MODIFICHE					
REV	DATA	DESCRIZIONE			
0	07/12/21	PRIMA EMISSIONE			
A					
B					

Fase progettuale:

VERIFICA IDRAULICA ed IDROLOGICA

CUP:



COMUNE DI VADO LIGURE

COMMESSA:	RIF. CLIENTE:	COMMITTENTE:
20013		Mantobit S.P.A. Via Caravaggio s.n. - 17100 SAVONA

LAVORO:

CAVA MEI – VARIANTE AL PIANO DI COLTIVAZIONE L.R. 12 DEL 5-05-2012

TITOLO:

RELAZIONE IDROLOGICA GOVERNO ACQUE SUPERFICIALI E DI DRENAGGIO

STUDIO DI INGEGNERIA
ING. A. PATRONE
Via O. Scassi Inferiore, 21
16016- COGOLETO (GE)
e-mail: studio@ingegneriapatrone.it
Tel/Fax:010-9183746

ELABORATO: R1i

Sommario

1. Premessa 3
RELAZIONE IDROLOGICA 3
2. Drenaggi superficiali 3
2.1 Descrizione 3
2.2 Analisi idrologica reti di drenaggio 4
2.3 Analisi idraulica reti di drenaggio 6
2.4 Sistema di drenaggio 7
2.4.1 Descrizione generale 7
2.4.2 Dimensionamento canaletta 9
2.4.3 Dimensionamento fosso di guardia 10
2.4.4 Dimensionamento ramo terminale 11
3. Dimensionamento drenaggi suborizzontali con scarico sulle banche 13
3.1 Descrizione 19
3.2 Analisi idrologica e idraulica del transitorio. Verifica canalette trapezoidali di recapito dei dreni suborizzontali 20
3.2.1 Dimensionamento canalette 22
3.3 Analisi idrologica e idraulica dreni suborizzontali 23
3.3.1 Verifica idraulica tubazione dreni suborizzontali 24
4.0 Conclusioni 25
MANUFATTI RIO CALCINARA. 27
VERIFICA IDRAULICA 30
PORTATA DI RIFERIMENTO 33
PARAMETRI IDRAULICI 33
Parametri di scabrezza: 33
Coefficienti contrazione ed espansione: 33
MODELLAZIONE IDRAULICA 39
ANALISI DEI RISULTATI SISTEMAZIONE RIO CALCINARA 39

1. Premessa

La Cava Mei, situata a monte della Frazione San Genesio in Comune di Vado Ligure, Prov. Di Savona, è gestita da Mantobit S.p.A. con sede in Savona, Via Caravaggio s.n.
All'interno della cava si estrae materiale calcareo impiegato nella produzione di inerti per usi edilizi e stradali, nelle varie pezzature. La frantumazione e la lavorazione degli inerti avvengono negli impianti ubicati in cava.
I prodotti dell'estrazione, oltre ad essere venduti a terzi, sono destinati alla produzione di conglomerati cementizi e bituminosi, che ha luogo nella sede di Via Caravaggio, Savona, con certificazione di conformità e di controllo di produzione, oppure sono impegnati nella costruzione stradale in cantieri.

RELAZIONE IDROLOGICA

Il progetto prevede un cumulo da realizzarsi in tre differenti fasi nell'area della cava dove l'estrazione è conclusa:

- FASE 1: Abbancamento sud-est, superficie 14.740 m²
- FASE 2: Abbancamento frontale, superficie 19.813 m²
- FASE 3: Abbancamento finale, superficie 78.790 m²

L'abbancamento interesserà un dislivello di 50 m circa tra quota 180 m slm a quota 230 m slm circa, ovvero dal piazzale fino alla pedata del gradone in roccia a quota corrispondente.

Le acque provenienti dal fronte e quelle che insistono sui cumuli devono essere regimate per mantenere i cumuli medesimi in condizioni di equilibrio stabile.
Le acque di infiltrazione saranno drenate in profondità ed il fondo dei riempimenti tramite un sistema di drenaggi organizzato.
Le acque superficiali saranno raccolte da canalizzazione aventi carattere provvisorio durante la realizzazione del cumulo, date le progressive variazioni legate alla natura del progetto.

2. Drenaggi superficiali

2.1 Descrizione

Il drenaggio superficiale del deposito è affidato ad un sistema di smaltimento finalizzato al collettamento dell'acqua meteorica ruscellante sugli abbancamenti stessi e lungo il fronte di pendio a valle.

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

- fossi di guardia superficiali prefabbricati in calcestruzzo, al piede del pendio, che intercettano e convogliano le acque provenienti dalla parte alta del fronte di cava;
- canalette superficiali in telo trenchmat, legname e pietrame, di forma trapezoidale poste sul fronte di abbancamento, con scorrimento in direzione nord-sud;
- pozzetti di transito in c.a. prefabbricati, con funzione anche da sedimentazione dei trasporti solidi, disposti immediatamente a monte dello scarico delle canalette in calcestruzzo prefabbricato nei compluvi;
- tubazioni di scarico provvisionale Ø=600 verso l'impluvio del rio Bonaparte recettore finale.

I fossi di guardia sono realizzati secondo le tecniche a minimo impatto ambientale dell'ingegneria naturalistica, riportate nel manuale di Ingegneria Naturalistica della Regione Piemonte; i canali terminali di scarico di gronda saranno in struttura utilizzando canali prefabbricati eventualmente recuperabili e riutilizzabili per modifiche dell'abbancamento.

Nei successivi paragrafi si descriveranno nel dettaglio tutti gli elementi che compongono la rete di drenaggio prevista.
Si analizzeranno le condizioni di afflusso dei tratti peggiorativi, le loro caratteristiche, le soluzioni progettuali previste per lo smaltimento, i materiali costituenti, le tecniche realizzative, il dimensionamento delle opere.

2.2 Analisi idrologica reti di drenaggio

L'analisi idrologica dei drenaggi superficiali è condotta utilizzando, come parametri di riferimento, i dati forniti dal Piano di Bacino stralcio sul rischio idrogeologico per il bacino del Segno.
Per determinare l'altezza di precipitazione massima annuale per durata *d* e periodo di ritorno T si è utilizzata la seguente forma presente nel piano di bacino:

$$h(d,T) = KT * E[H1] * d^{0.39}$$

Il parametro d è la durata di interesse in ore e i parametri $E[H_1]$ e K_T sono stati estrapolati dalle seguenti tabelle fornite piano di bacino Segno.

Longitudine		**E[H1]**
Gradi	primi	mm

8	20	38.5
8	22.5	38.9
8	25	39.2
8	27.5	39.6

Tabella 1: valore del parametro pioggia indice per il Bacino Segno Esso è tabellato in funzione della longitudine.

T [anni]	**KT**
30	1.88
50	2.10
100	2.43
200	2.78
500	3.28

Tabella 2: valori del parametro moltiplicatore funzione del periodo di ritorno T.

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:

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

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, ad esclusione delle canalette a U in legname lungo le banche, per le quali si è assunto un coefficiente c=1 perché esse raccolgono anche i drenaggi suborizzontali;
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 eseguendo le seguenti forme empiriche:

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

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 (km^2);

t_C = tempo di corrivazione (giorni).

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

2.3 Analisi idraulica reti di drenaggio

Date le condizioni di sezione costante e pendenza del fondo variabile con gradualità, il deflusso lungo le canalette, i fossi di guardia e il condotto terminale è stato studiato assumendo l'ipotesi di moto uniforme, secondo la formulazione di Gauckler-Strickler:

$$Q = k_S A R^{\frac{2}{3}} i_f^{\frac{1}{2}}$$

dove:

Q = portata;

k_S = coefficiente di scabrezza secondo Strickler;

i_f = pendenza media del fondo;

A = area della sezione;

R = raggio idraulico.

I coefficienti di scabrezza adottati per ogni componente sono:

- Canaletta in telo trenchmat: 75 $m^{1/3}/s$
- Fossi di guardia prefabbricati in calcestruzzo: 50 $m^{1/3}/s$
- Tubazione di scarico in PVC: 80 $m^{1/3}/s$

2.4 Prima fase di abbancamento: Sistema di drenaggio abbancamento sud-est

2.4.1 Descrizione generale

Il sistema di drenaggio è suddiviso in dreni suborizzontali, canalette, fossi di guardia e il dreno di scarico individuati in Figura 1.

Due canalette in telo trenchmat, legname e pietre, di forma trapezoidali (in azzurro) che forniscono il sistema di drenaggio sul versante est e due che forniscono il versante ovest-nord (in arancio), hanno la funzione di drenare le acque piovane di ruscellamento che insistono sull'abbancamento; le canalette trapezoidali raccolgono anche il contributo delle acque di infiltrazione del deposito proveniente dai drenaggi suborizzontali posti all'interno del deposito stesso.
Le canalette hanno base minore 30 cm, base maggiore 60 cm ed altezza 50 cm. Il drenaggio avviene in direzione Sud-Est per il sistema di drenaggio sul versante est e in direzione Sud-Nord per il versante ovest-nord, seguendo la pendenza delle banche.
Immediatamente a monte dello scarico di ogni canaletta è previsto un pozzetto di transito e sedimentazione in c.a. prefabbricato, a base quadrata di lato 100 cm.

Un fosso di guardia a sezione trapezia, prefabbricate in calcestruzzo (in blu), posto immediatamente ai piedi della scarpata dell'abbancamento drena i contributi di ruscellamento provenienti dal versante est e un altro fosso di guardia (in magenta) drena i contributi di ruscellamento provenienti dal versante ovest e nord, prima che raggiungano il ramo finale di smaltimento acque.
Il fosso proveniente da sud-est è lungo circa 55 m ed ha sezione trapezia, con base minore 50 cm, base maggiore 100 cm, altezza 45 cm e pendenza sponde 2/1.
Il fosso proveniente da sud-ovest ha le medesime caratteristiche del precedente ed è lungo circa 190 m.

Il contributo dei fossi di guardia e della canaletta centrale confluisce nel pozzetto di raccolta e sedimentazione P3 per poi raggiungere il ramo terminale di smaltimento acque poso a nord-est rispetto l'abbancamento.
Quest'ultimo ha una sezione circolare Ø=600 in PVC posto su un letto di posa in "sabbione" e rivestito in cls ed è lungo circa 55m.

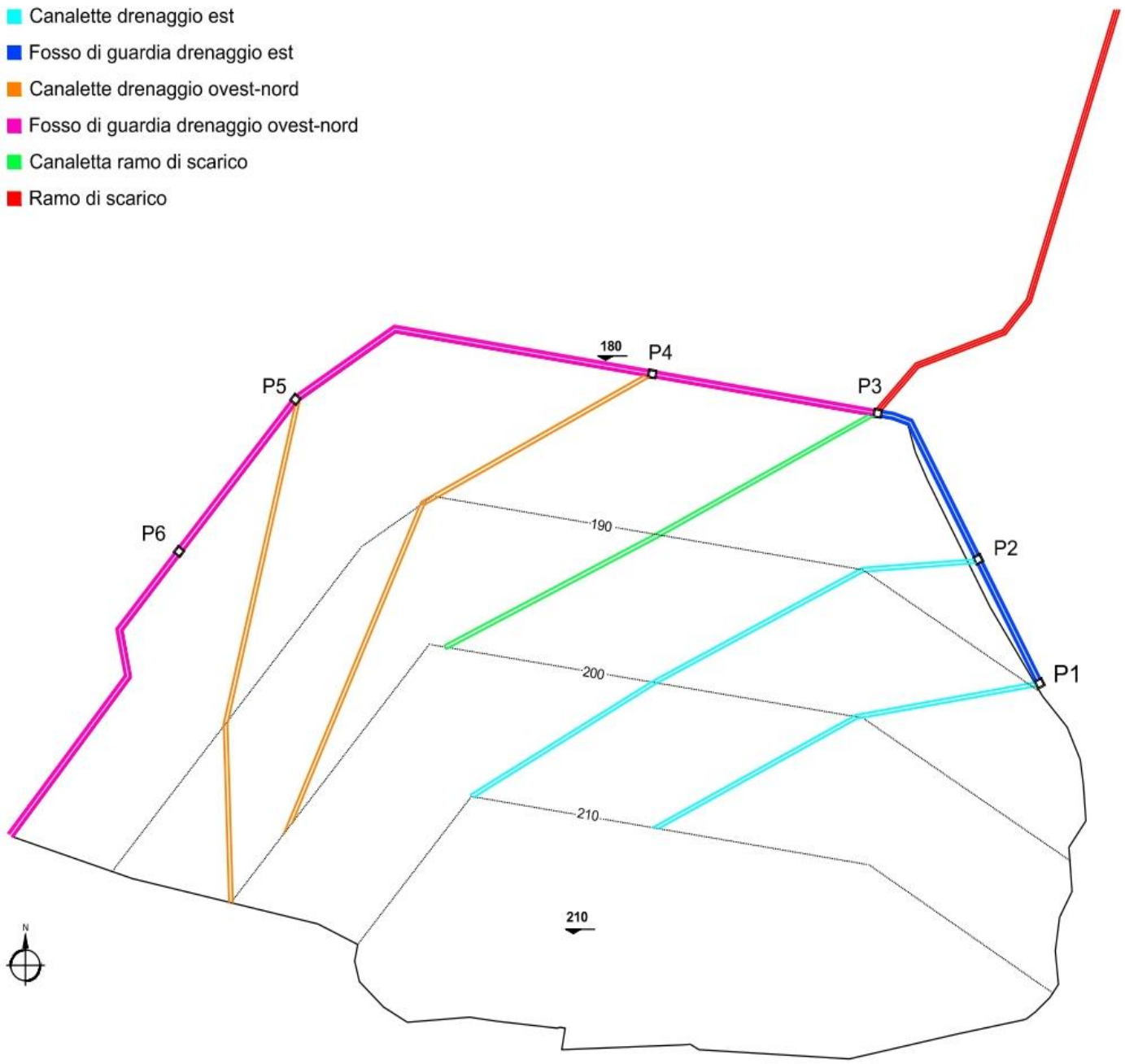


Figura 1 – Individuazione canalette, fossi di guardia, pozzetti e ramo di scarico

Sono state eseguite tre differenti verifiche sui seguenti elementi:

- Canaletta confluente nel pozzetto P1
- Fosso di guardia che fornisce il versante da ovest a nord, nella sezione più prossima al pozzetto P3
- Tubo in PVC, nella sezione più prossima allo scarico

La portata dei dreni suborizzontali è stata trascurata poiché ininfluente rispetto alla portata della canaletta, si rimanda al paragrafo §3.3.1.

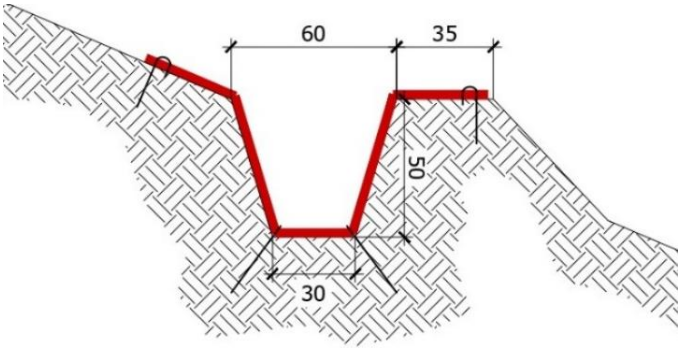
2.4.2 Dimensionamento canaletta

La canaletta lungo le banche è stata dimensionata in moto uniforme secondo quando descritto in §2.3.
Il calcolo è stato eseguito nel seguente modo:

Analisi idrogeologica canaletta	
Dati	
S [km²]	0.0032
L [km]	0.072
T [anni]	30
im [-]	0.270
Formulazioni	
h [mm]	43.36
tc medio [ore]	0.069
Q [m³/s]	0.56

Verifica idraulica canaletta trapezoidale

Base minore b = 0.30 m
Base maggiore B = 0.60 m
Altezza sponde H = 0.50 m
Coefficiente di scabrezza di Manning n = 0.013 $m^{-1/3}s$
Pendenza di fondo if = 2.70 %



Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Velocità
Y	Y/D	P	A	R	b	Q	V
[m]	[-]	[m]	[m^2]	[m]	[m]	[m^3/s]	[m/s]
0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00
0,05	0,10	0,40	0,02	0,04	0,33	0,07	4,49
0,10	0,20	0,51	0,03	0,06	0,36	0,21	6,30
0,15	0,30	0,61	0,05	0,08	0,39	0,39	7,51
0,20	0,40	0,72	0,07	0,10	0,42	0,61	8,43
0,25	0,50	0,82	0,09	0,11	0,45	0,86	9,18
0,30	0,60	0,93	0,12	0,13	0,48	1,15	9,83
0,35	0,70	1,03	0,14	0,14	0,51	1,47	10,40
0,40	0,80	1,14	0,17	0,15	0,54	1,84	10,92
0,45	0,90	1,24	0,20	0,16	0,57	2,23	11,41
0,50	1,00	1,34	0,23	0,17	0,60	2,67	11,86

Portata di progetto =	0.56 m^3/s
Altezza a pelo libero =	0.19 m
Velocità =	8.26 m/s
Grado di riempimento =	30 %

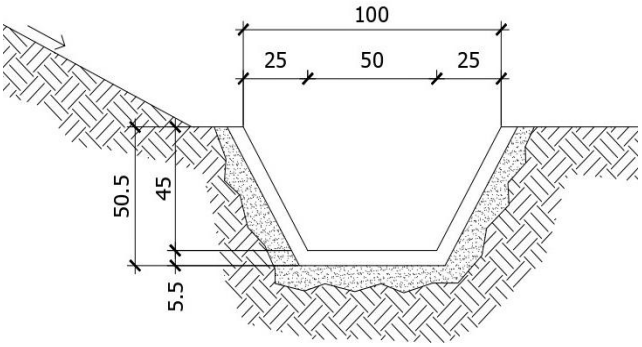
2.4.3 Dimensionamento fosso di guardia

Il fosso di guardia è stato dimensionato in moto uniforme secondo quando descritto §2.3.
Il calcolo è stato eseguito nel seguente modo:

Analisi idrogeologica canaletta	
Dati	
S [km²]	0.0059
L [km]	0.19
T [anni]	30
im [-]	0.043
Formulazioni	
h [mm]	43.36
tc medio [ore]	0.44
Q [m³/s]	0.13

Verifica idraulica fosso di guardia trapezoidale

Base minore b = 0.50 m
Base maggiore B = 1.00 m
Altezza sponde H = 0.45 m
Coefficiente di scabrezza di Manning n = 0.02 $m^{-1/3}s$
Pendenza di fondo if = 4.30 %



Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Velocità
Y	Y/D	P	A	R	b	Q	V
[m]	[-]	[m]	[m^2]	[m]	[m]	[m^3/s]	[m/s]
0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
0,05	0,11	0,61	0,03	0,04	0,56	0,03	1,27
0,10	0,22	0,73	0,06	0,08	0,61	0,10	1,85
0,15	0,33	0,84	0,09	0,10	0,67	0,20	2,28
0,20	0,44	0,96	0,12	0,13	0,72	0,32	2,62
0,25	0,56	1,07	0,16	0,15	0,78	0,46	2,90
0,30	0,67	1,19	0,20	0,17	0,83	0,63	3,15
0,35	0,78	1,30	0,24	0,19	0,89	0,82	3,37
0,40	0,89	1,42	0,29	0,20	0,94	1,03	3,58
0,45	1,00	1,53	0,34	0,22	1,00	1,27	3,77

Portata di progetto =	0.13 m^3/s
Altezza a pelo libero =	0.12 m
Velocità =	1.99 m/s
Grado di riempimento =	18 %

2.4.4 Dimensionamento ramo terminale

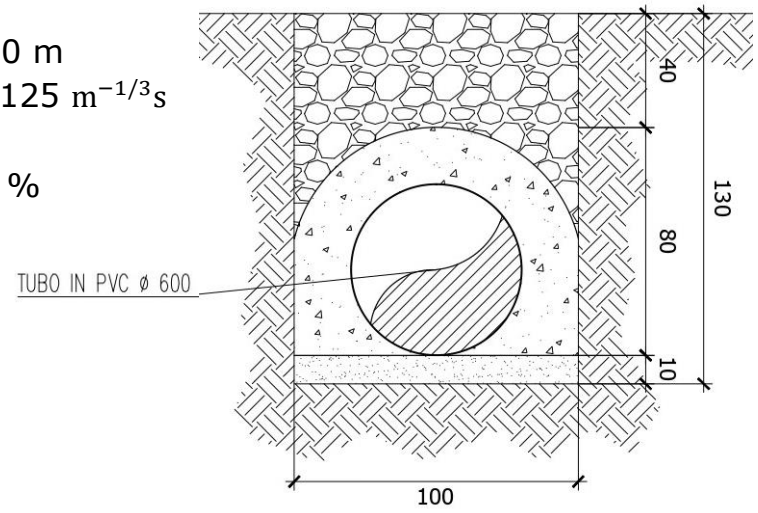
Il fosso di guardia è stato dimensionato in moto uniforme secondo quando descritto §2.3.

Il calcolo è stato eseguito nel seguente modo:

Analisi idrogeologica canaletta	
Dati	
S [km²]	0.014
L [km]	0.08
T [anni]	30
im [-]	0.008
Formulazioni	
h [mm]	43.36
tc medio [ore]	0.51
Q [m³/s]	0.27

Verifica idraulica ramo terminale circolare

Diametro D = 0.60 m
Coefficiente di scabrezza di Manning n = 0.0125 $m^{-1/3}s$
Pendenza di fondo if = 0.8 %



Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso		Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Velocità
Y	Y/D	θ	P	A	R	b	Q	V
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m^2]	[m]	[m]	[m^3/s]	[m/s]
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,08	1,17	0,35	0,01	0,03	0,33	0,01	0,70
0,10	0,17	1,68	0,50	0,03	0,06	0,45	0,03	1,08
0,15	0,25	2,09	0,63	0,06	0,09	0,52	0,08	1,37
0,20	0,33	2,46	0,74	0,08	0,11	0,57	0,13	1,61
0,25	0,42	2,81	0,84	0,11	0,13	0,59	0,20	1,80
0,30	0,50	3,14	0,94	0,14	0,15	0,60	0,28	1,96
0,35	0,58	3,48	1,04	0,17	0,16	0,59	0,36	2,08
0,40	0,67	3,82	1,15	0,20	0,17	0,57	0,43	2,17
0,45	0,75	4,19	1,26	0,23	0,18	0,52	0,50	2,22
0,50	0,83	4,60	1,38	0,25	0,18	0,45	0,56	2,23
0,55	0,92	5,11	1,53	0,27	0,18	0,33	0,59	2,19

Portata di progetto =	0.27 m^3/s
Altezza a pelo libero =	0.30 m
Velocità =	1.94 m/s
Grado di riempimento =	50 %

2.5 Fase finale di abbancamento: Sistema di drenaggio abbancamento finale

2.5.1 Descrizione generale

Il sistema di drenaggio è suddiviso in dreni suborizzontali, canalette, fossi di guardia e il dreno di scarico individuati in Figura 2.

Le canalette in telo trenchmat, legname e pietre, di forma trapezoidali forniscono il sistema di drenaggio su tutto il versante, hanno la funzione di drenare le acque piovane di ruscellamento che insistono sull'abbancamento; le canalette trapezoidali raccolgono anche il contributo delle acque di infiltrazione del deposito proveniente dai drenaggi suborizzontali posti all'interno del deposito stesso.
Le canalette hanno base minore 30 cm, base maggiore 60 cm ed altezza 50 cm. Il drenaggio avviene in direzione Ovest-Est seguendo la pendenza delle banche.
Le canalette, che raccolgono sia l'acqua del versante che quella della strada, vengono portate a valle e immesse direttamente nell'alveo del Rio Calcinara.
Le canalette poste più a valle vengono raccolte in un pozzetto, transitano in un fosso di guardia e si immettono nel Rio Calcinara per mezzo di rami a sezione circolare.
Il pozzetto di transito e sedimentazione in c.a. prefabbricato è a base quadrata di lato 100 cm; il fosso di guardia è a sezione trapezia, prefabbricata in calcestruzzo e il ramo terminale a sezione circolare Ø=600 in PVC è posto su un letto di posa in "sabbione" e rivestiti in cls.

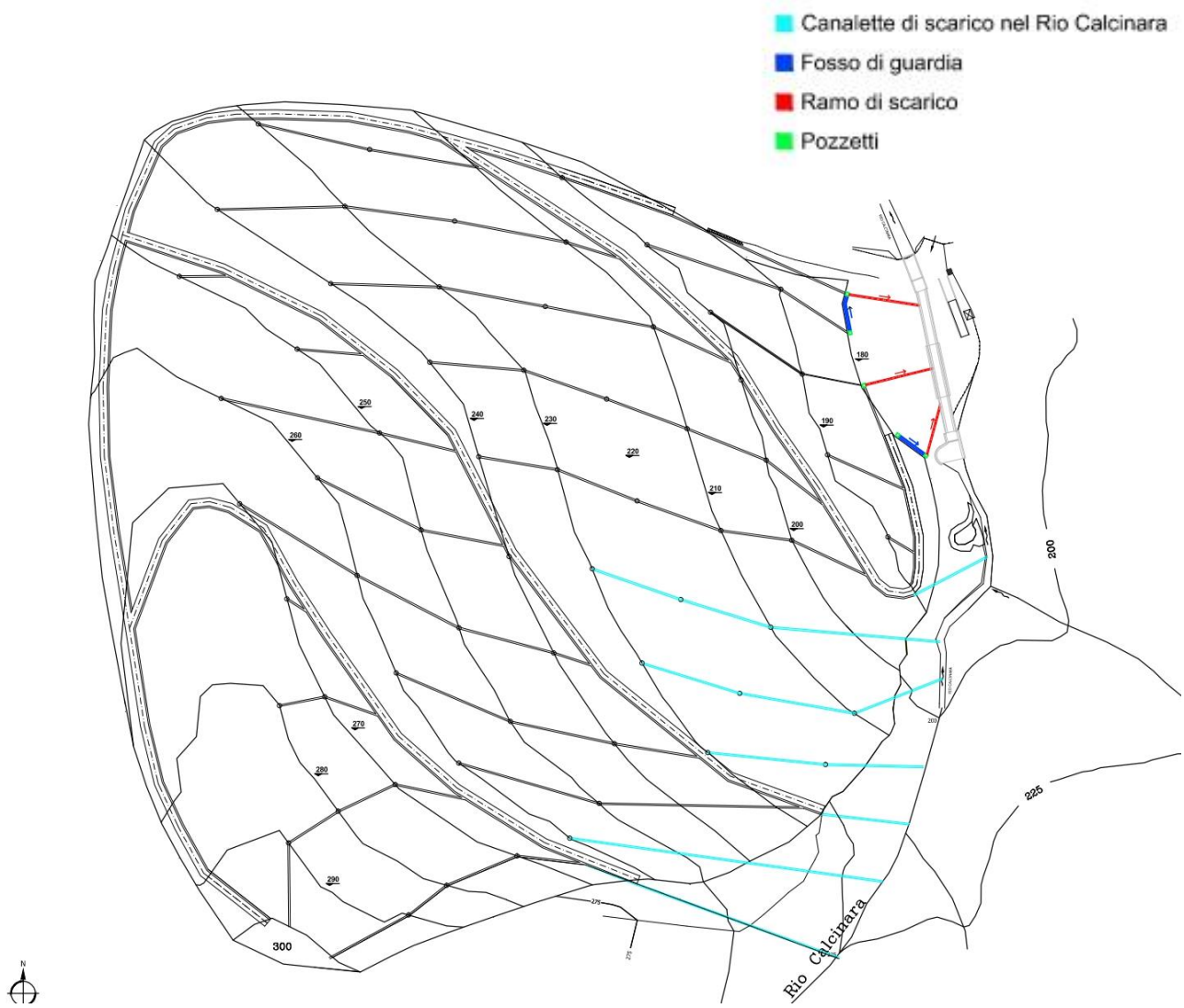


Figura 2 – Individuazione canalette, fossi di guardia, pozzetti e ramo di scarico fase finale

Sono state eseguite tre differenti verifiche sui seguenti elementi:

- Canaletta confluente nel Rio Calcinara a servizio di maggior area
- Fosso di guardia a servizio di maggior area
- Tubo in PVC, nella sezione più prossima allo scarico

La portata dei dreni suborizzontali è stata trascurata poiché ininfluente rispetto alla portata della canaletta, si rimanda al paragrafo §3.3.1.

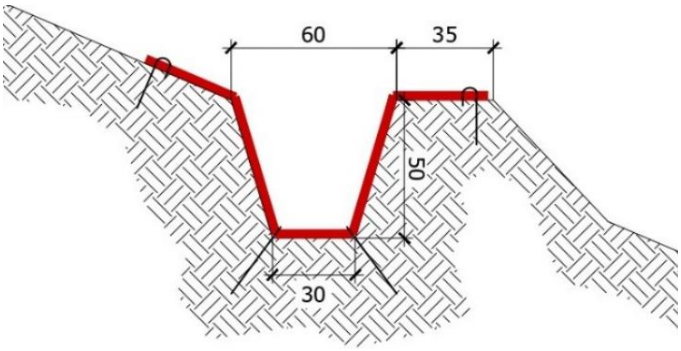
2.5.2 Dimensionamento canaletta

La canaletta lungo le banche è stata dimensionata in moto uniforme secondo quando descritto in §2.3.
Il calcolo è stato eseguito nel seguente modo:

Analisi idrogeologica canaletta	
Dati	
S [km²]	0.0038
L [km]	0.204
T [anni]	30
im [-]	0.270
Formulazioni	
h [mm]	43.36
tc medio [ore]	0.069
Q [m³/s]	0.25

Verifica idraulica canaletta trapezoidale

Base minore b = 0.30 m
Base maggiore B = 0.60 m
Altezza sponde H = 0.50 m
Coefficiente di scabrezza di Manning n = 0.013 $m^{-1/3}s$
Pendenza di fondo if = 3.10 %



Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Velocità
Y	Y/D	P	A	R	b	Q	V
[m]	[-]	[m]	[m²]	[m]	[m]	[m³/s]	[m/s]
0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00
0,05	0,10	0,40	0,02	0,04	0,33	0,08	4,81
0,10	0,20	0,51	0,03	0,06	0,36	0,22	6,76
0,15	0,30	0,61	0,05	0,08	0,39	0,42	8,05
0,20	0,40	0,72	0,07	0,10	0,42	0,65	9,04
0,25	0,50	0,82	0,09	0,11	0,45	0,92	9,85
0,30	0,60	0,93	0,12	0,13	0,48	1,23	10,54
0,35	0,70	1,03	0,14	0,14	0,51	1,58	11,15
0,40	0,80	1,14	0,17	0,15	0,54	1,97	11,71
0,45	0,90	1,24	0,20	0,16	0,57	2,39	12,23
0,50	1,00	1,34	0,23	0,17	0,60	2,86	12,72

Portata di progetto =	0.25 m^3/s
Altezza a pelo libero =	0.10 m
Velocità =	6.67 m/s
Grado di riempimento =	13 %

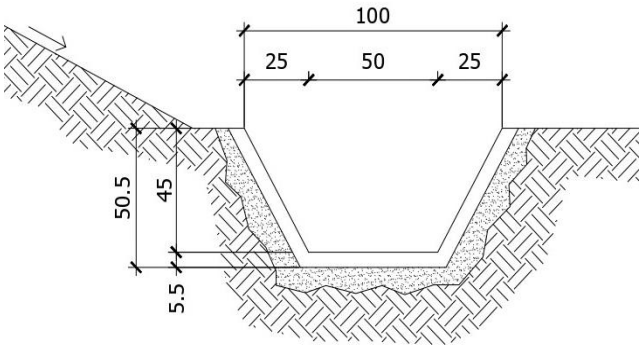
2.5.3 Dimensionamento fosso di guardia

Il fosso di guardia è stato dimensionato in moto uniforme secondo quando descritto §2.3.
Il calcolo è stato eseguito nel seguente modo:

Analisi idrogeologica canaletta	
Dati	
S [km²]	0.0019
L [km]	0.015
T [anni]	30
im [-]	0.043
Formulazioni	
h [mm]	43.36
tc medio [ore]	0.44
Q [m³/s]	0.39

Verifica idraulica fosso di guardia trapezoidale

Base minore b = 0.50 m
Base maggiore B = 1.00 m
Altezza sponde H = 0.45 m
Coefficiente di scabrezza di Manning n = 0.02 $m^{-1/3}s$
Pendenza di fondo if = 0.8 %



Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Velocità
Y	Y/D	P	A	R	b	Q	V
[m]	[-]	[m]	[m^2]	[m]	[m]	[m^3/s]	[m/s]
0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00
0,05	0,11	0,61	0,03	0,04	0,56	0,03	1,27
0,10	0,22	0,73	0,06	0,08	0,61	0,10	1,85
0,15	0,33	0,84	0,09	0,10	0,67	0,20	2,28
0,20	0,44	0,96	0,12	0,13	0,72	0,32	2,62
0,25	0,56	1,07	0,16	0,15	0,78	0,46	2,90
0,30	0,67	1,19	0,20	0,17	0,83	0,63	3,15
0,35	0,78	1,30	0,24	0,19	0,89	0,82	3,37
0,40	0,89	1,42	0,29	0,20	0,94	1,03	3,58
0,45	1,00	1,53	0,34	0,22	1,00	1,27	3,77

Portata di progetto =	0.39 m^3/s
Altezza a pelo libero =	0.37 m
Velocità =	1.50 m/s
Grado di riempimento =	76 %

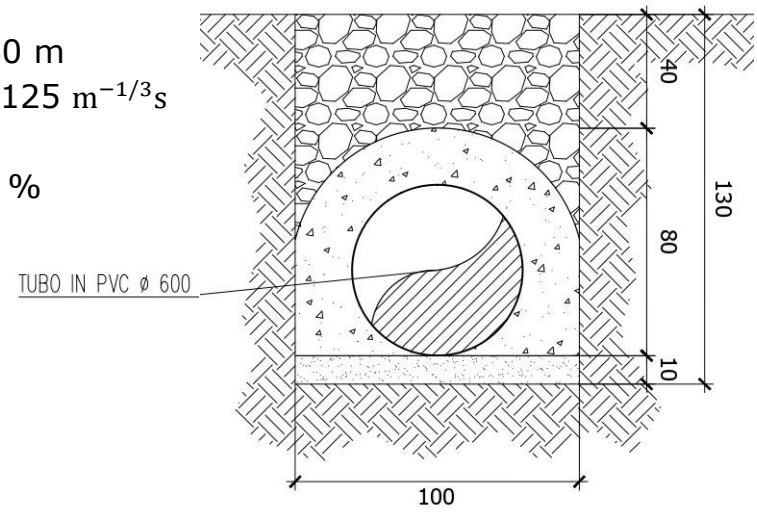
2.5.4 Dimensionamento ramo terminale

Il fosso di guardia è stato dimensionato in moto uniforme secondo quando descritto §2.3.
Il calcolo è stato eseguito nel seguente modo:

Analisi idrogeologica canaletta	
Dati	
S [km²]	0.065
L [km]	0.25
T [anni]	30
im [-]	0.008
Formulazioni	
h [mm]	43.36
tc medio [ore]	0.51
Q [m³/s]	0.42

Verifica idraulica ramo terminale circolare

Diametro D = 0.60 m
Coefficiente di scabrezza di Manning n = 0.0125 $m^{-1/3}s$
Pendenza di fondo if = 0.8 %



Altezza pelo libero	Rapporto d'invaso		Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo libero	Portata	Velocità
Y	Y/D	θ	P	A	R	b	Q	V
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m^2]	[m]	[m]	[m^3/s]	[m/s]
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,08	1,17	0,35	0,01	0,03	0,33	0,01	0,70
0,10	0,17	1,68	0,50	0,03	0,06	0,45	0,03	1,08
0,15	0,25	2,09	0,63	0,06	0,09	0,52	0,08	1,37
0,20	0,33	2,46	0,74	0,08	0,11	0,57	0,13	1,61
0,25	0,42	2,81	0,84	0,11	0,13	0,59	0,20	1,80
0,30	0,50	3,14	0,94	0,14	0,15	0,60	0,28	1,96
0,35	0,58	3,48	1,04	0,17	0,16	0,59	0,36	2,08
0,40	0,67	3,82	1,15	0,20	0,17	0,57	0,43	2,17
0,45	0,75	4,19	1,26	0,23	0,18	0,52	0,50	2,22
0,50	0,83	4,60	1,38	0,25	0,18	0,45	0,56	2,23
0,55	0,92	5,11	1,53	0,27	0,18	0,33	0,59	2,19

Portata di progetto =	0.42 m^3/s
Altezza a pelo libero =	0.39 m
Velocità =	2.15 m/s
Grado di riempimento =	70 %

3. Dimensionamento drenaggi suborizzontali con scarico sulle banche

3.1 Descrizione

Il drenaggio delle acque d'infiltrazione dal fronte della sistemazione di rilevato è previsto mediante drenaggi suborizzontali microfessurati disposti perpendicolarmente a ciascuna colmata, e posto ad intervalli di circa 30 m, con scarico diretto all'interno delle canalette superficiali in trenchman di forma trapezoidale. Tali drenaggi a gravità hanno il compito di ridurre le pressioni interstiziali lungo le linee di scorrimento, effettive o potenziali, con conseguenza aumento della resistenza a taglio disponibile.
I dreni presentano le caratteristiche seguenti:

- lunghezza = variabile da circa 7 a 65 m;
- interasse = 30 m;
- tubo drenante in HDPE diametro 200 mm microfessurato in polipropilene PN16 PE 100.

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 1 anno, come meglio precisato nel seguito; per tale evento essi devono essere in grado di smaltire l'acqua meteorica scolante sulla propria area di competenza.

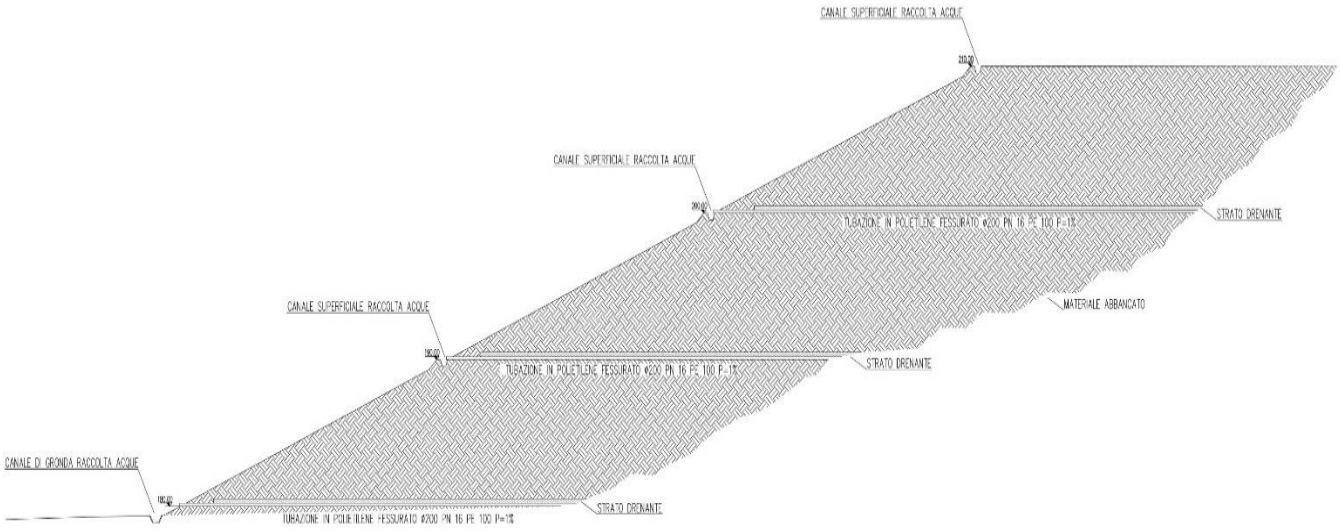


Figura 2 – Disposizione dreni suborizzontali

3.2 Analisi idrologica e idraulica del transitorio. Verifica canalette trapezoidali di recapito dei dreni suborizzontali

La verifica idraulica delle canalette trapezoidali è condotta nelle condizioni transitorie, corrispondenti alla fase di realizzazione dell'abbancamento, durane la quale i dreni sono disposti lungo la banca ma non ancora interrati e quindi sono oggetti all'azione diretta di un evento meteorico ipotizzato con il tempo di ritorno dell'evento associato alla fase provvisionale.
Il tempo di ritorno dell'evento associato alla fase provvisionale usualmente si calcola come il tempo di ritorno avente lo stesso rischio dell'opera di progetto a vita intera. Dato un tempo di vita dell'opera generale (N_{og}) in questo caso inteso come tempo di vita delle canalette in telo trenchmat, legno e pietrame e assunto pari a 30 anni, e un tempo di ritorno dell'evento di piena di progetto fissato a 30 anni (TR_{og}), si può calcolare il rischio di superamento (R_{og}) della portata trentennale in 30 anni di servizio dell'opera generale secondo la seguente formula:

$$R_{og} = 1 - \left(1 - \frac{1}{TR_{og}}\right)^{N_{og}} = 1 - \left(1 - \frac{1}{30}\right)^{30} = 0.64$$

con il R_{og} il rischio di superamento dell'evento associato al tempo di ritorno TR_{og} (pari a 30 anni) in N_{og} anni (pari a 30 anni).

Per la posa e copertura di un singolo livello di dreni suborizzontali, transitorio nel quale i dreni del singolo livello sono esposti direttamente agli eventi pluviometrici, si ipotizza per estrema cautela una durata di lavorazioni di 6 mesi, durante la quale l'pera provvisionale sarà attiva, eseguendo il calcolo a ritroso, noto il tempo di vita dell'opera provvisionale di circa 6 mesi, si va a calcolare il tempo di ritorno della portata che risulta avere lo stesso rischio di superamento dell'opera generale.

$$0.64 = 1 - (1 - \frac{1}{TR_{op}})^{N_{op}} = 1 - (1 - \frac{1}{TR_{op}})^{0.5}$$

Il tempo di ritorno (TRop) per il progetto di una singola canaletta è circa un anno.

Per determinare l'altezza di precipitazione massima annuale per durata d e periodo di ritorno T si è utilizzata la seguente forma presente nel piano di bacino del Segno:

$$h(d,T) = KT * E[H1] * d^{0.39}$$

Il parametro d è la durata di interesse in ore e i parametri $E[H_1]$ e K_T sono stati estrapolati dalle seguenti tabelle presenti anch'esse nel piano di bacino Segno.

Longitudine	**E[H1]**

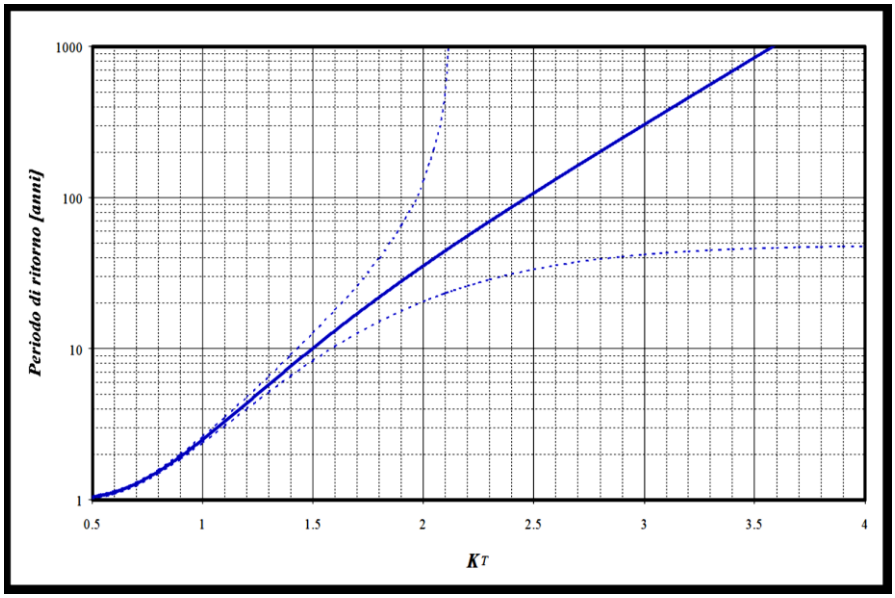
Gradi	primi	mm
8	20	38.5
8	22.5	38.9
8	25	39.2
8	27.5	39.6

Tabella 1: valore del parametro pioggia indice per il Bacino Segno Esso è tabellato in funzione della longitudine.

T [anni]	**KT**
30	1.88
50	2.10
100	2.43
200	2.78
500	3.28

Tabella 2: valori del parametro moltiplicatore funzione del periodo di ritorno T.

Poiché il tempo di ritorno non è presente nella tabella 2, il parametro legato al tempo di ritorno Kt può essere letto direttamente dal grafico della curva di crescita regionale. Entrando con il tempo di ritorno T sulle ordinate (T=1 anno) si incroci la curva e si legge sulle ascisse il valore cercato del parametro, che in questo caso risulta essere pari a K1= 0.5.



Curva di crescita regionale. Sulle ascisse si legge il valore adimensionale del quantile, il cui periodo di ritorno associato è indicato in ordinata.

Si riporta nel seguito la verifica delle canalette poste lungo le banche, aventi la funzione di raccolta delle acque veicolate dalle tubazioni drenanti

suborizzontali, esposte direttamente agli eventi pluviometrici durante le fasi realizzative e fino all'avvenuta copertura con lo smarino delle stesse.

3.2.1 Dimensionamento canalette

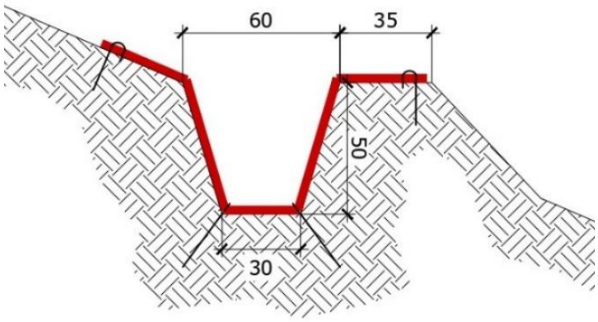
Le canalette lungo le banche sono state dimensionate in moto uniforme secondo quanto descritto §2.3.

Il calcolo è stato eseguito, a favore di sicurezza.

Analisi idrogeologica canaletta	
Dati	
S [km²]	0.003223
L [km]	0.07147
T [anni]	1
im [-]	0.270
Formulazioni	
h [mm]	11.53
tc medio [ore]	0.069
Q [m³/s]	0.12

Verifica idraulica canaletta trapezoidale

Base minore b = 0.30 m
Base maggiore B = 0.60 m
Altezza sponde H = 0.50 m
Coefficiente di scabrezza di Manning n = 0.02 $m^{-1/3}s$
Pendenza di fondo if = 2.70 %



Altezza pelo	Rapporto d'invaso	Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo	Portata	Velocità

libero					libero		
Y	Y/D	P	A	R	b	Q	V
[m]	[-]	[m]	[m^2]	[m]	[m]	[m^3/s]	[m/s]
0,00	0,00	0,30	0,00	0,00	0,30	0,00	0,00
0,05	0,10	0,40	0,02	0,04	0,33	0,05	2,98
0,10	0,20	0,51	0,03	0,06	0,36	0,14	4,19
0,15	0,30	0,61	0,05	0,08	0,39	0,26	5,00
0,20	0,40	0,72	0,07	0,10	0,42	0,40	5,61
0,25	0,50	0,82	0,09	0,11	0,45	0,57	6,11
0,30	0,60	0,93	0,12	0,13	0,48	0,76	6,54
0,35	0,70	1,03	0,14	0,14	0,51	0,98	6,92
0,40	0,80	1,14	0,17	0,15	0,54	1,22	7,26
0,45	0,90	1,24	0,20	0,16	0,57	1,48	7,59
0,50	1,00	1,34	0,23	0,17	0,60	1,77	7,89

Portata di progetto =	0.12 m^3/s
Altezza a pelo libero =	0.21 m
Velocità =	3.99 m/s
Grado di riempimento =	13 %

3.3 Analisi idrologica e idraulica dreni suborizzontali

Per determinare l'altezza di precipitazione massima annuale per durata d e periodo di ritorno T e determinare la portata al colmo si fa riferimento a quanto descritto in §2.2.

La valutazione del tempo di corrivazione viene effettuata eseguendo le seguenti forme empiriche:

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

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

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

con:

i = pendenza media asta principale;

L = lunghezza dell'asta principale (Km);

S = superficie del bacino (km^2);

H_{media} = quota media del bacino;

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

t_C = tempo di corrivazione (giorni).

Il tempo di corrivazione adottato è quello medio fornito dalle tre formule empiriche.
Nel seguito si riporta la verifica idraulica in moto uniforme delle tubazioni dei dreni suborizzontali

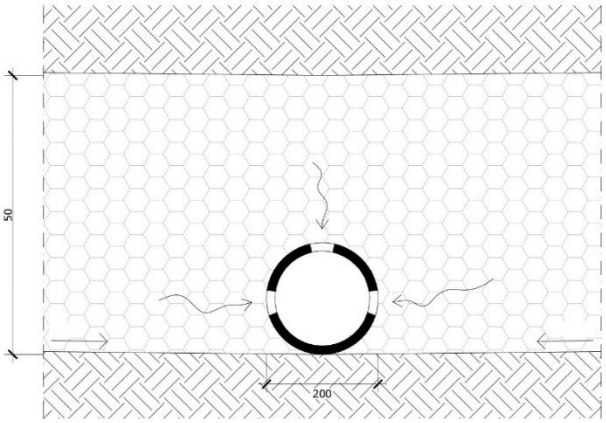
3.3.1 Verifica idraulica tubazione dreni suborizzontali

Il calcolo è stato eseguito nel seguente modo:

Analisi idrogeologica canaletta	
Dati	
S [km²]	0.02076
L [km]	0.067
T [anni]	30
im [-]	0.010
Formulazioni	
h [mm]	43.36
tc medio [ore]	2.65
Q [m³/s]	0.008

Verifica idraulica ramo terminale circolare

Diametro D = 0.20 m
Coefficiente di scabrezza di Manning $m^{-1/3}s$ n = 0.011
Pendenza di fondo i_f = 1 %



Altezza pelo	Rapporto d'invaso		Perimetro bagnato	Area	Raggio idraulico	Larghezza pelo	Portata	Velocità

libero						libero		
Y	Y/D	θ	P	A	R	b	Q	V
[m]	[-]	[rad]	[m]	[m^2]	[m]	[m]	[m^3/s]	[m/s]
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,000	0,00
0,01	0,05	0,90	0,09	0,00	0,01	0,09	0,000	0,32
0,02	0,10	1,29	0,13	0,00	0,01	0,12	0,001	0,49
0,03	0,15	1,59	0,16	0,00	0,02	0,14	0,002	0,64
0,04	0,20	1,85	0,19	0,00	0,02	0,16	0,003	0,76
0,05	0,25	2,09	0,21	0,01	0,03	0,17	0,005	0,86
0,06	0,30	2,32	0,23	0,01	0,03	0,18	0,008	0,96
0,07	0,35	2,53	0,25	0,01	0,04	0,19	0,010	1,04
0,08	0,40	2,74	0,27	0,01	0,04	0,20	0,013	1,11
0,09	0,45	2,94	0,29	0,01	0,05	0,20	0,016	1,18
0,10	0,50	3,14	0,31	0,02	0,05	0,20	0,019	1,23
0,11	0,55	3,34	0,33	0,02	0,05	0,20	0,023	1,28
0,12	0,60	3,54	0,35	0,02	0,06	0,20	0,026	1,32
0,13	0,65	3,75	0,38	0,02	0,06	0,19	0,029	1,36
0,14	0,70	3,96	0,40	0,02	0,06	0,18	0,032	1,38
0,15	0,75	4,19	0,42	0,03	0,06	0,17	0,035	1,40
0,16	0,80	4,43	0,44	0,03	0,06	0,16	0,038	1,41
0,17	0,85	4,69	0,47	0,03	0,06	0,14	0,040	1,40
0,18	0,90	5,00	0,50	0,03	0,06	0,12	0,041	1,39
0,19	0,95	5,38	0,54	0,03	0,06	0,09	0,042	1,35

Portata di progetto =	0.008 m^3/s
Altezza a pelo libero =	0.06 m
Velocità =	0.96 m/s
Grado di riempimento =	35 %

4.0 Conclusioni

I risultati delle verifiche hanno dimostrato che le sezioni di deflusso sono sufficienti allo smaltimento delle acque ruscellanti sulla superficie dell'abbancamento in conformità alle prescrizioni del piano di bacino. I drenaggi profondi garantiscono la stabilità del rilevato in condizioni drenate.

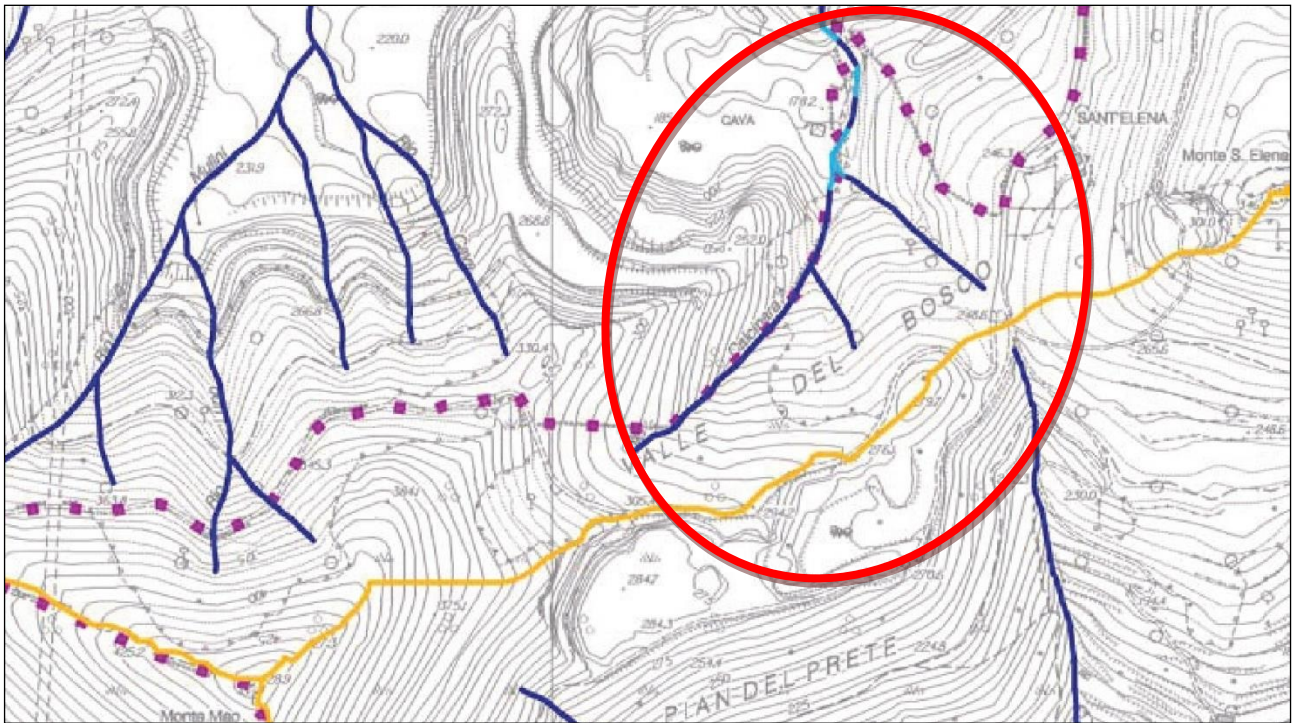
RELAZIONE IDRAULICA

Il progetto di Variante al Piano di Coltivazione, redatto ai sensi della L.R. n°12 del 5 aprile 2012 "Testo unico sulla disciplina dell'attività estrattiva" e "Linee guida per la progettazione, gestione e risanamento ambientale delle attività estrattive a cielo aperto e in sotterraneo e opere connesse della Regione Liguria e le indicazioni del PTRAC Scheda di Progetto 04.SV 03 e Norme Tecniche di Attuazione del Piano (approvate con D.C.R. n°7 del 26.05.2020).", ed è volto ad adeguare la coltivazione alle condizioni del giacimento ed a migliorare sostanzialmente la sistemazione finale rispetto a quella già prevista.
La presente relazione è inerente la progettazione degli adeguamenti idraulici del Rio Calcinara, adiacente il sito della discarica, e la regimazione e drenaggio delle acque superficiali e profonde del corpo discarica, nelle varie fasi di coltivazione ed in configurazione finale.

Il corso del rio Calcinara è ubicato nella "VALLE DEL BOSCO" a monte del sedime della discarica e nasce a quota 404 , percorre la spnda destra del corpo discarica fino ai piazzali a quota 180, dove è previsto un attraversamento della viabilità per seguire il percorso naturale fino al torrente Segno. In destra lungo il percorso ha piccoli solchi di corrivazione che confluiscono nel corso principale.
Il bacino imbrifero originario del rio Calcinara è stato in parte mutato dal sedime della discarica e nella configurazione attuale si possono individuare due aree;
Zona A1 : bacino sotteso al corpo discarica, oggetto di regimazione superficiale, che andrà ad innestarsi come affluente di sinistra prima dell'attraversamento stradale della viabilità.
Zona A2 : bacino sotteso dal corso del rio Calcinara e suoi affluenti fino al piazzale della discarica a quota 180;
La regimazione superficiale della discarica avrà infatti una rete indipendente che defluisce in più punti ai piedi della discarica e si innesta sul rio calcinara lungo il suo percorso terminale prima dell'attraversamento stradale.
Riepilogando gli apporti dei bacini imbriferi: la superfice A2 rappresenta il bacino del rio Calcinara di 0.145 Kmq che si immette nella nuova sistemazione del rio. La superficie A1 di 0.058 Kmq, che sottende il corpo discarica, è utilizzata per il dimensionamento dei canali superficiali al corpo discarica. La somma C=A+B è utilizzata per il dimensionamento delle nuove arginature del rio e dell'attraversamento stradale a valle dei piazzali.

5. Bacino Imprifero

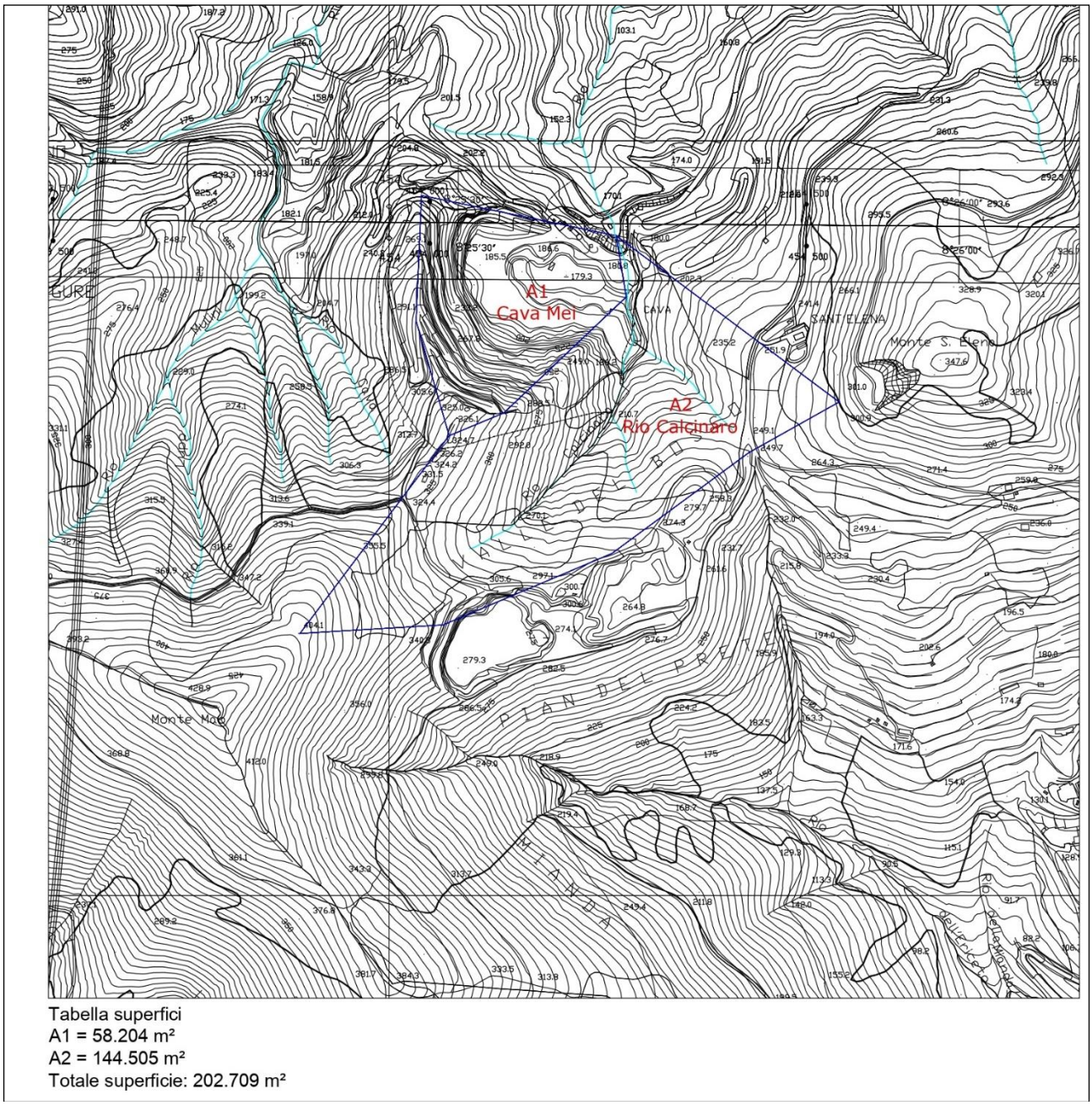
Carta del Reticolo idrografico principale:
Si riporta di seguito lo stralcio della carta del reticolo idrografico del rio Calcinara.



Stralcio andamento corsi d'acqua evidenziati nella cartografia DGR 507/2019 in corrispondenza del sito di discarica

La carta del reticolo idrografico regionale, edita da Regione Liguria nel 2019 e parte integrante della D.G.R. 507 del 21/06/2019, evidenzia che la parte terminale del corso d'acqua risulta tombinato in corrispondenza dei piazzali di lavorazione, nel progetto di sistemazione verranno eliminate le tombinature superflue riportanto a cielo aperto il più possibile l'alveo tranne che nei tratti di transito di viabilità stradale e di accesso ai piazzali della discarica di fianco alla pesa.
Si riporta di seguito lo stralcio della CTR con indicata la superficie del bacino imbrifero (Allegato 1)
Ai fini della verifica idraulica si possono individuare n°2 superfici di bacino imbrifero, perimetrate sulla cartografia regionale (vd allegato 1), che alimentano i rispettivi tratti di alveo.:
Superficie A1 0.058 Kmq
Superficie A2 0.145 Kmq
Superficie A3 0.203 Kmq (A1+A2)
La superficie complessiva del bacino oggetto di studio, così come perimetrato sulla cartografia regionale, che gravita sul rio Calcinara in corrispondenza

dell'attraversamento stradale è di 0.203 Kmq, e pertanto complessivamente è un reticolo idrografico di terzo livello.
La portata, ai fini della verifica idraulica, è determinata assumendo il valore indicato sulle norme di attuazione "Piani di Bacino stralcio sul rischio idrogeologico ambiti 12 e 13,14,15,16,17,18" che per i corsi d'acqua minori e per gli affluenti dei torrenti principali con bacino inferiore a 2 Kmq, si assume la portata massima duecentennale ottenuta utilizzando il contributo unitario pari a 40 mc/s per kmq del bacino sotteso.
Nel caso in esame la portata massima sottesa dalle varie aree risulta:
Superficie A1 0.058 kmq Q1 = 2.32 mc/s.
Superficie A2 0.145 kmq Q2 = 5.8 mc/s.
Superficie A3 (A1+A2) 0.203 kmq Q3 = 8.12 mc/s.



Stralcio Allegato 1 bacini idrografici

6. Manufatti Rio Calcinara

L'alveo del rio Calcinara, nel tratto a monte della discarica, scorre in gran parte sul substrato roccioso e non sono presenti evidenti trasporti solidi ne erosioni delle sponde,
In adiacenza del corpo discarica, versante sud, il rio perde la sua incisione caratteristica percorrendo in modo disordinato il piazzale della discarica, per innestarsi nell'attraversamento esistente sotto il sedime stradale principale. Sono esistenti tubazioni di deflusso sotto il piazzale di scarsa efficacia e probabilmente occluse.



Foto 1 - alveo naturale

Ai fini della sistemazione definitiva del rio in corrispondenza del corpo discarica viene realizzato un canale in struttura in massi cementati, in gran parte a cielo aperto con vasca di sedimentazione di imbocco. Il canale ha sezione trapezioidale con base minore 2.50 m x h 2.00 e scorre in gran parte a cielo aperto. Le pareti di argine hanno inclinazione di 15° rispetto la verticale.
E' prevista la copertura del canale in corrispondenza dell'attraversamento della strada di accesso alla discarica di fianco alla pesa e sulla strada principale a valle dell'impianto.



Foto 2 - piazzale sud

7. Verifica idraulica

Le verifiche idrauliche sono state effettuate mediante l'ausilio del *software* per il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali, HEC-RAS 5.03 River Analys System della US Army Corps of Engineers, che consente anche la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove H_1[m] ed H_2[m] sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, hf[m] sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde mentre he[m] è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare hf dipende principalmente dalla scabrezza del tratto di alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con jf pendenza motrice nel tratto di lunghezza L[m].

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni in funzione della pendenza motrice J in corrispondenza delle sezioni di inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K}\right]^2$$

dove Q[mc/s] è la portata di calcolo e K (denominato conveyance) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove A[mq] l'area della sezione liquida, R[m] il raggio idraulico e n[m-1/3 s] è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il valore del coefficiente n è determinato secondo la procedura sviluppata da Cowan selezionando le caratteristiche più rilevanti ai fini della quantificazione dell'indice di resistenza.

In particolare, vista la natura e le caratteristiche del corso d'acqua in studio, si sono considerati come parametri preminenti il materiale del fondo alveo e delle sponde, l'irregolarità del fondo alveo e le variazioni della forma e delle dimensioni delle sezioni.

Il termine he dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

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

dove b è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V1 e V2 [m/s] sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e a1 e a2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro n di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata

main channel) e due zone laterali golenali (denominate right and left overbanks).

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombinature (culvert) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.). La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalcamento dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello utilizza il metodo dei momenti (Momentum Balance) che consiste nell'uguagliare i momenti fra la sezione di monte e di valle del manufatto attraverso tre passi successivi:

1) tra sezione esterna di valle (sezione 4) e sezione interna di valle (sezione D):

$$(my)_D + (mq)_D = (my)_2 - (my)_p + (mq)_2 + F_f - W_x$$

2) tra sezione interna di valle (sezione D) e sezione interna di monte (sezione U):

$$(my)_U + (mq)_U = (my)_D + (mq)_D + F_f - W_x$$

3) tra sezione interna di monte (sezione U) e sezione esterna di monte (sezione 5):

$$(my)_1 + (mq)_1 = (my)_U + (mq)_U + (my)_p + \frac{1}{2} \cdot C_D \cdot \left(\frac{Ap_1}{A_1} \right) \cdot (mq)_1 + F_f - W_x$$

avendo indicato con:

my = A□Y = prodotto dell'area per la distanza verticale tra il pelo libero e il centro di gravità delle sezioni di deflusso.

$$mq = \frac{Q^2}{g \cdot A}$$

CD = coefficiente di "drag" variabile in funzione della forma delle pile.

F_f = Forza dovuta all'attrito sul fondo e sulle pareti.
Wx = forza peso nella direzione del flusso.
p = pedice di riferimento della sola sezione bagnata delle pile.
Il funzionamento in pressione è simulato mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

$$Q = C \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}$$

dove Q[m^3/s] è la portata defluita attraverso la luce di area A[mq], H[m] è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e C è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard

$$Q = C \cdot L \cdot H^{\frac{3}{2}}$$

dove Q[m^3/s] è la portata defluita sulla soglia di larghezza L[m] e H[m] è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e C è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalcamento del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzanti e defluenti al di sotto dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

8. Portata di riferimento

La portata di riferimento, con periodo di ritorno di 200 anni è:

Superficie A1 0.058 kmq	Q1 = 2.32 mc/s. area scolante corpo discarica
Superficie A2 0.145 kmq	Q2 = 5.8 mc/s. rio Calcinara tratto sud
Superficie A3 0.203 kmq	Q3 = 8.12 mc/s. somma A1+A2

Nel dettaglio nella verifica della sistemazione del rio calcinara è stata applicata alla sezione 14 il valore di portata derivante dal bacino A2 Q=5.8 mc/s. dalla sezione 9.1 viene aggiunto il contributo del bacino A1 (area scolante corpo discarica) con A1+A2 Q=8.12 mc/s.

9. Parametri idraulici

9.1 Parametri di scabrezza:

Nella modellazione di moto permanente monodimensionale il parametro di scabrezza per il tronco fluviale in alveo naturale a monte della tombiantura porta in conto la natura, le condizioni vegetazionali e di manutenzione dell'alveo e delle sponde e le macro-resistenze dovute alla

variabilità longitudinale della geometria o a possibili variazioni brusche del perimetro bagnato al crescere della portata.

Nella configurazione attuale e di progetto, il parametro di scabrezza di Gauckler-Strickler è stato assunto pari a 30 $m^{1/3}s^{-1}$ (corrispondente ad un valore del coefficiente di Manning pari a 0,033 $m^{-1/3}s$, tipico di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo).

Mentre per il tratto in struttura (tratto preponderante), il parametro di scabrezza di Gauckler-Strickler è stato assunto pari a 35 $m^{1/3}s^{-1}$ (corrispondente ad un valore del coefficiente di Manning pari a 0,029 $m^{-1/3}s$, tipico dei tratti urbanizzati con argini cementati e platea di fondo.

La tabella allegata (in letteratura) assegna per le pareti in calcestruzzo un Ks=50 (n=0.020) che penso sia il valore limite da assegnare.

Tabella 1 – Scabrezza secondo Gauckler Strickler.

Tipologia del corso d'acqua	Strickler Ks = 1ln (m^{1l3} s^{-1})
CORSI D'ACQUA MINORI (Raggio idraulico ÷ 2 m; larghezza in piena < 30 m)	
Corsi d'acqua di pianura	
- alvei con fondo compatto, senza irregolarità	45-40
- alvei regolari con vegetazione erbacea	30-35
- alvei con ciottoli e irregolarità modeste	25-30
- alvei fortemente irregolari	25-15
Torrenti montani	
- fondo alveo con prevalenza di ghiaia e ciottoli, pochi grossi massi	30-25
- alveo in roccia regolare	30-25
- fondo alveo con ciottoli e molti grossi massi	20-15
- alveo in roccia irregolare	20-15
CORSI D'ACQUA MAGGIORI (Raggio idraulico ÷ 4 m; larghezza in piena > 30 m)	
- sezioni con fondo limoso, scarpate regolari a debole copertura erbosa	45-40
- sezioni in depositi alluvionali, fondo sabbioso, scarpate regolari a copertura erbosa	35
- sezioni in depositi alluvionali, fondo regolare, scarpate irregolari con vegetazione arbustiva e arborea	25-30
- in depositi alluvionali, fondo irregolare, scarpate irregolari con forte presenza di vegetazione arbustiva e arborea	20-25
AREE GOLENALI (Raggio idraulico ÷ 1 m)	
- a pascolo, senza vegetazione arbustiva	40-20
- coltivate	50-20
- con vegetazione arbustiva spontanea	25-10
- con vegetazione arborea coltivata	30-20
Alveo artificiale in terra	
- materiale compatto, liscio	60
- sabbia compatta, con argilla o pietrisco	50
- sabbia e ghiaia, scarpata lastricata	50-45
- ghiaietto 10-30 mm	45
- ghiaia media 20-60 mm	40
- ghiaia grossa 50-150 mm	35
- limo in zolle	30
- grosse pietre	30-25
- sabbia, limo o ghiaia, con forte rivestimento vegetale	25-20
Alveo artificiale in roccia	
- con lavorazione accurata	30-25
- con lavorazione media	25-20
- con lavorazione grossolana	20-15
Alveo artificiale in muratura	
- muratura in pietra da taglio	80-70
- muratura accurata in pietra da cava	70
- muratura normale in pietra da cava	60
- pietre grossolanamente squadrate	50

- scarpate lastricate, fondo in sabbia e ghiaia	50-45
Alveo artificiale in calcestruzzo	
- pavimentazione in cemento	100
- calcestruzzo con casseforme metalliche	100-90
- calcestruzzo con intonaco	95-90
- calcestruzzo lisciato	90
- intonaco di cemento intatto	90-80
- calcestruzzo con casseforme in legno, senza intonaco	70-65
- calcestruzzo costipato, superficie liscia	65-60
- calcestruzzo vecchio, superficie pulita	60
- rivestimento in calcestruzzo ruvido	55
- superfici irregolari in calcestruzzo	50

La scabrezza relativa ai tratti indagati può essere anche valutata facendo riferimento alla formulazione proposta dal manuale "Open channel hydraulics", Ven te Chow, secondo cui il valore del parametro di Manning è dato dalla combinazione del peso dei singoli fattori di tab 2 secondo la formulazione:

$n = (n0 + n1 + n2 + n3 + n4)\ m5,$

$n=(0.024+0.00+0.0+0.0+0.005)*1 = 0.029$

(valore in linea con quanto inserito nella verifica idraulica)

La definizione dei singoli parametri presenti nella formula di calcolo è stata condotta applicando un criterio per quanto possibile oggettivo in considerazione dello stato dei luoghi; i valori dei singoli parametri sono stati attribuiti sulla base criteri riportati a seguire, avendo definito un approccio tale da garantire la coerenza tra i valori risultanti dalla formula di calcolo con quanto generalmente riscontrabile in letteratura.

n0, materiale costituente il fondo: si è fatto riferimento alle evidenze di sopralluogo, essendo la sezione in calcestruzzo è stato attribuito il valore n0 pari a 0,024, alluvione fine essendo quest'ultimo il parametro più similare alla porosità del calcestruzzo;

n1, irregolarità della superficie della sezione: il parametro è stato assunto 0,000 (trascurabile) in quanto le sezioni sono regolari.

n2, variazione della forma e della dimensione della sezione trasversale: ricordando che le perdite di carico dovute a contrazione ed espansione del flusso sono già tenute in conto dal codice di calcolo mediante gli appositi coefficienti e riscontrando comunque una buona regolarità della sezione il parametro è stato assunto pari a 0,000 (graduale).Tale valore è stato mantenuto costante per tutte le sezioni di calcolo.

n3, effetto relativo di ostruzioni: le sezioni come si evince dalla documentazione fotografica sono pulite da detriti e vegetazione; pertanto il valore del parametro n3 è stato assunto pari a 0 per tutte le sezioni di calcolo.

n4, effetto della vegetazione: è stato attribuito un parametro n4 pari a 0,005 (effetto della vegetazione "basso") per tenere conto del materiale plastico presente oggi in alveo anche se in realtà questo materiale leggero non dovrebbe essere presente.

m5, grado di sinuosità: il valore del parametro m5 è stato assunto pari ad 1 essendo il canale con sviluppo prevalentemente rettilineo.

Tabella 2 – Valori dei singoli parametri per il calcolo del coefficiente di scabrezza globale.

Condizioni dell'alveo		Valori	
Materiale costituente l'alveo	Terra	n_0	0.020
	Roccia		0.025
	Alluvione grossolana		0.028
	Alluvione fine		0.024
Irregolarità della superficie della sezione	Trascurabile	n_1	0.000
	Bassa		0.005
	Moderata		0.010
	Elevata		0.020
Variazione della forma e della dimensione della sezione trasversale	Graduale	n_2	0.000
	Variazione occasionalmente		0.005
	Variazione frequente		0.010-0.015
Effetto relativo di ostruzioni	Trascurabile	n_3	0.000
	Modesto		0.010-0.015
	Apprezzabile		0.020-0.030
	Elevato		0.040-0.060
Effetto della vegetazione	Basso	n_4	0.005-0.010
	Medio		0.010-0.025
	Alto		0.025-0.050
	Molto alto		0.050-0.100
Grado di sinuosità dell'alveo	Modesto	m_5	1.000
	Apprezzabile		1.150
	Elevato		1.300

Si riporta di seguito ulteriore tabella in letteratura dei coefficienti di Mannin tratto da Chow

VALORI DEL COEFFICIENTE DI RESISTENZA DI MANNING: n ($s/m^{1/3}$) DA [CHOW V. T.,1959] CANALI

tipo di superficie	Minimo	Normale	Massimo
GALLERIA O CONDOTTO A PELO LIBERO DI			
acciaio flangiato o saldato	0.010	0.012	0.014
ghisa rivestito	0.010	0.013	0.014
ghisa non rivestito	0.011	0.014	0.016
lamiera ondulata (acque chiare)	0.017	0.019	0.021
lamiera ondulata (acque con detriti)	0.021	0.024	0.030
plastica	0.008	0.009	0.010
vetro	0.009	0.010	0.013
calcestruzzo (acque chiare)	0.010	0.011	0.013
calcestruzzo con manufatti (acque con detriti)	0.011	0.013	0.014
gres vetrificato	0.011	0.014	0.017
gres vetrificato con manufatti	0.013	0.015	0.017
mattoni vetrificati	0.011	0.013	0.015
mattoni con intonaco	0.012	0.015	0.017
pietrame con giunti stilati	0.018	0.025	0.030
CANALI RIVESTITI IN			
acciaio (canalette)	0.011	0.012	0.017
lamiera ondulata	0.021	0.025	0.030
legno con buon grado di finitura	0.010	0.012	0.015
legno grezzo	0.012	0.015	0.018
calcestruzzo lisciato	0.011	0.013	0.015
calcestruzzo grezzo	0.014	0.017	0.020
conglomerato bituminoso lisciato		0.013	
conglomerato bituminoso grezzo		0.016	
mattoni vetrificati	0.011	0.013	0.015
mattoni con intonaco	0.012	0.015	0.018
pietrame con giunti stilati	0.018	0.025	0.030
scogliera	0.023	0.032	0.035
gunite (sezione di scavo regolarizzata)	0.016	0.019	0.023
gunite (sezione irregolare)	0.018	0.022	0.025
erba	0.030		0.500
CANALI CON FONDO REGOLARIZZATO E SPONDE IN			
pietrame ben sistemato con giunti stilati	0.015	0.017	0.020
pietrame con giunti stilati	0.017	0.020	0.024
blocchi di calcestruzzo ben accostati	0.020	0.025	0.030
scogliera	0.020	0.030	0.035

CANALI CON FONDO IN GHIAIA E SPONDE IN			
lastre di calcestruzzo	0.017	0.020	0.025
pietrame con giunti stilati	0.020	0.023	0.026
scogliera	0.023	0.033	0.036
CANALI IN TERRA NON RIVESTITI			
rettilinei, non vegetati, buona manutenzione	0.016	0.018	0.020
rettilinei, non vegetati, mediocre manutenzione	0.018	0.022	0.025
rettilinei, non vegetati, con ghiaia	0.022	0.025	0.030
rettilinei, poco inerbiti, rare alghe	0.022	0.027	0.033
ALVEI IN TERRA REGOLARIZZATI O ROGGE			
non vegetati	0.023	0.025	0.030
poco inerbiti, rare alghe	0.025	0.030	0.033
molto vegetati, molte alghe	0.028	0.030	0.035
con sponde in pietrame	0.028	0.030	0.035
con sponde ben inerbite	0.025	0.035	0.040
con fondo in ciotoli e sponde non vegetate	0.030	0.040	0.050
CANALI MANTENUTI CON DRAGAGGIO			
non vegetati	0.025	0.028	0.033
poco inerbiti, rare alghe	0.035	0.050	0.060
ALVEI IN ROCCIA			
con sezione ben regolarizzata	0.025	0.035	0.040
irregolari	0.035	0.040	0.050
CANALI IN TERRA RINATURALIZZATI (CON ALGHE E CESPUGLI)			
con sezione interamente occupata da alghe	0.050	0.080	0.120
con rare alghe e sponde mediamente cespugliate	0.045	0.070	0.110
con alghe e sponde fortemente cespugliate	0.080	0.100	0.140

9.2 Coefficienti contrazione ed espansione:

I coefficienti di contrazione ed espansione vengono usati per il calcolo delle perdite dovute alle transizioni d'alveo, intendendo con il termine "transizione" cambiamenti nella geometria delle sezioni d'alveo, siano essi restringimenti, allargamenti o presenza di manufatti, quali ponti o coperture.

In particolare si definisce un coefficiente di contrazione quando il carico cinetico nella sezione a valle di un ponte è maggiore del carico cinetico nella sezione a monte del restringimento. Viceversa, quando il carico cinetico nella sezione del restringimento è maggiore del carico cinetico della sezione dell'allargamento, ovvero della sezione di valle, si ha un'espansione del

flusso della corrente: si definisce in questo caso un coefficiente di espansione.

I tipici valori assunti in un regime subcritico dai coefficienti di contrazione ed espansione sono riportati in tabella.

	Contrazione	Espansione
Assenza di transizioni	0	0
Transizioni graduali	0.1	0.3
Sezioni in prossimità di ponti	0.3	0.5
Cambiamenti repentini	0.6	0.8

Tabella coefficienti di espansione e contrazione

Lungo l'intero tratto sono state individuate delle sezioni trasversali principali, numerate in senso crescente da valle verso monte, in funzione delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (larghezza, pendenza, curve, presenza di manufatti ecc.) altre ad ulteriori sezioni intermedie per meglio definire le situazioni particolari.
Dato il carattere torrentizio del corso d'acqua in esame, la verifica è stata eseguita integrando il profilo per entrambe le condizioni e più precisamente di corrente veloce da monte verso valle, imponendo come condizioni al contorno la profondità critica in tutte le sezioni.

10 Modellazione idraulica

La verifica idraulica è stata effettuata con i valori di portata precedentemente calcolati, le sezioni geometriche impiegate nei calcoli sono state desunte dal rilievo planoaltimetrico allegato TAV. 8i e TAV. 9i con rilievo delle sezioni tipiche in sito.

Dalla modellazione si evince che il deflusso delle portate di verifica è in condizioni di corrente veloce tipica del canale in struttura (Si vedano i dati riportati in tabella nell'Allegato I). Si è assunta l'altezza critica come condizione al contorno iniziale e finale per tutti i profili.

11 analisi dei risultati sistemazione Rio Calcinara

Si riportano in allegato i risultati delle elaborazioni sottolineando che le verifiche eseguite hanno dimostrato che le sezioni sono sufficienti allo smaltimento della portata di piena in conformità alle prescrizioni del piano di bacino.
I risultati delle verifiche idrauliche sono riassunti in forma numerica e grafica nei sotto specificati allegati.

ALLEGATO I

Tabulati verifiche

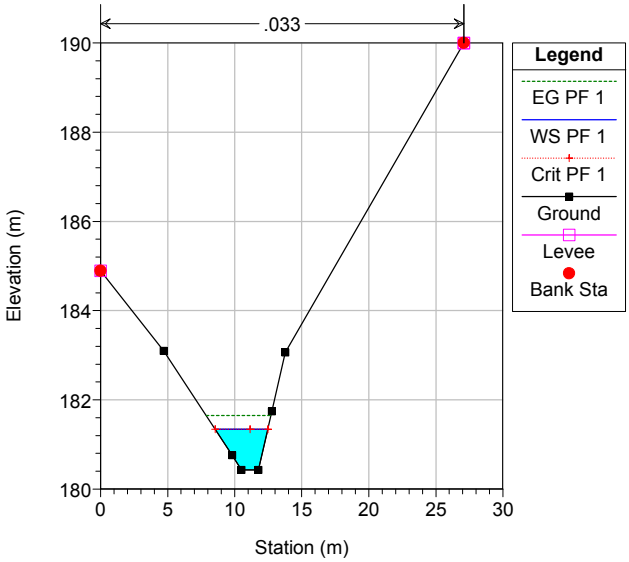
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: 1 Reach: Calcinara Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Calcinara	1	PF 1	8.12	170.61	171.88	171.88	172.16	0.006737	2.35	3.46	6.26	1.01
Calcinara	2	PF 1	8.12	176.80	177.43	177.43	177.73	0.006710	2.41	3.37	5.68	1.00
Calcinara	2.1	PF 1	8.12	176.90	177.65	177.65	178.02	0.007972	2.71	3.00	4.00	1.00
Calcinara	3	PF 1	8.12	177.00	177.75	177.75	178.12	0.008025	2.71	2.99	4.00	1.00
Calcinara	3.1	PF 1	8.12	177.00	177.76	177.75	178.12	0.007522	2.66	3.06	4.00	0.97
Calcinara	4	PF 1	8.12	177.00	177.89	177.75	178.15	0.004875	2.29	3.54	4.00	0.78
Calcinara	4.1	PF 1	8.12	177.03	178.02	178.02	178.46	0.008324	2.96	2.75	3.05	1.00
Calcinara	5	PF 1	8.12	177.27	178.26	178.26	178.71	0.008376	2.97	2.74	3.04	1.00
Calcinara	5.1	PF 1	8.12	177.64	178.62	178.62	179.08	0.008476	2.98	2.73	3.04	1.00
Calcinara	6	PF 1	8.12	177.96	178.94	178.94	179.39	0.008312	2.96	2.74	3.11	1.01
Calcinara	6.1	PF 1	8.12	178.23	179.22	179.22	179.66	0.008329	2.96	2.74	3.05	1.00
Calcinara	7	PF 1	8.12	178.68	179.67	179.67	180.12	0.008286	2.95	2.75	3.05	0.99
Calcinara	7.1	PF 1	8.12	178.70	180.06	179.44	180.15	0.001096	1.37	5.92	4.74	0.39
Calcinara	8	PF 1	8.12	178.70	180.06	179.44	180.16	0.001087	1.37	5.94	4.74	0.39
Calcinara	8.1	PF 1	8.12	179.50	180.24	180.24	180.59	0.007202	2.62	3.10	4.40	1.00
Calcinara	9	PF 1	8.12	179.50	180.59	179.93	180.62	0.000344	0.79	10.30	9.74	0.24
Calcinara	9.1	PF 1	8.12	179.50	180.58	179.98	180.63	0.001137	0.93	8.71	8.32	0.29
Calcinara	10	PF 1	5.80	180.43	181.34	181.34	181.65	0.015785	2.45	2.37	3.94	1.01
Calcinara	11	PF 1	5.80	184.45	185.22	185.22	185.46	0.014723	2.15	2.70	5.80	1.00
Calcinara	12	PF 1	5.80	185.60	186.46	186.46	186.67	0.015789	2.02	2.87	6.85	0.99
Calcinara	13	PF 1	5.80	186.52	187.40	187.40	187.64	0.014886	2.20	2.64	5.37	1.00
Calcinara	14	PF 1	5.80	189.55	190.22	190.22	190.43	0.015267	2.04	2.85	6.87	1.01

Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

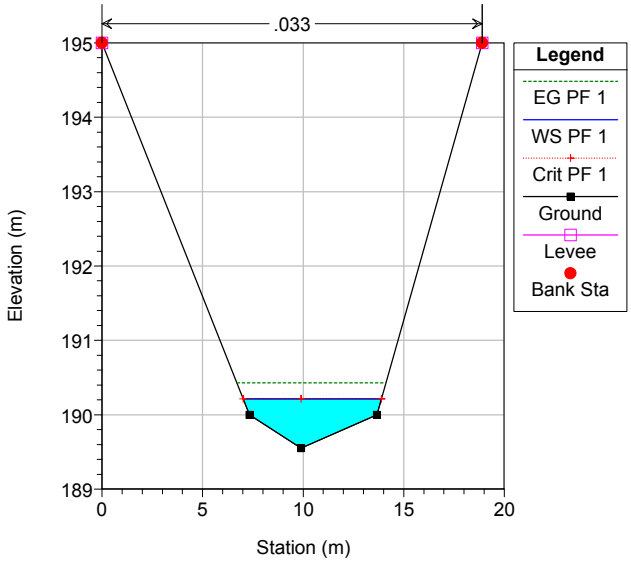
River = 1 Reach = Calcinara RS = 10 RS10 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

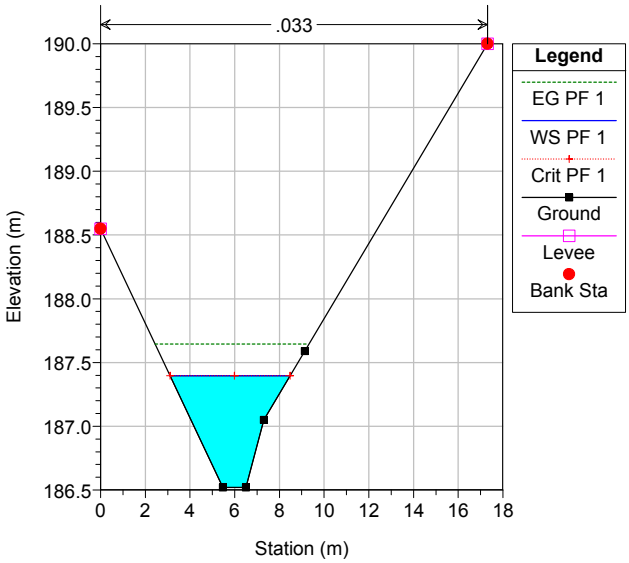
River = 1 Reach = Calcinara RS = 14 RS14 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

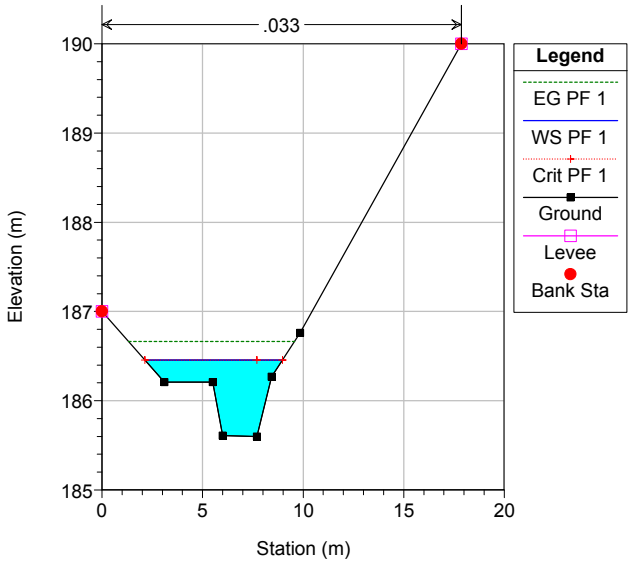
River = 1 Reach = Calcinara RS = 13 RS13 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

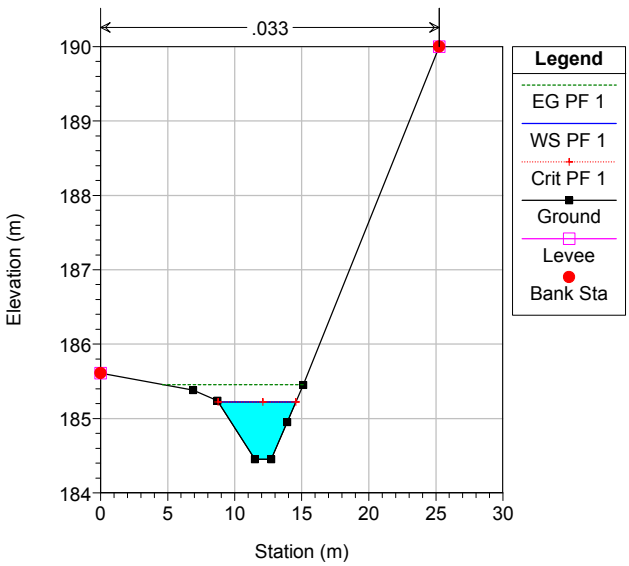
River = 1 Reach = Calcinara RS = 12 RS12 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

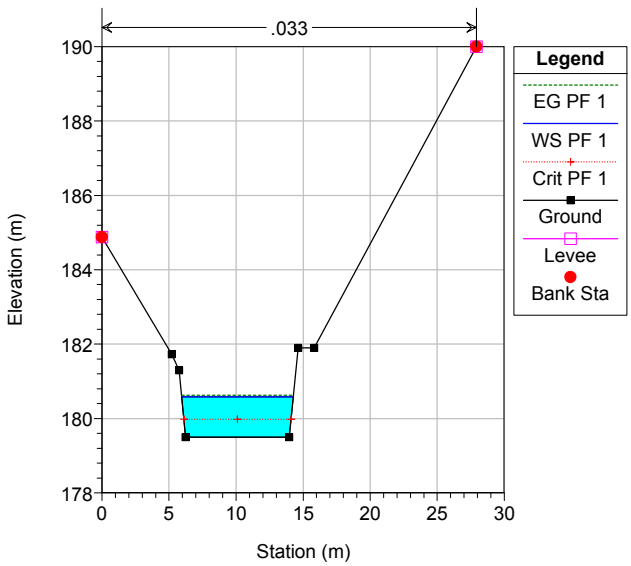
River = 1 Reach = Calcinara RS = 11 RS11 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

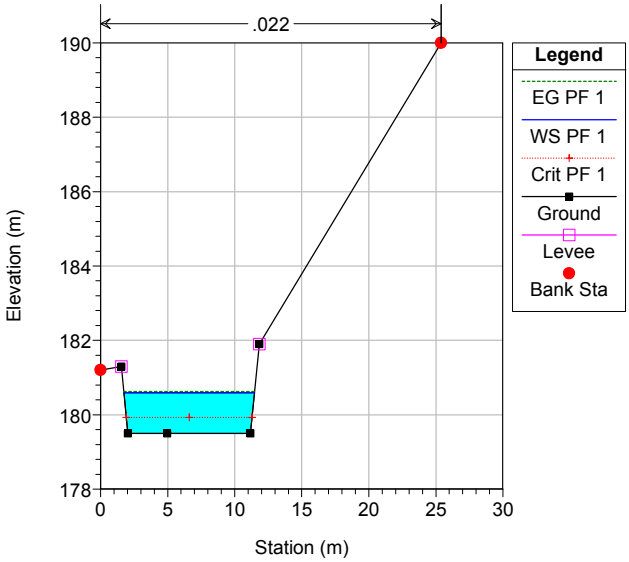
River = 1 Reach = Calcinara RS = 9.1 RS9.1 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

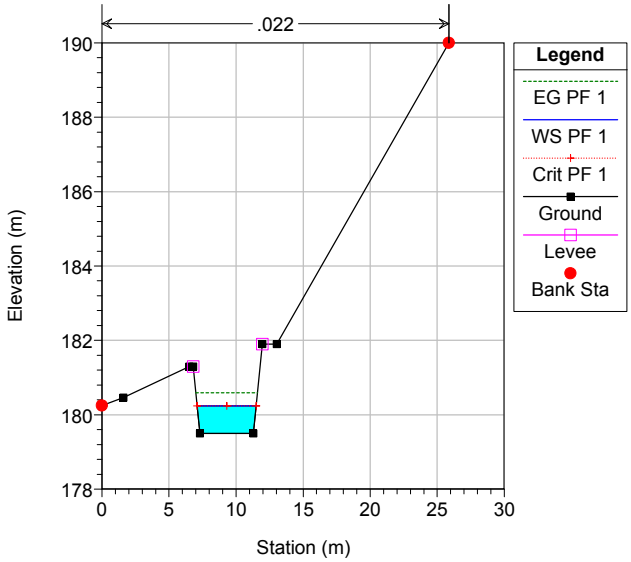
River = 1 Reach = Calcinara RS = 9 RS9.1 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

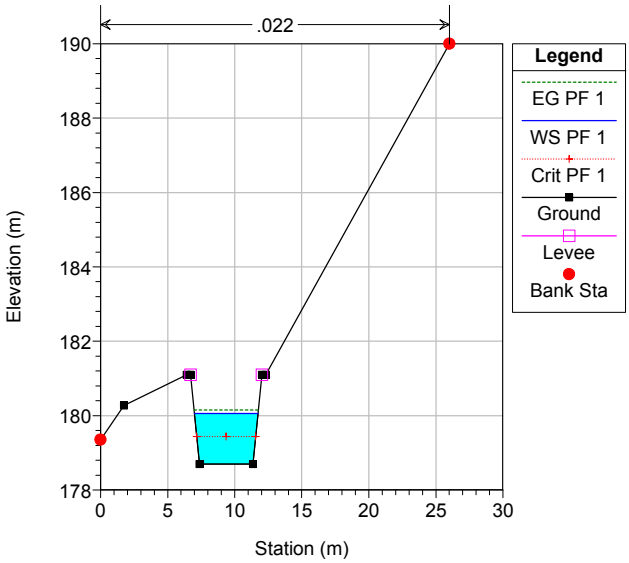
River = 1 Reach = Calcinara RS = 8.1 RS8.1 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

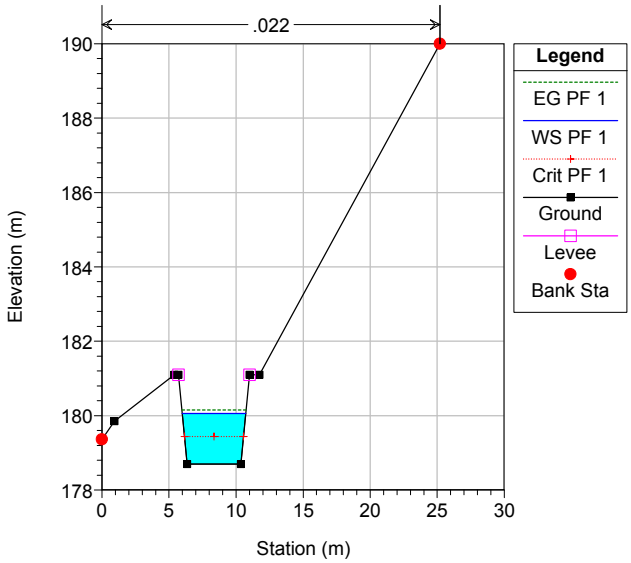
River = 1 Reach = Calcinara RS = 8 RS8 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

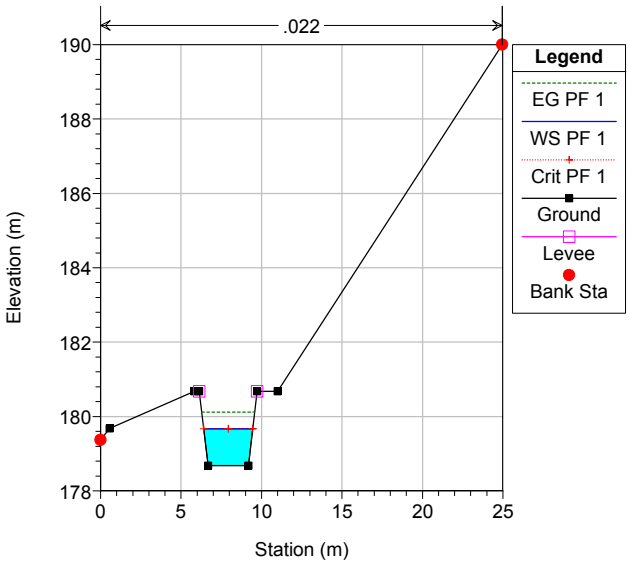
River = 1 Reach = Calcinara RS = 7.1 RS7.1 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

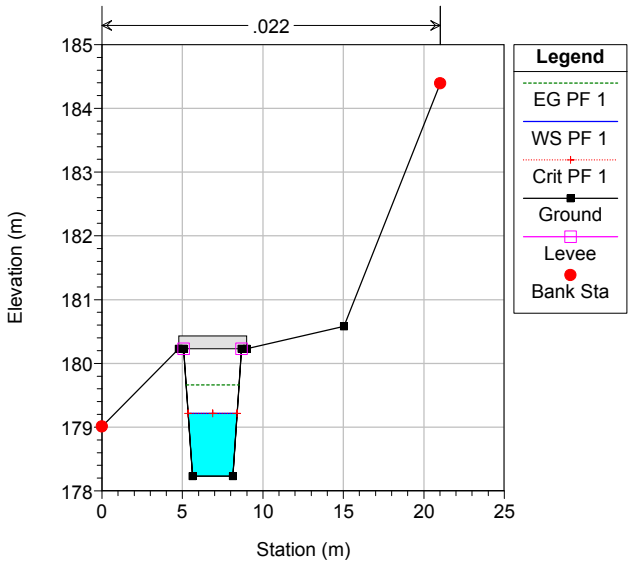
River = 1 Reach = Calcinara RS = 7 RS7 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

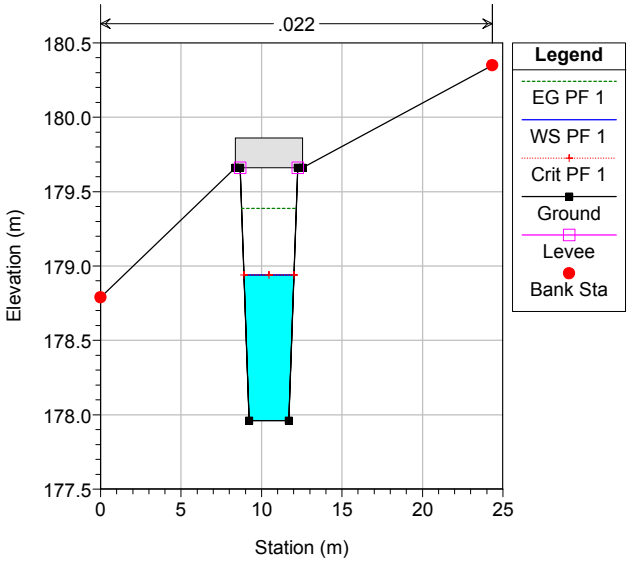
River = 1 Reach = Calcinara RS = 6.1 RS6.1 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

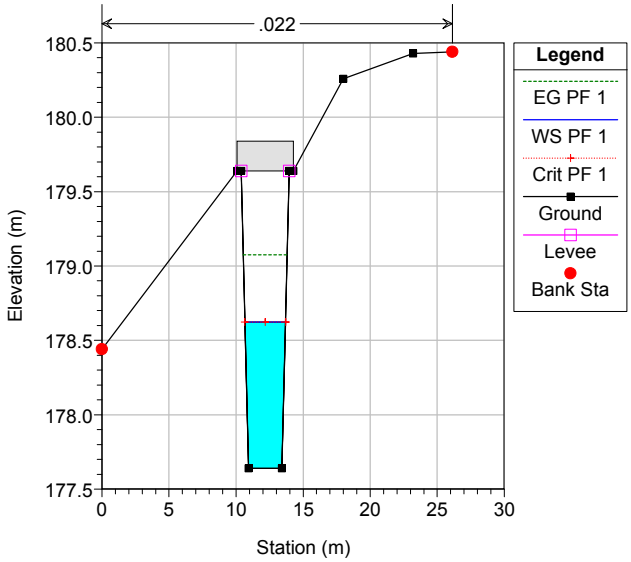
River = 1 Reach = Calcinara RS = 6 RS6 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

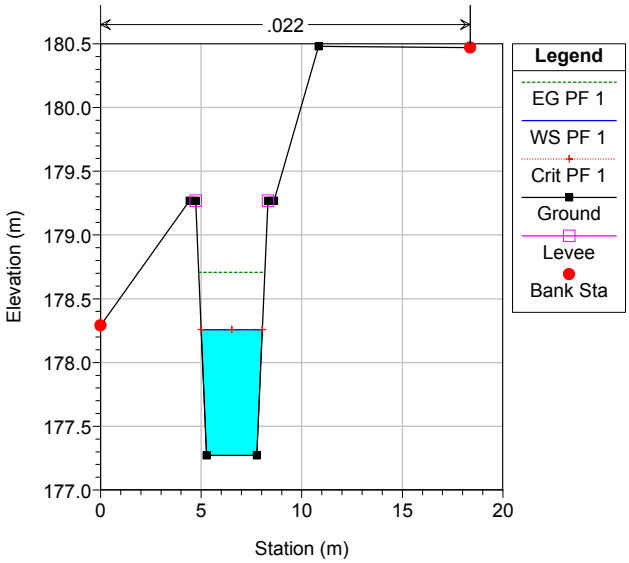
River = 1 Reach = Calcinara RS = 5.1 RS5.1 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

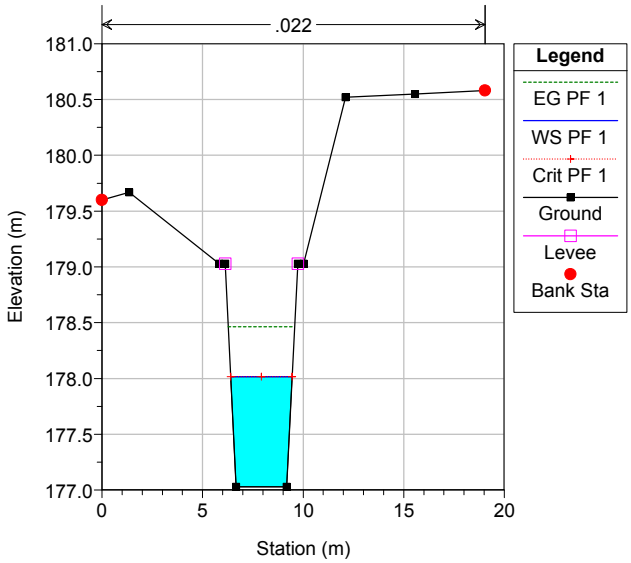
River = 1 Reach = Calcinara RS = 5 RS5 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

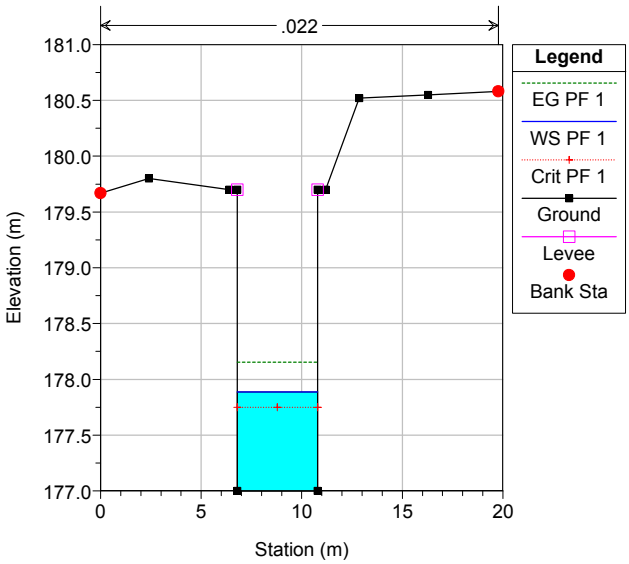
River = 1 Reach = Calcinara RS = 4.1 RS4.1 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

Geom: Calcinara Flow: Flow 01

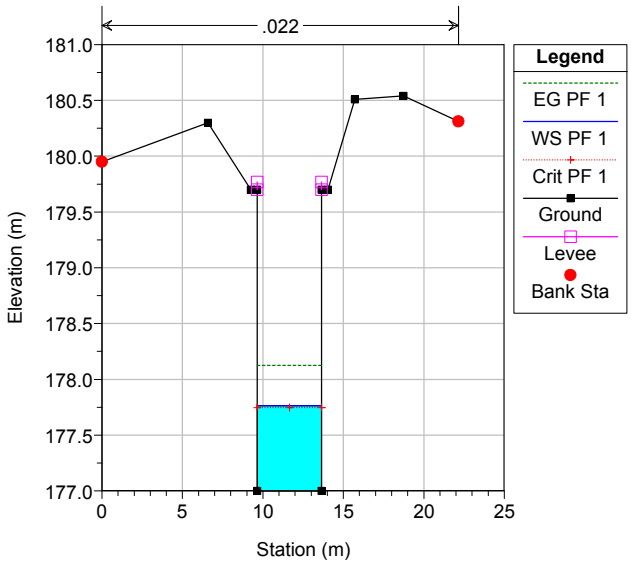
River = 1 Reach = Calcinara RS = 4 RS4 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE

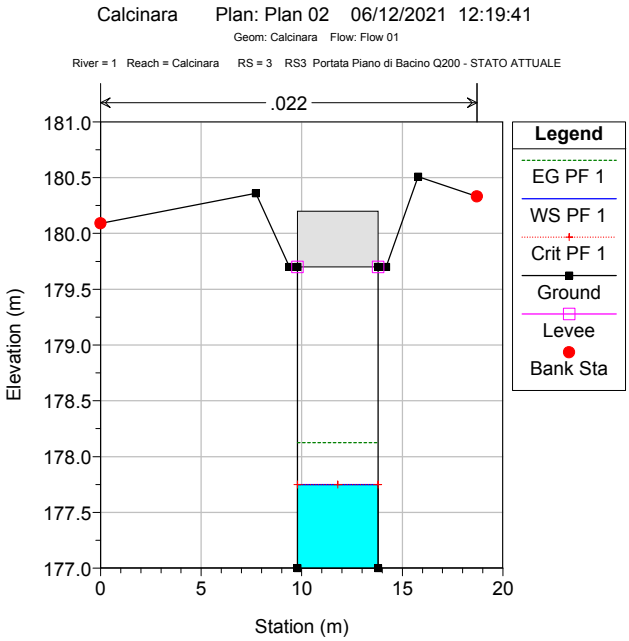


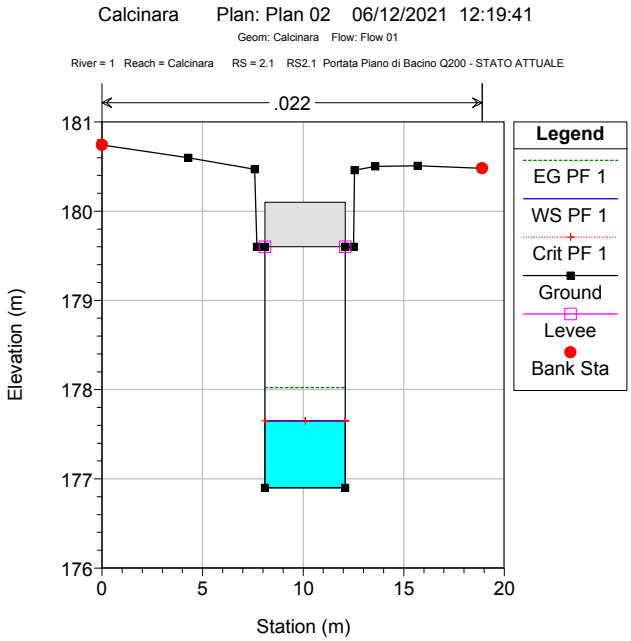
Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41

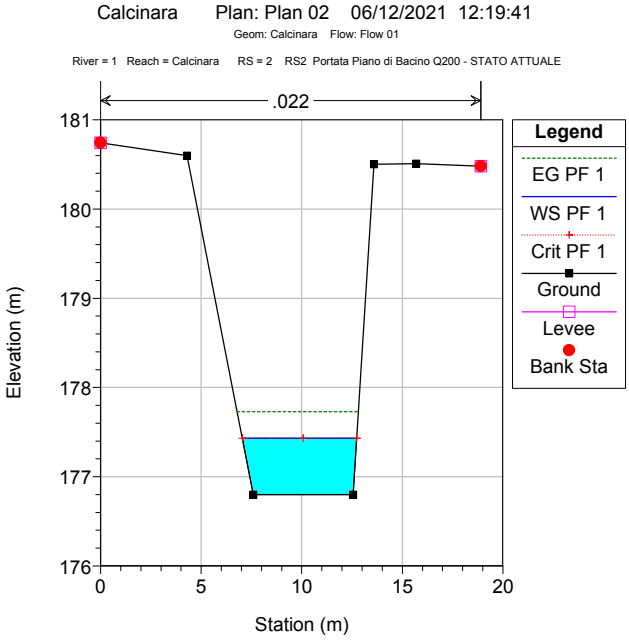
Geom: Calcinara Flow: Flow 01

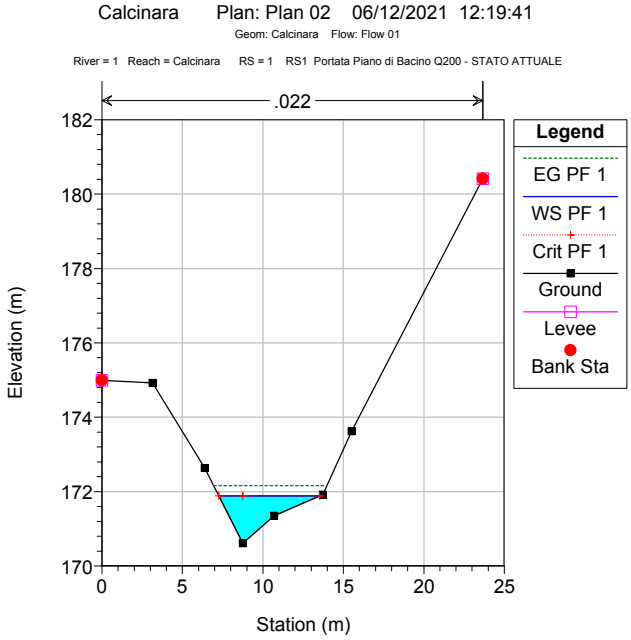
River = 1 Reach = Calcinara RS = 3.1 RS3.1 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE

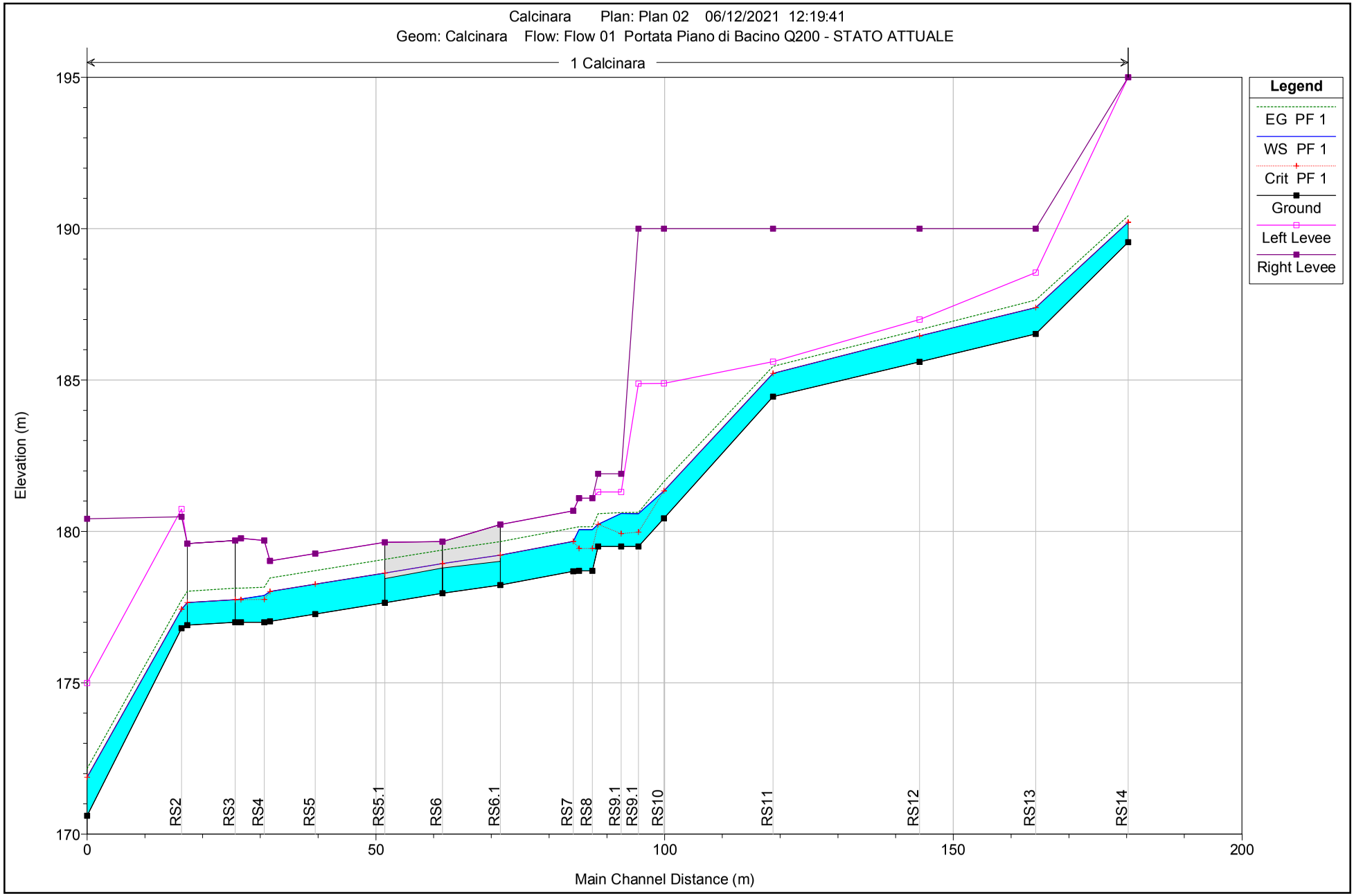



Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41
Geom: Calcinara Flow: Flow 01
River = 1 Reach = Calcinara RS = 3 RS3 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE
.022
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41
Geom: Calcinara Flow: Flow 01
River = 1 Reach = Calcinara RS = 2.1 RS2.1 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE
.022
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41
Geom: Calcinara Flow: Flow 01
River = 1 Reach = Calcinara RS = 2 RS2 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE
.022
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41
Geom: Calcinara Flow: Flow 01
River = 1 Reach = Calcinara RS = 1 RS1 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE
.022
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Levee
Bank Sta
Elevation (m)
Station (m)


Calcinara Plan: Plan 02 06/12/2021 12:19:41
Geom: Calcinara Flow: Flow 01 Portata Piano di Bacino Q200 - STATO ATTUALE
1 Calcinara
Legend
EG PF 1
WS PF 1
Crit PF 1
Ground
Left Levee
Right Levee
Elevation (m)
195
190
185
180
175
170
0
50
100
150
200
Main Channel Distance (m)
RS2
RS3
RS4
RS5
RS5.1
RS6
RS6.1
RS7
RS8
RS9.1
RS9.1
RS10
RS11
RS12
RS13
RS14