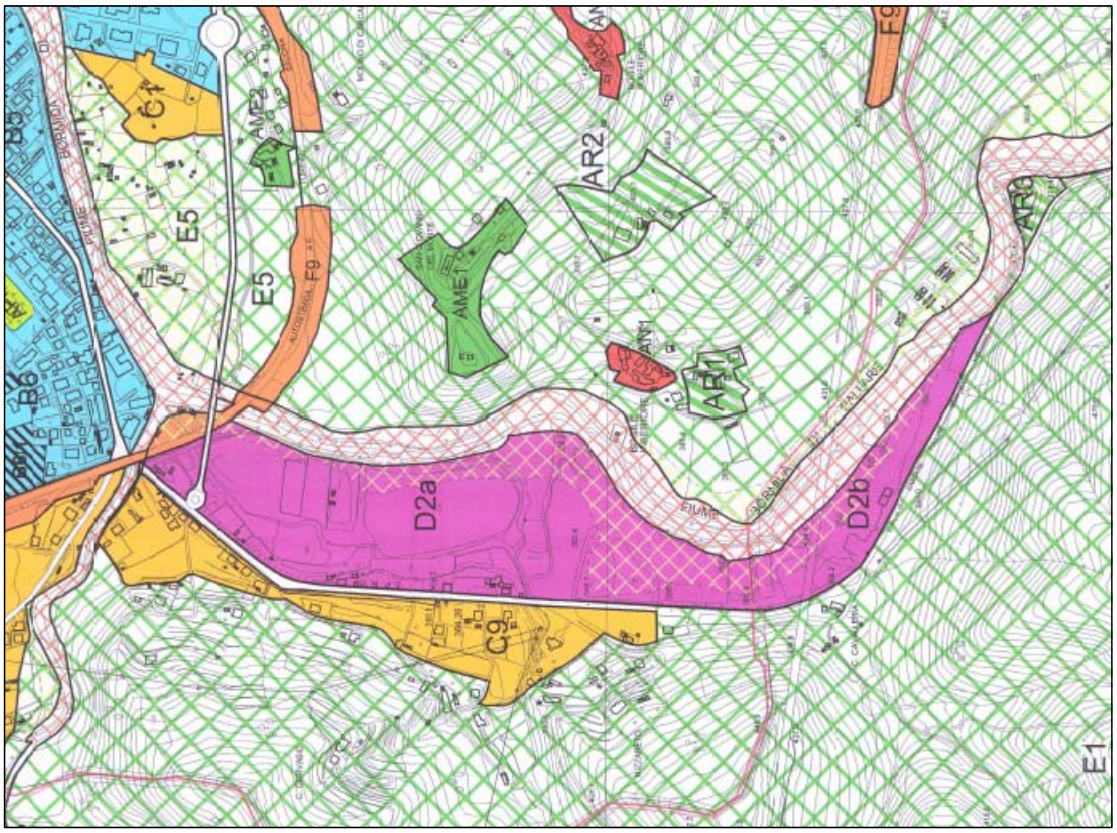


rev.	data	descrizione	dis.
5			
4			
3			
2			
1	28/06/2010	EMISSIONE PRATICA IDRAULICA	

COMUNE di CARCARE

SOTTOZONA D2a DI P.R.G.
AREA INDUSTRIALE IN LOC. PALETA
UTILIZZO AI FINI PRODUTTIVI

RIQUALIFICAZIONE AMBIENTALE AREA PALETA
SISTEMAZIONE IDRAULICA FIUME BORMIDA DI PALLARE

RELAZIONE E VERIFICA IDRAULICA

tav.

committenti

E.M.I. S.n.c. e Bagnasco Edoardo S.r.l.

scala

studio tecnico
fenoglio & persico
ingegneri
via garibaldi 127 - carcare -sv

INTRODUZIONE

La Ditta EMI dei Geom. Bagnasco Giampaolo e Alfio Snc, è proprietaria dal 2008, di un'area ubicata nel Comune di Carcare (SV), in località Paleta, che intende sviluppare per l'insediamento di attività produttive.

Tale area è ubicata nel Comune di Carcare, tra il fiume Bormida di Pallare e la Strada Provinciale n.15 Carcare-Pallare-Bormida-Melogno e le aree di proprietà sono evidenziate nella planimetria allegata (al Fg. n.6, mappali 250, 357, 374, 373, 149, 150, 179, 147, 740, 741, 742, 743, 748, 55, 606, 251, 153, 154, 331, 151, 152, 478, 479, 480, 732, 472, 473, 474, 732, 425, 721, 727, 249).

L'attuale stato di fatto dell'area, con la sua esatta perimetrazione è riportata sulla tav. I01 di rilievo.

L'area è ubicata in una zona a morfologia pianeggiante lungo la sponda sinistra del fiume Bormida di Pallare, ha una superficie complessiva di circa 103.000 mq.

Sotto il profilo urbanistico, la Paleta rientra nella zona D2 di P.R.G. di Carcare, sottozona D2a a destinazione produttiva con i seguenti parametri (art. 23.2 delle norme di attuazione del P.R.G.):

- indice territoriale: 0,40 mq/mq;
- indice fondiario: 0,60 mq/mq;
- rapporto di copertura 40% della superficie di sottozona;
- dist. fabbricati: secondo indicazioni di S.A.U. (schema di assetto urbanistico)
- dist. confini: mt. 5,00 o aderenza;
- dist. dalle strade: mt. 15 dalla strada provinciale, mt. 10,00 dall'asse principale di servizio zonale;
- altezza massima: mt.11,50, escluse le strutture tecnologiche;
- distanza dal fiume Bormida di Pallare: 40 mt dal limite della proprietà demaniale.

Cronistoria

In data 01/07/2008, presso la Provincia di Savona, è stato sottoscritto, ai sensi dell'art. 11 della legge 07/08/1990 n.41, il "Protocollo d'intesa dell'Area Paleta" fra la Provincia di Savona, il Comune di Carcare, I.P.S. (Insediamenti Produttivi Savonesi) e la proprietà EMI Snc e Bagnasco Edoardo Srl, per convenire e regolamentare le attività ed i procedimenti finalizzati a conseguire una più ampia riqualificazione territoriale e insediativa dell'area Paleta.

Da tale protocollo, emerge (fra l'altro), da parte degli Enti, l'impegno a:

- Provincia di Savona: supportare la formulazione dell'analisi dei rischi ambientale e idraulico, in collaborazione con il Comune di Carcare, per superare e risolvere eventuali criticità, tramite il supporto tecnico-amministrativo degli uffici Provinciali Ambiente, Assetto Idrogeologico e Concertativi;

- Comune di Carcare: collaborare per la realizzazione di un progetto di infrastrutturazione dell'area, in accordo con i privati proprietari, nonché delle analisi già effettuate, la cui realizzazione dovrà avvenire attraverso risorse di competenza di soggetti privati;

- I.P.S. : fornire gratuitamente, alla Provincia, al Comune e ai privati, gli esisti di tutte le analisi e le valutazioni in suo possesso, relative alle caratteristiche ambientali dell'area, nonché alle relative

ipotesi insediative e di infrastrutturazione e a promuovere, in favore dei soggetti privati, attività di promozione e marketing.

Per l'Area D2a il Comune di Carcare ha approvato lo SAU di iniziativa privata, in Consiglio Comunale di Carcare nel 2009, con Delibera di Consiglio Comunale n.28 del 26/03/2009.

In data 04/12/2009, il Comune di Carcare ha approvato il documento di analisi del rischio e messa in sicurezza permanente dell'area, ex art. 242 D.Lgs 152/06, con Determinazione n. 1199/122.

Lo S.A.U. approvato prevede sostanzialmente una riqualificazione generale dell'area Paleta con l'obiettivo finalizzato alla possibilità di cogliere nuove opportunità di sviluppo dell'economia Valbormidese e Savonese in linea con gli obiettivi del PTC-ACL Savonese-Bormide.

Nell'ambito di tale riqualificazione sono anche previste le seguenti opere di sistemazione idraulica del Fiume Bormida di Pallare, oggetto di richiesta di autorizzazione ai fini idraulici :

- **regolarizzazione e ricalibra tura dell'alveo con l'asportazione di materiale litoide in area demaniale per circa 4.000 mc;**

- **esecuzione di una arginatura con massi da scogliera, in sponda sinistra, come indicato negli elaborati in progetto.**

Con tali opere si potrà raggiungere l'obiettivo di creare una fascia di rispetto fluviale, percorribile con una passeggiata e una pista ciclabile, arredata a verde, capace di creare continuità al percorso pubblico lungo la sponda del fiume.

Ciò permetterà l'auspicata riqualificazione e organizzazione della fascia fluviale stessa, come previsto fra gli obiettivi del progetto integrato PI4 per la costruzione della "Città delle Bormide", garantendo il corretto deflusso della portata due centennale senza rischi di esondazione sull'area e pericolo per la pubblica incolumità.

Sono previsti anche altri interventi di sistemazione sul Rio Biestro (di competenza della Provincia di Savona – Settore Difesa del Suolo), affluente in sponda sinistra del Fiume Bormida di Pallare, ad oggi fortemente penalizzato in termini di capacità di deflusso della portata di piena, comportanti:

- la ricalibratura e l'adeguamento idraulico dell'alveo al fine di smaltire la massima portata di deflusso ammessa dalle condizioni orografiche dell'alveo stesso, compreso l'adeguamento del condotto sotto il primo lotto della variante alla S.P. n.15, da eseguire tramite la sostituzione dell'esistente tubazione in cemento, con un condotto scatolare in cls armato adeguato sia per sezione idraulica che per franco di sicurezza;

- la costruzione, ai fini della sicurezza, della salvaguardia della pubblica e privata incolumità e per garantire la tutela igienico-sanitaria pubblica, di un condotto scolmatore attraversante l'area di proprietà, confluente nel fiume Bormida di Pallare, atto a garantire, in occasione di

eventi meteorici consistenti, il corretto deflusso delle acque di piena provenienti dal tratto a monte del rio Biestro.

Per tali opere, interessanti il rio Biestro, è già stata presentata la documentazione necessaria ai fini autorizzativi alla Provincia di Savona – Settore Difesa del Suolo.

La documentazione, nel seguito descritta, viene redatta al fine di richiedere all'AIPO l'autorizzazione, ai soli fini idraulici, per la costruzione dell'arginatura in massi da scogliera con le relative opere di regolarizzazione dell'alveo, in sponda sinistra del Fiume Bormida di Pallare, per la realizzazione una fascia di rispetto fluviale, a verde pubblico e percorso pedonale e ciclabile attrezzato.

La modellazione idraulica (Tr=200 anni) effettuata con codice di calcolo HEC-RAS è stata eseguita considerando lo schema complessivo determinato dal fiume Bormida di Pallare, dal rio Biestro e dal canale scolmatore.

PREMESSA

La presente relazione prende in considerazione le verifiche idrauliche relative al tratto di Fiume Bormida di Pallare situato a monte della confluenza con il Rio Plodio, in Loc. Paleta, in Comune di Carcare, e del reticolo idrografico minore che lo interessa, con particolare attenzione al Rio Biestro e relativo condotto scolmatore, affluente in sponda sinistra.

La finalità di tale studio è verificare la compatibilità idraulica del regime di piena del corso d'acqua principale (Fiume Bormida di Palllare) e del reticolo idrografico minore (Rio Biestro) con il nuovo insediamento per attività produttive, previsto dallo Schema di Assetto Urbanistico (SAU) di iniziativa privata nella zona D2 di P.R.G. – variante parziale 2004, sottozona D2a, in Loc. Paleta – Comune di Carcare.

A tal scopo, sulla base di un rilievo topografico di dettaglio dell'asta fluviale del Fiume Bormida per un tratto di circa 1700 mt e delle aree limitrofe, si sono individuati gli interventi di sistemazione idraulica del Fiume Bormida e di riordino del reticolo idrografico minore (Rio Biestro), nell'area interessata dal SAU, necessari per eliminare il rischio idraulico a fronte dell'eventuale esondabilità di parte dell'area.

I valori di portata duecentennale, in base ai quali sono state eseguite le verifiche delle sezioni critiche di deflusso, risultano conformi ai contenuti dello "Studio delle fasce fluviali dei sottobacini dei fiumi Bormida di Spigno e Bormida di Millesimo", redatto dalla Provincia di Savona.

Trattandosi di versante Padano, i calcoli saranno eseguiti secondo le direttive dell'Autorità di Bacino del fiume Po.

Le verifiche idrauliche sono eseguite in regime di moto permanente, con uso di codice di calcolo HEC-RAS 3.1.3, rilasciato su licenza della H.S Srl di Lucca.

DESCRIZIONE DELL'AREA

Come citato, l'area oggetto dello studio è ubicata lungo la sponda sinistra del Fiume Bormida di Pallare, da monte del lotto 1 della S.P. n. 15 già in esercizio, fino al limite di zonizzazione dell'area D2a indicato in progetto.

L'area è rappresentata da un'ampia zona sub pianeggiante delimitata dal rio Biestro – strada Provinciale ad ovest, dal fiume Bormida ad est, dal lotto 1 – viadotto autostrada TO-SV a nord e da altre aree di proprietà a sud (confine fra l'area D2a e D2B di P.R.G.).

Si sviluppa lungo la direttrice nord-sud per circa 800 mt, con larghezza media lungo la direttrice est-ovest di circa 150-160 mt.

Le quote di piano campagna dell'area sono superiori di circa 5-6 mt rispetto al piano dell'alveo del fiume Bormida, mentre la zona prospiciente all'area stessa, in sponda sinistra, è in generale più depressa a livello altimetrico.

L'alveo del fiume Bormida si presenta arcuato in corrispondenza della parte centrale dell'area, secondo la direttrice ovest-est, e le sezioni sono pressoché di forma trapezia con larghezze di fondo larghezza al fondo variabile con un massimo di circa 25 mt, altezza delle sponde naturali circa 3-5 mt e pendenza media longitudinale di circa 0,7-1%.

Le estremità di valle e di monte dell'alveo del fiume Bormida sono identificabili rispettivamente dai viadotti della S.P. n.15 (primo lotto) – Autostrada To-SV e dal nuovo viadotto del tratto ascendente (verso Torino) dell'Autostrada TO-SV.

Il viadotto del tratto discendente dell'Autostrada To-SV, di età datata, è del tipo a pile multiple alto circa 10 mt dal suolo , il viadotto della S.P. n.15, sottopassa quello sopra indicato con campate da circa 30 mt e il viadotto dell'autostrada TO-SV nel tratto ascendente è con campate di grande luce (circa 80 mt) e con impalcato a circa 60-70 mt dal suolo.

Il reticolo idrografico di superficie è caratterizzato dalla presenza di due corsi d'acqua, il citato rio Biestro (non iscritto nell'elenco delle pubbliche acque), interessato dall'intervento, in percorrenza sul fronte a ovest dell'area e parallelo alla strada provinciale S.P. n.15 per Pallare e dal rio Cavallera (n. 322 elenco pubbliche acque della Provincia di Savona), posto più a monte (sud) del rio Biestro e non interessato dagli interventi.

Il rio Biestro arriva da ovest, sottopassa con un ponticello la strada provinciale S.P. 15 e con una deviazione di circa 90 gradi si pone, come citato, pressoché in direzione parallela all'area e alla strada, prosegue verso valle (direzione Nord), sottopassa la strada provinciale S.P. n. 15 con condotto a sezione circolare di cemento di circa 60-80 cm di diametro (causa dei citati ristagni di acqua) e si immette nel fiume Bormida, sottopassando fra le pile multiple il viadotto autostradale.

Il rio Cavallera attraversa anch'esso, più a monte, la strada provinciale S.P. 15, con un ponticello di sezione 4x5 mt circa con volta a botte, e si immette nel fiume Bormida di Pallare seguendo un percorso pressoché perpendicolare alla citata strada provinciale, al di fuori del sedime catastale riscontrabile sulla cartografia.

Non vi sono più tracce all'interno dell'area del vecchio sedime catastale, che comunque sarà considerato come tale.

INQUADRAMENTO NORMATIVO

La normativa idraulica di riferimento per il versante padano è costituita dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) e dalla L.R. n.9 e s.m.i.

L'area destinata agli interventi produttivi non è inserita fra quelle a rischio di inondazione nella cartografia del PAI, Foglio 228 – Sez. I – Cairo M.tte.

Mentre, ai sensi dello Studio delle fasce fluvali dei sottobacini del fiume Bormida di Spigno e del fiume Bormida di Millesimo, redatto dalla Provincia di Savona e adottato dal Comune di Carcare a seguito della variante parziale al P.R.G. 2004, l'area è parzialmente inserita in classe 4, sottoclasse 4eb, soggetta a fenomeni di esondazione per un tempo di ritorno duecentennale.

INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

Come citato, gli interventi di sistemazione idraulica previsti nel progetto di sviluppo dell'insediamento produttivo e di realizzazione delle opere pubbliche già pianificate nello S.A.U. approvato, sono volti oltre che alla riqualificazione dell'area, al miglioramento complessivo delle condizioni di deflusso del fiume Bormida di Pallare e del rio Biestro.

Sono di seguito descritti gli interventi da eseguire sul fiume Bormida di Pallare .

La sistemazione del fiume Bormida di Pallare interessa un tratto di sviluppo pari a circa mt. 660 nel tratto compreso fra il ponte della S.P. n.15 – Primo lotto (a nord) e la sezione n. 29 (a sud).

La sistemazione, basata sulle verifiche idrauliche, come nel seguito descritte, prevede la regolarizzazione delle sezioni di deflusso con una sezione di forma trapezia, con larghezza alla base di circa mt. 20-25, con pendenza del fondo pressoché pari a quella attuale, e la costruzione di una arginatura con massi da scogliera in sponda sinistra.

A lato della sommità della scogliera è prevista la costruzione della citata passeggiata con pista ciclabile come indicato nelle sezioni di progetto, come previsto fra gli obiettivi del progetto integrato PI4 per la costruzione della "Città delle Bormide".

La regolarizzazione e ricalibratura del fondo dell'alveo avverrà tutta dalla parte di proprietà, in sponda sinistra, senza coinvolgere i proprietari in sponda destra, tramite l'asportazione del materiale litoide in eccesso.

In accordo con la " Direttiva tecnica per la programmazione degli interventi di gestione dei sedimenti degli alvei dei corsi d'acqua (art.6, 14, 34, e 42 delle Norme di attuazione del PAI) ", la quale definisce criteri, indirizzi e prescrizioni per la corretta gestione dei sedimenti degli alvei dei corsi d'acqua ed in particolare stabilisce al p.to 5 che in assenza del Programma generale di gestione dei sedimenti, gli interventi predisposti dalle Regioni e comportanti asportazione di materiale litoide potranno riguardare esclusivamente quantitativi inferiori a 10.000 mc nei tratti di alveo classificati di III^{a} categoria, come in questo caso, l'asportazione di materiale litoide in area demaniale sarà di circa 4.000 mc.

Tale materiale sarà sistemato sulla proprietà privata in fregio alla passeggiata lungo Bormida.

Lungo tale sponda è prevista, per tutto il tratto interessato, la costruzione di una scogliera con massi del peso da 3 t a 5 t, di altezza media paria circa mt. 3.70, raccordata a valle sulla spalla del ponte della strada provinciale n.15 – primo lotto e correttamente intestata a monte nella sponda naturale.

Il piazzale dell'area destinata agli insediamenti produttivi sarà pressoché tutto allo stesso livello per consentire la possibilità di realizzare gli edifici con la migliore elasticità di scelta della superfici coperte in funzione delle richieste di mercato.

La sistemazione, così come progettata, è in grado di assicurare il corretto deflusso delle acque del Fiume Bormida di Pallare, senza rischio di esondazione e pericolo per la pubblica incolumità, con portate calcolate per un tempo di ritorno di 200 anni.

I nuovi allineamenti dell'argine in sponda sinistra sono stati individuati nel rispetto dell'attuale morfologia del fiume e delle sponde stesse, senza creare alcun restringimento dell'alveo attuale che attualmente ha una larghezza al fondo variabile con un massimo di circa 25 mt corrispondente pressoché alla larghezza individuata in progetto come quella ottimale.

E' da rilevare che il principio su cui è stata basata la scelta delle sezioni trapezoidali di progetto si basa sul criterio di mantenere, per tutto il tratto interessato, un profilo della corrente (Tr=200 anni) di progetto sempre inferiore o uguale a quello ottenuto con la verifica di stato attuale, in modo tale da ottenere un miglioramento delle condizioni generali di deflusso delle acque..

Le opere saranno eseguite, nel rispetto delle norme di legge vigenti, delle prescrizioni dettate dall'AIPO, senza mai ostruire il libero deflusso delle acque.

VERIFICA DI MASSIMA DELLE SCOGLIERE

La realizzazione dell'intervento in progetto prevede dapprima l'allargamento e la ricalibratura dell'alveo, da eseguire tutto in sponda sinistra per un tratto di circa 660 mt, nonché la profilatura dell'argine sinistro in modo atto e con scarpa idonea per ricevere la prevista scogliera di protezione dall'erosione, da realizzare con massi di seconda (1-3 t) e terza categoria (3-7t).

Le scogliere, modellate in funzione del profilo longitudinale dell'alveo, hanno una altezza media di circa 3,70 m, in modo atto a consentire un franco idraulico minimo adeguato rispetto al profilo della corrente calcolata per una portata con un tempo di ritorno di 200 anni (vedi tav. I03).

Le verifiche della stabilità delle scogliere spondali hanno la finalità di verificare le condizioni di inizio del moto dei massi ciclopici costituenti le scogliere stesse.

Per effettuare tali verifiche, si utilizza il diametro minimo dei massi previsti dal progetto è di circa 0,45 m, corrispondente ad un peso di circa 300 Kg se si considera un peso specifico del materiale lapideo di 2000 Kg/mc, e le tensioni tangenziali calcolate da programma di verifica idraulica Hec-Ras, in corrispondenza del massimo livello di piena relativo alla portata con tempo di ritorno di 200 anni.

Utilizzando tali dati, si può calcolare in ciascuna sezione, il "parametro di Shields" Θ, che esprime, in maniera adimensionale, il rapporto tra le forze destabilizzanti e quelle stabilizzanti agenti sul sedimento:

$\Theta = t / D \cdot (\gamma s - \gamma)$

in cui:
t = tensione tangenziale sul fondo [N/mq]
D = diametro medio dei sedimenti [m]
γs = peso specifico del sedimento [N/mc]
γ = peso specifico dell'acqua [N/mc]

Per diametri sufficientemente grandi e per alvei naturali, come in questo caso, le scogliere si possono considerare verificate se il valore del “parametro di Shields” è minore di 0.056, valore che corrisponde all’inizio del moto dei massi.

Per il tratto di Fiume Bormida interessato dalle scogliere, sono state esaminate 28 sezioni, identificate sul codice di calcolo Hec-Ras, di cui si riportano i dati sintetici delle verifiche, come di seguito indicato, e verificate in quanto il “parametro di Shield” è inferiore a 0,056:

SEZIONE	DIAMETRO MINIMO MASSI [m]	TENSIONE TANGENZIALE τ [N/mq)	PESO SPECIFICO MASSI [N/mc]	PESO SPECIFICO ACQUA [N/mc]	PARAMETRO DI SHIELDS Θ	VERIFICA
28	0.45	99.26	20000	10000	0.0221	< 0.056
27	0.45	81.56	20000	10000	0.0181	< 0.056
26	0.45	153.13	20000	10000	0.0340	< 0.056
25	0.45	165.31	20000	10000	0.0367	< 0.056
24	0.45	170.56	20000	10000	0.0379	< 0.056
23	0.45	186.27	20000	10000	0.0414	< 0.056
22	0.45	90.47	20000	10000	0.0201	< 0.056
21	0.45	77.08	20000	10000	0.0171	< 0.056
20	0.45	105.08	20000	10000	0.0234	< 0.056
19	0.45	83.45	20000	10000	0.0185	< 0.056
18	0.45	135.01	20000	10000	0.0300	< 0.056
17	0.45	128.78	20000	10000	0.0286	< 0.056
16	0.45	109.84	20000	10000	0.0244	< 0.056
15	0.45	124.17	20000	10000	0.0276	< 0.056
14	0.45	140.06	20000	10000	0.0311	< 0.056
13	0.45	205.45	20000	10000	0.0457	< 0.056
12	0.45	117.03	20000	10000	0.0260	< 0.056
11	0.45	92.75	20000	10000	0.0206	< 0.056
10	0.45	79.48	20000	10000	0.0177	< 0.056
9	0.45	70.5	20000	10000	0.0157	< 0.056
8	0.45	63.48	20000	10000	0.0141	< 0.056
7	0.45	56.27	20000	10000	0.0125	< 0.056
6	0.45	42.62	20000	10000	0.0095	< 0.056
5	0.45	30.09	20000	10000	0.0067	< 0.056
4	0.45	107.91	20000	10000	0.0240	< 0.056
3	0.45	108.12	20000	10000	0.0240	< 0.056
2	0.45	171.11	20000	10000	0.0380	< 0.056
1	0.45	143.31	20000	10000	0.0318	< 0.056

PORTATE DI DEFLUSSO (Tr. 200 anni)

Le portate di deflusso duecentennali da introdurre nel codice di calcolo, vengono calcolate seguendo le Norme di Attuazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) all'interno della "Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica".

Rii minori

Rio Cavallera

Ampiezza del bacino imbrifero del rio Cavallera

Il Rio Cavallera nasce a circa 1,75 km dalla zona dell'intervento e sottende un modesto bacino imbrifero pari a circa 1,40 Kmq, come evidenziato in allegato A.

La portata Q si determina utilizzando il "metodo razionale" con l'impiego della seguente espressione:

$Qc = 0{,}28 \cdot c \cdot i \cdot A$

dove:
- **Q** = Portata al colmo (mc/sec)
- **C** = Coefficiente di deflusso (0,80)
- **A** = superficie del bacino fra la sorgente e la sezione in esame (Kmq)
- **i** = hc/tc = intensità di pioggia critica

hc = altezza critica. (mm) calcolata secondo la legge di potenza della curva di probabilità pluviometrica:

$h = a \cdot t^n$, dove **a** ed **n** sono parametri dipendenti dallo specifico tempo di ritorno.

Utilizzando il metodo delle celle di pioggia come previsto dal Piano di Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), secondo le direttive per il calcolo delle piene di progetto, si assumono, nel caso in esame, i valori medi di **a** ed **n**, fra quelli delle celle BT145 e BU145.

Valori delle celle:

BS145: a(tr200)=65.53 n(tr200)=0.418
BT145: a(tr200)=67.42 n(tr200)=0.421

Dalla media dei valori delle celle risultano, per un tempo di ritorno **tr** di 200 anni:

a(tr200)=66.48
n(tr200)=0.420

Tc = tempo di corrivazione
Il tempo di corrivazione calcolato con le formule di seguito descritte, risulterà dalla media fra i tre valori minori.

Il tempo di corrivazione (Tc) è funzione di parametri caratteristici del bacino determinato con l' ausilio delle formule di seguito riportate.

Le caratteristiche del bacino richiamate nelle varie formule sono le seguenti:

L =	1,74 Km	Lunghezza dell' asta del bacino fra la sorgente e la sezione in esame
A =	1,40 Kmq	Superficie del bacino fra la sorgente e la sezione in esame
Q1 =	359,50 m	Altezza sul livello del mare della sezione in esame
Q2 =	600,00 m	Altezza sul livello del mare della sorgente del fiume
Q3 =	660,00 m	Altezza massima sul livello del mare del bacino idrografico
Hm =	(Q3 + Q1)/2 = 509,75 m	Altezza media del bacino a monte della sezione in esame
Hmr =	Hm – Q1 = 150,25 m	Altezza media relativa del bacino
p1 =	(Q2-Q1)/L = 13,74 %	Pendenza media del fiume fra la sorgente e la sezione in esame
p2 =	7%	Pendenza media del versante (determinata con metodi approssimati)
v =	0,60 m/sec	Velocità media di scorrimento dell' acqua sui versanti.

Il tempo di corrivazione è calcolato con le seguenti formule:

$$\textbf{Giandotti} = Tc = \frac{\mathbf{4 \cdot \sqrt{A} + 1{,}5 \cdot L}}{\mathbf{0{,}8 \cdot \sqrt{Hmr}}} = \frac{4 \cdot \sqrt{1{,}40} + 1{,}5 \cdot 1{,}75}{0{,}8 \cdot \sqrt{150{,}25}} = 0{,}75 \text{ h}$$

$$\textbf{Pezzoli} = Tc = \mathbf{0{,}055} \cdot \frac{\mathbf{L}}{\sqrt{\mathbf{p1}}} = 0{,}055 \cdot \frac{1{,}75}{\sqrt{0{,}1374}} = 0{,}26 \text{ h}$$

$$\textbf{Ventura} = Tc = \mathbf{0{,}1272} \cdot \sqrt{\mathbf{(A / p1)}} = 0{,}1272 \cdot \sqrt{(1{,}40 / 0{,}1374)} = 0{,}41 \text{ h}$$

$$\textbf{Pasini} = Tc = \mathbf{0{,}108} \cdot \frac{\sqrt[3]{\mathbf{(A \cdot L)}}}{\sqrt{\mathbf{p1}}} = 0{,}108 \cdot \frac{\sqrt[3]{(1{,}40 \cdot 1{,}75)}}{\sqrt{0{,}1374}} = 0{,}39 \text{ h}$$

$$\textbf{Puglisi} = Tc = \mathbf{6} \cdot \frac{\mathbf{L}^{0{,}667}}{\mathbf{(Q3-Q1)}^{0{,}333}} = 6 \cdot \frac{1{,}75^{0{,}667}}{(660-359{,}5)^{0{,}333}} = 1{,}30 \text{ h}$$

$$\textbf{Merlo} = Tc = \mathbf{0{,}396} \cdot \frac{\mathbf{L}}{\sqrt{\mathbf{p1}}} \left[\frac{\mathbf{A}}{\mathbf{L}^2} \cdot \frac{\sqrt{\mathbf{p1}}}{\sqrt{\mathbf{p2}}} \right]^{0.72} =$$

$$= 0{,}396 \cdot \frac{1{,}75}{\sqrt{0{,}1374}} \left[\frac{1{,}40}{1{,}75^2} \cdot \frac{\sqrt{0.1374}}{\sqrt{0{,}07}} \right]^{0.72} = 1{,}36 \text{ h}$$

Assumendo quale tempo di ritorno Tc la media dei tre valori più bassi risultanti dalle espressioni di calcolo utilizzate, si evince che il minor tempo di corrivazione, a cui corrisponde una massima intensità di precipitazione, risulta:

(0,26+0,41+0,39) / 3 = 0,35 h (tempo di corrivazione medio)

La determinazione dell' altezza di pioggia critica, ossia dell' altezza di pioggia che cade in un tempo uguale al tempo di corrivazione, viene effettuata facendo riferimento alla seguente formula:

$$h_c = a \cdot t_c^n$$

Eseguendo un calcolo sulle portate per un tempo di ritorno di 200 anni si ha:

T rit=200 anni

a=66,48 n=0,420

L' altezza di pioggia critica per un tempo di ritorno di 200 anni sarà pertanto pari a:

hc (200) = $66,48 * 0,35^{0,420}$ = 42,94 mm

Conseguentemente la portate per un tempo di ritorno di 200 anni è la seguente, tenuto conto di un coefficiente di deflusso C pari a 0;80:

Qc (200) = **0,28 · c · (hc/tc) · A** = 0,28·0,80·(42,94/0,35)·1,40 = **38,17 mc/sec**

Rio Biestro

Ampiezza del bacino imbrifero del rio Biestro

Il Rio Biestro nasce a circa 0,90 km dalla zona dell'intervento e sottende un modesto bacino imbrifero pari a circa 0,36 Kmq, come evidenziato in allegato A.

La portata Q si determina utilizzando il "metodo razionale" con l'impiego della seguente espressione:

Qc = 0,28 · c · i · A

dove:
- **Q** = Portata al colmo (mc/sec)
- **C** = Coefficiente di deflusso (0,80)
- **A** = superficie del bacino fra la sorgente e la sezione in esame (Kmq)
- **i** = hc/tc = intensità di pioggia critica

hc = altezza critica. (mm) calcolata secondo la legge di potenza della curva di probabilità pluviometrica:

$h = a \cdot t^n$, dove **a** ed **n** sono parametri dipendenti dallo specifico tempo di ritorno.

Utilizzando il metodo delle celle di pioggia come previsto dal Piano di Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), secondo le direttive per il calcolo delle piene di progetto, si assumono, nel caso in esame, i valori medi di **a** ed **n**, fra quelli delle celle BT145 e BU145.

Valori delle celle:

BS145: a(tr200)=65.53 n(tr200)=0.418
BT145: a(tr200)=67.42 n(tr200)=0.421

Dalla media dei valori delle celle risultano, per un tempo di ritorno **tr** di 200 anni:

a(tr200)=66.48
n(tr200)=0.420

Tc = tempo di corrivazione
Il tempo di corrivazione calcolato con le formule di seguito descritte, risulterà dalla media fra i tre valori minori.

Il tempo di corrivazione (Tc) è funzione di parametri caratteristici del bacino determinato con l' ausilio delle formule di seguito riportate.

Le caratteristiche del bacino richiamate nelle varie formule sono le seguenti:

L =	0,90 Km	Lunghezza dell' asta del bacino fra la sorgente e la sezione in esame
A =	0,36 Kmq	Superficie del bacino fra la sorgente e la sezione in esame
Q1 =	355,50 m	Altezza sul livello del mare della sezione in esame
Q2 =	440,00 m	Altezza sul livello del mare della sorgente del fiume
Q3 =	480,00 m	Altezza massima sul livello del mare del bacino idrografico
Hm =	(Q3 + Q1)/2 = 417,75 m	Altezza media del bacino a monte della sezione in esame
Hmr =	Hm – Q1 = 62,25 m	Altezza media relativa del bacino
p1 =	(Q2-Q1)/L = 9,39 %	Pendenza media del fiume fra la sorgente e la sezione in esame
p2 =	7%	Pendenza media del versante (determinata con metodi approssimati)
v =	0,60 m/sec	Velocità media di scorrimento dell' acqua sui versanti.

Il tempo di corrivazione è calcolato con le seguenti formule:

$$\textbf{Giandotti = Tc} = \frac{\mathbf{4 \cdot \sqrt{A} + 1{,}5 \cdot L}}{\mathbf{0{,}8 \cdot \sqrt{Hmr}}} = \frac{4 \cdot \sqrt{0{,}36} + 1{,}5 \cdot 0{,}90}{0{,}8 \cdot \sqrt{62{,}25}} = 0{,}59 \text{ h}$$

$$\textbf{Pezzoli = Tc} = \mathbf{0{,}055} \cdot \frac{\mathbf{L}}{\sqrt{\mathbf{p1}}} = 0{,}055 \cdot \frac{0{,}90}{\sqrt{0{,}0939}} = 0{,}16 \text{ h}$$

$$\textbf{Ventura = Tc} = \mathbf{0{,}1272} \cdot \sqrt{\mathbf{(A / p1)}} = 0{,}1272 \cdot \sqrt{(0{,}36 / 0{,}0939)} = 0{,}25 \text{ h}$$

$$\sqrt[3]{\mathbf{(A \cdot L)}} \qquad \sqrt[3]{(0{,}36 \cdot 0{,}90)}$$

Pasini = Tc = 0,108 $\cdot \dfrac{}{\sqrt{\mathbf{p1}}}$ **=** $0{,}108 \cdot \dfrac{}{\sqrt{0{,}0939}} = 0{,}24$ h

Puglisi = Tc = 6 $\cdot \dfrac{\mathbf{L}^{0{,}667}}{\mathbf{(Q3-Q1)}^{0{,}333}} = 6 \cdot \dfrac{0{,}90^{0{,}667}}{(480-355{,}5)^{0{,}333}} = 1{,}12$ h

Merlo = Tc = 0,396 $\cdot \dfrac{\mathbf{L}}{\sqrt{\mathbf{p1}}} \left[\dfrac{\mathbf{A}}{\mathbf{L}^2} \cdot \dfrac{\sqrt{\mathbf{p1}}}{\sqrt{\mathbf{p2}}} \right]^{0.72}$ **=**

$= 0{,}396 \cdot \dfrac{0{,}90}{\sqrt{0{,}0939}} \left[\dfrac{0{,}36}{0{,}90^2} \cdot \dfrac{\sqrt{0.0939}}{\sqrt{0{,}07}} \right]^{0.72} = 0{,}72$ h

Assumendo quale tempo di ritorno Tc la media dei tre valori più bassi risultanti dalle espressioni di calcolo utilizzate, si evince che il minor tempo di corrivazione, a cui corrisponde una massima intensità di precipitazione, risulta:

(0,16+0,25+0,24) / 3 = 0,22 h (tempo di corrivazione medio)

La determinazione dell' altezza di pioggia critica, ossia dell' altezza di pioggia che cade in un tempo uguale al tempo di corrivazione, viene effettuata facendo riferimento alla seguente formula:

$$\mathbf{h_c = a \cdot t_c^{\,n}}$$

Eseguendo un calcolo sulle portate per un tempo di ritorno di 200 anni si ha:

T rit=200 anni

a=66,48 n=0,420

L' altezza di pioggia critica per un tempo di ritorno di 200 anni sarà pertanto pari a:

hc (200) = $66{,}48 * 0{,}22^{0{,}420}$ = 35,06 mm

Conseguentemente la portate per un tempo di ritorno di 200 anni è la seguente, tenuto conto di un coefficiente di deflusso C pari a 0;80:

Qc (200) = **0,28 · c · (hc/tc) · A** = 0,28·0,80·(35,06/0,22)·0,36 = **12,99 mc/sec**

Aree scolanti (come individuate in all. A)

La portata Q relativa alle aree scolanti, così come individuate nell'allegato A (C.T.R. con indicazione bacini idrografici rii minori), si determina utilizzando, come per il Rio Cavallera ed il Rio Biestro, il "metodo razionale", ottenendo i seguenti risultati:

Area scolante 1: **Q**c (200) = **2,60 mc/sec**

Area scolante 2: **Q**c (200) = **2,41 mc/sec**

Area scolante 3: **Q**c (200) = **2,10 mc/sec**

Area scolante 4: **Q**c (200) = **2,05 mc/sec**

Fiume Bormida di Pallare

Per quanto riguarda il Fiume Bormida di Pallare, si sono adottati i valori di portata 200-ennale utilizzati nello "Studio delle fasce fluviali dei sottobacini dei fiumi Bormida di Sopigno e Bormida di Millesimo", redatto dalla Provincia di Savona.

Conformemente a tale studio, si riportano i valori della portata Q 200-ennale adottati:

- Sezione di monte del tratto di Fiume Bormida indagato (sez.54):

  Qc (200) = **271 mc/sec** (vedi sez. BP021 / "Studio delle fasce fluviali dei sottobacini dei fiumi Bormida di Spigno e Bormida di Millesimo");

- Sezione di valle del tratto di Fiume Bormida indagato (sez.0/6):

  Qc (200) = **340 mc/sec** (vedi sez. BP026 / "Studio delle fasce fluviali dei sottobacini dei fiumi Bormida di Spigno e Bormida di Millesimo")

Al fine di ottenere una distribuzione delle portate lungo l'asta del Fiume Bormida il più possibile aderente alla realtà, si sono via via sommati gli apporti idrici dei rii affluenti e delle aree scolanti alla portata relativa alla sez.54 (Qc (200) = 271 mc/sec), ottenendo la distribuzione delle portate inserita poi nel codice di calcolo HEC-RAS:

- **Sez. 54**: Qc (200) = 271 mc/sec
- **Sez**. **40**: Qc (200) = 279.68 mc/sec
- **Sez**. **32**: Qc (200) = 279.68+38.17=317.85 mc/sec (Sez. di confluenza Rio Cavallera)
- **Sez**. **40**: Qc (200) = 317.85+12.99+2.41+2.10=335.35 mc/sec (Sez. Confluenza Rio Biestro, area scol.2 e area scol.3)
- **Sez**. **0.6**: Qc (200) = 335.35+2.60+2.05=340 mc/sec (Sez. di confluenza area scol.1 e area scol.4)

PARAMETRI RELATIVI ALLA VERIFICA IDRAULICA

A- Caratteristiche tecniche dello studio idraulico

Per la determinazione dei livelli idrici attesi in corrispondenza alle portate di piena da esaminare ed in considerazione sia della tipologia dell'alveo che del grado di approfondimento necessario allo studio, è stato utilizzato per il calcolo idraulico, lo schema di "corrente monodimensionale in condizioni di moto permanente", impiegando il codice di calcolo "HEC-RAS" della H.S. Srl di Lucca, su licenza d'uso.

B- Condizione al contorno del modello idraulico

Le condizioni al contorno, dopo che sono stati inseriti tutti i dati di input, sono necessarie per stabilire il livello del pelo libero dell'acqua all'estremità del sistema (a monte e/o a valle).

Questo dato è necessario al programma per poter effettuare i calcoli idraulici (le condizioni al contorno servono alla determinazione dell'integrale particolare dell'equazione differenziale che regola il moto permanente).

In un regime di corrente lenta (num. Di Froude <1), la condizione al contorno necessaria è quella di valle (se la corrente è lenta non risente di quanto accade a monte).

In un regime di corrente veloce (num di Froude>1), la condizione al contorno necessaria è quella di monte (se la corrente è veloce, non risente di quanto accade a valle).

Se il calcolo viene effettuato in regime di flusso misto (come nel caso in esame) allora le condizioni al contorno devono essere immesse per entrambe le estremità del sistema.

Nel caso in esame, il sistema accetta la condizione di corrente mista per cui si assume la condizione al contorno a valle ed a monte di HEC-RAS la situazione "Normal Depth" altezza di moto uniforme, ossia introducendo la linea di energia che nel caso corrisponde ad una pendenza media del 0,015.

C- Parametri di scabrezza

Nella modellazione del moto permanente monodimensionale, si prendono in considerazione le caratteristiche del corso d'acqua, nonché le caratteristiche e le condizioni di manutenzione del fondo.

In funzione di tali condizioni e caratteristiche, viene effettuata la scelta del coefficiente di scabrezza dell'alveo, il quale non è altro che la misura globale della resistenza al moto.

Così come indicato dalle Norme di Attuazione del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) all'interno della "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B", per la scelta dei valori numerici è possibile fare riferimento alle indicazioni fornite dalle tabelle do "Open Channel Hydraulics", Ven te Chow, McGraw Hill International Editions, utilizzando il coefficiente di scabrezza di Manning (tabella 1):

Strickler: $v = K_s R^{2/3} i^{1/2}$

Manning:v = $(1/n) R^{2/3} i^{1/2}$

dove:

v = velocità media della corrente (m/s)

R = raggio idraulico (m)

i = pendenza di fondo (m/m)

K_s = coefficiente di *Strickler*

n = coefficiente di *Manning*

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)\, m_5$$

Tabella 1: metodo per il calcolo del coefficiente di scabrezza n nei corsi d'acqua

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

Nel codice di calcolo vengono introdotti, a scopo cautelativo, in base alla tabella di cui sopra, le seguenti scabrezze di Manning:

Rio Biestro:

- tratto in alveo naturale, senza salti, senza presenza di rocce, ragionevolmente senza presenza arbustiva-arborea in alveo (almeno per i livelli di deflusso previsti): 0,03

- tratto di condotto in cls armato in attraversamento alla S.P.15: 0,015

Condotto sfioratore:

- tratto di condotto in cls armato: 0,015

Fiume Bormida di Pallare:

- tratto in alveo naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo (sez.54-30): 0,04

- tratto in alveo naturale, senza salti, senza presenza di rocce, ragionevolmente senza presenza arbustiva-arborea in alveo (almeno per i livelli di deflusso previsti) (sez.29-0.5): 0,03

VERIFICA IN REGIME DI MOTO PERMANENTE

Vengono di seguito riportati tabulati riassuntivi, ottenuti tramite l'impiego del codice di calcolo HEC-RAS, per le sezioni interessate dagli interventi in progetto (sez. 29- sez. 1), della verifica dello stato attuale e della verifica del progetto:

HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Fiume Bormida Reach: unico Profile: PF 1

Reach	River Sta	Q Total (m3/s)	STATO ATTUALE W.S. Elev (m)	PROGETTO W.S. Elev (m)	STATO ATTUALE Vel Chnl (m/s)	PROGETTO Vel Chnl (m/s)	STATO ATTUALE Froude # Chl	PROGETTO Froude # Chl
unico	**29**	317.85	361.62	359.21	4.23	6.34	0.77	1.55
unico	**28**	317.85	361.36	359.93	4.36	3.84	0.79	0.79
unico	**27**	317.85	361.43	359.94	3.45	3.54	0.6	0.7
unico	**26**	317.85	361.47	359.32	2.99	4.71	0.5	1
unico	**25**	317.85	360.99	359.01	4	4.86	0.68	1.06
unico	**24**	317.85	360.93	358.89	4.17	5	0.71	1.06
unico	**23**	317.85	360.46	358.58	4.73	5.08	0.83	1.17
unico	**22**	317.85	360.04	358.79	4.58	3.66	0.93	0.76
unico	**21**	317.85	359.51	358.78	5.11	3.4	1.12	0.69
unico	**20**	317.85	358.99	358.45	5.47	3.95	1.32	0.81
unico	**19**	317.85	359.32	358.45	1.32	3.48	0.31	0.75
unico	**18**	317.85	359.26	357.85	1.56	4.45	0.32	0.93
unico	**17**	317.85	359	357.76	2.63	4.36	0.54	0.9
unico	**16**	335.35	358.93	357.72	2.51	4.05	0.49	0.83
unico	**15**	335.35	358.98	357.44	1.85	4.29	0.33	0.88
unico	**14**	335.35	358.69	357.13	2.92	4.42	0.52	1
unico	**13**	335.35	358.25	356.36	3.81	5.31	0.7	1.24
unico	**12**	335.35	358.25	356.7	3.33	4.16	0.56	0.87
unico	**11**	335.35	358.16	356.71	3.49	3.57	0.56	0.83
unico	**10**	335.35	358.1	356.63	3.23	3.35	0.53	0.75
unico	**9**	335.35	357.67	356.53	3.88	3.24	0.72	0.67
unico	**8**	335.35	357.07	356.43	4.5	3.19	0.81	0.59
unico	**7**	335.35	356.68	356.4	4.66	3.03	0.87	0.54
unico	**6**	335.35	356.71	356.44	3.61	2.66	0.64	0.46
unico	**5**	335.35	356.64	356.48	3.39	2.23	0.64	0.39
unico	**4**	335.35	356.11	355.79	4.27	3.97	0.79	0.83
unico	**3**	335.35	355.85	355.76	4.06	3.96	0.66	0.86
unico	**2**	335.35	355.94	355.02	3.41	4.87	0.55	1.13
unico	**1**	335.35	355.09	355.02	5.01	4.52	0.91	0.98

Da tale tabulato si può notare che il livello dell'acqua nelle sezioni interessate dall'opera di arginatura con massi da scogliera in progetto, per la quale si richiede l'autorizzazione, è sempre inferiore al livello dell'acqua ottenuto dalla verifica dello stato attuale.

Si allega il tabulato di calcolo del programma HEC-RAS, costituito dai seguenti elaborati:

All.01: schema planimetrico;
All.02: schema tridimensionale della modellazione;
All.03: sezioni trasversale con livelli di piena;
All.04: profilo longitudinale;
All.05: grafico delle velocità;
All.06: tabulato dei risultati del calcolo;
All.07: tabulato sintetico riassuntivo dei risultati.

CONCLUSIONI

Per quanto sopra, ne deriva che la costruzione dell'arginatura in massi da scogliera, in sponda sinistra del Fiume Bormida di Pallare, per la realizzazione una fascia di rispetto fluviale, a verde pubblico e percorso pedonale e ciclabile attrezzato, non comporta alcun peggioramento delle condizioni di deflusso della portata duecentennale del Fiume Bormida di Pallare, ma al contrario crea un netto miglioramento grazie ad una generale diminuzione dei livelli di piena.

CERTIFICAZIONE

Il sottoscritto Ing. Sergio Fenoglio, iscritto all' Ordine degli Ingegneri della Provincia di Savona, al n. 521, con studio in Carcare, via Garibaldi 127/15, in qualità di estensore della presente verifica idraulica, relativa al ponte sul rio Coppino, in Comune di Carcare;

certifica

che per il tratto di Fiume Bormida di Pallare indagato, non esistono impedimenti al regolare deflusso dell'acqua senza possibilità di esondazione ed erosione e con l'adeguato franco, della portata di piena prevedibile, calcolata con tempo di ritorno di almeno 200 anni.

Allegati

Allegato A – Stralcio carta catastale con individuazione aree di proprietà
Allegato B – C.T.R. con individuazione dei bacini imbriferi minori
Allegato C – Schema delle portate di deflusso Fiume Bormida
Allegato D – tabulato di calcolo con codice HEC-RAS stato attuale
Allegato E – tabulato di calcolo con codice HEC-RAS progetto
Allegato F – "Protocollo di Intesa dell'Area Paleta" sottoscritto presso la Provincia di Savona il 01/07/2008

Tavole grafiche

I01 – Planimetria generale di stato attuale
I02 – Planimetria generale di progetto
I03 – Sezione tipo di sistemazione fascia di rispetto fluviale e schema scogliera tipo di protezione spondale

Carcare, giugno 2010

Ing. Sergio Fenoglio