tempi di ritorno:

| $T = 20 \text{ anni}$ | |
|-----------------------|----------|
| a_{20} | n_{20} |
| 63.48 | 0.578 |

Coefficiente di deflusso: 0.50

RISULTATI ANALISI

| | | |
|-------------------|------|-----|
| T_{corr} | 0.09 | ore |
|-------------------|------|-----|

| RAZIONALE | | |
|-----------|------|-------------------|
| Q_{20} | 0.64 | m ³ /s |

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 166 di 198 |

VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

A seguito si riporta il calcolo del tempo di corrivazione del bacino eseguito utilizzando quattro fra le formule empiriche esistenti in letteratura.

In base ai risultati che si otterranno ed alla loro media, si valuterà il tempo di corrivazione da utilizzare nei calcoli idrologici delle portate di colmo di piena.

| PARAMETRI DI INGRESSO | |
|--|-----------------------|
| S = Superficie del bacino | 0.026 km ² |
| L = Lunghezza asta principale | 0.356 km |
| H _{max} = Altitudine massima del ba | 411 m s.l.m. |
| H _{min} = Altitudine sezione di chius | 383 m s.l.m. |
| H _{med} = Altitudine media del bacin | 389 m s.l.m. |
| i _m = Pendenza media asta | 0.054 -- |

Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{H_{med} - H_{min}}} = 0.59 \text{ ore}$$

Formula di Pezzoli

Metodo tarato per supefici inferiori a 20 Km²

$$T_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_m}} = 0.08 \text{ ore}$$

Formula di Ventura

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = 0.1272 \cdot \left(\frac{S}{i_m}\right)^{0.5} = 0.09 \text{ ore}$$

Formula di Pasini

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = \frac{0.108(S \cdot L)^{0.33}}{i_m^{0.5}} = 0.10 \text{ ore}$$

Media dei valori ottenuti dalle formule per il calcolo del Tempo di Corr $T_{c(\text{med})} = 0.22 \text{ ore}$

Stima Tempo di Corrivazione adottata 0.09 ore

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 167 di 198 |

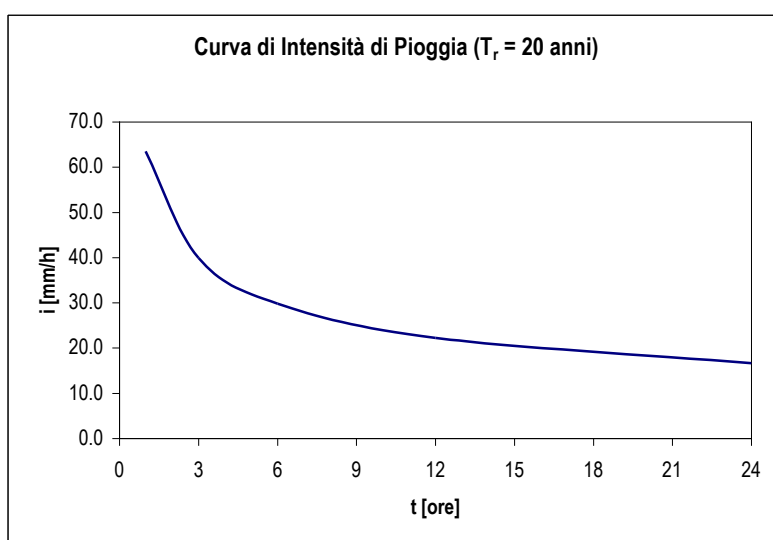
INTENSITÀ ISTANTANEA DI PIOGGIA E PORTATA AL COLMO ($T_r = 20$ anni)

Si considera la curva di intensità di pioggia relativa a tempi di pioggia superiori ad 1 h, la quale assume una forma del tipo:

$$i = n \cdot a \cdot t^{n-1}$$

I valori sono: $a = 63.48$
 $n = 0.578$

Ne risulta la curva di Intensità istantanea di pioggia riportata a seguito:



Al tempo di corrivazione stimato per il bacino idrografico in oggetto (0.09 ore) corrisponde un valore dell'intensità di pioggia pari a: **175.4** mm/h

Dalla formula: $Q_C = 0,28 \cdot c \cdot i_T \cdot A$ si ricava il valore della portata al colmo stimata per il tempo di ritorno considerato.

Sostituendo i valori:

| | |
|--|---------|
| $c =$ coefficiente di deflusso | 0.5 |
| $i_{20} =$ intensità di pioggia relativa al $T_r = 20$ anni [mm/ora] | 175.4 |
| $A =$ superficie del bacino [km ²] | 0.02624 |

risulta la portata al colmo di piena relativa a tempo di ritorno 20 anni (Q_{20}):

$$Q_{20} = 0.64 \text{ m}^3/\text{s}$$

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 168 di 198 |

ANALISI AFFLUSSI DEFLUSSI BACINO FINO ALLA SEZ. 16

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE BACINO

| | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------|
| Superficie bacino: | 0.033 | km ² |
| Lunghezza asta principale: | 0.543 | km |
| Altitudine sezione di chiusura: | 373.51 | m s.l.m. |
| Altitudine massima corso d'acqua: | 402 | m s.l.m. |
| Altitudine media del bacino: | 387 | m s.l.m. |
| Pendenza media corso d'acqua: | 0.0525 | |
| Altitudine massima del bacino: | 411 | m s.l.m. |

PLUVIOMETRIA

Valori di a ed n per i vari tempi di ritorno:

| <i>T = 20 anni</i> | |
|--------------------|----------|
| a_{20} | n_{20} |
| 63.48 | 0.578 |

Coefficiente di deflusso: 0.50

RISULTATI ANALISI

| | | |
|------------|------|-----|
| T_{corr} | 0.12 | ore |
|------------|------|-----|

| RAZIONALE | | |
|-----------|------|-------------------|
| Q_{20} | 0.71 | m ³ /s |

VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

A seguito si riporta il calcolo del tempo di corrivazione del bacino eseguito utilizzando quattro fra le formule empiriche esistenti in letteratura.

In base ai risultati che si otterranno ed alla loro media, si valuterà il tempo di corrivazione da utilizzare nei calcoli idrologici delle portate di colmo di piena.

| PARAMETRI DI INGRESSO | |
|--|-----------------------|
| S = Superficie del bacino | 0.033 km ² |
| L = Lunghezza asta principale | 0.543 km |
| H _{max} = Altitudine massima del ba | 411 m s.l.m. |
| H _{min} = Altitudine sezione di chius | 374 m s.l.m. |
| H _{med} = Altitudine media del bacin | 387 m s.l.m. |
| i _m = Pendenza media asta | 0.052 -- |

Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{H_{med} - H_{min}}} = 0.52 \text{ ore}$$

Formula di Pezzoli

Metodo tarato per supefici inferiori a 20 Km²

$$T_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_m}} = 0.13 \text{ ore}$$

Formula di Ventura

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = 0.1272 \cdot \left(\frac{S}{i_m}\right)^{0.5} = 0.10 \text{ ore}$$

Formula di Pasini

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = \frac{0.108(S \cdot L)^{0.33}}{i_m^{0.5}} = 0.12 \text{ ore}$$

Media dei valori ottenuti dalle formule per il calcolo del Tempo di Corr $T_{c(\text{med})} = 0.22 \text{ ore}$

Stima Tempo di Corrivazione adottata 0.12 ore

INTENSITÀ ISTANTANEA DI PIOGGIA E PORTATA AL COLMO ($T_r = 20$ anni)

Si considera la curva di intensità di pioggia relativa a tempi di pioggia superiori ad 1 h, la quale assume una forma del tipo:

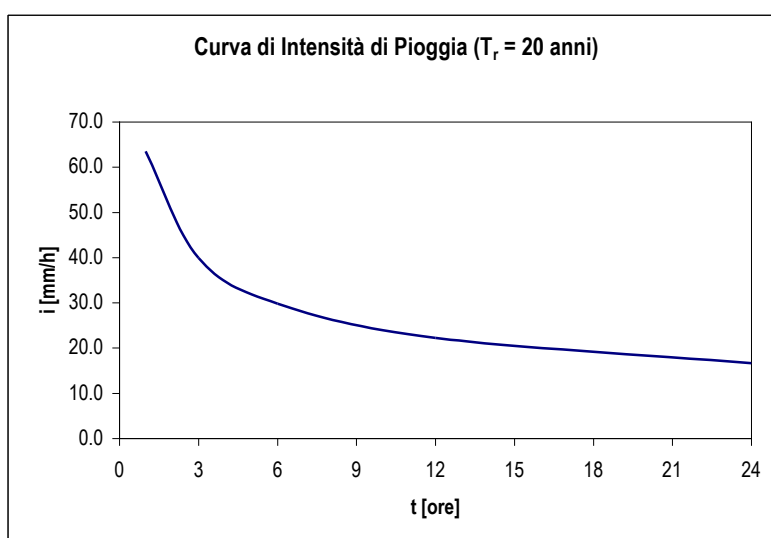
$$i = n \cdot a \cdot t^{n-1}$$

I valori sono:

$$a = 63.48$$

$$n = 0.578$$

Ne risulta la curva di Intensità istantanea di pioggia riportata a seguito:



Al tempo di corrivazione stimato per il bacino idrografico in oggetto (0.12 ore) corrisponde un valore dell'intensità di pioggia pari a: **155.4** mm/h

Dalla formula: $Q_C = 0,28 \cdot c \cdot i_T \cdot A$ si ricava il valore della portata al colmo stimata per il tempo di ritorno considerato.

Sostituendo i valori:

| | |
|--|---------|
| c = coefficiente di deflusso | 0.5 |
| i_{20} = intensità di pioggia relativa al $T_r = 20$ anni [mm/ora] | 155.4 |
| A = superficie del bacino [km ²] | 0.03277 |

risulta la portata al colmo di piena relativa a tempo di ritorno 20 anni (Q_{20}):

$$Q_{20} = 0.71 \text{ m}^3/\text{s}$$

| | | |
|---|---|----------------------------------|
| <p>GENERAL CONTRACTOR</p>  | <p>ALTA SORVEGLIANZA</p>  | |
| | <p>IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme</p> | <p>Foglio 171 di 198</p> |

ALLEGATO 4

Trasformazione afflussi-deflussi per il dimensionamento del
drenaggio di fondo (Tr = 20 anni)

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 172 di 198 |

ANALISI AFFLUSSI DEFLUSSI BACINO B01 – Tratto A1-A6

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE BACINO B01 - tratto A1-A6

| | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------|
| Superficie bacino: | 0.011 | km ² |
| Lunghezza asta principale: | 0.163 | km |
| Altitudine sezione di chiusura: | 375 | m s.l.m. |
| Altitudine massima corso d'acqua: | 406 | m s.l.m. |
| Altitudine media del bacino: | 420 | m s.l.m. |
| Pendenza media corso d'acqua: | 0.1902 | |
| Altitudine massima del bacino: | 457 | m s.l.m. |

PLUVIOMETRIA

Valori di a ed n per i vari tempi di ritorno:

| $T = 20 \text{ anni}$ | |
|-----------------------|----------|
| a_{20} | n_{20} |
| 63.48 | 0.578 |

Coefficiente di deflusso: 0.50

RISULTATI ANALISI

| | | |
|-------------------|-----------|-------------------|
| T_{corr} | 0.03 | ore |
| | RAZIONALE | |
| Q_{20} | 0.43 | m ³ /s |

VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

A seguito si riporta il calcolo del tempo di corrivazione del bacino eseguito utilizzando quattro fra le formule empiriche esistenti in letteratura.

In base ai risultati che si otterranno ed alla loro media, si valuterà il tempo di corrivazione da utilizzare nei calcoli idrologici delle portate di colmo di piena.

| PARAMETRI DI INGRESSO | |
|--|-----------------------|
| S = Superficie del bacino | 0.011 km ² |
| L = Lunghezza asta principale | 0.163 km |
| H _{max} = Altitudine massima del ba | 457 m s.l.m. |
| H _{min} = Altitudine sezione di chius | 375 m s.l.m. |
| H _{med} = Altitudine media del bacin | 420 m s.l.m. |
| i _m = Pendenza media asta | 0.190 -- |

Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{H_{med} - H_{min}}} = 0.12 \text{ ore}$$

Formula di Pezzoli

Metodo tarato per supefici inferiori a 20 Km²

$$T_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_m}} = 0.02 \text{ ore}$$

Formula di Ventura

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = 0.1272 \cdot \left(\frac{S}{i_m}\right)^{0.5} = 0.03 \text{ ore}$$

Formula di Pasini

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = \frac{0.108(S \cdot L)^{0.33}}{i_m^{0.5}} = 0.03 \text{ ore}$$

Media dei valori ottenuti dalle formule per il calcolo del Tempo di Corr $T_{c(\text{med})} = 0.05 \text{ ore}$

Stima Tempo di Corrivazione adottata 0.03 ore

INTENSITÀ ISTANTANEA DI PIOGGIA E PORTATA AL COLMO ($T_r = 20$ anni)

Si considera la curva di intensità di pioggia relativa a tempi di pioggia superiori ad 1 h, la quale assume una forma del tipo:

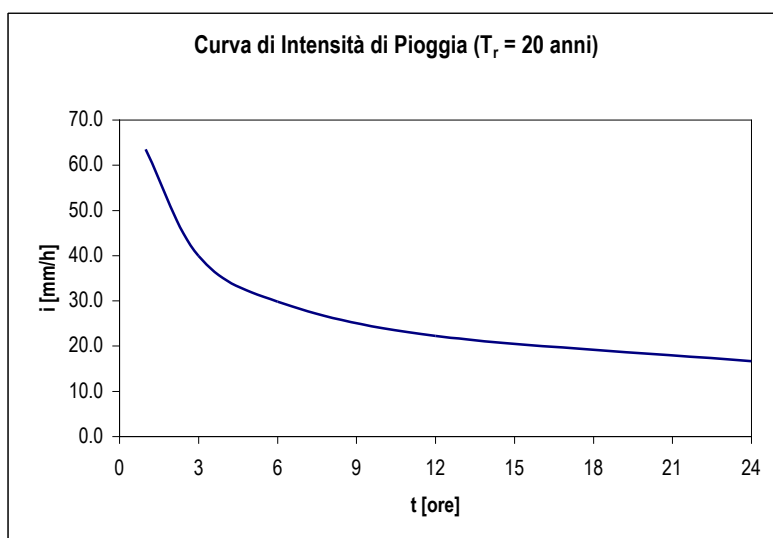
$$i = n \cdot a \cdot t^{n-1}$$

I valori sono:

$$a = 63.48$$

$$n = 0.578$$

Ne risulta la curva di Intensità istantanea di pioggia riportata a seguito:



Al tempo di corrivazione stimato per il bacino idrografico in oggetto (0.03 ore) corrisponde un valore dell'intensità di pioggia pari a: **278.9** mm/h

Dalla formula: $Q_C = 0,28 \cdot c \cdot i_T \cdot A$ si ricava il valore della portata al colmo stimata per il tempo di ritorno considerato.

Sostituendo i valori:

| | |
|--|---------|
| c = coefficiente di deflusso | 0.5 |
| i_{20} = intensità di pioggia relativa al $T_r = 20$ anni [mm/ora] | 278.9 |
| A = superficie del bacino [km ²] | 0.01107 |

risulta la portata al colmo di piena relativa a tempo di ritorno 20 anni (Q_{20}):

$$Q_{20} = 0.43 \text{ m}^3/\text{s}$$

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 175 di 198 |

ANALISI AFFLUSSI DEFLUSSI BACINO B03 – Tratto B1-A6

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE BACINO B03 - Tratto B1-A6

| | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------|
| Superficie bacino: | 0.004 | km ² |
| Lunghezza asta principale: | 0.099 | km |
| Altitudine sezione di chiusura: | 380 | m s.l.m. |
| Altitudine massima corso d'acqua: | 399 | m s.l.m. |
| Altitudine media del bacino: | 403 | m s.l.m. |
| Pendenza media corso d'acqua: | 0.1970 | |
| Altitudine massima del bacino: | 440 | m s.l.m. |

PLUVIOMETRIA

| | | |
|--|---------------------------------|----------------------------|
| Ilori di a ed n per i vari tempi di ritorno: | $T = 20$ anni | |
| | a_{20} | n_{20} |
| | 63.48 | 0.578 |

Coefficiente di deflusso: 0.50

RISULTATI ANALISI

| | | |
|------------|-----------|-------------------|
| T_{corr} | 0.02 | ore |
| | RAZIONALE | |
| Q_{20} | 0.19 | m ³ /s |

VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

A seguito si riporta il calcolo del tempo di corrivazione del bacino eseguito utilizzando quattro fra le formule empiriche esistenti in letteratura.

In base ai risultati che si otterranno ed alla loro media, si valuterà il tempo di corrivazione da utilizzare nei calcoli idrologici delle portate di colmo di piena.

| PARAMETRI DI INGRESSO | |
|--|-----------------------|
| S = Superficie del bacino | 0.004 km ² |
| L = Lunghezza asta principale | 0.099 km |
| H _{max} = Altitudine massima del ba | 440 m s.l.m. |
| H _{min} = Altitudine sezione di chius | 380 m s.l.m. |
| H _{med} = Altitudine media del bacin | 403 m s.l.m. |
| i _m = Pendenza media asta | 0.197 -- |

Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{H_{med} - H_{min}}} = 0.10 \text{ ore}$$

Formula di Pezzoli

Metodo tarato per supefici inferiori a 20 Km²

$$T_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_m}} = 0.01 \text{ ore}$$

Formula di Ventura

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = 0.1272 \cdot \left(\frac{S}{i_m}\right)^{0.5} = 0.02 \text{ ore}$$

Formula di Pasini

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = \frac{0.108(S \cdot L)^{0.33}}{i_m^{0.5}} = 0.02 \text{ ore}$$

Media dei valori ottenuti dalle formule per il calcolo del Tempo di Corr $T_{c(\text{med})} = 0.04 \text{ ore}$

Stima Tempo di Corrivazione adottata 0.02 ore

INTENSITÀ ISTANTANEA DI PIOGGIA E PORTATA AL COLMO ($T_r = 20$ anni)

Si considera la curva di intensità di pioggia relativa a tempi di pioggia superiori ad 1 h, la quale assume una forma del tipo:

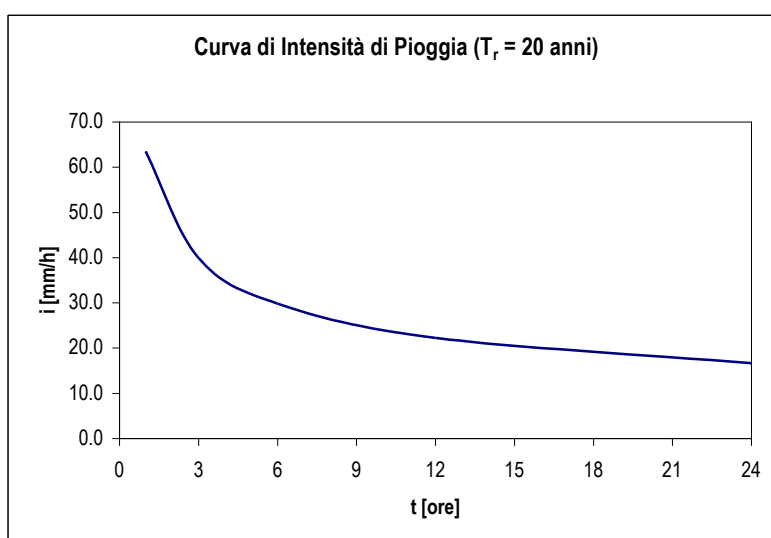
$$i = n \cdot a \cdot t^{n-1}$$

I valori sono:

$$a = 63.48$$

$$n = 0.578$$

Ne risulta la curva di Intensità istantanea di pioggia riportata a seguito:



Al tempo di corrivazione stimato per il bacino idrografico in oggetto (0.02 ore) corrisponde un valore dell'intensità di pioggia pari a: **331.0** mm/h

Dalla formula: $Q_C = 0,28 \cdot c \cdot i_T \cdot A$ si ricava il valore della portata al colmo stimata per il tempo di ritorno considerato.

Sostituendo i valori:

| | |
|--|---------|
| c = coefficiente di deflusso | 0.5 |
| i_{20} = intensità di pioggia relativa al $T_r = 20$ anni [mm/ora] | 331.0 |
| A = superficie del bacino [km ²] | 0.00417 |

risulta la portata al colmo di piena relativa a tempo di ritorno 20 anni (Q_{20}):

$$Q_{20} = 0.19 \text{ m}^3/\text{s}$$

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 178 di 198 |

ANALISI AFFLUSSI DEFLUSSI BACINO B05 – Tratto C1-B4

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE BACINO B05 - Tratto C1-B4

| | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------|
| Superficie bacino: | 0.003 | km ² |
| Lunghezza asta principale: | 0.164 | km |
| Altitudine sezione di chiusura: | 379.5 | m s.l.m. |
| Altitudine massima corso d'acqua: | 418 | m s.l.m. |
| Altitudine media del bacino: | 401 | m s.l.m. |
| Pendenza media corso d'acqua: | 0.2348 | |
| Altitudine massima del bacino: | 430 | m s.l.m. |

PLUVIOMETRIA

| | | |
|--|---------------------------------|----------------------------|
| Ilori di a ed n per i vari tempi di ritorno: | $T = 20$ anni | |
| | a_{20} | n_{20} |
| | 63.48 | 0.578 |

Coefficiente di deflusso: 0.50

RISULTATI ANALISI

| | | |
|------------|-----------|-------------------|
| T_{corr} | 0.02 | ore |
| | RAZIONALE | |
| Q_{20} | 0.12 | m ³ /s |

VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

A seguito si riporta il calcolo del tempo di corrivazione del bacino eseguito utilizzando quattro fra le formule empiriche esistenti in letteratura.

In base ai risultati che si otterranno ed alla loro media, si valuterà il tempo di corrivazione da utilizzare nei calcoli idrologici delle portate di colmo di piena.

| PARAMETRI DI INGRESSO | |
|--|-----------------------|
| S = Superficie del bacino | 0.003 km ² |
| L = Lunghezza asta principale | 0.164 km |
| H _{max} = Altitudine massima del ba | 430 m s.l.m. |
| H _{min} = Altitudine sezione di chius | 380 m s.l.m. |
| H _{med} = Altitudine media del bacin | 401 m s.l.m. |
| i _m = Pendenza media asta | 0.235 -- |

Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{H_{med} - H_{min}}} = 0.12 \text{ ore}$$

Formula di Pezzoli

Metodo tarato per supefici inferiori a 20 Km²

$$T_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_m}} = 0.02 \text{ ore}$$

Formula di Ventura

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = 0.1272 \cdot \left(\frac{S}{i_m}\right)^{0.5} = 0.01 \text{ ore}$$

Formula di Pasini

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = \frac{0.108(S \cdot L)^{0.33}}{i_m^{0.5}} = 0.02 \text{ ore}$$

Media dei valori ottenuti dalle formule per il calcolo del Tempo di Corr $T_{c(\text{med})} = 0.04 \text{ ore}$

Stima Tempo di Corrivazione adottata 0.02 ore

INTENSITÀ ISTANTANEA DI PIOGGIA E PORTATA AL COLMO ($T_r = 20$ anni)

Si considera la curva di intensità di pioggia relativa a tempi di pioggia superiori ad 1 h, la quale assume una forma del tipo:

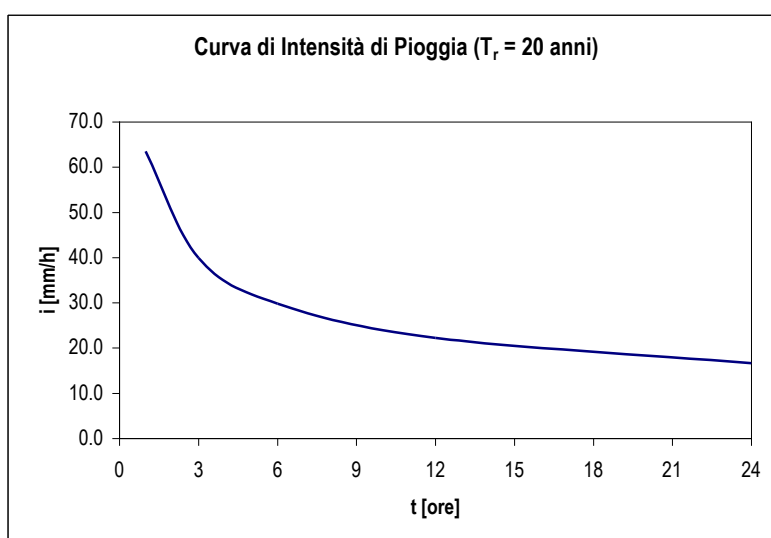
$$i = n \cdot a \cdot t^{n-1}$$

I valori sono:

$$a = 63.48$$

$$n = 0.578$$

Ne risulta la curva di Intensità istantanea di pioggia riportata a seguito:



Al tempo di corrivazione stimato per il bacino idrografico in oggetto (0.02 ore) corrisponde un valore dell'intensità di pioggia pari a: **331.0** mm/h

Dalla formula: $Q_C = 0,28 \cdot c \cdot i_T \cdot A$ si ricava il valore della portata al colmo stimata per il tempo di ritorno considerato.

Sostituendo i valori:

| | |
|--|---------|
| c = coefficiente di deflusso | 0.5 |
| i_{20} = intensità di pioggia relativa al $T_r = 20$ anni [mm/ora] | 331.0 |
| A = superficie del bacino [km ²] | 0.00266 |

risulta la portata al colmo di piena relativa a tempo di ritorno 20 anni (Q_{20}):

$$Q_{20} = 0.12 \text{ m}^3/\text{s}$$

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 181 di 198 |

ANALISI AFFLUSSI DEFLUSSI BACINO B08 – Tratto A6-A7

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE BACINO B08 - Tratto A6-A7

| | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------|
| Superficie bacino: | 0.011 | km ² |
| Lunghezza asta principale: | 0.171 | km |
| Altitudine sezione di chiusura: | 371.5 | m s.l.m. |
| Altitudine massima corso d'acqua: | 383 | m s.l.m. |
| Altitudine media del bacino: | 377.0 | m s.l.m. |
| Pendenza media corso d'acqua: | 0.0673 | |
| Altitudine massima del bacino: | 383 | m s.l.m. |

PLUVIOMETRIA

| | | |
|--|----------------------------|----------------------------|
| Ilori di a ed n per i vari tempi di ritorno: | <i>T = 20 anni</i> | |
| | a_{20} | n_{20} |
| | 63.48 | 0.578 |

Coefficiente di deflusso: 0.50

RISULTATI ANALISI

| | | |
|------------|-----------|-------------------|
| T_{corr} | 0.05 | ore |
| | RAZIONALE | |
| Q_{20} | 0.33 | m ³ /s |

VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

A seguito si riporta il calcolo del tempo di corrivazione del bacino eseguito utilizzando quattro fra le formule empiriche esistenti in letteratura.

In base ai risultati che si otterranno ed alla loro media, si valuterà il tempo di corrivazione da utilizzare nei calcoli idrologici delle portate di colmo di piena.

| PARAMETRI DI INGRESSO | |
|--|-----------------------|
| S = Superficie del bacino | 0.011 km ² |
| L = Lunghezza asta principale | 0.171 km |
| H _{max} = Altitudine massima del ba | 383 m s.l.m. |
| H _{min} = Altitudine sezione di chius | 372 m s.l.m. |
| H _{med} = Altitudine media del bacin | 377 m s.l.m. |
| i _m = Pendenza media asta | 0.067 -- |

Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{H_{med} - H_{min}}} = 0.36 \text{ ore}$$

Formula di Pezzoli

Metodo tarato per supefici inferiori a 20 Km²

$$T_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_m}} = 0.04 \text{ ore}$$

Formula di Ventura

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = 0.1272 \cdot \left(\frac{S}{i_m}\right)^{0.5} = 0.05 \text{ ore}$$

Formula di Pasini

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = \frac{0.108(S \cdot L)^{0.33}}{i_m^{0.5}} = 0.05 \text{ ore}$$

Media dei valori ottenuti dalle formule per il calcolo del Tempo di Corr $T_{c(\text{med})} = 0.12 \text{ ore}$

Stima Tempo di Corrivazione adottata 0.05 ore

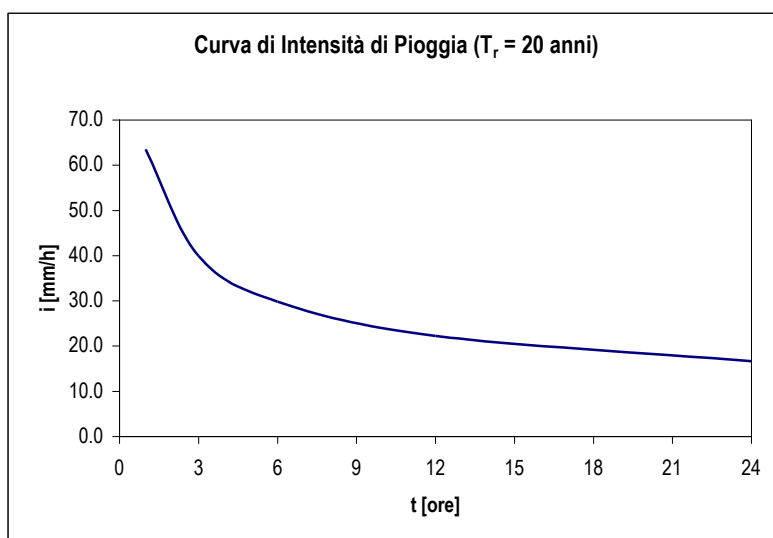
INTENSITÀ ISTANTANEA DI PIOGGIA E PORTATA AL COLMO ($T_r = 20$ anni)

Si considera la curva di intensità di pioggia relativa a tempi di pioggia superiori ad 1 h, la quale assume una forma del tipo:

$$i = n \cdot a \cdot t^{n-1}$$

I valori sono: $a = 63.48$
 $n = 0.578$

Ne risulta la curva di Intensità istantanea di pioggia riportata a seguito:



Al tempo di corrivazione stimato per il bacino idrografico in oggetto (0.05 ore) corrisponde un valore dell'intensità di pioggia pari a: **224.8** mm/h

Dalla formula: $Q_C = 0,28 \cdot c \cdot i_T \cdot A$ si ricava il valore della portata al colmo stimata per il tempo di ritorno considerato.

Sostituendo i valori:

| | |
|--|---------|
| c = coefficiente di deflusso | 0.5 |
| i_{20} = intensità di pioggia relativa al $T_r = 20$ anni [mm/ora] | 224.8 |
| A = superficie del bacino [km ²] | 0.01064 |

risulta la portata al colmo di piena relativa a tempo di ritorno 20 anni (Q_{20}):

$$Q_{20} = 0.33 \text{ m}^3/\text{s}$$

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 184 di 198 |

ANALISI AFFLUSSI DEFLUSSI BACINO B09 – Tratto A7-A9

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE BACINO B09 - Tratto A7-A9

| | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------|
| Superficie bacino: | 0.015 | km ² |
| Lunghezza asta principale: | 0.241 | km |
| Altitudine sezione di chiusura: | 370.5 | m s.l.m. |
| Altitudine massima corso d'acqua: | 383 | m s.l.m. |
| Altitudine media del bacino: | 375.0 | m s.l.m. |
| Pendenza media corso d'acqua: | 0.0519 | |
| Altitudine massima del bacino: | 383 | m s.l.m. |

PLUVIOMETRIA

Ilori di a ed n per i vari tempi di ritorno:

| <i>T = 20 anni</i> | |
|-----------------------|-----------------------|
| <i>a₂₀</i> | <i>n₂₀</i> |
| 63.48 | 0.578 |

Coefficiente di deflusso:

| |
|------|
| 0.50 |
|------|

RISULTATI ANALISI

| | | |
|-------------------------|------|-----|
| T_{corr} | 0.07 | ore |
|-------------------------|------|-----|

| | | |
|-----------------------|------------------|-------------------|
| | RAZIONALE | |
| Q₂₀ | 0.42 | m ³ /s |

VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

A seguito si riporta il calcolo del tempo di corrivazione del bacino eseguito utilizzando quattro fra le formule empiriche esistenti in letteratura.

In base ai risultati che si otterranno ed alla loro media, si valuterà il tempo di corrivazione da utilizzare nei calcoli idrologici delle portate di colmo di piena.

| PARAMETRI DI INGRESSO | |
|--|-----------------------|
| S = Superficie del bacino | 0.015 km ² |
| L = Lunghezza asta principale | 0.241 km |
| H _{max} = Altitudine massima del ba | 383 m s.l.m. |
| H _{min} = Altitudine sezione di chius | 371 m s.l.m. |
| H _{med} = Altitudine media del bacin | 375 m s.l.m. |
| i _m = Pendenza media asta | 0.052 -- |

Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{H_{med} - H_{min}}} = 0.50 \text{ ore}$$

Formula di Pezzoli

Metodo tarato per supefici inferiori a 20 Km²

$$T_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_m}} = 0.06 \text{ ore}$$

Formula di Ventura

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = 0.1272 \cdot \left(\frac{S}{i_m}\right)^{0.5} = 0.07 \text{ ore}$$

Formula di Pasini

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = \frac{0.108(S \cdot L)^{0.33}}{i_m^{0.5}} = 0.07 \text{ ore}$$

Media dei valori ottenuti dalle formule per il calcolo del Tempo di Corr $T_{c(\text{med})} = 0.18 \text{ ore}$

Stima Tempo di Corrivazione adottata 0.07 ore

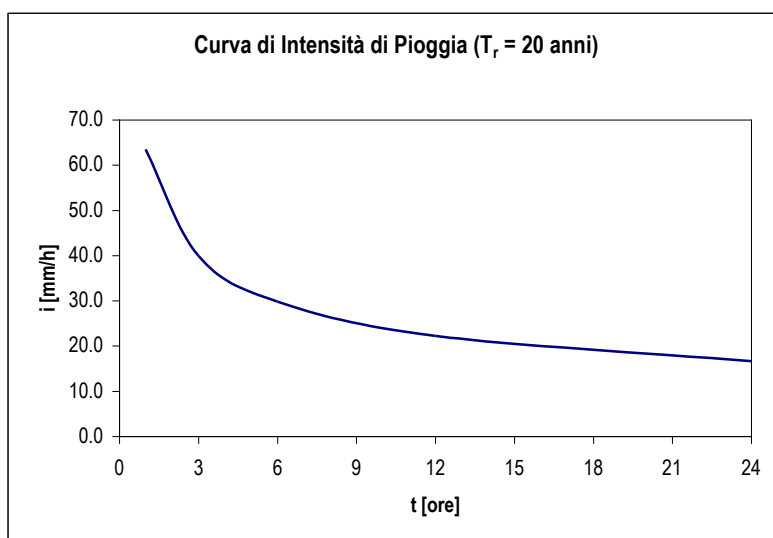
INTENSITÀ ISTANTANEA DI PIOGGIA E PORTATA AL COLMO ($T_r = 20$ anni)

Si considera la curva di intensità di pioggia relativa a tempi di pioggia superiori ad 1 h, la quale assume una forma del tipo:

$$i = n \cdot a \cdot t^{n-1}$$

I valori sono: $a = 63.48$
 $n = 0.578$

Ne risulta la curva di Intensità istantanea di pioggia riportata a seguito:



Al tempo di corrivazione stimato per il bacino idrografico in oggetto (0.07 ore) corrisponde un valore dell'intensità di pioggia pari a: **195.0** mm/h

Dalla formula: $Q_C = 0,28 \cdot c \cdot i_T \cdot A$ si ricava il valore della portata al colmo stimata per il tempo di ritorno considerato.

Sostituendo i valori:

| | |
|--|---------|
| c = coefficiente di deflusso | 0.5 |
| i_{20} = intensità di pioggia relativa al $T_r = 20$ anni [mm/ora] | 195.0 |
| A = superficie del bacino [km ²] | 0.01524 |

risulta la portata al colmo di piena relativa a tempo di ritorno 20 anni (Q_{20}):

$$Q_{20} = 0.42 \text{ m}^3/\text{s}$$

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 187 di 198 |

ANALISI AFFLUSSI DEFLUSSI BACINO B10 – Tratto A9-A10

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE BACINO B10 - Tratto A9-A10

| | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------|
| Superficie bacino: | 0.024 | km ² |
| Lunghezza asta principale: | 0.346 | km |
| Altitudine sezione di chiusura: | 368.5 | m s.l.m. |
| Altitudine massima corso d'acqua: | 383 | m s.l.m. |
| Altitudine media del bacino: | 374.0 | m s.l.m. |
| Pendenza media corso d'acqua: | 0.0419 | |
| Altitudine massima del bacino: | 383 | m s.l.m. |

PLUVIOMETRIA

Ilori di a ed n per i vari tempi di ritorno:

| <i>T = 20 anni</i> | |
|-----------------------|-----------------------|
| <i>a₂₀</i> | <i>n₂₀</i> |
| 63.48 | 0.578 |

Coefficiente di deflusso:

| |
|------|
| 0.50 |
|------|

RISULTATI ANALISI

| | | |
|-------------------------|------|-----|
| T_{corr} | 0.10 | ore |
|-------------------------|------|-----|

| | | |
|-----------------------|-----------|-------------------|
| | RAZIONALE | |
| Q₂₀ | 0.56 | m ³ /s |

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 188 di 198 |

VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

A seguito si riporta il calcolo del tempo di corrivazione del bacino eseguito utilizzando quattro fra le formule empiriche esistenti in letteratura.

In base ai risultati che si otterranno ed alla loro media, si valuterà il tempo di corrivazione da utilizzare nei calcoli idrologici delle portate di colmo di piena.

| PARAMETRI DI INGRESSO | |
|--|-----------------------|
| S = Superficie del bacino | 0.024 km ² |
| L = Lunghezza asta principale | 0.346 km |
| H _{max} = Altitudine massima del ba | 383 m s.l.m. |
| H _{min} = Altitudine sezione di chius | 369 m s.l.m. |
| H _{med} = Altitudine media del bacin | 374 m s.l.m. |
| i _m = Pendenza media asta | 0.042 -- |

Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{H_{med} - H_{min}}} = 0.61 \text{ ore}$$

Formula di Pezzoli

Metodo tarato per supefici inferiori a 20 Km²

$$T_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_m}} = 0.09 \text{ ore}$$

Formula di Ventura

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = 0.1272 \cdot \left(\frac{S}{i_m}\right)^{0.5} = 0.10 \text{ ore}$$

Formula di Pasini

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = \frac{0.108(S \cdot L)^{0.33}}{i_m^{0.5}} = 0.11 \text{ ore}$$

Media dei valori ottenuti dalle formule per il calcolo del Tempo di Corr $T_{c(\text{med})} = 0.23 \text{ ore}$

Stima Tempo di Corrivazione adottata 0.1 ore

INTENSITÀ ISTANTANEA DI PIOGGIA E PORTATA AL COLMO ($T_r = 20$ anni)

Si considera la curva di intensità di pioggia relativa a tempi di pioggia superiori ad 1 h, la quale assume una forma del tipo:

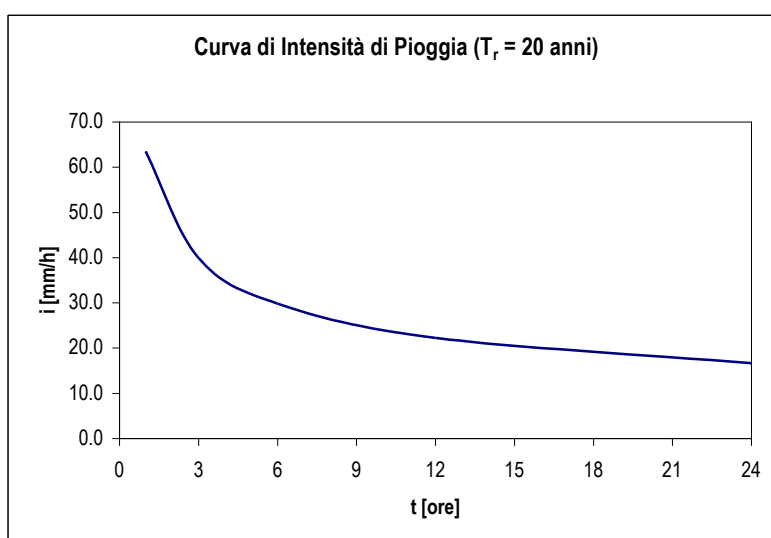
$$i = n \cdot a \cdot t^{n-1}$$

I valori sono:

$$a = 63.48$$

$$n = 0.578$$

Ne risulta la curva di Intensità istantanea di pioggia riportata a seguito:



Al tempo di corrivazione stimato per il bacino idrografico in oggetto (0.10 ore) corrisponde un valore dell'intensità di pioggia pari a: **167.8** mm/h

Dalla formula: $Q_C = 0,28 \cdot c \cdot i_T \cdot A$ si ricava il valore della portata al colmo stimata per il tempo di ritorno considerato.

Sostituendo i valori:

| | |
|--|---------|
| c = coefficiente di deflusso | 0.5 |
| i_{20} = intensità di pioggia relativa al $T_r = 20$ anni [mm/ora] | 167.8 |
| A = superficie del bacino [km ²] | 0.02386 |

risulta la portata al colmo di piena relativa a tempo di ritorno 20 anni (Q_{20}):

$$Q_{20} = 0.56 \text{ m}^3/\text{s}$$

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 190 di 198 |

ANALISI AFFLUSSI DEFLUSSI BACINO B11 – Tratto A10-A12

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE BACINO B11 - Tratto A11-A12

| | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------|
| Superficie bacino: | 0.033 | km ² |
| Lunghezza asta principale: | 0.473 | km |
| Altitudine sezione di chiusura: | 367.0 | m s.l.m. |
| Altitudine massima corso d'acqua: | 383 | m s.l.m. |
| Altitudine media del bacino: | 373.0 | m s.l.m. |
| Pendenza media corso d'acqua: | 0.0338 | |
| Altitudine massima del bacino: | 383 | m s.l.m. |

PLUVIOMETRIA

Ilori di a ed n per i vari tempi di ritorno:

| <i>T = 20 anni</i> | |
|-----------------------|-----------------------|
| <i>a₂₀</i> | <i>n₂₀</i> |
| 63.48 | 0.578 |

Coefficiente di deflusso:

| |
|------|
| 0.50 |
|------|

RISULTATI ANALISI

| | | |
|-------------------------|------|-----|
| T_{corr} | 0.14 | ore |
|-------------------------|------|-----|

| | | |
|-----------------------|-----------|-------------------|
| | RAZIONALE | |
| Q₂₀ | 0.66 | m ³ /s |

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 191 di 198 |

VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

A seguito si riporta il calcolo del tempo di corrivazione del bacino eseguito utilizzando quattro fra le formule empiriche esistenti in letteratura.

In base ai risultati che si otterranno ed alla loro media, si valuterà il tempo di corrivazione da utilizzare nei calcoli idrologici delle portate di colmo di piena.

| PARAMETRI DI INGRESSO | |
|--|-----------------------|
| S = Superficie del bacino | 0.033 km ² |
| L = Lunghezza asta principale | 0.473 km |
| H _{max} = Altitudine massima del ba | 383 m s.l.m. |
| H _{min} = Altitudine sezione di chius | 367 m s.l.m. |
| H _{med} = Altitudine media del bacin | 373 m s.l.m. |
| i _m = Pendenza media asta | 0.034 -- |

Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{H_{med} - H_{min}}} = 0.73 \text{ ore}$$

Formula di Pezzoli

Metodo tarato per supefici inferiori a 20 Km²

$$T_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_m}} = 0.14 \text{ ore}$$

Formula di Ventura

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = 0.1272 \cdot \left(\frac{S}{i_m}\right)^{0.5} = 0.12 \text{ ore}$$

Formula di Pasini

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = \frac{0.108(S \cdot L)^{0.33}}{i_m^{0.5}} = 0.15 \text{ ore}$$

Media dei valori ottenuti dalle formule per il calcolo del Tempo di Corr $T_{c(\text{med})} = 0.29 \text{ ore}$

Stima Tempo di Corrivazione adottata 0.14 ore

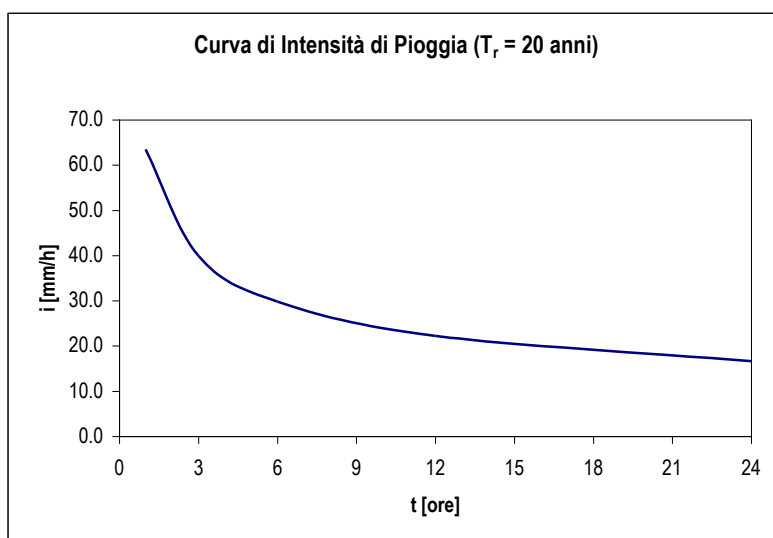
INTENSITÀ ISTANTANEA DI PIOGGIA E PORTATA AL COLMO ($T_r = 20$ anni)

Si considera la curva di intensità di pioggia relativa a tempi di pioggia superiori ad 1 h, la quale assume una forma del tipo:

$$i = n \cdot a \cdot t^{n-1}$$

I valori sono: $a = 63.48$
 $n = 0.578$

Ne risulta la curva di Intensità istantanea di pioggia riportata a seguito:



Al tempo di corrivazione stimato per il bacino idrografico in oggetto (0.14 ore) corrisponde un valore dell'intensità di pioggia pari a: **145.6** mm/h

Dalla formula: $Q_C = 0,28 \cdot c \cdot i_T \cdot A$ si ricava il valore della portata al colmo stimata per il tempo di ritorno considerato.

Sostituendo i valori:

| | |
|--|--------|
| c = coefficiente di deflusso | 0.5 |
| i_{20} = intensità di pioggia relativa al $T_r = 20$ anni [mm/ora] | 145.6 |
| A = superficie del bacino [km ²] | 0.0326 |

risulta la portata al colmo di piena relativa a tempo di ritorno 20 anni (Q_{20}):

$$Q_{20} = 0.66 \text{ m}^3/\text{s}$$

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 193 di 198 |

ANALISI AFFLUSSI DEFLUSSI BACINO B12 – Tratto D1-A12

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE BACINO B12 - Tratto D1-A12

| | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------|
| Superficie bacino: | 0.005 | km ² |
| Lunghezza asta principale: | 0.166 | km |
| Altitudine sezione di chiusura: | 367.0 | m s.l.m. |
| Altitudine massima corso d'acqua: | 377 | m s.l.m. |
| Altitudine media del bacino: | 374.0 | m s.l.m. |
| Pendenza media corso d'acqua: | 0.0602 | |
| Altitudine massima del bacino: | 379 | m s.l.m. |

PLUVIOMETRIA

Ilori di a ed n per i vari tempi di ritorno:

| <i>T = 20 anni</i> | |
|-----------------------|-----------------------|
| <i>a₂₀</i> | <i>n₂₀</i> |
| 63.48 | 0.578 |

Coefficiente di deflusso:

| |
|------|
| 0.50 |
|------|

RISULTATI ANALISI

| | | |
|-------------------------|------|-----|
| T_{corr} | 0.04 | ore |
|-------------------------|------|-----|

| | | |
|-----------------------|-----------|-------------------|
| | RAZIONALE | |
| Q₂₀ | 0.17 | m ³ /s |

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collocamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 194 di 198 |

VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

A seguito si riporta il calcolo del tempo di corrivazione del bacino eseguito utilizzando quattro fra le formule empiriche esistenti in letteratura.

In base ai risultati che si otterranno ed alla loro media, si valuterà il tempo di corrivazione da utilizzare nei calcoli idrologici delle portate di colmo di piena.

| PARAMETRI DI INGRESSO | |
|--|-----------------------|
| S = Superficie del bacino | 0.005 km ² |
| L = Lunghezza asta principale | 0.166 km |
| H _{max} = Altitudine massima del ba | 379 m s.l.m. |
| H _{min} = Altitudine sezione di chius | 367 m s.l.m. |
| H _{med} = Altitudine media del bacin | 374 m s.l.m. |
| i _m = Pendenza media asta | 0.060 -- |

Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{H_{med} - H_{min}}} = 0.25 \text{ ore}$$

Formula di Pezzoli

Metodo tarato per supefici inferiori a 20 Km²

$$T_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_m}} = 0.04 \text{ ore}$$

Formula di Ventura

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = 0.1272 \cdot \left(\frac{S}{i_m}\right)^{0.5} = 0.04 \text{ ore}$$

Formula di Pasini

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = \frac{0.108(S \cdot L)^{0.33}}{i_m^{0.5}} = 0.04 \text{ ore}$$

Media dei valori ottenuti dalle formule per il calcolo del Tempo di Corr $T_{c(\text{med})} = 0.09 \text{ ore}$

Stima Tempo di Corrivazione adottata 0.04 ore

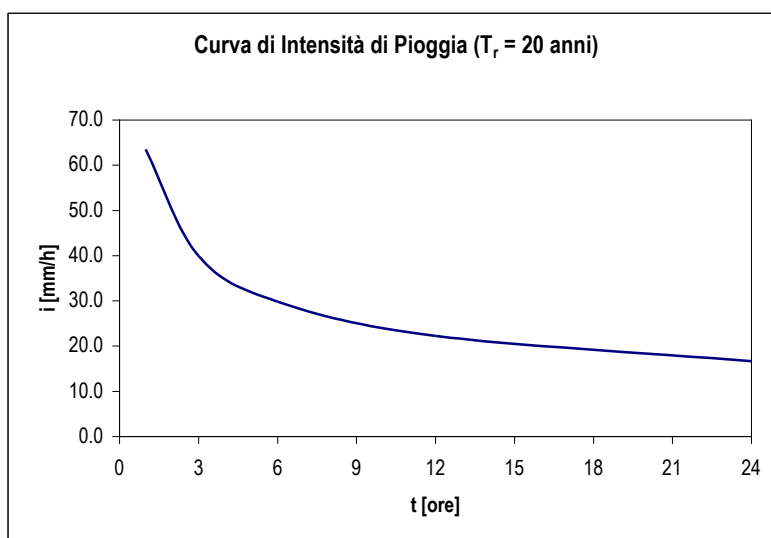
INTENSITÀ ISTANTANEA DI PIOGGIA E PORTATA AL COLMO ($T_r = 20$ anni)

Si considera la curva di intensità di pioggia relativa a tempi di pioggia superiori ad 1 h, la quale assume una forma del tipo:

$$i = n \cdot a \cdot t^{n-1}$$

I valori sono: $a = 63.48$
 $n = 0.578$

Ne risulta la curva di Intensità istantanea di pioggia riportata a seguito:



Al tempo di corrivazione stimato per il bacino idrografico in oggetto (0.04 ore) corrisponde un valore dell'intensità di pioggia pari a: **247.0** mm/h

Dalla formula: $Q_C = 0,28 \cdot c \cdot i_T \cdot A$ si ricava il valore della portata al colmo stimata per il tempo di ritorno considerato.

Sostituendo i valori:

| | |
|--|---------|
| c = coefficiente di deflusso | 0.5 |
| i_{20} = intensità di pioggia relativa al $T_r = 20$ anni [mm/ora] | 247.0 |
| A = superficie del bacino [km ²] | 0.00492 |

risulta la portata al colmo di piena relativa a tempo di ritorno 20 anni (Q_{20}):

$$Q_{20} = 0.17 \text{ m}^3/\text{s}$$

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualifica ambientale Val Lemme |

Foglio
196 di
198

ANALISI AFFLUSSI DEFLUSSI BACINO COMPLETO – Tratto A12-A13

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE BACINO COMPLESSIVO

| | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------|
| Superficie bacino: | 0.038 | km ² |
| Lunghezza asta principale: | 0.536 | km |
| Altitudine sezione di chiusura: | 365 | m s.l.m. |
| Altitudine massima corso d'acqua: | 383 | m s.l.m. |
| Altitudine media del bacino: | 372 | m s.l.m. |
| Pendenza media corso d'acqua: | 0.0336 | |
| Altitudine massima del bacino: | 384 | m s.l.m. |

PLUVIOMETRIA

Ilori di a ed n per i vari tempi di ritorno:

| <i>T = 20 anni</i> | |
|-----------------------|-----------------------|
| <i>a₂₀</i> | <i>n₂₀</i> |
| 63.48 | 0.578 |

Coefficiente di deflusso:

| |
|------|
| 0.50 |
|------|

RISULTATI ANALISI

| | | |
|-------------------------|------|-----|
| T_{corr} | 0.16 | ore |
|-------------------------|------|-----|

| | | |
|-----------------------|-----------|-------------------|
| | RAZIONALE | |
| Q₂₀ | 0.74 | m ³ /s |

| | |
|--|---|
| GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci | ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE |
| | IG51 01 E CV RI DP04 00 002_C00 Riqualfica ambientale Val Lemme |
| | Foglio 197 di 198 |

VALUTAZIONE DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

A seguito si riporta il calcolo del tempo di corrivazione del bacino eseguito utilizzando quattro fra le formule empiriche esistenti in letteratura.

In base ai risultati che si otterranno ed alla loro media, si valuterà il tempo di corrivazione da utilizzare nei calcoli idrologici delle portate di colmo di piena.

| PARAMETRI DI INGRESSO | |
|--|-----------------------|
| S = Superficie del bacino | 0.038 km ² |
| L = Lunghezza asta principale | 0.536 km |
| H _{max} = Altitudine massima del ba | 384 m s.l.m. |
| H _{min} = Altitudine sezione di chius | 365 m s.l.m. |
| H _{med} = Altitudine media del bacin | 372 m s.l.m. |
| i _m = Pendenza media asta | 0.034 -- |

Formula di Giandotti

$$T_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5 \cdot L}{0.8\sqrt{H_{med} - H_{min}}} = 0.75 \text{ ore}$$

Formula di Pezzoli

Metodo tarato per supefici inferiori a 20 Km²

$$T_c = \frac{0.055 \cdot L}{\sqrt{i_m}} = 0.16 \text{ ore}$$

Formula di Ventura

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = 0.1272 \cdot \left(\frac{S}{i_m}\right)^{0.5} = 0.14 \text{ ore}$$

Formula di Pasini

Metodo tarato per supefici inferiori a 40 Km²

$$T_c = \frac{0.108(S \cdot L)^{0.33}}{i_m^{0.5}} = 0.16 \text{ ore}$$

Media dei valori ottenuti dalle formule per il calcolo del Tempo di Corr $T_{c(\text{med})} = 0.30 \text{ ore}$

Stima Tempo di Corrivazione adottata 0.16 ore

INTENSITÀ ISTANTANEA DI PIOGGIA E PORTATA AL COLMO ($T_r = 20$ anni)

Si considera la curva di intensità di pioggia relativa a tempi di pioggia superiori ad 1 h, la quale assume una forma del tipo:

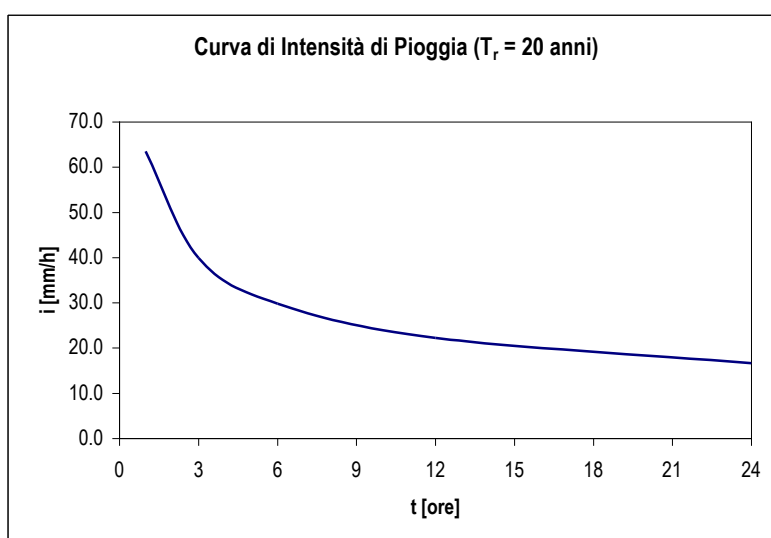
$$i = n \cdot a \cdot t^{n-1}$$

I valori sono:

$$a = 63.48$$

$$n = 0.578$$

Ne risulta la curva di Intensità istantanea di pioggia riportata a seguito:



Al tempo di corrivazione stimato per il bacino idrografico in oggetto (0.16 ore) corrisponde un valore dell'intensità di pioggia pari a: **137.6** mm/h

Dalla formula: $Q_C = 0,28 \cdot c \cdot i_T \cdot A$ si ricava il valore della portata al colmo stimata per il tempo di ritorno considerato.

Sostituendo i valori:

| | |
|--|---------|
| c = coefficiente di deflusso | 0.5 |
| i_{20} = intensità di pioggia relativa al $T_r = 20$ anni [mm/ora] | 137.6 |
| A = superficie del bacino [km ²] | 0.03841 |

risulta la portata al colmo di piena relativa a tempo di ritorno 20 anni (Q_{20}):

$$Q_{20} = 0.74 \text{ m}^3/\text{s}$$