COMUNE di MILLESIMO

PROVINCIA DI SAVONA



INTERVENTO DI SISTEMAZIONE FINALE E RECUPERO AMBIENTALE DELLA CAVA "BINE""

COMMITTENTE

BAGNASCO EDOARDO S.r.l.
Via Cosseria 15
17056 - CENGIO (SV)

PROGETTISTI INCARICATI:

Geom. Tomaso Cerruti - Cerruti 1981 S.r.l.
Via Castellani 20 - 17043 Carcare (SV)

Dott. Geol. Marcello Brancucci
Via XX Settembre 5 - 17100 Savona
MARCELLO BRANCUCCI
-Geologo-
Via XX Settembre 5/5 Tel/Fax: 019.2216824
17100 Savona Cell: 347/6021021
E-mail:geologo@marcellobrancucci.it

Ing. Roberto Desalvo - StAigeS Ingegneria S.r.l.
Corso Italia 22/6 - 17100 Savona
StAigeS Ingegneria S.r.l.
Corso Italia 22/6 - 17100 Savona (SV) email: info@staiges.com
tel. 019.80.54.20 p.iva/c.f.: 01582920094

Dott. Fabio Palazzo
Dottore Agronomo, Guida Alpina-maestro di alpinismo
Landscape & Mountain design & planning
Via XX Settembre 28 10A - 16121 Genova

REV.	DATA	DESCRIZIONE
00	OTTOBRE 2019	PRIMA EMISSIONE

DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE DI REGIMAZIONE ACQUE BIANCHE

1 PREMESSA

Il sottoscritto Ing. Desalvo Roberto, amministratore unico e direttore tecnico della StAigeS Ingegneria s.r.l. con sede in Savona Corso Italia n. 22/6, su incarico della Committenza Impresa Bagnasco Edoardo S.r.l. redige la presente relazione inerente il dimensionamento della rete di drenaggio delle acque meteoriche prevista nell'ambito del progetto di sistemazione finale e recupero ambientale della cava denominata Binè, in comune di Millesimo (SV).

2 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI REGIMAZIONE DELLE ACQUE METEORICHE

Come descritto nella relazione illustrativa e facendo riferimento alle tavole di progetto allegate, la ricostruzione del versante meridionale del bric Sardo interessato dalla passata attività estrattiva richiederà la creazione di un riempimento da realizzarsi con terreni sciolti di idonee caratteristiche geotecniche. L'avanzamento dei lavori di ricostruzione saranno accompagnati dalle operazioni di rinverdimento e rinaturalizzazione, secondo le indicazioni fornite dal dott. Fabio Palazzo nella relazione agronomica dedicata.

Durante le fasi di riempimento, nel periodo transitorio in cui il nuovo versante non risulterà ancora protetto dalle nuove piantumazioni, diventa di fondamentale importanza la corretta regimazione delle acque meteoriche, al fine di evitare l'instaurarsi di fenomeni di ruscellamento incontrollato e la conseguente insorgenza di fenomeni erosivi a carico del riempimento in fase di realizzazione.

A tale scopo si prevede la creazione di una rete di drenaggio costituita da due canalette scavate in terra che seguono l'andamento delle piste di arroccamento lungo il lato di monte delle stesse. In corrispondenza dei cambi di direzione delle piste, si provvederà all'attraversamento delle stesse mediante solchi in terra opportunamente raccordati con il piano stradale per consentire il transito dei mezzi d'opera. Le due canalette confluiscono in un'unico canale alla quota +495 m s.l.m. che segue la pista di accesso fino alla vasca di sedimentazione posta alla quota +445 m, immediatamente prima dell'immissione delle acque drenate nel rio Sardo.

Data l'estensione del versante oggetto di ripristino, si ritiene opportuno inserire ulteriori canali di drenaggio intermedi che consentano di limitare al massimo il ruscellamento delle acque sul versante stesso e convogliano le portate drenate verso le canalette principali.

Le canalette di drenaggio avranno sezione trapezia di dimensioni tali da consentire lo smaltimento delle portate calcolate con tempi di ritorno pari minimo a 20 anni. Le valutazioni sono state estese a periodi di ritorno anche più elevati (100 e 200 anni), comunque significativi alla luce degli eventi piovosi estremi che si manifestano con cadenza ormai annuale.

3 IL BACINO IDROGRAFICO E CALCOLO DELLE PORTATE DI PROGETTO

Il bacino idrografico utilizzato per la valutazione delle portate di progetto coincide con l'areale di cava Binè interessato dalle passate operazioni di escavazione e dal conseguente ripristino. L'area risulta pari a circa 0,05 kmq

Le portate di progetto relative al bacino di cava Binè, sotteso alla rete di drenaggio oggetto di verifica, sono state determinate secondo la metodologia indicata nella *"Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica"* emessa ai sensi dell'art. 10 delle Norme di Attuazione del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI), nel seguito indicata brevemente come *Direttiva piene*.

- ***Stima del tempo di corrivazione***

La stima del tempo di corrivazione per il bacino è stata effettuata mediante l'applicazione di diverse formule empiriche di utilizzo corrente, riportate nella seguente **Tabella 1**, in cui:

A = superficie del bacino=0,05 kmq;

L = lunghezza del percorso idraulicamente più lungo del bacino=0,73 km;

H_m = altitudine media del bacino (m s.l.m.);

H_0 = altitudine della sezione di chiusura = 448 m s.l.m.;

Hmax = altitudine massima del bacino (m s.l.m.);

p = pendenza media dei versanti;

p_f= pendenza media fiume;

i = pendenza media dell'asta torrentizia.

La sezione di chiusura del bacino è stata posta in corrispondenza della vasca di sedimentazione, in cui vengono convogliate tutte le acque meteoriche drenate lungo il versante.

I risultati dell'applicazione delle formulazioni sopra riportate sono indicati nella **Tabella 2**. Il tempo di corrivazione utilizzato per il calcolo delle portate è stato infine determinato come media sui valori ottenuti, escludendo gli estremi inferiore e superiore. Il risultato è pari a **0,22 h**.

Giandotti	$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1{,}5\,L}{0.8\sqrt{H_m} - H_0}$
Ventura	$t_c = 0{,}127\sqrt{\frac{A}{i}}$
Pezzoli	$t_c = 0{,}055\frac{L}{\sqrt{i}}$
Kirpich	$t_c = 0{,}066\frac{L^{0{,}77}}{p}$

Tournon	$t_c = \frac{0{,}396\,L}{\sqrt{i}} \left(\frac{A}{L^2} \sqrt{\frac{i}{p}} \right)^{0{,}72}$
Puglisi	$t_c = 6\mathrm{L}^{2/3} \left(H_{max} - H_{min} \right)^{-1/3}$
Merlo	$t_c = 0{,}396 \frac{L}{\sqrt{p}} \left(\frac{A}{L^2} \sqrt{\frac{p_f}{p}} \right)^{0{,}72}$

Tabella 1: formule utilizzate per la stima del tempo di corrivazione.

Giandotti	*0,36*
Ventura	*0,08*
Pezzoli	*0,11*
Kirpich	*1,07*
Tournon	*0,41*
Puglisi	*0,12*
Merlo	*0,11*

Tabella 2: tempi di corrivazione (espressi in ore) derivanti dall'applicazione delle formule indicate in **Tabella 1**.

- ***Determinazione delle portate di progetto – metodo razionale***

La stima delle portate con assegnato tempo di ritorno è stata effettuata a partire dalle osservazioni pluviometriche relative al bacino idrografico chiuso alla sezione di interesse, con successiva applicazione del modello afflussi-deflussi nella forma del *metodo razionale*:

$$Q = 0{,}28\,ciA$$

dove:

Q = portata al colmo (m^3/s);

c = coefficiente di deflusso;

i = intensità di pioggia (mm/h);

A = superficie del bacino (km^2).

Data l'assenza di strumenti di misura delle precipitazioni intense all'interno del bacino idrografico del rio Sardo, per la valutazione delle altezze di pioggia riferite ai diversi periodi di ritorno (20, 100, 200 e 550 anni) si è fatto ricorso all'interpolazione spaziale dei parametri *a* ed *n* delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica ($h(t)=a*t_n$) effettuata con il metodo di Kriging, discretizzati in base ad un reticolo di 2 km di lato. Con riferimento all'Allegato 3 alla *Direttiva piene* (relativo alla distribuzione spaziale delle precipitazioni intense) ed alla **Figura 1** seguente, nella quale è riportata la sovrapposizione tra il bacino del rio Sardo (all'interno del quale ricade il sito di cava Binè) e la griglia di discretizzazione precedentemente citata, è stato possibile individuare gli squadri di interesse all'interno dei quali ricade il bacino stesso e calcolare di conseguenza i parametri *a* ed *n* come media dei corrispondenti valori relativi ai singoli squadri secondo quanto riportato nella seguente **Tabella 3.**

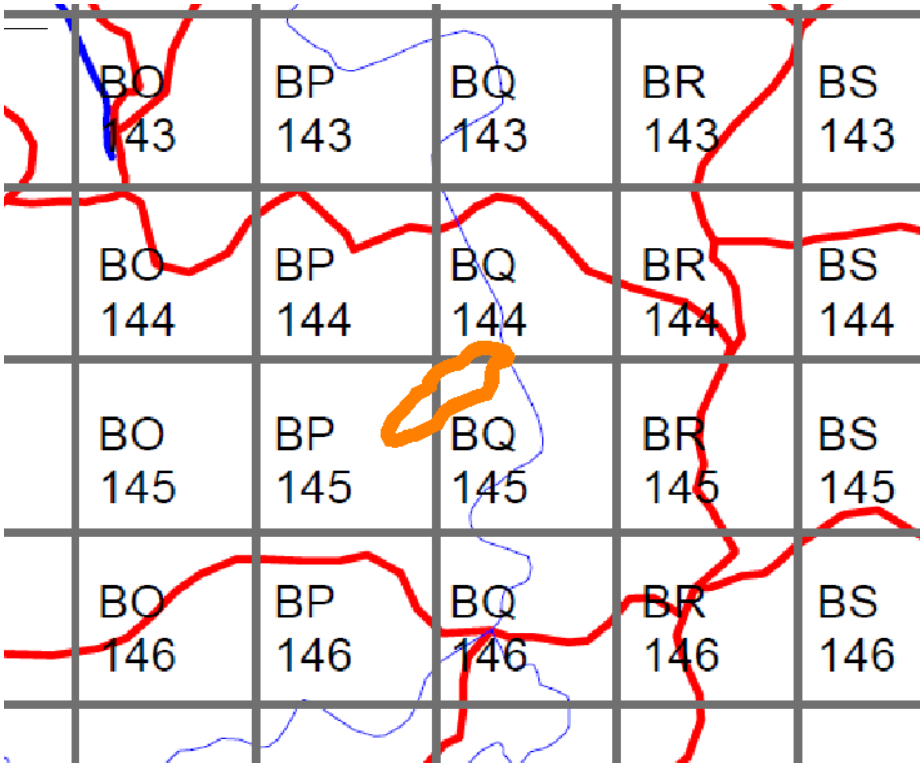


Figura 1: posizionamento del bacino di cava Binè nella griglia di discretizzazione.

L'intensità di pioggia relativa ai diversi periodi di ritorno risulta derivabile dall'altezza di pioggia precedentemente calcolata, ipotizzando una durata pari a quella del tempo di corrivazione del bacino idrografico.

	T=20		T=100		T=200		T=500	
	a	n	a	n	a	n	a	n
BP145	*41.070*	*0.419*	*52.860*	*0.415*	*57.900*	*0.414*	*64.540*	*0.413*
BQ145	*42.360*	*0.419*	*54.510*	*0.415*	*59.720*	*0.413*	*66.580*	*0.412*
BP144	*42.570*	*0.422*	*54.900*	*0.419*	*60.160*	*0.418*	*67.100*	*0.418*
BQ144	*43.700*	*0.419*	*56.380*	*0.414*	*61.800*	*0.413*	*68.950*	*0.412*
BP146	*39.810*	*0.424*	*51.090*	*0.420*	*55.910*	*0.419*	*62.260*	*0.418*
BQ146	*40.890*	*0.424*	*52.450*	*0.421*	*57.410*	*0.419*	*63.940*	*0.418*
MEDIA	**41.73**	**0.421**	**53.70**	**0.417**	**58.82**	**0.416**	**65.56**	**0.415**

Tabella 3: parametri a ed n delle curve di possibilità pluviometrica

Nella **Tabella 4** seguente si riporta una sintesi delle grandezze utilizzate per la determinazione delle portate al colmo del rio Sardo per i diversi periodi di ritorno ed i corrispondenti valori delle portate di progetto.

La stima del coefficiente di deflusso *c* indicato nelle tabelle precedentemente riportate è stata effettuata utilizzando il metodo SCS.

T_ritorno	***20***	***100***	***200***
h(T) (mm)	*22,14*	*28,65*	*31,45*
i(T) (mm/h)	*99,73*	*129,07*	*141,65*
C (-)	*0,51*	*0,58*	*0,60*
Q (m^3/s)	***0,71***	***1,05***	***1,20***

Tabella 4: grandezze utilizzate nel calcolo delle portate al colmo e portate di progetto

Il coefficiente di deflusso di un bacino è definibile come la quota parte di pioggia che raggiunge la sezione interessata, e ottenibile dal seguente rapporto:

$$c = \frac{P_e}{h(T)}$$

dove P_e rappresenta la *precipitazione efficace* e $h(t_c)=at^n$ è la precipitazione totale precedentemente calcolata sulla base del reticolo geografico dei parametri *a* ed *n*. Tali parametri possono essere stimati mediante le seguenti formule:

$$P_e = \frac{P_n^2}{P_n + S} \qquad P_n = P - I_A \qquad I_A = k_{ia} S$$

dove:

- P = pioggia totale (mm);
- P_e = pioggia efficace (mm);
- P_n = pioggia netta (mm);
- S = capacità idrica massima del suolo (mm);
- I_A = perdite iniziali (mm);
- k_{ia} = coefficiente di perdite iniziali.

Applicando le formule sopra riportate, si può risalire al valore del coefficiente di deflusso richiesto per ogni tempo di ritorno desiderato.

Per il calcolo di IA si è considerato un coefficiente di perdite iniziali pari al 10% della capacità idrica massima del suolo S, operando a favore di sicurezza e in modo tale da mantenere sufficientemente elevata la portata in deflusso alla sezione.

La definizione di S dipende dalla classe del tipo di suolo presente nel bacino. I tipi di suoli definiti nel metodo SCS sono i seguenti:

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

grossolana, quali limi sabbiosi;

- C: infiltrazione lenta, per suoli con tessitura fine, quali argille limose, deboli strati di limo sabbioso, suoli con debole contenuto organico;
- D: infiltrazione molto lenta, per argille plastiche e compatte.

Volendo operare a favore di sicurezza, si è ipotizzato un **CN** pari a **77**, sulla base della **Tabella 5**.

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

Tabella 5: valori di CN a seconda del tipo di suolo.

I risultati ottenuti per il calcolo del coefficiente di deflusso sono riportati nella seguente **Tabella 6.**

Tr	*20*	*100*	*200*
CN	*77*	*77*	*77*
S	*75,87*	*75,87*	*75,87*
Ia	*7,59*	*7,59*	*7,59*
Pe	*50,54*	*74,78*	*85,62*
c	***0,51***	***0,58***	***0,60***

Tabella 6: risultati per il coefficiente di deflusso e i vari parametri del metodo SCS .

4 DIMENSIONAMENTO DEL CANALE A PELO LIBERO

La verifica della correttezza dimensionale delle canalette è avvenuta mediante l'applicazione della formula di Chezy per le correnti a pelo libero in moto uniforme, con il coefficiente di scabrezza espresso secondo la formula di Gaukler-Strikler:

$$V=K_s \times R^{1/6} \times (R \times j)^{1/2}$$

dove:

V= velocità media (m/s);

Ks= coefficiente di scabrezza di Gaukler-Strikler ($m^{1/3}s^{-1}$);

R= raggio idraulico (m);

j= pendenza della linea del carico totale.

Ipotizzando una sezione trapezia con base inferiore pari a 1 m, base superiore pari a 1,2 m ed altezza pari a 0,3 m, per un canale di lunghezza pari a 350 m (corrispondente alla lunghezza del tratto di canale che costeggia la pista di accesso nella sua parte terminale, prima dello sbocco nella vasca di sedimentazione) che presenta un dislivello di 45,5 m tra sezione di inizio e sezione finale, si ottiene che la canaletta ipotizzata risulta sufficiente a garantire lo smaltimento delle portate di progetto, anche per valori di Ks molto conservativi. Nell'**Allegato 1** si riporta il risultato della verifica effettuata per Ks=15 $m^{1/3}s^{-1}$.

Savona, Ottobre 2019

Il Tecnico

Ing. Desalvo Roberto

ALLEGATO 1

	Tr 20	Tr 100	Tr 200
Portata progetto [mc/s]	0.71	1.05	1.2
Portata progetto [l/s]	710	1050	1200

Canale trapezio

B minore [m]	1
B maggiore[m]	1.2
H [m]	0.3
Franco F [m]	0.1
Ks	15

Quota partenza	Quota arrivo	Lunghezza	Differenza	Pendenza	Ri	v	Q smaltibile	
[m.s.l.m.m.]	[m.s.l.m.m.]	[m]	[m]	[m/m]	[m]	[m/s]	[l/s]	[mc/s]
493.50	448.00	350.000	45.5	0.1300	1.42	6.84	1641.09	1.64

x	0.07
i	0.211

Verifica Q	
Tr 20	OK
Tr 100	OK
Tr 200	OK