



COMUNE di FELITTO



COMUNE di ROCCADASPIDE



COMUNE di CASTEL SAN LORENZO

OGGETTO:

**Progetto di Adeguamento e Messa in Sicurezza Strada Intercomunale
Scalelle - Pazzano - Fontana Laurenti - Acquariello - Carpine, nei
Comuni di Felitto - Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

PROGETTO DEFINITIVO

Maggio 2021

Prot. n°:

Committente:

Comune di Felitto

Descrizione elaborato:

- Bacino Idrografico,
- Calcolo e Verifiche Idrauliche;

Tavola n°:

2

Scala:

1:10000

Responsabile del procedimento
Ing Daniele Gnazzo

Progettista
Ing Tommaso Maria Giuliani

Relazione idraulica Parte Prima

Oggetto : Valutazione del volume di piena $Q_{D,T}$ per un assegnato periodo di ritorno T (attraversamenti $T=100$ e $T=200$ anni) e durata D .

1. Premessa

Il sottoscritto, Ing Tommaso Maria Giuliani iscritto all'Ordine Ingegneri della provincia di Salerno al n° 2993 per incarico conferitomi dal Comune di Felitto per redigere seguente relazione per il calcolo della portata idraulica dei valloni denominati nell'elaborato: "Vallone Ogliaastro" situati nel comune di Castel San Lorenzo (SA). Dopo aver preso visione dell'ubicazione di tali valloni ed effettuato gli opportuni sopralluoghi e rilievi, è stata redatta la seguente relazione.

La presente relazione idrologica ed idraulica illustra le ipotesi ed i calcoli di verifica relativi alla stima delle massime portate al colmo di piena nonché vengono descritte e determinate le caratteristiche idrogeologiche del bacino imbrifero in esame ed i parametri idraulici del corso d'acqua con lo scopo di valutare lo stato di regimentazione del canale, sia ai fini del dimensionamento delle opere di regimentazione lungo il tratto considerato, sia ai fini della verifica dell'efficacia stessa.

Un elemento indispensabile per poter procedere ad un serio programma di interventi, per quel che riguarda la difesa del suolo e la protezione idrogeologica è, senza dubbio, una corretta stima della massima portata al colmo corrispondente ad un prefissato periodo di ritorno (portata di progetto).

Fino ad alcuni decenni addietro gli interventi effettuati prescindevano dall'esistenza di un rischio idrologico: la piena di progetto era valutata usando metodi empirici e deterministici, basati sulla massima portata osservata nelle stazioni di misura e su curve inviluppo con l'area del bacino sotteso.

Le piene disastrose degli ultimi decenni hanno così portato a riconoscere che la sicurezza assoluta non esiste ed è quindi inevitabile associare alle piene di progetto un qualche livello di rischio che deve essere accettato. Da qui la necessità del mondo scientifico di far riferimento a studi statistici che per definizione considerano la probabilità di superamento come rischio accettabile.

In particolare hanno avuto un impatto positivo gli studi statistici su base regionale, poiché questi ultimi utilizzano tutta l'informazione idrologica disponibile nella regione di interesse riducendo così l'incertezza della stima.

Si farà riferimento nel seguito ai risultati ed alle metodologie messe a punto nell'ambito del progetto "VALUTAZIONE DELLE PIENE IN ITALIA" denominato progetto VAPI.

Il principale obiettivo del progetto è quello di fornire delle relazioni in modo da arrivare alla stima della massima portata di progetto relativa ad un prefissato periodo di ritorno.

2. Caratteristiche idrografiche del bacino

I corsi d'acqua hanno origine nei pressi del Monte denominato "Monte Varco Cervati". Per quanto riguarda i tratti della sez. 163-169-248 sono situati rispettivamente in tre diversi affluenti e a valle si uniscono in un unico Vallone denominato "Ogliastro" per affluente delle sez.163 esso sorge a quota di circa 920 m s.l.m, il tratto interesse presenta una lunghezza di circa 29 m mentre il tratto della sez.169 esso sorge a quota di circa 925 m s.l.m, il tratto interesse presenta una lunghezza di circa 55. Mentre il tratto della sez.248 sorge a quota di circa 860 m.s.l.m. ed ha una lunghezza di studio di circa 56m.

I corsi d'acqua oggetto di studio sfociano nel *Vallone* ; il bacino idrografico dei corsi d'acqua in oggetto si estendono per circa (sez.163=2,1 km²), (sez.169= 1,52 km²) (sez.248=0,88 km²)

Le caratteristiche topografiche sono state acquisite da misure dirette strumentali dei tratti da sistemare; le caratteristiche idrologiche e pluviometriche sono state acquisite dalla bibliografia di studi e misure eseguite in zona ed in quelle vicinorie.

Le principali caratteristiche geometriche dei tratti oggetto di intervento in esame, sono:

- Tratto Sez.163
 - Lunghezza asta: 29 m
 - Dislivello tratto: 4,50m
 - Pendenza media: 0,15%
 - Area del bacino: 2,10 km²
- Tratto Sez.169
 - Lunghezza asta: 55 m
 - Dislivello tratto: 10.50m
 - Pendenza media: 0,19%
 - Area del bacino: 2,10 km²
- Tratto Sez.248
 - Lunghezza asta: 56 m
 - Dislivello tratto: 10m
 - Pendenza media: 0,17%
 - Area del bacino: 0,88 km²

3. Lineamenti geologici e geomorfologici, idrologia ed idrogeologia del bacino

4. Le caratteristiche idrogeologiche superficiali dei territori attraversati dalla strada comunale sono anch'esse legate alla natura litologica e strutturale dei terreni presenti; là dove affiorano litotipi prevalentemente impermeabili o scarsamente permeabili, quale la formazione argillosa del Bifurto, si osserva una spiccata rete idrografica, costituita da valloni, torrenti e rivoli che confluiscono nel fiume Calore.
5. Nelle formazioni calcaree, e in particolare in quelle del Paleocene, la circolazione superficiale è relativamente modesta e a bassa densità, in quanto caratterizzata da fenomeni di carsificazione e fratturazione, con elevato grado di permeabilità, che prevedono un rapido assorbimento delle acque pluviali e meteoriche, con formazione di falde in rete a notevole profondità.
6. Nei terreni pseudo litoidi, quali le marne e i calcari marnosi dell'unità di Castel Nuovo Cilento, la rete idrografica si sviluppa lungo linee di faglie e fratture preesistenti; mentre nei depositi terrigeni eluvio colluviali, ed in quelli alluvionali fluvio-torrenziali, l'idrografia superficiale tende ad uniformarsi in pochi rivoli defluenti verso le quote più basse che, nell'insieme, hanno recapito finale sempre nel Fiume Calore.
7. Nei depositi detritici e di conoide, che impegnano buona parte del tracciato, come si è detto, è possibile la formazione di falde acquifere al passaggio con il substrato argilloso della formazione del Bifurto, a profondità di alcuni metri che, comunque, non interferiscono con gli interventi di sistemazione della sede viaria.
8. Le formazioni terrigene argillose e calcareo marnose, che impegnano gran parte del tracciato stradale, per la loro costituzione litologica sono generalmente prive di falde di particolare interesse, e solo a luogo, alla base della copertura, si possono rinvenire esigui e temporanei accumuli idrici dipendenti da eventi pluviali; infatti, i livelli permeabili sono discontinui e di limitato spessore, tale da non favorire la formazione di falde significative, ma che, comunque, vanno tenute in conto negli interventi di sistemazione, prevedendo adeguate opere di smaltimento delle acque episuperficiali.

9. La procedura Vapi

La metodologia adottata nel progetto VAPI (Valutazione di piene in Campania) messo a punto dal C.G.G.R.I. dell'Università di Salerno, fa riferimento ad un **approccio di tipo probabilistico** per la valutazione dei massimi annuali delle portate di piena, sicché non esiste un valore massimo assoluto, ma ad ogni valore della portata di piena viene associato una probabilità che si verifichino eventi di piena con valori superiori.

Per ridurre le incertezze legate alla presenza di eventi estremi molto rari in ogni singolo punto ed alla variabilità da sito a sito del valore indice della piena, si adotta una metodologia di **analisi regionale** che si avvale anche di modelli concettuali di formazione dei deflussi di piena a partire dalle precipitazioni intense sul bacino. Tale approccio consente di utilizzare non solo tutta l'informazione idrometrica ma anche tutta quella pluviometrica, posseduta su un dato territorio.

In particolare, viene adottato un **modello probabilistico a doppia componente** TCEV (Two Component Extreme Value) che interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte: la prima produce gli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi; la seconda produce gli eventi massimi straordinari, meno frequenti ma spesso catastrofici.

Si è fatto riferimento ad una **procedura di regionalizzazione gerarchica**, in cui i diversi parametri del modello probabilistico vengono valutati a scale regionali differenti, in funzione dell'ordine statistico del parametro stesso. In particolare, per i parametri di ordine più elevato (forma e scala), si analizzano ampie regioni che si suppongono omogenee nei suoi confronti. Le analisi svolte nel presente Rapporto mostrano che, qualunque sia la durata delle precipitazioni, da 5 min a 5 giorni, quasi ovunque tali parametri sono unici e non si può rigettare l'ipotesi che le corrispondenti regioni siano omogenee a tale livello, per cui i parametri di forma e di scala assumano valore unico non solo con le durate ma anche da sito a sito nella regione. Tali conclusioni portano a dire che il rapporto fra il valore con generico rischio di una variabile ed il valore indice (o media), detto **coefficiente probabilistico di crescita, assume una legge di variazione con il rischio unica per l'intera regione.**

Per la stima della piena media annua sono stati presi in considerazione i principali fattori climatici, geomorfologici, idrogeologici e di uso del suolo del bacino.

Sono state effettuate **analisi di correlazione** di tipo empirico e sono stati presi in considerazione modelli concettuali di trasformazione afflusso-deflusso. Tra quelli più usati si citano quello basato sulla classica **formulazione razionale** e quello di tipo **geomorfoclimatico** che identifica la risposta

del bacino attraverso due parametri concettuali, il **coefficiente di afflusso** di piena, che separa le precipitazioni totali negli afflussi efficaci alla piena ed il tempo di ritardo del bacino.

Generalmente essi dipendono da tre **complessi omogenei**: le **aree permeabili con copertura boschiva**, praticamente non contribuenti alla piena, le **aree permeabili senza copertura boschiva**, con basso contributo unitario e con deflusso lento, e le **aree impermeabili**, con più elevato contributo unitario e deflusso più rapido.

Le fasi di tale procedura sono:

1. Calcolare l'**area A** del bacino idrografico assegnato.
2. Calcolare la quota media del bacino:

$$\bar{Z} = \frac{\sum_i A_i \cdot Z_i}{A}$$

3. Calcolare i coefficienti geomorfologici: l'**area permeabile** senza bosco A1, **permeabile** con bosco A3 e **impermeabile** A2.
4. Calcolare il coefficiente probabilistico di crescita K_T per piogge e portate invertendo la seguente formula:

$$T = \frac{1}{1 - \exp(-\Lambda_1 e^{-\eta k} - \Lambda_* \Lambda_1^{1/\theta_*} e^{-\eta k / \theta_*})}$$

per le piogge: $\theta_* = 2.136$ $\Lambda_* = 0.224$ $\Lambda_1 = 37$ $\eta = 4.909$

per le portate: $\theta_* = 2.634$ $\Lambda_* = 0.350$ $\Lambda_1 = 13$ $\eta = 3.901$

5. Decidere se applicare il metodo geomorfoclimatico 1 o 2 e calcolare i relativi valori del coefficiente di afflusso e del tempo di ritardo:

Metodo Geomorfoclimatico:

Calcolare C_f

$$c_f = c_{f1} \frac{A_1}{A} + c_{f2} \frac{A_2}{A} + c_{f3} \frac{A_3}{A}$$

$$c_{f1} = 0.42$$

$$c_{f2}=0.56$$

$$c_{f3}=0.00$$

Dove le aree A1, A2 e A3 si riferiscono alle porzioni di bacino rispettivamente
Permeabili senza bosco, impermeabili e permeabili con bosco

Calcolare t_r

$$t_r = \frac{c_{f1}A_1}{c_f A} \frac{1.25\sqrt{A_1}}{3.6c_1} + \frac{c_{f2}A_2}{c_f A} \frac{1.25\sqrt{A_2}}{3.6c_2}$$

$$c_1=0.23 \text{ m/s}$$

$$c_2=1.87 \text{ m/s}$$

6. Individuare l'area omogenea (o le aree omogenee) nella quale ricade il bacino e caricare i relativi valori dalla seguente tabella:

Area omogenea	$\mu(I_0)$ [mm/ora]	d_c [ora]	C	$D \cdot 10^{-5}$
1	77.08	0.3661	0.7995	8.6077
2	83.75	0.3312	0.7031	7.7381
3	116.7	0.0976	0.7360	8.7300
4	78.61	0.3846	0.8100	24.874
5	231.8	0.0508	0.8351	10.800
6	87.87	0.2205	0.7265	8.8476

Se il bacino ricade in un'unica area omogenea, caricare i corrispondenti valori dei coefficienti. Nel caso che il bacino ricada tra più aree omogenee, calcolare l'area di ciascuna zona ed i relativi valori dei coefficienti μ_0 , d_c , C, D mediati sulle relative aree omogenee, nel seguente modo:

$$\bar{X} = \frac{\sum_i a_i \cdot X_i}{A}$$

dove X sta per μ_0 , d_c , C, D

7. Calcolare $\beta = C - DZ$ (nel caso di più di un'area omogenea: $\beta = \bar{C} - \bar{DZ}$)
 8. Scegliere la durata della pioggia alla quale occorre fare riferimento: d (o t_r)

9. Calcolare la legge di probabilità pluviometrica $\mu[I(d)] = \frac{\mu(I_0)}{\left(1 + \frac{d}{d_c}\right)^\beta}$

10. Calcolare il fattore di riduzione areale $K_A(d) = 1 - (1 - \exp(-c_1 A)) \exp(-c_2 d^{c_3})$

$$c_{k1} = 0.0021$$

$$c_{k2} = 0.53$$

$$c_{k3} = 0.25$$

11. Calcolare l'intensità di pioggia media sull'intero bacino (pioggia media areale):

$$I_A = K_A \cdot \mu[I(d)]$$

12. Calcolare il coefficiente di attenuazione del colmo di piena $q = \begin{cases} 0.60 \\ 0.65 \end{cases}$ se $\begin{cases} 0.25 \leq n' \leq 0.45 \\ 0.45 \leq n' \leq 0.65 \end{cases}$

$$n' = 1 + K_1 A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c}$$

$$K_1 = 1.44 \cdot 10^{-4}$$

13. Calcolare la portata indice $\mu(Q) = c_f \cdot q \cdot k_A(d) \cdot \mu[h(d)] \cdot A$

14. Calcolare il fattore di riduzione dei colmi di piena $r(D) = (1 + \alpha D / t_r)^{(n'-1)}$

$$\alpha = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{1}{n'}\right)$$

$$n' = 1 + k_1 A - \frac{\beta t_r / d_c}{1 + t_r / d_c}$$

15. Calcolare il massimo annuale della portata media nella durata d :

$$\mu(Q_d) = \mu(Q) \cdot r(d)$$

16. Calcolare il Massimo Annuale dell'Intensità di Pioggia in una fissata durata:

$$I_T = K_T \cdot I_A$$

17. Calcolare il Massimo Annuale della Portata al colmo di piena:

$$Q_T = K_T \cdot \mu[Q]$$

18. Per calcolare il Massimo Annuale del Volume di piena in una fissata durata si fa riferimento al massimo annuale della portata media nella durata D, corrispondente al periodo di ritorno T:

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d]$$

10.Valutazione del volume di piena per un assegnato periodo di ritorno T e durata D, sarà pari a $Q_{D,T}$

Tratto Sez.163:

Superficie del bacino	S [Km ²]	2,1	Ai/S	Ai/S [%]
Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco	A ₁ [Km ²]	1,48	0,704762	70,48
Superficie non carbonatica del bacino	A ₂ [Km ²]	0,62	0,295238	29,52
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva	A ₃ [Km ²]	0	0	0,00
Periodo di ritorno per cui si progetta l'opera	T [anni]	100-200		
Area pluviometricamente omogenea n°	1			
Quota media del bacino [m s.l.m.m.]	600			

Tratto Sez.169:

Superficie del bacino	S [Km ²]	1,52	Ai/S	Ai/S [%]
Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco	A ₁ [Km ²]	1,18	0,776316	77,63
Superficie non carbonatica del bacino	A ₂ [Km ²]	0,34	0,223684	22,37
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva	A ₃ [Km ²]	0	0	0,00
Periodo di ritorno per cui si progetta l'opera	T [anni]	100-200		
Area pluviometricamente omogenea n°	1			
Quota media del bacino [m s.l.m.m.]	640			

Tratto Sez.248:

Superficie del bacino	S [Km ²]	0,88	Ai/S	Ai/S [%]
Superficie carbonatica del bacino non coperta da bosco	A ₁ [Km ²]	0,72	0,818182	81,82
Superficie non carbonatica del bacino	A ₂ [Km ²]	0,16	0,181818	18,18
Superficie carbonatica del bacino con copertura boschiva	A ₃ [Km ²]	0	0	0,00
Periodo di ritorno per cui si progetta l'opera	T [anni]	100-200		
Area pluviometricamente omogenea n°	1			
Quota media del bacino [m s.l.m.m.]	650			

Nel Rapporto VAPI Campania è stato mostrato che, dal punto di vista della permeabilità dei litotipi affioranti, durante i fenomeni di piena si possono essenzialmente individuare due complessi idrogeologici: il primo, ad alta permeabilità, comprende tutte le rocce carbonatiche intensamente fratturate; nel secondo vengono compresi tutti gli altri litotipi, a cui si attribuisce mediamente una permeabilità nettamente minore che per le rocce carbonatiche del primo tipo.

Sempre ai fini dei deflussi di piena, è stato mostrato inoltre che una certa influenza viene esercitata anche dalla presenza di copertura boschiva, essenzialmente in funzione del tipo di permeabilità del terreno interessato.

Indicate rispettivamente nella tabella con:

- A1) Aree permeabili senza copertura boschiva;
- A2) Aree a bassa permeabilità;
- A3) Aree permeabili con copertura boschiva.

$$m[I(t_r)] = \frac{m[I_0]}{\left(1 + \frac{t_r}{d_c}\right)^B}$$

Metodo Geomorfoclimatico

Ad eventi di pioggia brevi ed intensi corrispondono, di solito, deflussi di piena nella sezione terminale del bacino dovuti essenzialmente allo scorrimento delle acque sui versanti e nei canali della rete idrografica.

Il bilancio idrologico di un bacino durante i fenomeni di piena può pertanto essere schematizzato considerando che fra i volumi in ingresso e quelli in uscita si stabilisce una relazione per effetto di una concomitante trasformazione dei due sottosistemi da cui è costituito il bacino.

Per la valutazione dei volumi di piena per un assegnato periodo di ritorno T e durata D nel VAPI si è fatto riferimento alla seguente legge:

$$Q_{D,T} = K_T \cdot \mu(Q_D)$$

K_T =coefficiente di crescita probabilistico; per ogni zona omogenea risulta funzione solo di T;

$\mu(Q_D)$ = media della distribuzione dei massimi annuali della portata di piena.

$$K_T = \left(\frac{g^* \cdot Lr(\Lambda_*)}{\eta} + \frac{Lr(\Lambda_1)}{\eta} \right) + \frac{g^*}{\eta} \cdot Lr(T)$$

In particolare si è fatto riferimento, per la legge di probabilità pluviometrica, che definisce appunto la variazione della media del massimo annuale dell'altezza di pioggia con la durata alla legge a quattro parametri del Progetto VAPI i cui valori sono stati determinati attraverso una procedura di stima regionale utilizzando:

- I massimi annuali delle altezze di pioggia in intervalli di 1, 3, 6, 12 e 24 ore;
- Le altezze di pioggia relative ad eventi di notevole intensità e breve durata, che il SIMN non certifica come massimi annuali.

I parametri stimati tramite la TCEV per l'intera Campania sono :

T=100anni

θ^*	2,634
------------	-------

Λ^*	0,35
$Ln(\Lambda^*)$	-1,0498221

Λ_1	13
$Ln(\Lambda_1)$	2,5649494

η	3,901
$Ln(T)$	4,6051702

T=200anni

θ^*	2,634
------------	-------

Λ^*	0,35
$Ln(\Lambda^*)$	-1,0498221

Λ_1	13
$Ln(\Lambda_1)$	2,5649494

η	3,901
$Ln(T)$	5,2983174

L'indagine regionale per la determinazione della legge regionale di crescita con il periodo di ritorno $K_T(T)$, svolta nel Rapporto VAPI Campania, ha condotto alla seguente relazione:

$$K_T = -0.0567 + 0.680 \times \ln T \quad (T = \text{tempo di ritorno})$$

Per T=100 anni

Da cui si ha che : $K_T = 3,06$

Per la Campania si può utilizzare, per periodi di ritorno $T > 10$ anni la seguente formula approssimata :

$$K_T = -0,0567 + 0,680 \cdot \ln(T)$$

Per T=100 anni

da cui ha che : $K_T = 3,07$

Per T=200 anni

Da cui si ha che : $K_T = 3,53$

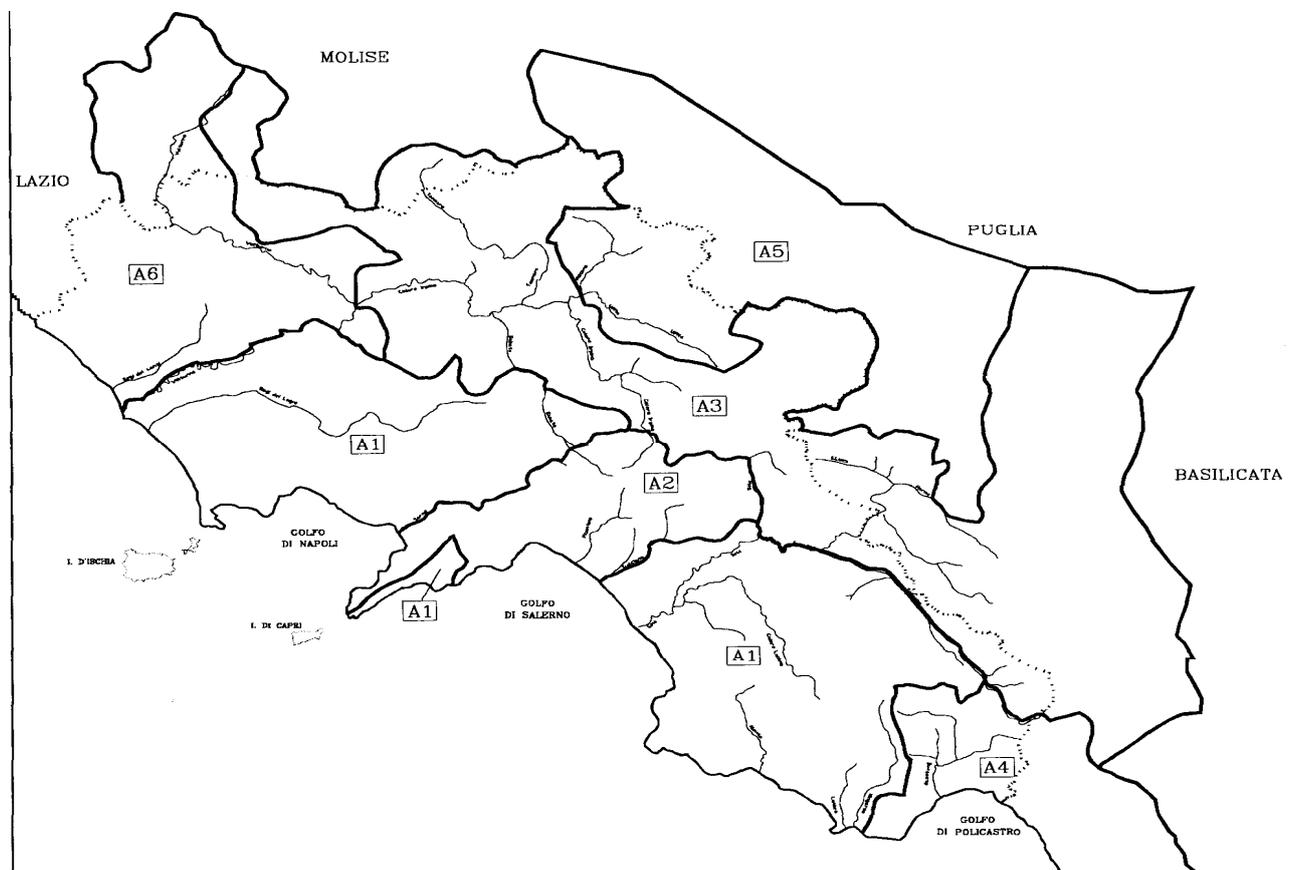
Per la Campania si può utilizzare, per periodi di ritorno $T > 10$ anni la seguente formula approssimata :

$$K_T = -0,0567 + 0,680 \cdot \ln(T)$$

Per T=200 anni

da cui ha che : $K_T = 3,55$

Il grafico di seguito riportato rappresenta la cartografia schematica della regione Campania con indicazione della suddivisione del territorio in 6 aree pluviometriche omogenee per quanto riguarda la regionalizzazione delle medie dei massimi annuali delle altezze di pioggia giornaliere.



Sui versanti, un'aliquota delle precipitazioni totali viene persa a causa del fenomeno dell'infiltrazione e quindi ai fini del bilancio di piena nella sezione finale contribuisce soltanto una parte delle precipitazioni totali, definita pioggia "efficace" nella rete idrografica. L'aliquota delle piogge efficaci derivante dai versanti viene invasata e trasportata alla sezione di sbocco a costituire l'idrogramma di piena, che si manifesta con un certo ritardo nei confronti del pluviogramma che lo ha causato.

Per definire l'effetto dei versanti sulla determinazione della pioggia "efficace" si definisce il coefficiente di afflusso di piena C_f il rapporto tra i volumi di piena e le precipitazioni totali sul bacino in un prefissato intervallo di tempo: le perdite sono sostanzialmente dovute all'infiltrazione e all'intercettazione da parte dell'apparato fogliare.

Per tenere conto del ritardo con cui l'idrogramma di piena si manifesta nella sezione di chiusura di un bacino rispetto al pluviogramma che lo ha determinato, è necessario definire una funzione di risposta del bacino stesso ad un ingresso impulsivo unitario detto anche idrogramma unitario istantaneo o IUH.

$\mu(Q_D)$ = valore medio della distribuzione del max annuale delle portate al colmo di durata D

$$\mu(Q_D) = \mu(Q) \cdot r(D)$$

$\mu(Q)$ = è la piena media annua;

$r(D)$ = fattore di riduzione dei colmi di piena.

La relazione per il calcolo della piena indice con il modello geomorfoclimatico può essere scritta come:

$$\mu(Q) = C_f \cdot q \cdot K_A(t_r) \cdot \mu[I(t_r)] \cdot \frac{S}{3,6}$$

Dove :

C_f : coefficiente di afflusso di piena del bacino;

q : coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena;

t_r : tempo di ritardo del bacino con la durata critica delle precipitazioni sul bacino, in ore;

$K_A(t_r)$: fattore di riduzione areale

$\mu[I(t_r)]$: valore medio del massimo annuale dell'intensità di pioggia di durata t_r ;

S: superficie del bacino.

Dato il significato del coefficiente di deflusso, l'ipotesi più semplice per la sua stima consiste nell'assumere che esista un valore di C_f per ogni singolo complesso omogeneo e nel considerare il valore globale come la media pesata di tali valori caratteristici.

Con la suddivisione in tre complessi omogenei (con copertura boschiva), si ha:

$$C_f = C_{f1} \frac{A_1}{A} + C_{f2} \frac{A_2}{A} + C_{f3} \frac{A_3}{A}$$

dove:

Cf1 = coefficiente di afflusso dell'area permeabile senza bosco = 0.42;

Cf2 = coefficiente di afflusso dell'area impermeabile = 0.56;

Cf3 = coefficiente di afflusso dell'area permeabile con bosco = 0.00.

Il tempo di ritardo del bacino, nel caso di bacini eterogenei dal punto di vista idrogeologico, può essere calcolato come media pesata del ritardo medio di ognuno dei complessi. Quindi la durata critica delle precipitazioni sul bacino risulta definito dalla seguente relazione:

$$t_r = \frac{C_{f1}}{C_f} \cdot \frac{A_1}{S} \cdot \frac{1.25}{3.6 \cdot c_1} \sqrt{A_1} + \frac{C_{f2}}{C_f} \cdot \frac{A_2}{A_{tot}} \cdot \frac{1.25}{3.6 \cdot c_2} \sqrt{A_2}$$

Dove per il metodo Geomorfoclimatico in esame i valori sono:

- c₁ = celerità media di propagazione dell'onda di piena nel reticolo idrografico relativa alle aree permeabili senza bosco = 0.23 m/s;
- c₂ = celerità media di propagazione dell'onda di piena nel reticolo idrografico relativa alle aree impermeabili = 1.87 m/s.

<i>C_{f1}</i>	0,42
<i>C_{f2}</i>	0,56
<i>c₁ [m/s]</i>	0,23
<i>c₂ [m/s]</i>	1,87

Nel nostro caso si ha :

TRATTO SEZ.163:

<i>C_f</i>	0,46133
<i>t_r [ore]</i>	1,23

<i>C_{f1}/(C_f·c₁)</i>	3,958281
<i>C_{f2}/(C_f·c₂)</i>	0,6491299

TRATTO SEZ.169

C_f	0,45132
t_r [ore]	1,21

$C_{f1}/(C_f \cdot c_1)$	4,0461402
$C_{f2}/(C_f \cdot c_2)$	0,6635381

TRATTO SEZ.248

C_f	0,44545
t_r [ore]	1,01

$C_{f1}/(C_f \cdot c_1)$	4,0993789
$C_{f2}/(C_f \cdot c_2)$	0,6722689

Il coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena viene così definito

$$q = \begin{cases} = 0.60 \text{ se } & 0.25 \leq n' \leq 0.45 \\ = 0.65 \text{ se } & 0.45 \leq n' \leq 0.65 \end{cases}$$

dove n' risulta essere pari ad :

$$n' = 1 + K_1 \cdot S - \frac{\beta \cdot (t_r / d_c)}{1 + (t_r / d_c)}$$

in cui β e d_c sono i parametri della legge di probabilità pluviometrica per l'area omogenea considerata , mentre K_1 è un coefficiente numerico pari a :

K_1	0,000144
-------	----------

Il valore medio del massimo annuale dell' intensità di pioggia di durata t_r risulta essere pari ad:

$$\mu[I(t_r)] = \frac{\mu(I_0)}{\left(1 + \frac{t_r}{d_c}\right)^\beta}$$

dove $\mu(I_0)$ il valore medio del massimo annuale dell'intensità di pioggia istantanea ed è funzione della zona omogenea e dove β è pari ad

$$\beta = C - |D| \cdot z$$

anche i coefficienti C e D dipendono dalla zona omogenea mentre β è funzione della quota media del bacino z

Area omogenea	n. stazioni	$\mu(I_0)$ [mm/ora]	d_c [ore]	C	$D \times 10^5$	r^2
1	14	77,08	0,3661	0,7995	3,6077	0,9994
2	12	83,75	0,3312	0,7031	7,7381	0,9991
3	5	116,70	0,0976	0,7360	8,7300	0,9980
4	3	78,61	0,3846	0,8100	24,8740	0,9930
5	6	231,80	0,0508	0,8351	10,8000	0,9993
6	4	87,87	0,2205	0,7265	8,8476	0,9969

Nel nostro caso il bacino ricade nell'area omogenea n°1

Area omogenea n°	1	$\mu(I_0)$ [mm/ora]	d_c [ore]	C	$D \cdot 10^5$	ρ^2	β
Valori relativi all'area omogenea		77,08	0,3661	0,7995	3,6077	0,9994	0,966

Con questi valori otteniamo i seguenti risultati :

TRATTO SEZ.163:

$\mu[I(t_r)]$ [mm/ora]	24,51
---------------------------	-------

n'	0,40
q	0,65

TRATTO SEZ.169:

$\mu[I(t_r)]$ [mm/ora]	24,76
---------------------------	-------

n'	0,40
q	0,65

TRATTO SEZ.248:

$\mu[I(t_r)]$ [mm/ora]	27,66
---------------------------	-------

n'	0,43
q	0,65

Il fattore di riduzione areale $K_A(t_r)$ risulta essere così definito

$$K_A(t_r) = 1 - f_1(A) \cdot f_2(t_r)$$

Dove :

$$f_1(A) = 1 - e^{-c_1 \cdot A}$$

$$f_2(t_r) = e^{-(c_2 \cdot t_r^{c_3})}$$

Per $t_r \leq 24$ ore ed $A \leq 2.000 \text{ km}^2$ si può porre :

Tratto Sez.163:

c ₁	0,0021
c ₂	0,53
c ₃	0,25

da cui risulta:

$f_1(A)$	0,0044
$f_2(t_r)$	$f_2(t_r)$
$K_A(t_r)$	0,9975

Tratto Sez.169:

c ₁	0,0021
c ₂	0,53
c ₃	0,25

da cui risulta:

$f_1(A)$	0,0032
$f_2(t_r)$	$f_2(t_r)$
$K_A(t_r)$	0,9982

Tratto Sez.248:

c ₁	0,0021
c ₂	0,53
c ₃	0,25

da cui risulta:

$f_1(A)$	0,0018
$f_2(t_r)$	$f_2(t_r)$
$K_A(t_r)$	0,9989

A questo punto è possibile determinare la piena media annua $\mu (Q)$:

TRATTO SEZ.163:

Calcolo della piena media annua $\mu (Q)$

C_f	0,4613
q	0,65
t_r [ore]	1,2308
$K_A(t_r)$	0,9975
$\mu[I(t_r)]$ [mm/ore]	24,51
S [km ²]	2,1
$\mu(Q)$ [m ³ /s]	4,28

TRATTO SEZ 169:

Calcolo della piena media annua $\mu (Q)$

C_f	0,4513
q	0,65
t_r [ore]	1,2148
$K_A(t_r)$	0,9982
$\mu[I(t_r)]$ [mm/ore]	24,76
S [km ²]	1,52
$\mu(Q)$ [m ³ /s]	3,06

Calcolo della piena media annua $\mu(Q)$

Cf	0,4455
q	0,65
t_r [ore]	1,0052
$K_A(t_r)$	0,9989
$\mu[I(t_r)]$ [mm/ore]	27,66
S [km ²]	0,88
$\mu(Q)$ [m ³ /s]	1,96

Determiniamo ora il fattore di riduzione dei colmi di piena $r(D)$

$$r(D) = \left(1 + \alpha \cdot \frac{D}{t_r}\right)^{(n'-1)}$$

Con

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \frac{1}{2} \cdot n'\right)$$

Nel nostro caso $\alpha=0,399805$ (SEZ.163) e $\alpha=0,399098$ (SEZ.169), $\alpha=0,392184$ (SEZ.248)
Da cui si calcola il fattore di riduzione dei colmi di piena $r(D)$

TRATTO SEZ.163:

Calcolo del fattore di riduzione dei colmi di piena $r(D)$	
α	0,39980532
n'	0,40
D	0,00003608
t_r [ore]	1,230782664
$r(D)$	1,00

TRATTO SEZ.169:

Calcolo del fattore di riduzione dei colmi di piena $r(D)$	
α	0,399098349
n'	0,40
D	0,00003608
t_r [ore]	1,214803379
$r(D)$	1,00

TRATTO SEZ.248:

Calcolo del fattore di riduzione dei colmi di piena r (D)	
α	0,392183559
n'	0,43
D	0,00003608
t_r [ore]	1,005169194
$r(D)$	1,00

Quindi è possibile determinare il valore medio della distribuzione del max annuale delle portate al colmo di durata D

$$\mu(Q_d) = \mu(Q) \cdot r(d)$$

TRATTO SEZ.163

$$\mu(Q_d) = 4,28 \cdot 1,00 = 4,28 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

TRATTO SEZ.169:

$$\mu(Q_d) = 3,06 \cdot 1,00 = 3,06 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

TRATTO SEZ.248:

$$\mu(Q_d) = 1,96 \cdot 1,00 = 1,96 \text{ [m}^3\text{/s]}$$

Per calcolare il Massimo Annuale del Volume di piena in una fissata durata si fa riferimento al massimo annuale della portata media nella durata D:

TRATTO SEZ.163:

Per T = 100 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,07 \cdot 4,28 = \mathbf{13,15 \text{ [m}^3\text{/s]}}$$

Per T = 200 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,55 \cdot 4,28 = \mathbf{15,17 \text{ [m}^3\text{/s]}}$$

TRATTO SEZ.169:

Per T = 100 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,07 \cdot 3,06 = \mathbf{9,41 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 200 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,55 \cdot 3,06 = \mathbf{10,85 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

TRATTO SEZ.248:

Per T = 100 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,07 \cdot 1,96 = \mathbf{6,01 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

Per T = 200 anni

$$Q_{T,D} = K_T \cdot \mu[Q_d] = 3,55 \cdot 1,96 = \mathbf{6,93 \text{ [m}^3/\text{s]}}$$

VERIFICA IDRAULICA SEZ 169

PREMESSA

Nel presente elaborato vengono riportati e descritti i calcoli di verifica degli interventi di sistemazione idrogeologico forestale, che sono stati proposti lungo i tratti di Vallone Rancali, nel Comune di Castel San Lorenzo (Sa).

Come meglio descritto nella relazione generale e nella relazione geologica, si tratta di interventi che prevedono il rifacimento dell'attraversamento.

Laddove si è ritenuto di prevedere interventi di protezione spondali sulle sezioni di progetto, nell'ottica di intervenire il meno possibile sulla conformazione piano – altimetrico delle sezioni esistenti, si è cercato di prevedere interventi che non alterassero i caratteri di naturalità esistenti, dando priorità all'utilizzo di tecniche a basso impatto ambientale.

I calcoli hanno lo scopo di verificare il dimensionamento e l'efficacia degli interventi proposti sulle attuali caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche delle aree da sistemare; quindi verificare la stabilità nelle condizioni attuali e di progetto, anche in riferimento al grado di rischio del sito.

Le caratteristiche litologiche, granulometriche e geotecniche sono state acquisite da un accurato rilievo geologico stratigrafico e strutturale effettuato lungo l'asta del vallone, mentre le caratteristiche topografiche sono state acquisite da misure dirette strumentali del tratto da sistemare; le caratteristiche idrologiche ed i parametri idraulici sono quelli calcolati nella relazione idrologica.

I calcoli riguardano le seguenti verifiche:

Verifica dell'attraversamento avente sez.169 di progetto

Per le verifiche di cui ai punti precedenti è stato utilizzato il codice di calcolo Hec-Ras 5.0.3 il quale, nota la portata massima di piena (Portata di progetto), le caratteristiche geometriche, pendenza, scabrezza e resistenza al trascinarsi dei litotipi costituenti l'alveo e le sponde, permette di calcolare la scala di deflusso, la capacità di smaltimento della portata di piena e l'altezza dell'acqua dal fondo alveo; fornisce, inoltre, per ciascuna sezione esaminata il valore delle massime tensioni agenti.

In particolare, le verifiche idrauliche per le gabbionate hanno lo scopo di accertare che le opere di protezione spondale in questione possano resistere con profitto alle tensioni di trascinarsi della corrente; in altri termini tali verifiche permettono di effettuare il confronto tra le massime tensioni agenti e quelle resistenti, al fine di verificare le azioni erosive sulle sponde e le condizioni dell'alveo.

VERIFICHE IDRAULICHE

Il modello matematico utilizzato per la valutazione delle caratteristiche della corrente idrica, quando è possibile l'ipotesi di moto permanente, è quello implementato nel codice di calcolo HEC-RAS (River

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

Analysis System) sviluppato dall'United States Army Corps of Engineering (USACE), Hydrological Engineering Center (HEC).

Il modello descrive il moto monodimensionale, stazionario, gradualmente variato in modo che in ogni sezione la distribuzione delle pressioni possa essere considerata di tipo idrostatico, a fondo fisso e con pendenze di fondo piccole (non superiori a 1/10).

L'adozione di tale modello è giustificato dalla possibilità di poter trascurare almeno in via di prima approssimazione la variabilità di alcune grandezze fisiche sia nella direzione trasversale alla direzione principale di deflusso che in quella verticale.

E' da osservare tuttavia che nonostante le necessarie semplificazioni effettuate il modello utilizzato risulta ancora abbastanza generale e comunque tale da portare in conto seppure mediante coefficienti globali alcune diversità che possono verificarsi nell'ambito di ciascuna sezione trasversale di calcolo tra le caratteristiche idrodinamiche della corrente.

EQUAZIONI DI BASE E SCHEMA RISOLUTIVO

Sotto le predette ipotesi, le principali caratteristiche della corrente (livello idrico e velocità media) sono calcolate a partire da una sezione alla successiva, posta a monte o a valle a seconda che il regime sia rispettivamente subcritico o supercritico, risolvendo, con una procedura iterativa nota come standard step, l'equazione che esprime il bilancio di energia della corrente tra le medesime sezioni, nota anche come equazione di Bernoulli:

$$h_m + z_m + \frac{\alpha_m V_m^2}{2g} = h_v + z_v + \frac{\alpha_v V_v^2}{2g} + \Delta H \quad (1.)$$

dove, avendo indicato con il pedice m le grandezze che si riferiscono alla sezione di monte e con il pedice v quelle della sezione di valle:

h_m e h_v sono le altezze idriche;

z_m e z_v sono le quote del fondo alveo rispetto ad un riferimento prefissato;

V_m e V_v sono le velocità medie;

α_m e α_v sono i coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche o coefficienti di Coriolis;

ΔH è la perdita di carico tra le due sezioni.

Inoltre, in corrispondenza di particolari situazioni localizzate per le quali il moto non può, a rigore, essere considerato gradualmente variato, come avviene in corrispondenza di ponti, tombini, stramazzi, risalti idraulici ecc., vengono utilizzate le equazioni di bilancio della quantità di moto o relazioni di tipo

empirico.

Lo schema numerico adottato dal codice a riguardo, è stato ampiamente dibattuto in ambito scientifico ed è a tutt'oggi considerato l'approccio di massima affidabilità.

L'equazione (1.) esprime il ben noto principio per cui la variazione tra due sezioni dell'energia della corrente è pari alle perdite continue derivanti dagli attriti interni dovuti all'esistenza di strati a diversa velocità nell'interno della massa fluida e da perdite di energia localizzate, in genere dovute alla presenza di strutture in alveo che inizialmente producono un restringimento della corrente e un successivo allargamento con formazione di vortici che, come è noto, sono fenomeni dissipativi.

La perdita di carico, infatti, tra le due sezioni viene valutata come la somma di due termini:

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 \quad (2.)$$

Il primo corrispondente a perdite di carico di tipo distribuito:

$$\Delta H_1 = \bar{J} \cdot \Delta x \quad (3.)$$

dove Δx è la distanza tra le due sezioni di calcolo e \bar{J} è la cadente piezometrica media tra le due sezioni valutata con la relazione di Chezy

$$J = \frac{Q^2}{A^2 \cdot K^2 \cdot R^{4/3}} \quad (4.)$$

dove:

Q è la portata che defluisce nelle sezioni;

A è l'area della sezione bagnata;

K è il coefficiente di scabrezza secondo Gauckler e Strickler;

R è il raggio idraulico, rapporto tra l'area A e il perimetro bagnato P .

Il valore medio della cadente piezometrica \bar{J} può essere valuta in maniera diversa in funzione dei valori che essa assume in ciascuna sezione e del regime della corrente:

1) media aritmetica:

$$\bar{J} = \frac{J_m + J_v}{2} \quad (5.a)$$

2) media geometrica:

$$\bar{J} = \sqrt{J_m \cdot J_v} \quad (5.b)$$

3) media armonica:

$$\bar{J} = 2 \frac{(J_m \cdot J_v)}{J_m + J_v} \quad (5.c)$$

4) media pesata sulla conducibilità idraulica:

$$\bar{J} = \left(\frac{Q_m + Q_v}{C_m + C_v} \right)^2 \quad (5.d)$$

dove $C_i = A_i \cdot K_i \cdot R_i^{2/3}$ è la conducibilità idraulica della sezione i – esima .

Il secondo termine della (1.), corrispondente a perdite di carico concentrate per effetto del restringimento o per allargamento tra le sezioni, è valutato proporzionalmente alla differenza assoluta tra le altezze cinetiche.

$$\Delta H_2 = C \left| \frac{\alpha_v V_v^2}{2g} - \frac{\alpha_m V_m^2}{2g} \right| \quad (6.)$$

Ovviamente nel moto uniforme tale perdita di carico risulta nulla. Il coefficiente C viene posto pari a 0.1 per il restringimento ($V_v > V_m$) e 0.3 per l'allargamento ($V_m > V_v$).

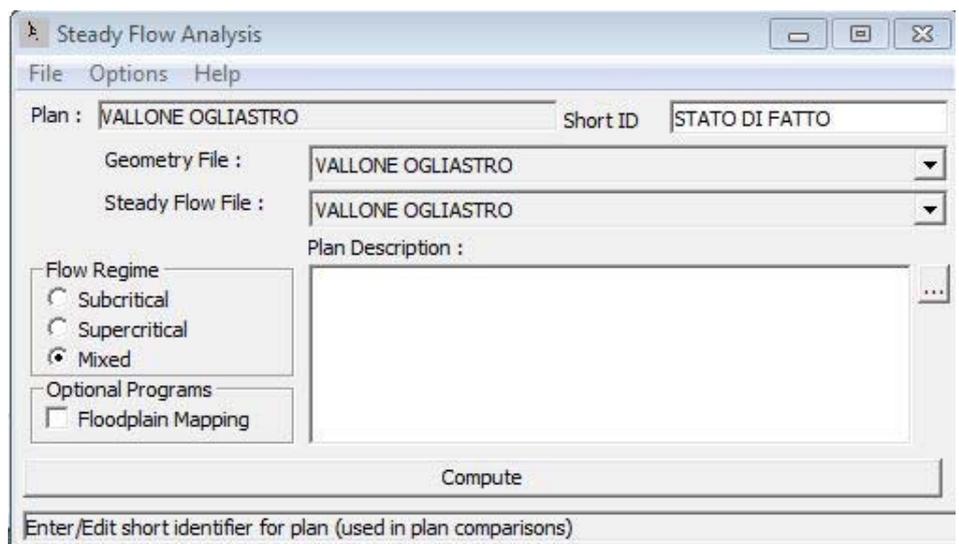
CONDIZIONI AL CONTORNO UTILIZZATE IN MOTO PERMANENTE

Il modello permette la determinazione del profilo liquido secondo tre schemi di calcolo e precisamente:

- ⇒ Corrente lenta (subcritical flow)
- ⇒ Corrente veloce (supercritical flow)
- ⇒ Corrente mista (mixed flow)

Il primo schema, che è applicabile quando la corrente è ovunque lenta e presenta quindi in tutte le sezioni di calcolo un'altezza liquida maggiore dell'altezza critica, richiede che la condizione al contorno sia posta in corrispondenza della sezione estrema di valle del tratto considerato.

Il secondo schema, che è applicabile quando la corrente è ovunque veloce e presenta quindi in tutte le sezioni di calcolo un'altezza liquida minore dell'altezza critica, richiede che la condizione al contorno sia posta in corrispondenza della



sezione estrema di monte del tratto considerato. Il terzo schema, deve essere

Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti – Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide

utilizzando quando nel tratto in esame si possono verificare transizioni da un tipo di corrente all'altro, dando luogo ad una successione di tronchi con differenti caratteristiche di moto, che nel caso di transizione da corrente veloce a lenta porteranno alla formazione di risalti idraulici. Tale schema richiede che siano definite due diverse condizioni al contorno in corrispondenza delle due sezioni estreme (di monte e di valle) del tratto considerato. Nel caso di simulazioni in moto permanente è sufficiente fornire il valore della portata in ingresso alla stazione di monte, eventuali cambiamenti della stessa dovuti a immissioni localizzate o distribuite, e le condizioni al contorno per le sezioni di chiusura del tronco in esame. Quindi, assegnato il valore di portata di moto permanente, mentre nel caso di corrente lenta occorre specificare una condizione al contorno di valle, e viceversa, per correnti veloci, è richiesta la definizione di una condizione al contorno di monte, per un regime transcritico, invece, come nel caso in esame, si è resa necessaria la specifica di entrambe le condizioni, ovvero a monte e a valle. HEC-RAS ammette la definizione delle condizioni al contorno attraverso la specifica di un valore di altezza assegnato, oppure imponendo il passaggio del profilo per l'altezza critica, oppure per l'altezza di moto uniforme.

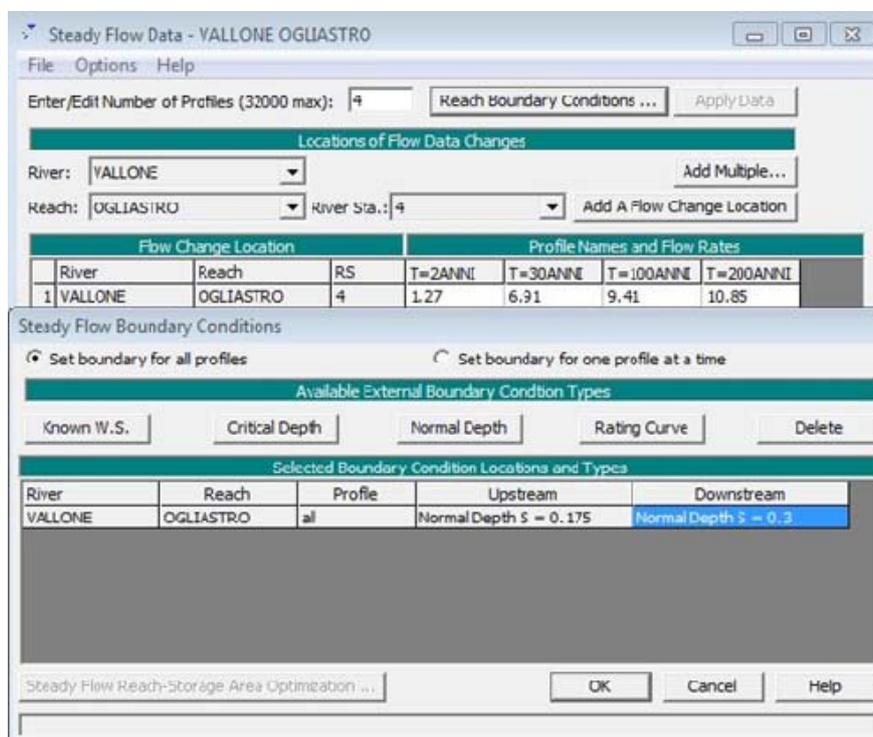
In questo modo il programma è in grado di risolvere il profilo da monte verso valle se la corrente risulta veloce e da valle verso monte se la corrente risulta lenta.

Nel caso in esame, per la definizione univoca del modello idraulico, sono state assegnate le seguenti condizioni al contorno:

- Tratto 1:
 - Condizioni di monte: Passaggio del profili per l'altezza di moto uniforme (pendenza pari a 0,66%);
 - Condizioni di Valle: Passaggio del profili per l'altezza di moto uniforme (pendenza pari a 3,60 %);

**RISULTATI
SIMULAZIONI
MODELLO**

TIRANTE



**DELLE
CON IL
HEC-RAS**

IDRAULICO IN

CORRISPONDENZA DEGLI ATTRAVERSAMENTI STRADALI ESISTENTI

Il modello matematico utilizzato per la valutazione delle caratteristiche della corrente idrica ha consentito di effettuare le verifiche idrauliche dei vari attraversamenti presenti, e identificati con i seguenti codici identificativi in Hec-Ras:

TRATTO VALLONE OGLIASTRO sez. 169 di progetto:

- Sezione n° 2.1, Tratto Vallone Rancali: Codice identificativo Hec-Ras 2.1 (Culvert);

Il Software consente la modellizzazione idraulica di Culvert di qualunque geometria, forma e dimensione, mediante l'utilizzo di quattro sezioni trasversali necessarie per la valutazione delle perdite energetiche dovute alla struttura stessa. In particolare il programma richiede l'inserimento di 4 sezioni supplementari:

- a) Sezione sufficientemente a valle del "Culvert" (esaurita espansione corrente)
- b) Sezione a breve distanza a monte del Culvert
- c) Sezione a breve distanza a valle del Culvert
- d) Sezione sufficientemente a monte del Culvert (esaurita espansione corrente)

Nel tratto 1 il programma inserisce automaticamente 2 sezioni, BD Bridge downstream e BU Bridge upstream, come sovrapposizione della geometria delle sezioni del corso d'acqua e la geometria del ponte.

Contrazioni ed espansioni di flusso dovute al passaggio fra due distinte sezioni sono una delle principali cause che producono perdite di carico nel tratto compreso fra le stesse. Tali perdite sono quantificabili come prodotto della differenza assoluta fra le altezze cinetiche delle due sezioni in esame ed un coefficiente di espansione/contrazione. Nel caso di passaggi di sezioni graduali, tali coefficienti sono tipicamente dell'ordine di 0.1 e 0.3 rispettivamente. Nel caso in esame, invece, dato che il cambiamento nell'area della sezione effettiva è invece più brusco, tali valori sono stati posti rispettivamente a 0.3 e 0.5 HEC-RAS, le cui modalità di utilizzo sono state precedentemente illustrate, consente di effettuare delle simulazioni monodimensionali. Nel caso della simulazione di cui è oggetto la trattazione, sono state svolte simulazioni a moto permanente.

Le simulazioni sono state condotte per tempo di ritorno pari a 100 anni e 200 per gli attraversamenti.

Il programma, al termine della simulazione, fornisce come risultato il valore delle diverse grandezze idrauliche (altezza d'acqua, altezza della linea dell'energia, velocità media, ecc..) in ogni sezione. I risultati possono essere visualizzati sotto forma di profilo longitudinale o in forma tabellare.

Questo tipo di simulazione ha avuto lo scopo di effettuare un'indagine circa l'area oggetto di studio, individuando preventivamente le aree in cui potrebbero sorgere condizioni di criticità.

Qui di seguito si riportano i risultati corrispondenti al profilo liquido risultante sia in forma tabellare che in forma grafica.

VERIFICHE ATTRAVERSAMENTI STRADALI

Le simulazioni sono state condotte con tempo di ritorno pari a 100 e 200 anni.

Il programma, al termine della simulazione, fornisce come risultato il valore delle diverse grandezze idrauliche (altezza d'acqua, altezza della linea dell'energia, velocità media, ecc..) in ogni sezione. I risultati possono essere visualizzati sotto forma di profilo longitudinale o in forma tabellare.

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

Qui di seguito si riportano le figure corrispondenti al profilo liquido della corrente, con portata Q_{100} e Q_{200} anni, e le figure risultanti per le simulazioni relative agli attraversamenti in oggetto lungo i tratti del Vallone Ogliastro, nel comune di Castel San Lorenzo, sia nella condizione ante-operam che in quella post-operam:

Tratto sez.169:

- Sezione n° 2.1, Tratto : Codice identificativo Hec-Ras 2.1 (Culvert);

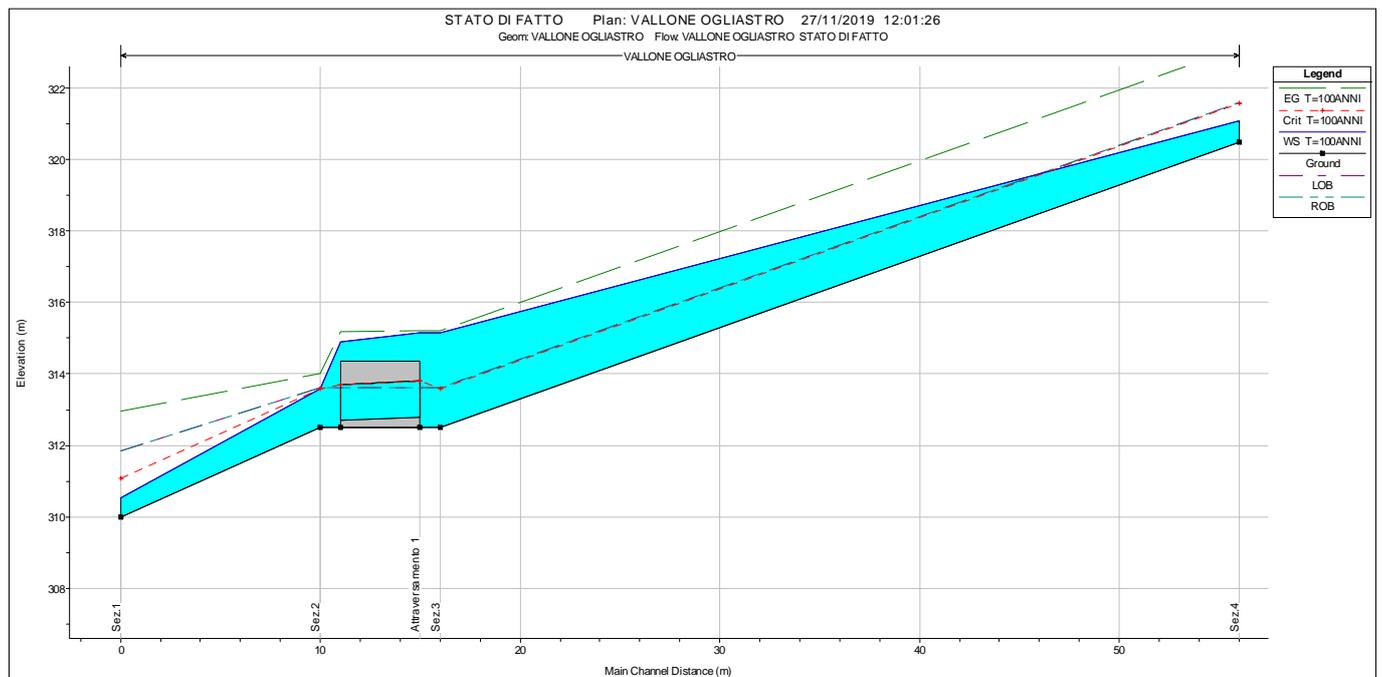


GRAFICO - PROFILO CORRENTE A TR 100 ANNI, TRATTO A (STATO ANTE OPERAM)

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzone-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

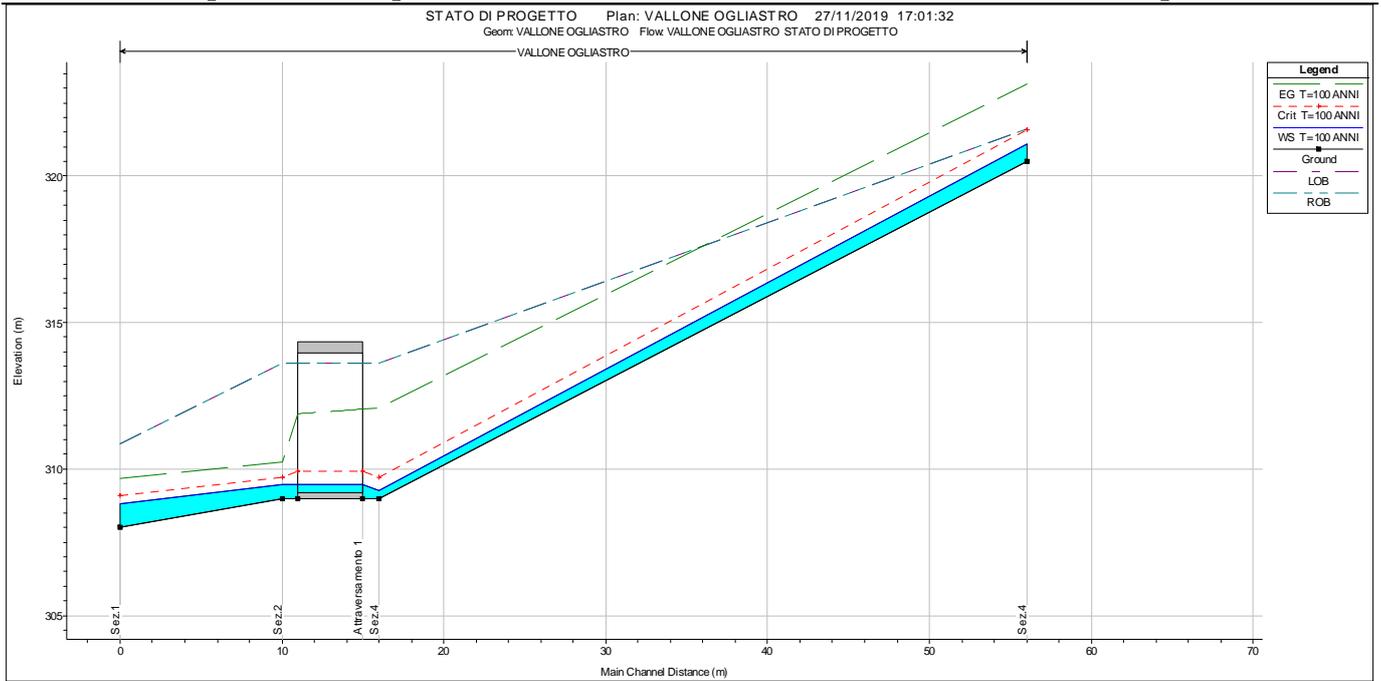


GRAFICO - PROFILO CORRENTE A TR 100 ANNI, TRATTO A (STATO POST OPERAM)

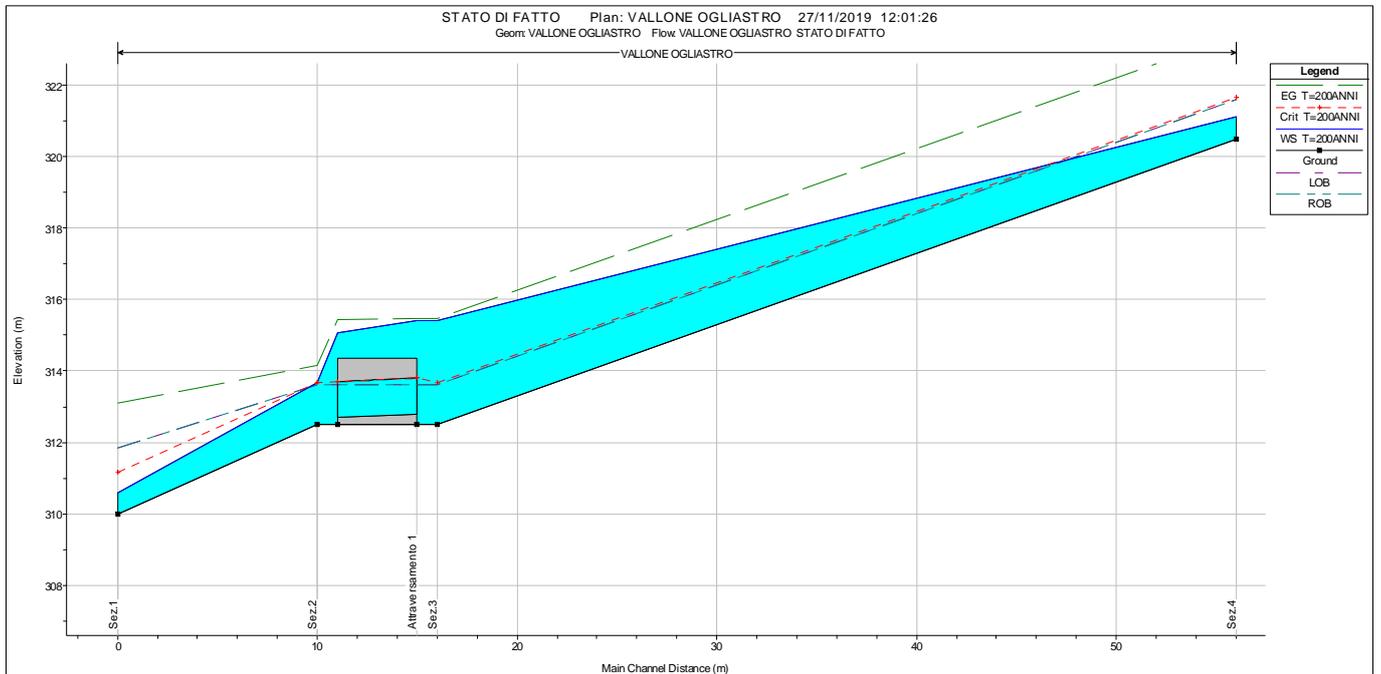


GRAFICO- PROFILO CORRENTE TR 200 ANNI, TRATTO (STATO ANTE OPERAM)

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

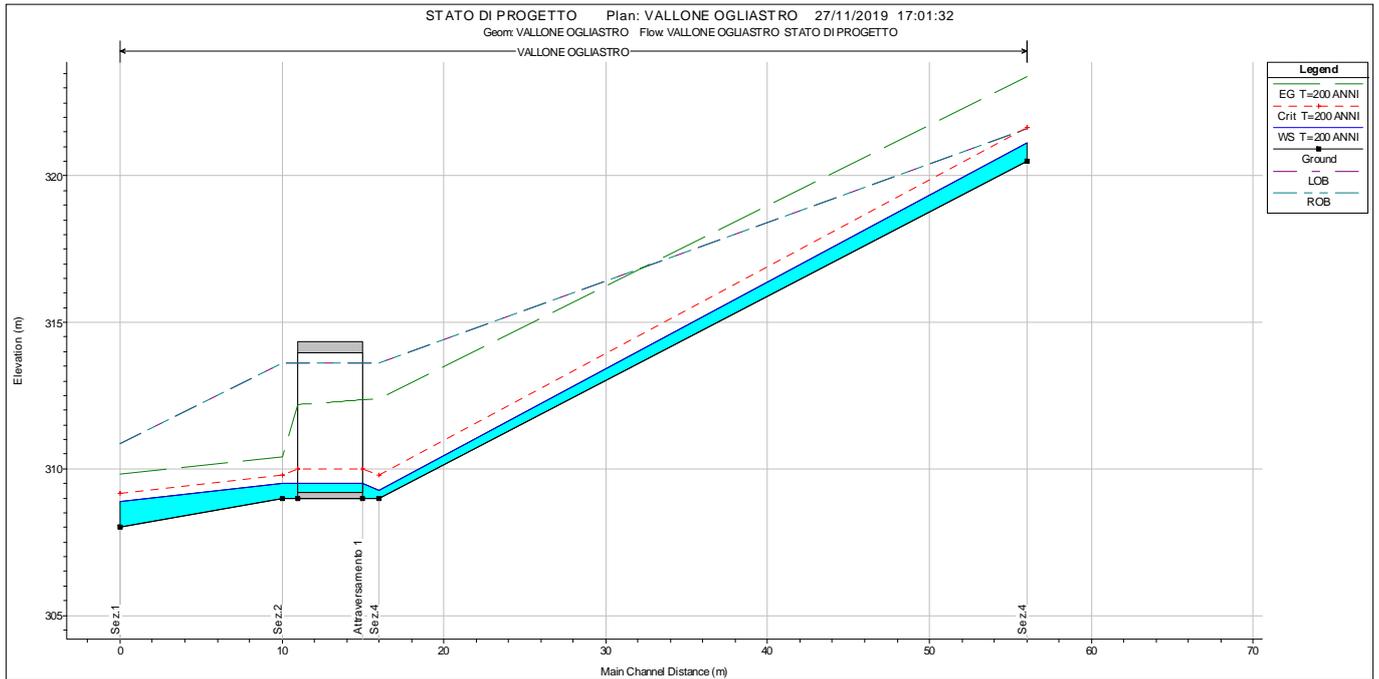


GRAFICO- PROFILO CORRENTE TR 200 ANNI, TRATTO (STATO POST OPERAM)

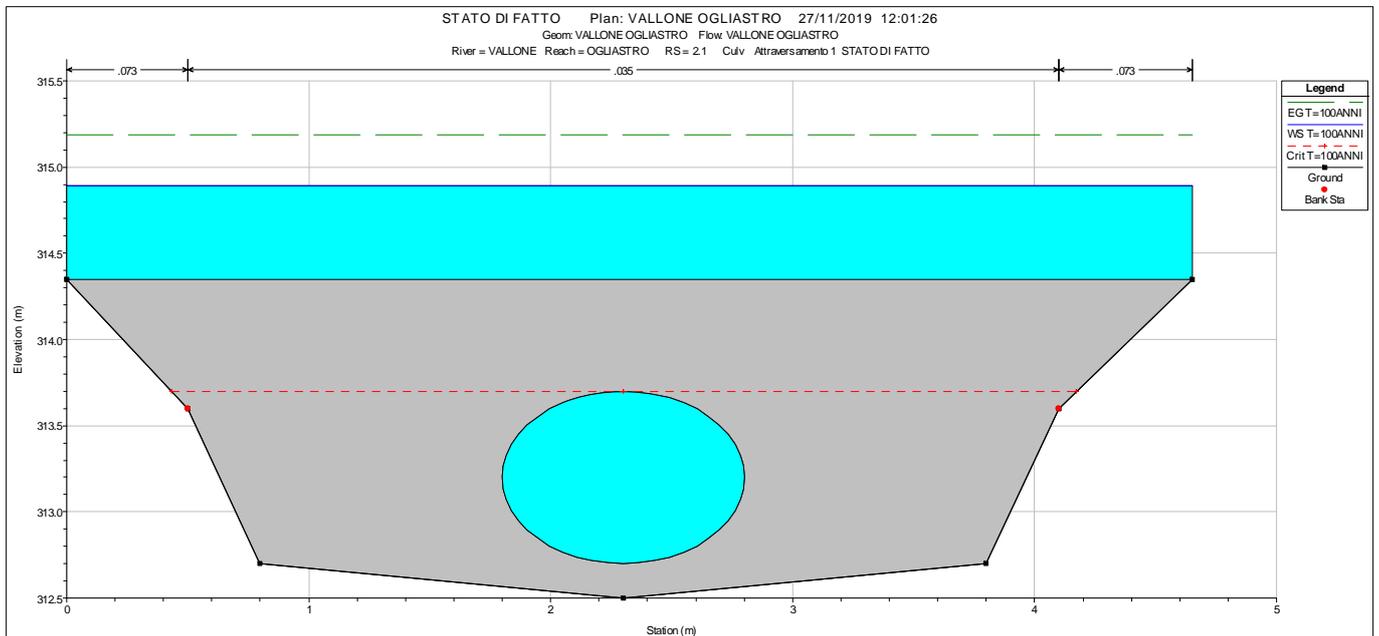


GRAFICO- TIRANTI IDRICI A TR 100 ANNI (CULVERT SEZ.2.1 - RS 2.1 A VALLE, TRATTO A – STATO ANTE OPERAM).

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

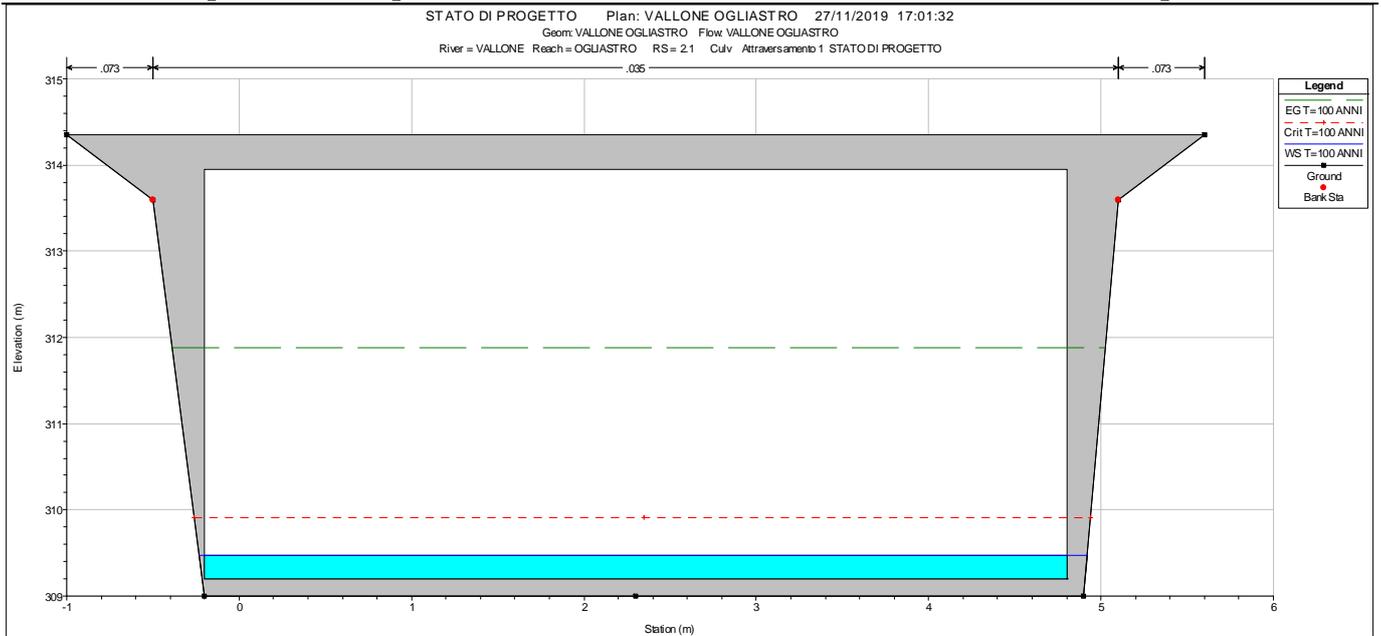


GRAFICO - TIRANTI IDRICI A TR 100 ANNI (CULVERT SEZ.2.1 - RS 2.1 A VALLE, - STATO POST OPERAM).

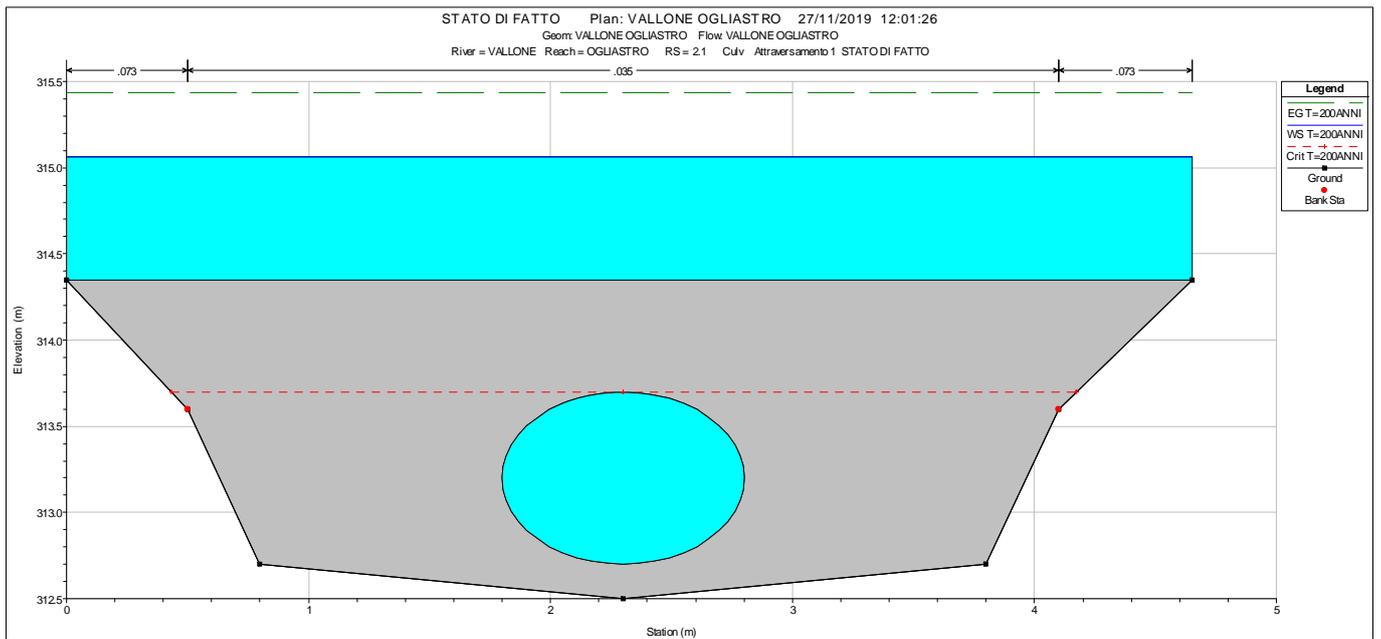


GRAFICO- TIRANTI IDRICI A 200 ANNI (CULVERT SEZ.2.1 - RS 2.1 A MONTE- STATO ANTE OPERAM).

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

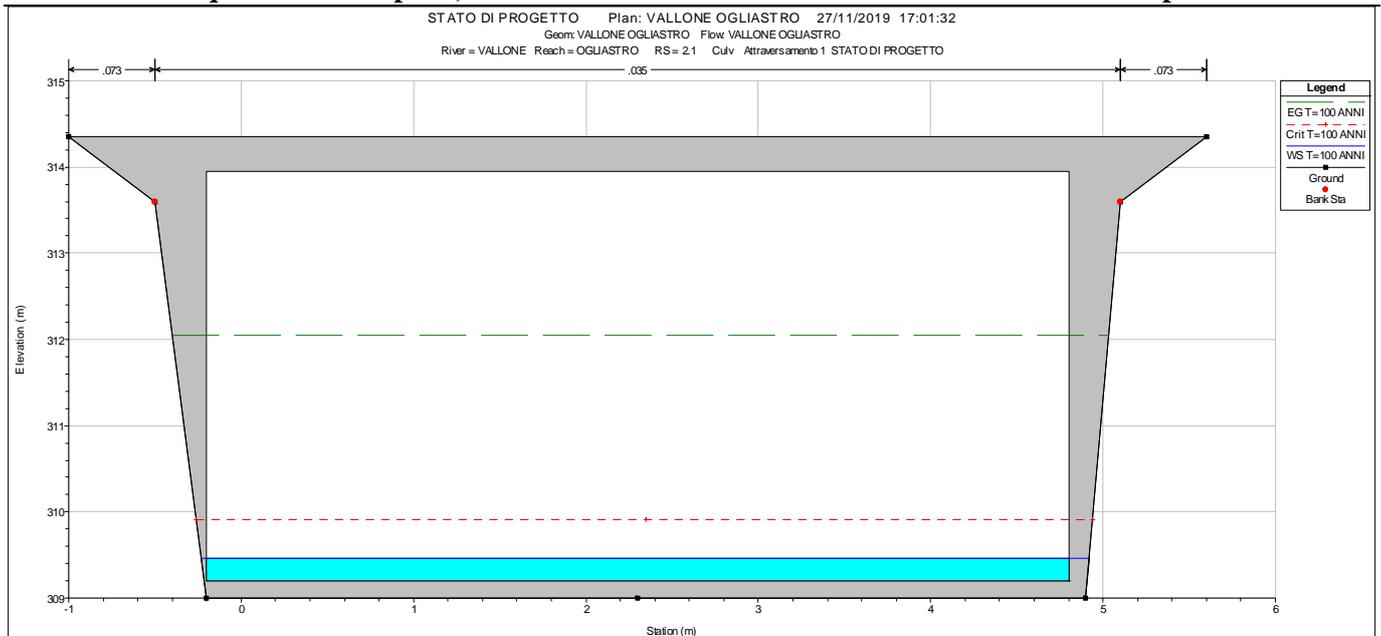


GRAFICO- TIRANTI IDRICI A TR 200 ANNI (CULVERT SEZ.2.1 - RS 2.1 A MONTE- STATO POST OPERAM).

Allo scopo di evidenziare i benefici che si potranno ottenere con gli interventi appena esposti, le tabelle successive riportano in maniera sintetica, per le sezioni relative agli attraversamenti esaminati del tratto del vallone, i risultati idraulici ottenuti:

TRATTO VALLONE OGLIASTRO sez di progetto 169:

TRATTO VALLONE OGLIASTRO - SEZ_2.1 CULVERT RS: 2.1, PROFILE: Q100 ANNI - STATO ANTE OPERAM).

Vallone Ogliastro SEZ. 169 RS: 2.1 Culv Group: Culvert #1 Profile: T=100 anni			
Q Culv Group (m3/s)	4.13	Culv Full Len (m)	4
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	5.26
Q Barrel (m3/s)	4.13	Culv Vel DS (m/s)	5.26
E.G. US. (m)	315.22	Culv Inv El Up (m)	312.8
W.S. US. (m)	315.17	Culv Inv El Dn (m)	312.7
E.G. DS (m)	314.02	Culv Frctn Ls (m)	0.09
W.S. DS (m)	313.57	Culv Exit Loss (m)	1.09
Delta EG (m)	1.2	Culv Entr Loss (m)	0.02
Delta WS (m)	1.59	Q Weir (m3/s)	5.28
E.G. IC (m)	315.33	Weir Sta Lft (m)	0
E.G. OC (m)	315.22	Weir Sta Rgt (m)	4.65
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	0
Culv WS Inlet (m)	313.8	Weir Max Depth (m)	0.87
Culv WS Outlet (m)	313.7	Weir Avg Depth (m)	0.87
Culv Nml Depth (m)	0.76	Weir Flow Area (m2)	4.04
Culv Crt Depth (m)	1	Min El Weir Flow (m)	314.35

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

Verifica attraversamento 2.1 Monte			
Culv WS Inlet (m)	313.8	0,5*v2/2g	0.407747 NON VERIFICATO
D (m)	1	0,5-1m	
ys (m)	312.8		
ytot (m) = ys +D	313.8		
hp (m) = ytot - Culv	0		

Verifica attraversamento 2.1 Valle			
Culv WS Outlet (m)	313.7	0,5*v2/2g	0.705087 NON VERIFICATO
D (m)	1	0,5-1m	
ys (m)	312.7		
ytot (m) = ys +D	313.7		
hp (m) = ytot - Culv	0		

TRATTO - SEZ_2.1 CULVERT RS: 2.1, PROFILE: Q200 ANNI - STATO ANTE-OPERAM)

Vallone Ogliastro SEZ. 169 RS: 2.1 Culv Group: Culvert #1 Profile: T=200 anni			
Q Culv Group (m3/s)	3.09	Culv Full Len (m)	4
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	3.94
Q Barrel (m3/s)	3.09	Culv Vel DS (m/s)	3.94
E.G. US. (m)	315.48	Culv Inv El Up (m)	312.8
W.S. US. (m)	315.42	Culv Inv El Dn (m)	312.7
E.G. DS (m)	314.15	Culv Frctn Ls (m)	0.05
W.S. DS (m)	313.66	Culv Exit Loss (m)	0.34
Delta EG (m)	1.33	Culv Entr Loss (m)	0.01
Delta WS (m)	1.76	Q Weir (m3/s)	7.76
E.G. IC (m)	315.48	Weir Sta Lft (m)	0
E.G. OC (m)	314.58	Weir Sta Rgt (m)	4.65
Culvert Control	Inlet	Weir Submerg	0
Culv WS Inlet (m)	313.8	Weir Max Depth (m)	1.12
Culv WS Outlet (m)	313.7	Weir Avg Depth (m)	1.12
Culv Nml Depth (m)	0.61	Weir Flow Area (m2)	5.22

Verifica attraversamento 2.1 Monte			
Culv WS Inlet (m)	313.8	0,5*v2/2g	0.395607 NON VERIFICATO
D (m)	1	0,5-1m	
ys (m)	312.8		
ytot (m) = ys +D	313.8		
hp (m) = ytot - Culv	0		

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

Verifica attraversamento 2.1 Valle

Culv WS Outlet (m)	313.7	0,5*v2/2g	0.401631	NON VERIFICATO
D (m)	1	0,5-1m		
ys (m)	312.7			
ytot (m) = ys +D	313.7			
hp (m) = ytot - Culv	0			

TRATTO - SEZ_2.1 CULVERT RS: 2.1, PROFILE: Q100 ANNI - STATO POST-OPERAM).

VALLONE OGLIASTRO RS: 2.1 Culv Group: Culvert #1 Profile: T=100 ANNI			
Q Culv Group (m3/s)	9.41	Culv Full Len (m)	
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	7.11
Q Barrel (m3/s)	9.41	Culv Vel DS (m/s)	6.88
E.G. US. (m)	312.07	Culv Inv El Up (m)	309.2
W.S. US. (m)	309.25	Culv Inv El Dn (m)	309.2
E.G. DS (m)	310.05	Culv Frctn Ls (m)	0
W.S. DS (m)	309.7	Culv Exit Loss (m)	1.84
Delta EG (m)	2.02	Culv Entr Loss (m)	0.02
Delta WS (m)	0.45	Q Weir (m3/s)	
E.G. IC (m)		Weir Sta Lft (m)	
E.G. OC (m)		Weir Sta Rgt (m)	
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	
Culv WS Inlet (m)	309.46	Weir Max Depth (m)	
Culv WS Outlet (m)	309.47	Weir Avg Depth (m)	
Culv Nml Depth (m)		Weir Flow Area (m2)	
Culv Crt Depth (m)	0.71	Min El Weir Flow (m)	314.35

Verifica attraversamento 2.1 Monte

Culv WS Inlet (m)	309.46	0,5*v2/2g	1.28828	VERIFICATO
D (m)	4.75	0,5-1m		
ys (m)	309.2			
ytot (m) = ys +D	313.95			
hp (m) = ytot - Culv	4.49			

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

Verifica attraversamento 2.1 Valle

Culv WS Outlet (m)	309.47	0,5*v2/2g	1.206279	VERIFICATO
D (m)	4.75	0,5-1m		
ys (m)	309.2			
ytot (m) = ys +D	313.95			
hp (m) = ytot - Culv	4.48			

TRATTO - SEZ_2.1 CULVERT RS: 2.1, PROFILE: Q200 ANNI - STATO POST-OPERAM)

VALLONE OGLIASTRO RS: 2.1 Culv Group: Culvert #1 Profile: T=200 ANNI			
Q Culv Group (m3/s)	10.85	Culv Full Len (m)	
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	7.5
Q Barrel (m3/s)	10.85	Culv Vel DS (m/s)	7.28
E.G. US. (m)	312.38	Culv Inv El Up (m)	309.2
W.S. US. (m)	309.27	Culv Inv El Dn (m)	309.2
E.G. DS (m)	310.15	Culv Frctn Ls (m)	0
W.S. DS (m)	309.77	Culv Exit Loss (m)	2.04
Delta EG (m)	2.23	Culv Entr Loss (m)	0.02
Delta WS (m)	0.5	Q Weir (m3/s)	
E.G. IC (m)		Weir Sta Lft (m)	
E.G. OC (m)		Weir Sta Rgt (m)	
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	
Culv WS Inlet (m)	309.49	Weir Max Depth (m)	
Culv WS Outlet (m)	309.5	Weir Avg Depth (m)	
Culv Nml Depth (m)		Weir Flow Area (m2)	

Verifica attraversamento 2.1 Monte

Culv WS Inlet (m)	309.49	0,5*v2/2g	1.433486	VERIFICATO
D (m)	4.75	0,5-1m		
ys (m)	309.2			
ytot (m) = ys +D	313.95			
hp (m) = ytot - Culv	4.46			

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

Verifica attraversamento 2.1 Valle

Culv WS Outlet (m)	309.5	$0,5 \cdot v^2 / 2g$	1.350622	VERIFICATO
D (m)	4.75	0,5-1m		
ys (m)	309.2			
ytot (m) = ys +D	313.95			
hp (m) = ytot - Culv	4.45			

In particolare, tali risultati evidenziano come con le opere previste in progetto la Q_{200} anni transita con tiranti massimi tali per cui il franco di sicurezza risulta pari ad almeno il valore $\max(0,5v^2/2g; 0,5-1m)$ (distanza tra il pelo libero della corrente, evidenziato in rosso in tabella e l'intradosso dell'impalcato, denominato h_p).

CONCLUSIONI

Così come risulta dai calcoli idraulici e di verifica relativi ai diversi tratti del vallone da sistemare, si evidenzia che:

- allo stato attuale il fondo e soprattutto le sponde del vallone sono soggetti ad evidenti fenomeni erosivi, in quanto l'elevata energia di ruscellamento rende la tensione erosiva agente maggiore di quella resistente; per cui lungo questi tratti i calcoli non sono verificati.
- Relativamente agli attraversamenti presenti si evidenzia come con le opere previste in progetto la Q_{200} anni transita con tiranti massimi tali per cui il franco di sicurezza risulta pari ad almeno almeno $\max(0,5v^2/2g; 0,5-1m)$.

In definitiva la presenza in alveo degli attraversamenti in oggetto non influenza e non ostacola il libero deflusso delle acque durante la piena duecentennale e le opere previste e le sezioni adottate per la sistemazione dell'alveo e delle sponde sono perfettamente verificate ed in grado di smaltire la portata di piena di riferimento.

I Tecnici:

VERIFICA IDRAULICA SEZ 163

PREMESSA

Nel presente elaborato vengono riportati e descritti i calcoli di verifica degli interventi di sistemazione idrogeologico forestale, che sono stati proposti lungo i tratti di Vallone Rancali, nel Comune di Castel San Lorenzo (Sa).

Come meglio descritto nella relazione generale e nella relazione geologica, si tratta di interventi che prevedono il rifacimento dell'attraversamento.

Laddove si è ritenuto di prevedere interventi di protezione spondali sulle sezioni di progetto, nell'ottica di intervenire il meno possibile sulla conformazione piano – altimetrico delle sezioni esistenti, si è cercato di prevedere interventi che non alterassero i caratteri di naturalità esistenti, dando priorità all'utilizzo di tecniche a basso impatto ambientale.

I calcoli hanno lo scopo di verificare il dimensionamento e l'efficacia degli interventi proposti sulle attuali caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche delle aree da sistemare; quindi verificare la stabilità nelle condizioni attuali e di progetto, anche in riferimento al grado di rischio del sito.

Le caratteristiche litologiche, granulometriche e geotecniche sono state acquisite da un accurato rilievo geologico stratigrafico e strutturale effettuato lungo l'asta del vallone, mentre le caratteristiche topografiche sono state acquisite da misure dirette strumentali del tratto da sistemare; le caratteristiche idrologiche ed i parametri idraulici sono quelli calcolati nella relazione idrologica.

I calcoli riguardano le seguenti verifiche:

Verifica dell'attraversamento avente sez.169 di progetto

Per le verifiche di cui ai punti precedenti è stato utilizzato il codice di calcolo Hec-Ras 5.0.3 il quale, nota la portata massima di piena (Portata di progetto), le caratteristiche geometriche, pendenza, scabrezza e resistenza al trascinarsi dei litotipi costituenti l'alveo e le sponde, permette di calcolare la scala di deflusso, la capacità di smaltimento della portata di piena e l'altezza dell'acqua dal fondo alveo; fornisce, inoltre, per ciascuna sezione esaminata il valore delle massime tensioni agenti.

In particolare, le verifiche idrauliche per le gabbionate hanno lo scopo di accertare che le opere di protezione spondale in questione possano resistere con profitto alle tensioni di trascinarsi della corrente; in altri termini tali verifiche permettono di effettuare il confronto tra le massime tensioni agenti e quelle resistenti, al fine di verificare le azioni erosive sulle sponde e le condizioni dell'alveo.

VERIFICHE IDRAULICHE

Il modello matematico utilizzato per la valutazione delle caratteristiche della corrente idrica, quando è possibile l'ipotesi di moto permanente, è quello implementato nel codice di calcolo HEC-RAS (River

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

Analysis System) sviluppato dall'United States Army Corps of Engineering (USACE), Hydrological Engineering Center (HEC).

Il modello descrive il moto monodimensionale, stazionario, gradualmente variato in modo che in ogni sezione la distribuzione delle pressioni possa essere considerata di tipo idrostatico, a fondo fisso e con pendenze di fondo piccole (non superiori a 1/10).

L'adozione di tale modello è giustificato dalla possibilità di poter trascurare almeno in via di prima approssimazione la variabilità di alcune grandezze fisiche sia nella direzione trasversale alla direzione principale di deflusso che in quella verticale.

E' da osservare tuttavia che nonostante le necessarie semplificazioni effettuate il modello utilizzato risulta ancora abbastanza generale e comunque tale da portare in conto seppure mediante coefficienti globali alcune diversità che possono verificarsi nell'ambito di ciascuna sezione trasversale di calcolo tra le caratteristiche idrodinamiche della corrente.

EQUAZIONI DI BASE E SCHEMA RISOLUTIVO

Sotto le predette ipotesi, le principali caratteristiche della corrente (livello idrico e velocità media) sono calcolate a partire da una sezione alla successiva, posta a monte o a valle a seconda che il regime sia rispettivamente subcritico o supercritico, risolvendo, con una procedura iterativa nota come standard step, l'equazione che esprime il bilancio di energia della corrente tra le medesime sezioni, nota anche come equazione di Bernoulli:

$$h_m + z_m + \frac{\alpha_m V_m^2}{2g} = h_v + z_v + \frac{\alpha_v V_v^2}{2g} + \Delta H \quad (1.)$$

dove, avendo indicato con il pedice m le grandezze che si riferiscono alla sezione di monte e con il pedice v quelle della sezione di valle:

h_m e h_v sono le altezze idriche;

z_m e z_v sono le quote del fondo alveo rispetto ad un riferimento prefissato;

V_m e V_v sono le velocità medie;

α_m e α_v sono i coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche o coefficienti di Coriolis;

ΔH è la perdita di carico tra le due sezioni.

Inoltre, in corrispondenza di particolari situazioni localizzate per le quali il moto non può, a rigore, essere considerato gradualmente variato, come avviene in corrispondenza di ponti, tombini, stramazzi, risalti idraulici ecc., vengono utilizzate le equazioni di bilancio della quantità di moto o relazioni di tipo

empirico.

Lo schema numerico adottato dal codice a riguardo, è stato ampiamente dibattuto in ambito scientifico ed è a tutt'oggi considerato l'approccio di massima affidabilità.

L'equazione (1.) esprime il ben noto principio per cui la variazione tra due sezioni dell'energia della corrente è pari alle perdite continue derivanti dagli attriti interni dovuti all'esistenza di strati a diversa velocità nell'interno della massa fluida e da perdite di energia localizzate, in genere dovute alla presenza di strutture in alveo che inizialmente producono un restringimento della corrente e un successivo allargamento con formazione di vortici che, come è noto, sono fenomeni dissipativi.

La perdita di carico, infatti, tra le due sezioni viene valutata come la somma di due termini:

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 \quad (2.)$$

Il primo corrispondente a perdite di carico di tipo distribuito:

$$\Delta H_1 = \bar{J} \cdot \Delta x \quad (3.)$$

dove Δx è la distanza tra le due sezioni di calcolo e \bar{J} è la cadente piezometrica media tra le due sezioni valutata con la relazione di Chezy

$$J = \frac{Q^2}{A^2 \cdot K^2 \cdot R^{4/3}} \quad (4.)$$

dove:

Q è la portata che defluisce nelle sezioni;

A è l'area della sezione bagnata;

K è il coefficiente di scabrezza secondo Gauckler e Strickler;

R è il raggio idraulico, rapporto tra l'area A e il perimetro bagnato P .

Il valore medio della cadente piezometrica \bar{J} può essere valuta in maniera diversa in funzione dei valori che essa assume in ciascuna sezione e del regime della corrente:

1) media aritmetica:

$$\bar{J} = \frac{J_m + J_v}{2} \quad (5.a)$$

2) media geometrica:

$$\bar{J} = \sqrt{J_m \cdot J_v} \quad (5.b)$$

3) media armonica:

$$\bar{J} = 2 \frac{(J_m \cdot J_v)}{J_m + J_v} \quad (5.c)$$

4) media pesata sulla conducibilità idraulica:

$$\bar{J} = \left(\frac{Q_m + Q_v}{C_m + C_v} \right)^2 \quad (5.d)$$

dove $C_i = A_i \cdot K_i \cdot R_i^{2/3}$ è la conducibilità idraulica della sezione i – esima .

Il secondo termine della (1.), corrispondente a perdite di carico concentrate per effetto del restringimento o per allargamento tra le sezioni, è valutato proporzionalmente alla differenza assoluta tra le altezze cinetiche.

$$\Delta H_2 = C \left| \frac{\alpha_v V_v^2}{2g} - \frac{\alpha_m V_m^2}{2g} \right| \quad (6.)$$

Ovviamente nel moto uniforme tale perdita di carico risulta nulla. Il coefficiente C viene posto pari a 0.1 per il restringimento ($V_v > V_m$) e 0.3 per l'allargamento ($V_m > V_v$).

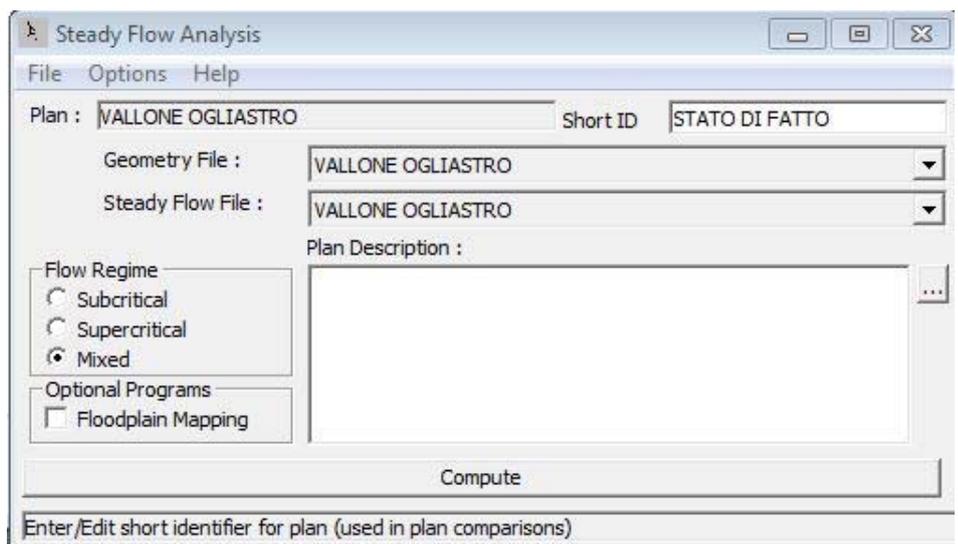
CONDIZIONI AL CONTORNO UTILIZZATE IN MOTO PERMANENTE

Il modello permette la determinazione del profilo liquido secondo tre schemi di calcolo e precisamente:

- ⇒ Corrente lenta (subcritical flow)
- ⇒ Corrente veloce (supercritical flow)
- ⇒ Corrente mista (mixed flow)

Il primo schema, che è applicabile quando la corrente è ovunque lenta e presenta quindi in tutte le sezioni di calcolo un'altezza liquida maggiore dell'altezza critica, richiede che la condizione al contorno sia posta in corrispondenza della sezione estrema di valle del tratto considerato.

Il secondo schema, che è applicabile quando la corrente è ovunque veloce e presenta quindi in tutte le sezioni di calcolo un'altezza liquida minore dell'altezza critica, richiede che la condizione al contorno sia posta in corrispondenza della



sezione estrema di monte del tratto considerato. Il terzo schema, deve essere

Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti – Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide

utilizzando quando nel tratto in esame si possono verificare transizioni da un tipo di corrente all'altro, dando luogo ad una successione di tronchi con differenti caratteristiche di moto, che nel caso di transizione da corrente veloce a lenta porteranno alla formazione di risalti idraulici. Tale schema richiede che siano definite due diverse condizioni al contorno in corrispondenza delle due sezioni estreme (di monte e di valle) del tratto considerato. Nel caso di simulazioni in moto permanente è sufficiente fornire il valore della portata in ingresso alla stazione di monte, eventuali cambiamenti della stessa dovuti a immissioni localizzate o distribuite, e le condizioni al contorno per le sezioni di chiusura del tronco in esame. Quindi, assegnato il valore di portata di moto permanente, mentre nel caso di corrente lenta occorre specificare una condizione al contorno di valle, e viceversa, per correnti veloci, è richiesta la definizione di una condizione al contorno di monte, per un regime transcritico, invece, come nel caso in esame, si è resa necessaria la specifica di entrambe le condizioni, ovvero a monte e a valle. HEC-RAS ammette la definizione delle condizioni al contorno attraverso la specifica di un valore di altezza assegnato, oppure imponendo il passaggio del profilo per l'altezza critica, oppure per l'altezza di moto uniforme.

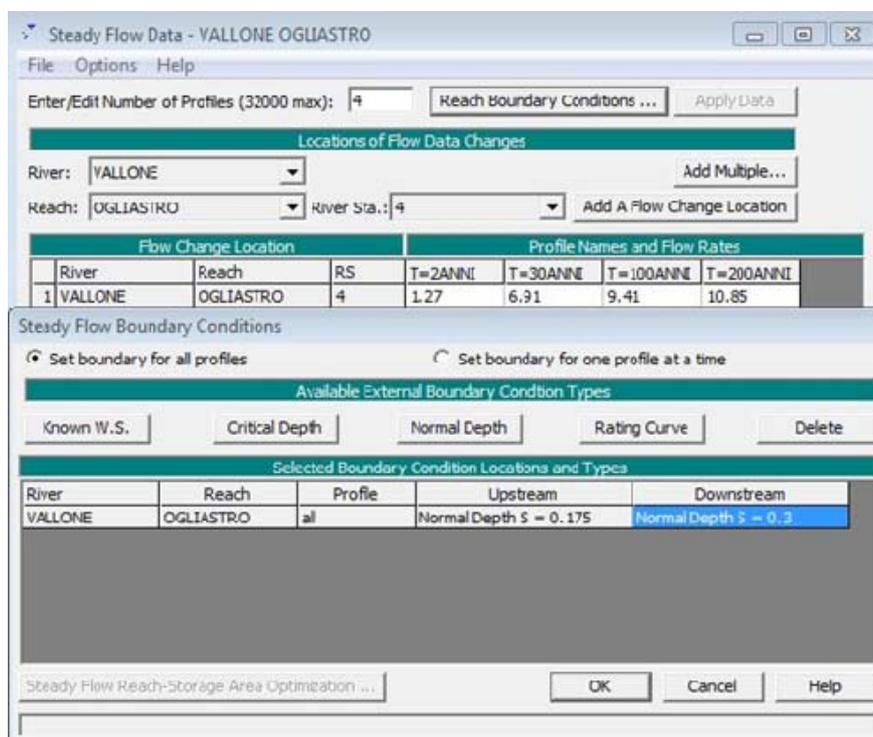
In questo modo il programma è in grado di risolvere il profilo da monte verso valle se la corrente risulta veloce e da valle verso monte se la corrente risulta lenta.

Nel caso in esame, per la definizione univoca del modello idraulico, sono state assegnate le seguenti condizioni al contorno:

- Tratto 1:
 - Condizioni di monte: Passaggio del profili per l'altezza di moto uniforme (pendenza pari a 0,66%);
 - Condizioni di Valle: Passaggio del profili per l'altezza di moto uniforme (pendenza pari a 3,60 %);

**RISULTATI
SIMULAZIONI
MODELLO**

TIRANTE



**DELLE
CON IL
HEC-RAS**

IDRAULICO IN

CORRISPONDENZA DEGLI ATTRAVERSAMENTI STRADALI ESISTENTI

Il modello matematico utilizzato per la valutazione delle caratteristiche della corrente idrica ha consentito di effettuare le verifiche idrauliche dei vari attraversamenti presenti, e identificati con i seguenti codici identificativi in Hec-Ras:

TRATTO VALLONE OGLIASTRO sez. 169 di progetto:

- Sezione n° 2.1, Tratto Vallone Rancali: Codice identificativo Hec-Ras 2.1 (Culvert);

Il Software consente la modellizzazione idraulica di Culvert di qualunque geometria, forma e dimensione, mediante l'utilizzo di quattro sezioni trasversali necessarie per la valutazione delle perdite energetiche dovute alla struttura stessa. In particolare il programma richiede l'inserimento di 4 sezioni supplementari:

- a) Sezione sufficientemente a valle del "Culvert" (esaurita espansione corrente)
- b) Sezione a breve distanza a monte del Culvert
- c) Sezione a breve distanza a valle del Culvert
- d) Sezione sufficientemente a monte del Culvert (esaurita espansione corrente)

Nel tratto 1 il programma inserisce automaticamente 2 sezioni, BD Bridge downstream e BU Bridge upstream, come sovrapposizione della geometria delle sezioni del corso d'acqua e la geometria del ponte.

Contrazioni ed espansioni di flusso dovute al passaggio fra due distinte sezioni sono una delle principali cause che producono perdite di carico nel tratto compreso fra le stesse. Tali perdite sono quantificabili come prodotto della differenza assoluta fra le altezze cinetiche delle due sezioni in esame ed un coefficiente di espansione/contrazione. Nel caso di passaggi di sezioni graduali, tali coefficienti sono tipicamente dell'ordine di 0.1 e 0.3 rispettivamente. Nel caso in esame, invece, dato che il cambiamento nell'area della sezione effettiva è invece più brusco, tali valori sono stati posti rispettivamente a 0.3 e 0.5 HEC-RAS, le cui modalità di utilizzo sono state precedentemente illustrate, consente di effettuare delle simulazioni monodimensionali. Nel caso della simulazione di cui è oggetto la trattazione, sono state svolte simulazioni a moto permanente.

Le simulazioni sono state condotte per tempo di ritorno pari a 100 anni e 200 per gli attraversamenti.

Il programma, al termine della simulazione, fornisce come risultato il valore delle diverse grandezze idrauliche (altezza d'acqua, altezza della linea dell'energia, velocità media, ecc..) in ogni sezione. I risultati possono essere visualizzati sotto forma di profilo longitudinale o in forma tabellare.

Questo tipo di simulazione ha avuto lo scopo di effettuare un'indagine circa l'area oggetto di studio, individuando preventivamente le aree in cui potrebbero sorgere condizioni di criticità.

Qui di seguito si riportano i risultati corrispondenti al profilo liquido risultante sia in forma tabellare che in forma grafica.

VERIFICHE ATTRAVERSAMENTI STRADALI

Le simulazioni sono state condotte con tempo di ritorno pari a 100 e 200 anni.

Il programma, al termine della simulazione, fornisce come risultato il valore delle diverse grandezze idrauliche (altezza d'acqua, altezza della linea dell'energia, velocità media, ecc..) in ogni sezione. I risultati possono essere visualizzati sotto forma di profilo longitudinale o in forma tabellare.

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

Qui di seguito si riportano le figure corrispondenti al profilo liquido della corrente, con portata Q_{100} e Q_{200} anni, e le figure risultanti per le simulazioni relative agli attraversamenti in oggetto lungo i tratti del Vallone Ogliastro, nel comune di Castel San Lorenzo, sia nella condizione ante-operam che in quella post-operam:

Tratto sez.169:

- Sezione n° 2.1, Tratto : Codice identificativo Hec-Ras 2.1 (Culvert);

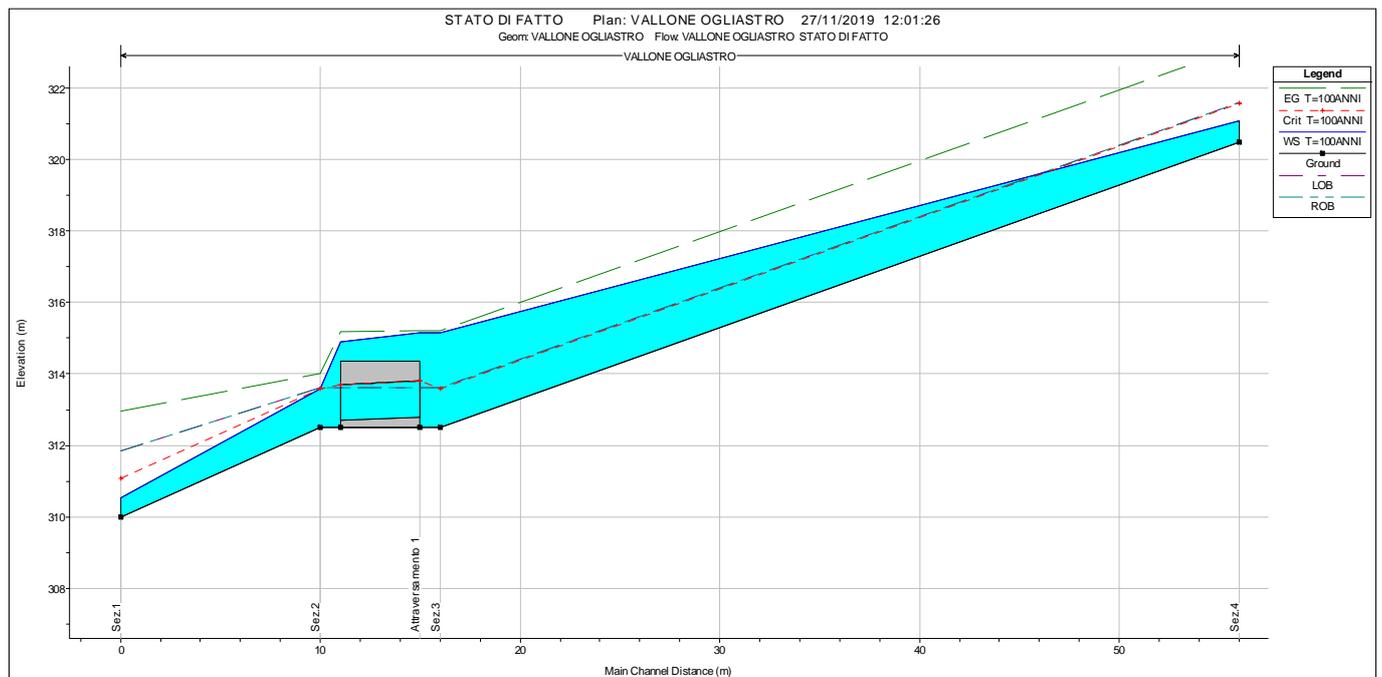


GRAFICO - PROFILO CORRENTE A TR 100 ANNI, TRATTO A (STATO ANTE OPERAM)

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

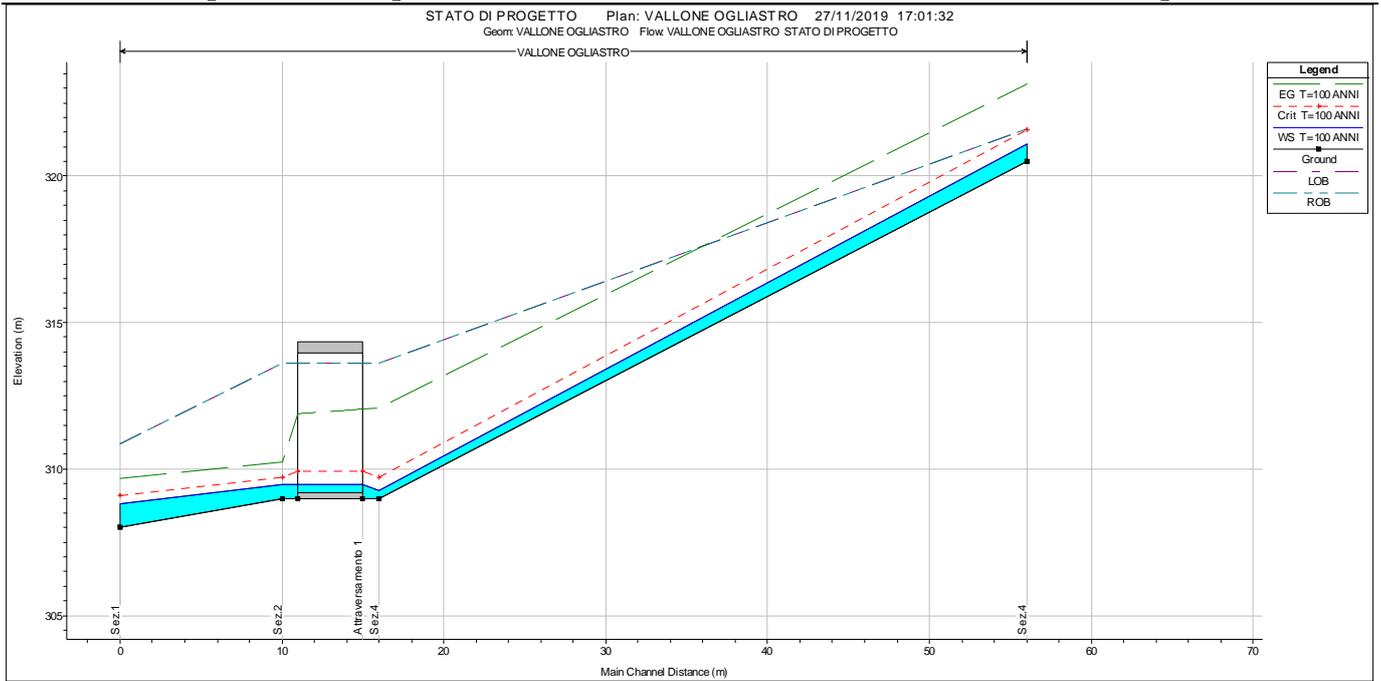


GRAFICO - PROFILO CORRENTE A TR 100 ANNI, TRATTO A (STATO POST OPERAM)

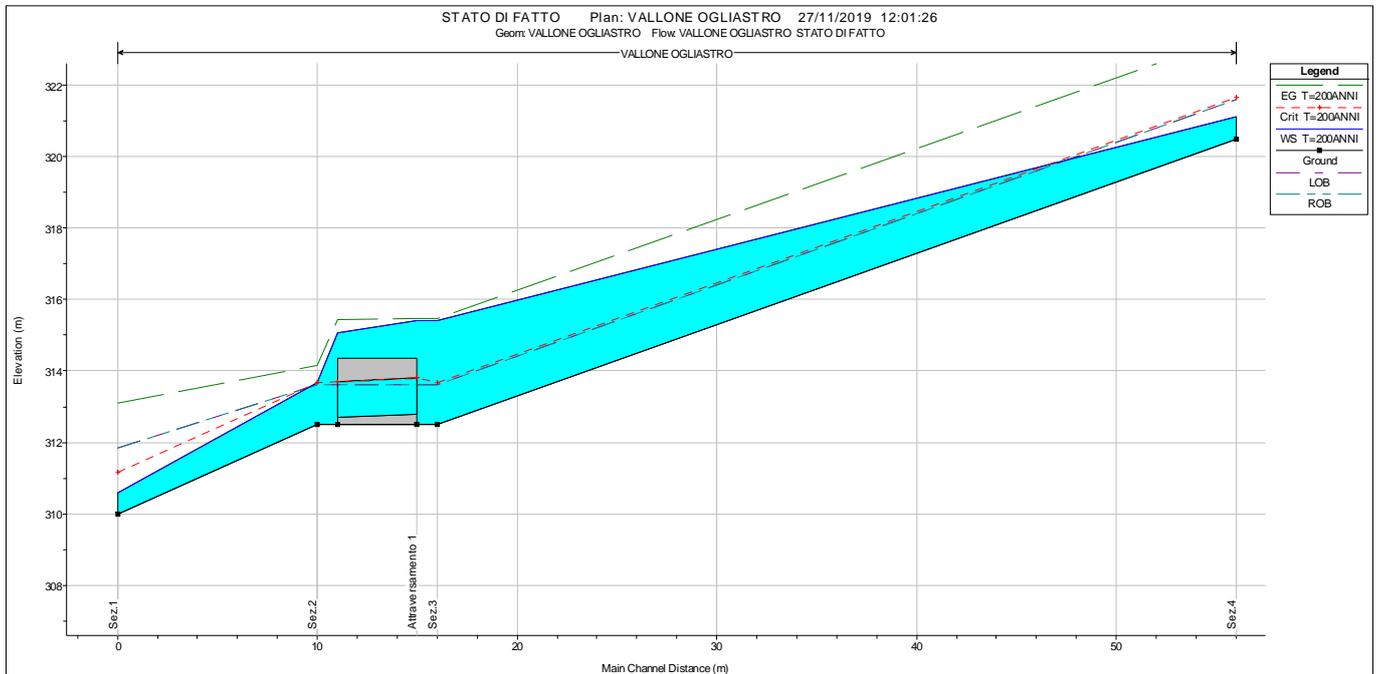


GRAFICO- PROFILO CORRENTE TR 200 ANNI, TRATTO (STATO ANTE OPERAM)

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

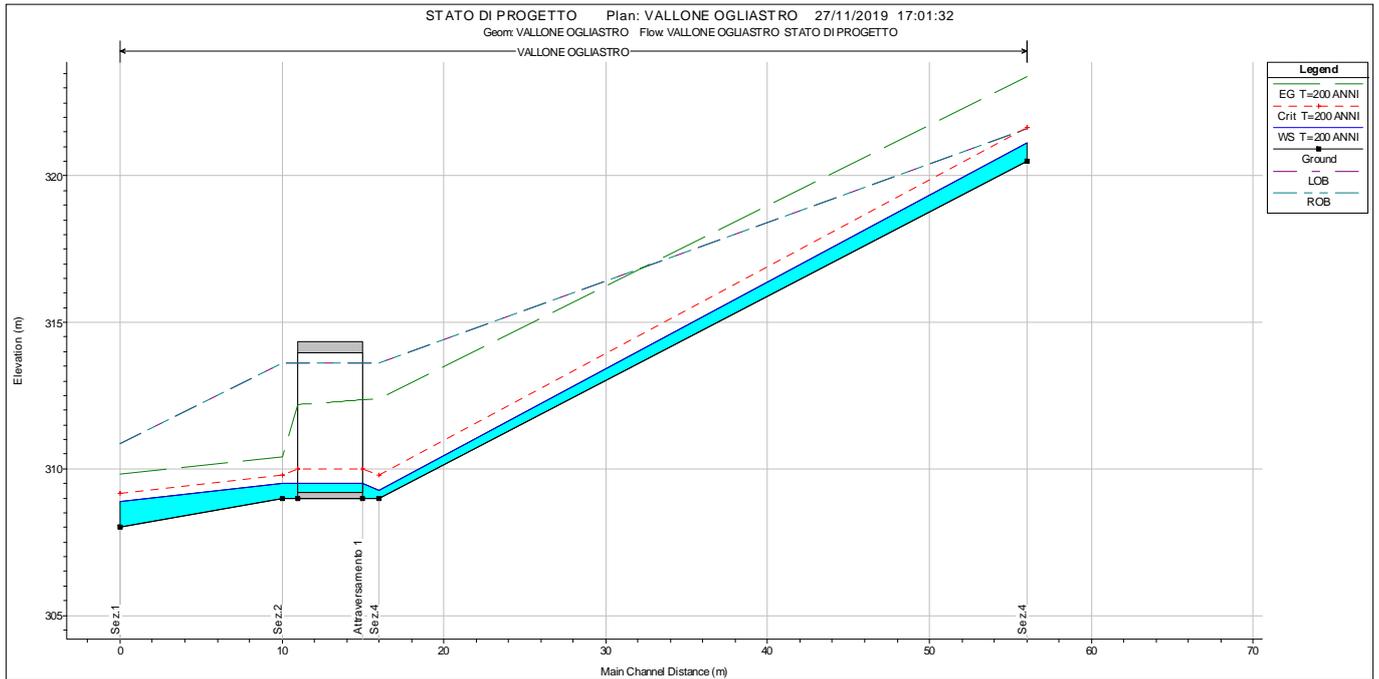


GRAFICO- PROFILO CORRENTE TR 200 ANNI, TRATTO (STATO POST OPERAM)

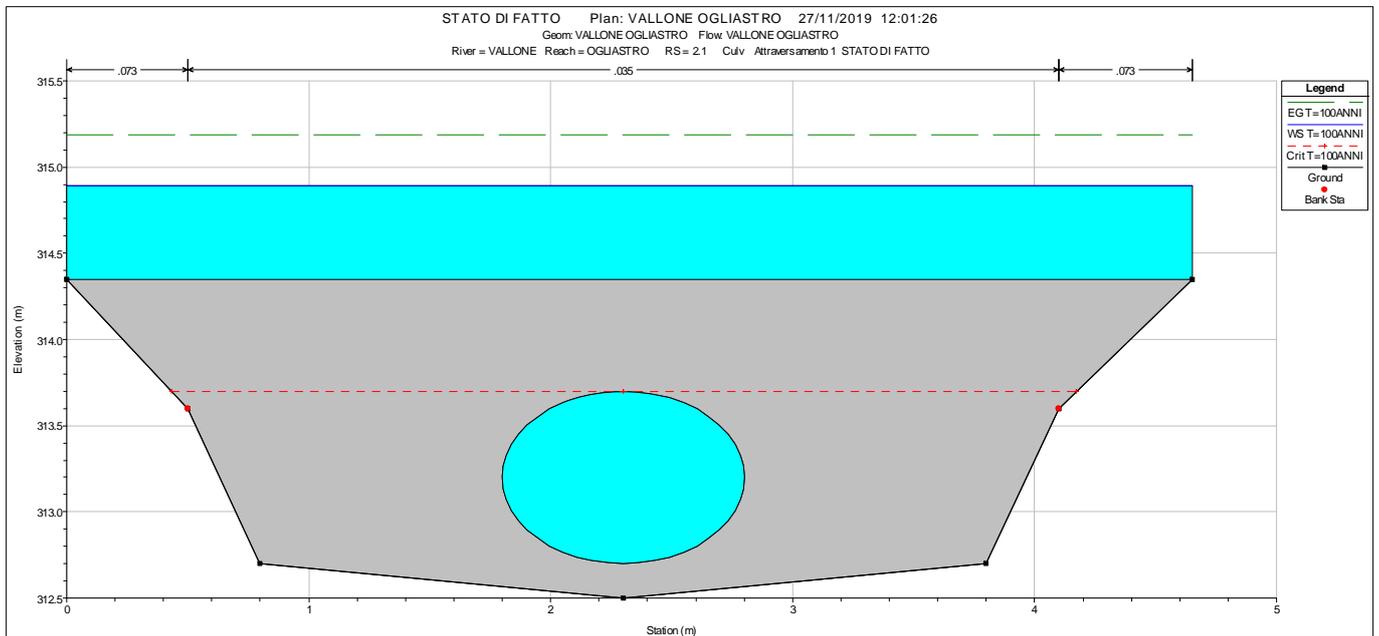


GRAFICO- TIRANTI IDRICI A TR 100 ANNI (CULVERT SEZ.2.1 - RS 2.1 A VALLE, TRATTO A – STATO ANTE OPERAM).

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

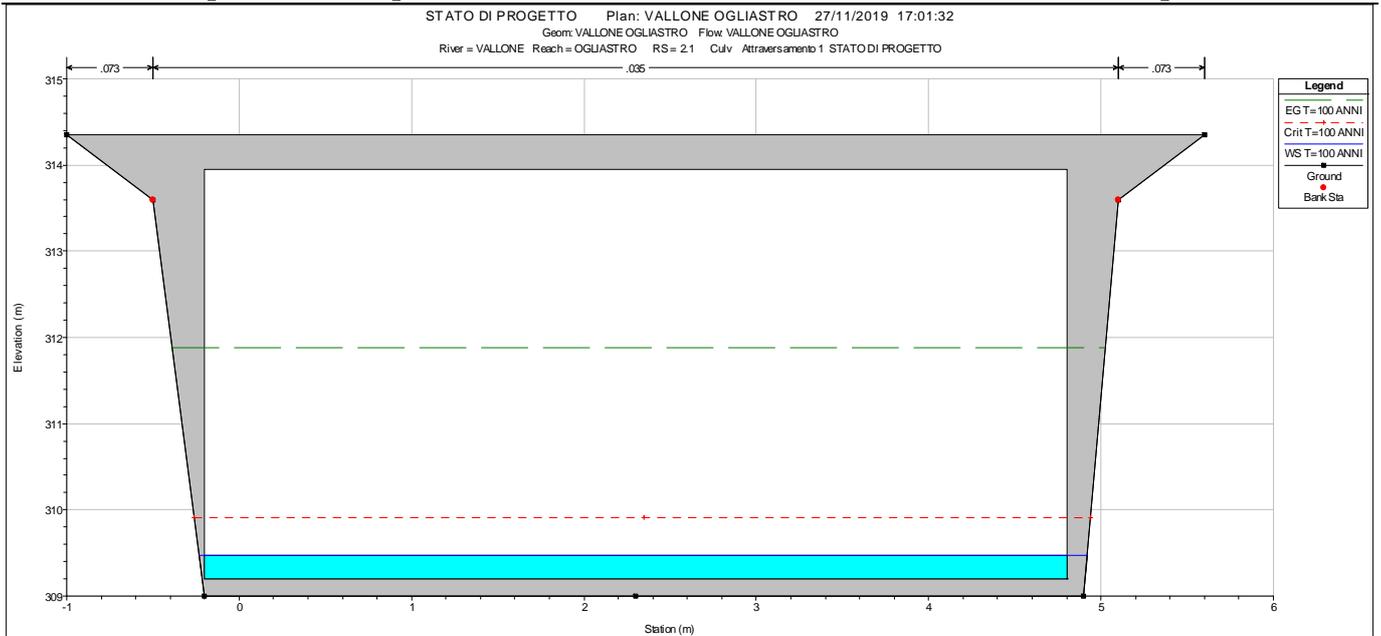


GRAFICO – TIRANTI IDRICI A TR 100 ANNI(CULVERT SEZ.2.1 - RS 2.1 A VALLE,- STATO POST OPERAM).

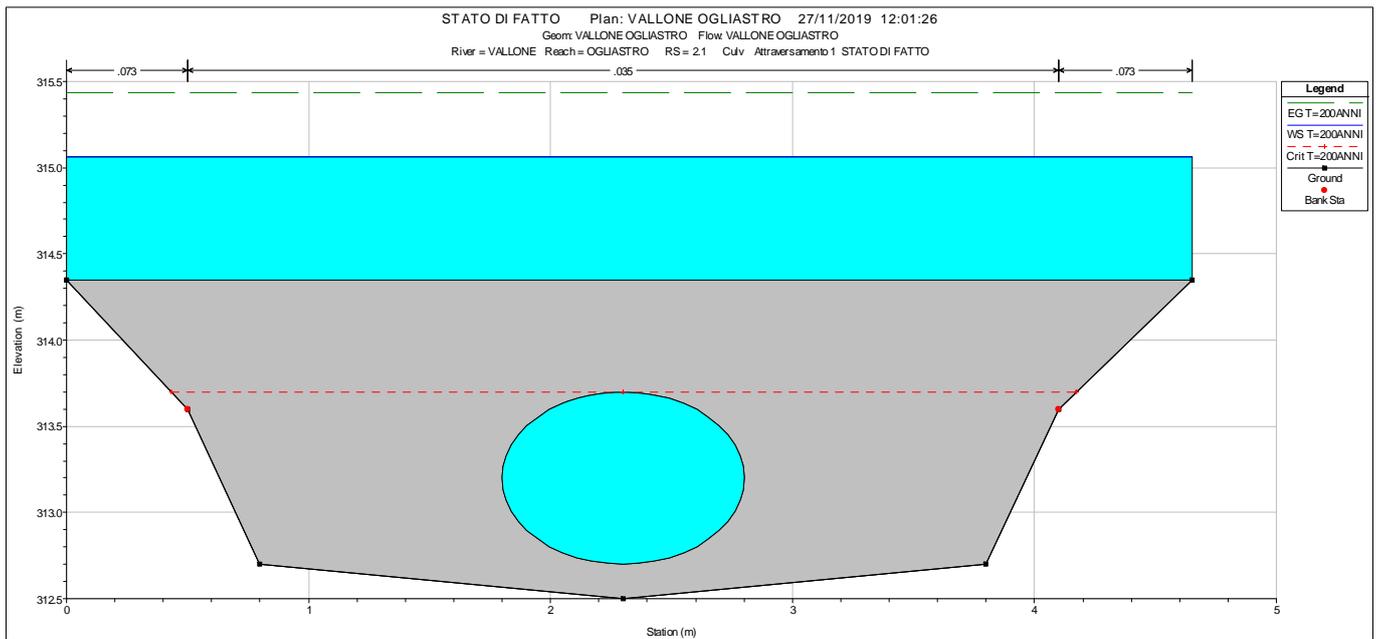


GRAFICO- TIRANTI IDRICI A 200 ANNI (CULVERT SEZ.2.1 - RS 2.1 A MONTE- STATO ANTE OPERAM).

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

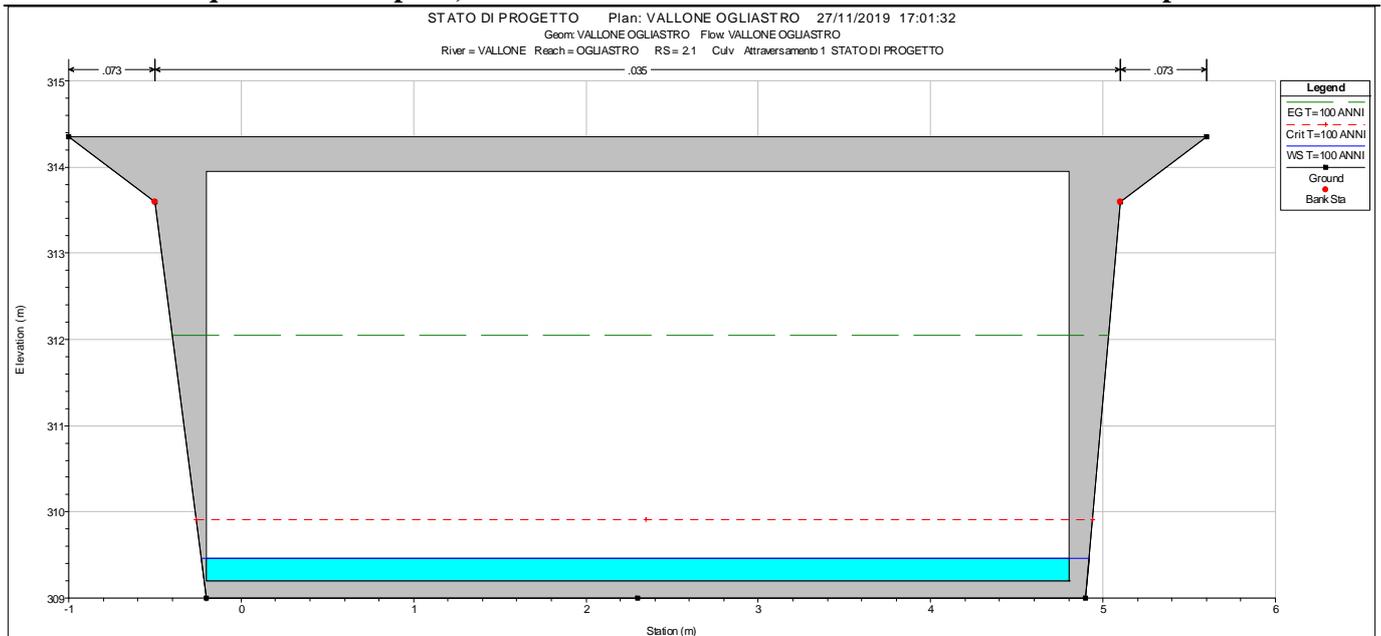


GRAFICO- TIRANTI IDRICI A TR 200 ANNI (CULVERT SEZ.2.1 - RS 2.1 A MONTE- STATO POST OPERAM).

Allo scopo di evidenziare i benefici che si potranno ottenere con gli interventi appena esposti, le tabelle successive riportano in maniera sintetica, per le sezioni relative agli attraversamenti esaminati del tratto del vallone, i risultati idraulici ottenuti:

TRATTO VALLONE OGLIASTRO sez di progetto 169:

TRATTO VALLONE OGLIASTRO - SEZ_2.1 CULVERT RS: 2.1, PROFILE: Q100 ANNI - STATO ANTE OPERAM).

Vallone Ogliastro SEZ. 169 RS: 2.1 Culv Group: Culvert #1 Profile: T=100 anni			
Q Culv Group (m3/s)	4.13	Culv Full Len (m)	4
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	5.26
Q Barrel (m3/s)	4.13	Culv Vel DS (m/s)	5.26
E.G. US. (m)	315.22	Culv Inv El Up (m)	312.8
W.S. US. (m)	315.17	Culv Inv El Dn (m)	312.7
E.G. DS (m)	314.02	Culv Frctn Ls (m)	0.09
W.S. DS (m)	313.57	Culv Exit Loss (m)	1.09
Delta EG (m)	1.2	Culv Entr Loss (m)	0.02
Delta WS (m)	1.59	Q Weir (m3/s)	5.28
E.G. IC (m)	315.33	Weir Sta Lft (m)	0
E.G. OC (m)	315.22	Weir Sta Rgt (m)	4.65
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	0
Culv WS Inlet (m)	313.8	Weir Max Depth (m)	0.87
Culv WS Outlet (m)	313.7	Weir Avg Depth (m)	0.87
Culv Nml Depth (m)	0.76	Weir Flow Area (m2)	4.04
Culv Crt Depth (m)	1	Min El Weir Flow (m)	314.35

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

Verifica attraversamento 2.1 Monte			
Culv WS Inlet (m)	313.8	0,5*v ² /2g	0.407747 NON VERIFICATO
D (m)	1	0,5-1m	
ys (m)	312.8		
ytot (m) = ys +D	313.8		
hp (m) = ytot - Culv	0		

Verifica attraversamento 2.1 Valle			
Culv WS Outlet (m)	313.7	0,5*v ² /2g	0.705087 NON VERIFICATO
D (m)	1	0,5-1m	
ys (m)	312.7		
ytot (m) = ys +D	313.7		
hp (m) = ytot - Culv	0		

TRATTO - SEZ_2.1 CULVERT RS: 2.1, PROFILE: Q200 ANNI - STATO ANTE-OPERAM)

Vallone Ogliastro SEZ. 169 RS: 2.1 Culv Group: Culvert #1 Profile: T=200 anni			
Q Culv Group (m3/s)	3.09	Culv Full Len (m)	4
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	3.94
Q Barrel (m3/s)	3.09	Culv Vel DS (m/s)	3.94
E.G. US. (m)	315.48	Culv Inv El Up (m)	312.8
W.S. US. (m)	315.42	Culv Inv El Dn (m)	312.7
E.G. DS (m)	314.15	Culv Frctn Ls (m)	0.05
W.S. DS (m)	313.66	Culv Exit Loss (m)	0.34
Delta EG (m)	1.33	Culv Entr Loss (m)	0.01
Delta WS (m)	1.76	Q Weir (m3/s)	7.76
E.G. IC (m)	315.48	Weir Sta Lft (m)	0
E.G. OC (m)	314.58	Weir Sta Rgt (m)	4.65
Culvert Control	Inlet	Weir Submerg	0
Culv WS Inlet (m)	313.8	Weir Max Depth (m)	1.12
Culv WS Outlet (m)	313.7	Weir Avg Depth (m)	1.12
Culv Nml Depth (m)	0.61	Weir Flow Area (m2)	5.22

Verifica attraversamento 2.1 Monte			
Culv WS Inlet (m)	313.8	0,5*v ² /2g	0.395607 NON VERIFICATO
D (m)	1	0,5-1m	
ys (m)	312.8		
ytot (m) = ys +D	313.8		
hp (m) = ytot - Culv	0		

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

Verifica attraversamento 2.1 Valle

Culv WS Outlet (m)	313.7	0,5*v2/2g	0.401631	NON VERIFICATO
D (m)	1	0,5-1m		
ys (m)	312.7			
ytot (m) = ys +D	313.7			
hp (m) = ytot - Culv	0			

TRATTO - SEZ_2.1 CULVERT RS: 2.1, PROFILE: Q100 ANNI - STATO POST-OPERAM).

VALLONE OGLIASTRO RS: 2.1 Culv Group: Culvert #1 Profile: T=100 ANNI			
Q Culv Group (m3/s)	9.41	Culv Full Len (m)	
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	7.11
Q Barrel (m3/s)	9.41	Culv Vel DS (m/s)	6.88
E.G. US. (m)	312.07	Culv Inv El Up (m)	309.2
W.S. US. (m)	309.25	Culv Inv El Dn (m)	309.2
E.G. DS (m)	310.05	Culv Frctn Ls (m)	0
W.S. DS (m)	309.7	Culv Exit Loss (m)	1.84
Delta EG (m)	2.02	Culv Entr Loss (m)	0.02
Delta WS (m)	0.45	Q Weir (m3/s)	
E.G. IC (m)		Weir Sta Lft (m)	
E.G. OC (m)		Weir Sta Rgt (m)	
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	
Culv WS Inlet (m)	309.46	Weir Max Depth (m)	
Culv WS Outlet (m)	309.47	Weir Avg Depth (m)	
Culv Nml Depth (m)		Weir Flow Area (m2)	
Culv Crt Depth (m)	0.71	Min El Weir Flow (m)	314.35

Verifica attraversamento 2.1 Monte

Culv WS Inlet (m)	309.46	0,5*v2/2g	1.28828	VERIFICATO
D (m)	4.75	0,5-1m		
ys (m)	309.2			
ytot (m) = ys +D	313.95			
hp (m) = ytot - Culv	4.49			

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

Verifica attraversamento 2.1 Valle

Culv WS Outlet (m)	309.47	0,5*v2/2g	1.206279	VERIFICATO
D (m)	4.75	0,5-1m		
ys (m)	309.2			
ytot (m) = ys +D	313.95			
hp (m) = ytot - Culv	4.48			

TRATTO - SEZ_2.1 CULVERT RS: 2.1, PROFILE: Q200 ANNI - STATO POST-OPERAM)

VALLONE OGLIASTRO RS: 2.1 Culv Group: Culvert #1 Profile: T=200 ANNI			
Q Culv Group (m3/s)	10.85	Culv Full Len (m)	
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	7.5
Q Barrel (m3/s)	10.85	Culv Vel DS (m/s)	7.28
E.G. US. (m)	312.38	Culv Inv El Up (m)	309.2
W.S. US. (m)	309.27	Culv Inv El Dn (m)	309.2
E.G. DS (m)	310.15	Culv Frctn Ls (m)	0
W.S. DS (m)	309.77	Culv Exit Loss (m)	2.04
Delta EG (m)	2.23	Culv Entr Loss (m)	0.02
Delta WS (m)	0.5	Q Weir (m3/s)	
E.G. IC (m)		Weir Sta Lft (m)	
E.G. OC (m)		Weir Sta Rgt (m)	
Culvert Control	Outlet	Weir Submerg	
Culv WS Inlet (m)	309.49	Weir Max Depth (m)	
Culv WS Outlet (m)	309.5	Weir Avg Depth (m)	
Culv Nml Depth (m)		Weir Flow Area (m2)	

Verifica attraversamento 2.1 Monte

Culv WS Inlet (m)	309.49	0,5*v2/2g	1.433486	VERIFICATO
D (m)	4.75	0,5-1m		
ys (m)	309.2			
ytot (m) = ys +D	313.95			
hp (m) = ytot - Culv	4.46			

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

Verifica attraversamento 2.1 Valle

Culv WS Outlet (m)	309.5	$0,5 \cdot v^2 / 2g$	1.350622	VERIFICATO
D (m)	4.75	0,5-1m		
ys (m)	309.2			
ytot (m) = ys +D	313.95			
hp (m) = ytot - Culv	4.45			

In particolare, tali risultati evidenziano come con le opere previste in progetto la Q_{200} anni transita con tiranti massimi tali per cui il franco di sicurezza risulta pari ad almeno il valore $\max(0,5v^2/2g; 0,5-1m)$ (distanza tra il pelo libero della corrente, evidenziato in rosso in tabella e l'intradosso dell'impalcato, denominato h_p).

CONCLUSIONI

Così come risulta dai calcoli idraulici e di verifica relativi ai diversi tratti del vallone da sistemare, si evidenzia che:

- allo stato attuale il fondo e soprattutto le sponde del vallone sono soggetti ad evidenti fenomeni erosivi, in quanto l'elevata energia di ruscellamento rende la tensione erosiva agente maggiore di quella resistente; per cui lungo questi tratti i calcoli non sono verificati.
- Relativamente agli attraversamenti presenti si evidenzia come con le opere previste in progetto la Q_{200} anni transita con tiranti massimi tali per cui il franco di sicurezza risulta pari ad almeno almeno $\max(0,5v^2/2g; 0,5-1m)$.

In definitiva la presenza in alveo degli attraversamenti in oggetto non influenza e non ostacola il libero deflusso delle acque durante la piena duecentennale e le opere previste e le sezioni adottate per la sistemazione dell'alveo e delle sponde sono perfettamente verificate ed in grado di smaltire la portata di piena di riferimento.

I Tecnici:

VERIFICA IDRAULICA SEZIONE 248

PREMESSA

Nel presente elaborato vengono riportati e descritti i calcoli di verifica degli interventi di sistemazione idrogeologico forestale, che sono stati proposti lungo i tratti di Vallone Lumugno, nel Comune di Castel San Lorenzo (Sa).

Come meglio descritto nella relazione generale e nella relazione geologica, si tratta di interventi che prevedono il rifacimento dell'attraversamento.

Laddove si è ritenuto di prevedere interventi di protezione spondali sulle sezioni di progetto, nell'ottica di intervenire il meno possibile sulla conformazione piano – altimetrico delle sezioni esistenti, si è cercato di prevedere interventi che non alterassero i caratteri di naturalità esistenti, dando priorità all'utilizzo di tecniche a basso impatto ambientale.

I calcoli hanno lo scopo di verificare il dimensionamento e l'efficacia degli interventi proposti sulle attuali caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche delle aree da sistemare; quindi verificare la stabilità nelle condizioni attuali e di progetto, anche in riferimento al grado di rischio del sito.

Le caratteristiche litologiche, granulometriche e geotecniche sono state acquisite da un accurato rilievo geologico stratigrafico e strutturale effettuato lungo l'asta del vallone, mentre le caratteristiche topografiche sono state acquisite da misure dirette strumentali del tratto da sistemare; le caratteristiche idrologiche ed i parametri idraulici sono quelli calcolati nella relazione idrologica.

I calcoli riguardano le seguenti verifiche:

Verifica dell'attraversamento avente sez.248 di progetto

Per le verifiche di cui ai punti precedenti è stato utilizzato il codice di calcolo Hec-Ras 5.0.3 il quale, nota la portata massima di piena (Portata di progetto), le caratteristiche geometriche, pendenza, scabrezza e resistenza al trascinarsi dei litotipi costituenti l'alveo e le sponde, permette di calcolare la scala di deflusso, la capacità di smaltimento della portata di piena e l'altezza dell'acqua dal fondo alveo; fornisce, inoltre, per ciascuna sezione esaminata il valore delle massime tensioni agenti.

In particolare, le verifiche idrauliche per le gabbionate hanno lo scopo di accertare che le opere di protezione spondale in questione possano resistere con profitto alle tensioni di trascinarsi della corrente; in altri termini tali verifiche permettono di effettuare il confronto tra le massime tensioni agenti e quelle resistenti, al fine di verificare le azioni erosive sulle sponde e le condizioni dell'alveo.

VERIFICHE IDRAULICHE

Il modello matematico utilizzato per la valutazione delle caratteristiche della corrente idrica, quando è possibile l'ipotesi di moto permanente, è quello implementato nel codice di calcolo HEC-RAS (River

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

Analysis System) sviluppato dall'United States Army Corps of Engineering (USACE), Hydrological Engineering Center (HEC).

Il modello descrive il moto monodimensionale, stazionario, gradualmente variato in modo che in ogni sezione la distribuzione delle pressioni possa essere considerata di tipo idrostatico, a fondo fisso e con pendenze di fondo piccole (non superiori a 1/10).

L'adozione di tale modello è giustificato dalla possibilità di poter trascurare almeno in via di prima approssimazione la variabilità di alcune grandezze fisiche sia nella direzione trasversale alla direzione principale di deflusso che in quella verticale.

E' da osservare tuttavia che nonostante le necessarie semplificazioni effettuate il modello utilizzato risulta ancora abbastanza generale e comunque tale da portare in conto seppure mediante coefficienti globali alcune diversità che possono verificarsi nell'ambito di ciascuna sezione trasversale di calcolo tra le caratteristiche idrodinamiche della corrente.

EQUAZIONI DI BASE E SCHEMA RISOLUTIVO

Sotto le predette ipotesi, le principali caratteristiche della corrente (livello idrico e velocità media) sono calcolate a partire da una sezione alla successiva, posta a monte o a valle a seconda che il regime sia rispettivamente subcritico o supercritico, risolvendo, con una procedura iterativa nota come standard step, l'equazione che esprime il bilancio di energia della corrente tra le medesime sezioni, nota anche come equazione di Bernoulli:

$$h_m + z_m + \frac{\alpha_m V_m^2}{2g} = h_v + z_v + \frac{\alpha_v V_v^2}{2g} + \Delta H \quad (1.)$$

dove, avendo indicato con il pedice m le grandezze che si riferiscono alla sezione di monte e con il pedice v quelle della sezione di valle:

h_m e h_v sono le altezze idriche;

z_m e z_v sono le quote del fondo alveo rispetto ad un riferimento prefissato;

V_m e V_v sono le velocità medie;

α_m e α_v sono i coefficienti di ragguglio delle potenze cinetiche o coefficienti di Coriolis;

ΔH è la perdita di carico tra le due sezioni.

Inoltre, in corrispondenza di particolari situazioni localizzate per le quali il moto non può, a rigore, essere considerato gradualmente variato, come avviene in corrispondenza di ponti, tombini, stramazzi, risalti idraulici ecc., vengono utilizzate le equazioni di bilancio della quantità di moto o relazioni di tipo

empirico.

Lo schema numerico adottato dal codice a riguardo, è stato ampiamente dibattuto in ambito scientifico ed è a tutt'oggi considerato l'approccio di massima affidabilità.

L'equazione (1.) esprime il ben noto principio per cui la variazione tra due sezioni dell'energia della corrente è pari alle perdite continue derivanti dagli attriti interni dovuti all'esistenza di strati a diversa velocità nell'interno della massa fluida e da perdite di energia localizzate, in genere dovute alla presenza di strutture in alveo che inizialmente producono un restringimento della corrente e un successivo allargamento con formazione di vortici che, come è noto, sono fenomeni dissipativi.

La perdita di carico, infatti, tra le due sezioni viene valutata come la somma di due termini:

$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 \quad (2.)$$

Il primo corrispondente a perdite di carico di tipo distribuito:

$$\Delta H_1 = \bar{J} \cdot \Delta x \quad (3.)$$

dove Δx è la distanza tra le due sezioni di calcolo e \bar{J} è la cadente piezometrica media tra le due sezioni valutata con la relazione di Chezy

$$J = \frac{Q^2}{A^2 \cdot K^2 \cdot R^{4/3}} \quad (4.)$$

dove:

Q è la portata che defluisce nelle sezioni;

A è l'area della sezione bagnata;

K è il coefficiente di scabrezza secondo Gauckler e Strickler;

R è il raggio idraulico, rapporto tra l'area A e il perimetro bagnato P .

Il valore medio della cadente piezometrica \bar{J} può essere valuta in maniera diversa in funzione dei valori che essa assume in ciascuna sezione e del regime della corrente:

1) media aritmetica:

$$\bar{J} = \frac{J_m + J_v}{2} \quad (5.a)$$

2) media geometrica:

$$\bar{J} = \sqrt{J_m \cdot J_v} \quad (5.b)$$

3) media armonica:

$$\bar{J} = 2 \frac{(J_m \cdot J_v)}{J_m + J_v} \quad (5.c)$$

4) media pesata sulla conducibilità idraulica:

$$\bar{J} = \left(\frac{Q_m + Q_v}{C_m + C_v} \right)^2 \quad (5.d)$$

dove $C_i = A_i \cdot K_i \cdot R_i^{2/3}$ è la conducibilità idraulica della sezione i – esima .

Il secondo termine della (1.), corrispondente a perdite di carico concentrate per effetto del restringimento o per allargamento tra le sezioni, è valutato proporzionalmente alla differenza assoluta tra le altezze cinetiche.

$$\Delta H_2 = C \left| \frac{\alpha_v V_v^2}{2g} - \frac{\alpha_m V_m^2}{2g} \right| \quad (6.)$$

Ovviamente nel moto uniforme tale perdita di carico risulta nulla. Il coefficiente C viene posto pari a 0.1 per il restringimento ($V_v > V_m$) e 0.3 per l'allargamento ($V_m > V_v$).

CONDIZIONI AL CONTORNO UTILIZZATE IN MOTO PERMANENTE

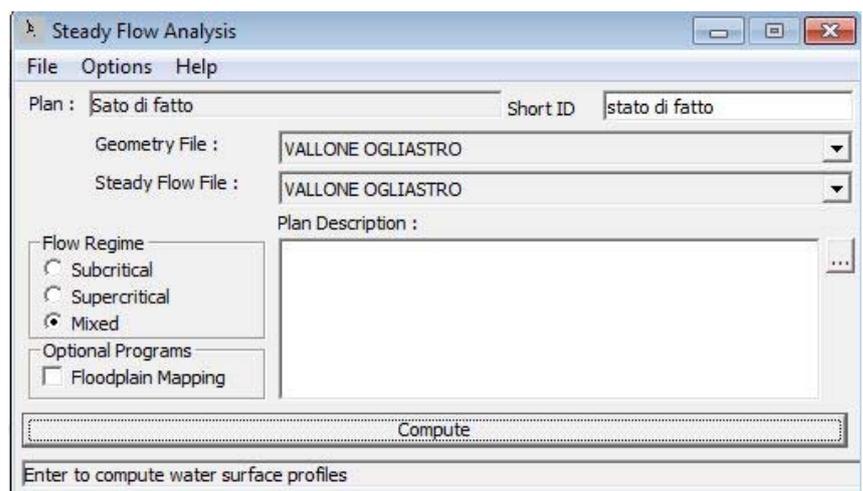
Il modello permette la determinazione del profilo liquido secondo tre schemi di calcolo e precisamente:

- ⇒ Corrente lenta (subcritical flow)
- ⇒ Corrente veloce (supercritical flow)
- ⇒ Corrente mista (mixed flow)

Il primo schema, che è applicabile quando la corrente è ovunque lenta e presenta quindi in tutte le sezioni di calcolo un'altezza liquida maggiore dell'altezza critica, richiede che la condizione al contorno sia posta in corrispondenza della sezione estrema di valle del tratto considerato.

Il secondo schema, che è applicabile quando la corrente è ovunque veloce e presenta quindi in tutte le sezioni di calcolo un'altezza liquida minore dell'altezza critica, richiede che la condizione al contorno sia posta in corrispondenza della sezione estrema

di monte del tratto considerato. Il terzo schema, deve essere utilizzato quando nel tratto in esame si possono verificare transizioni da un tipo di corrente all'altro, dando luogo ad una successione di tronchi con differenti caratteristiche di moto, che nel caso di transizione da corrente veloce a lenta porteranno



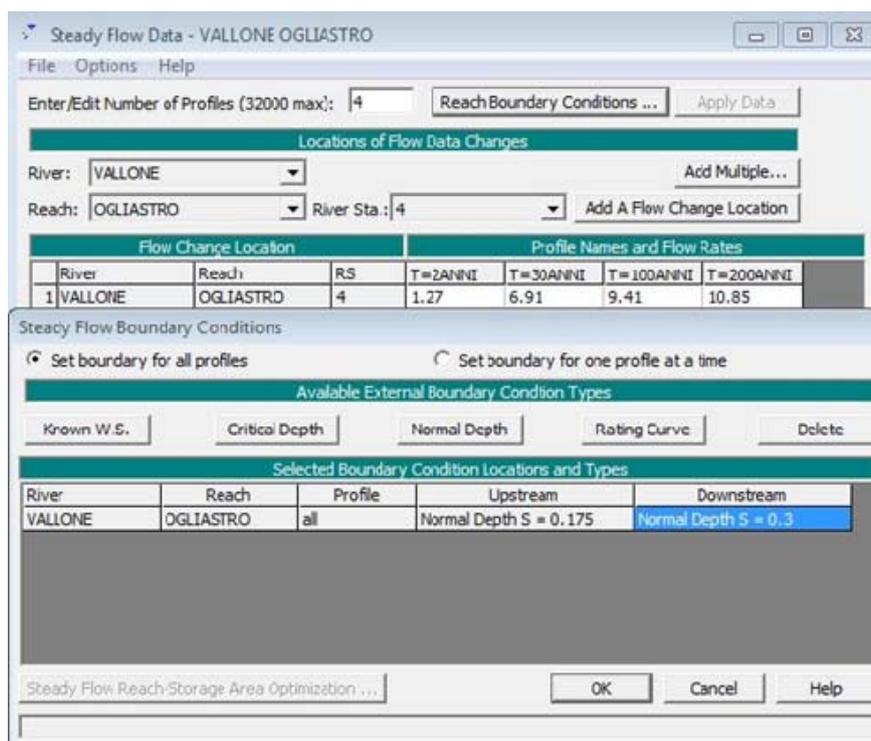
Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti – Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide

alla formazione di risalti idraulici. Tale schema richiede che siano definite due diverse condizioni al contorno in corrispondenza delle due sezioni estreme (di monte e di valle) del tratto considerato. Nel caso di simulazioni in moto permanente è sufficiente fornire il valore della portata in ingresso alla stazione di monte, eventuali cambiamenti della stessa dovuti a immissioni localizzate o distribuite, e le condizioni al contorno per le sezioni di chiusura del tronco in esame. Quindi, assegnato il valore di portata di moto permanente, mentre nel caso di corrente lenta occorre specificare una condizione al contorno di valle, e viceversa, per correnti veloci, è richiesta la definizione di una condizione al contorno di monte, per un regime transcritico, invece, come nel caso in esame, si è resa necessaria la specifica di entrambe le condizioni, ovvero a monte e a valle. HEC-RAS ammette la definizione delle condizioni al contorno attraverso la specifica di un valore di altezza assegnato, oppure imponendo il passaggio del profilo per l'altezza critica, oppure per l'altezza di moto uniforme.

In questo modo il programma è in grado di risolvere il profilo da monte verso valle se la corrente risulta veloce e da valle verso monte se la corrente risulta lenta.

Nel caso in esame, per la definizione univoca del modello idraulico, sono state assegnate le seguenti condizioni al contorno:

- Tratto 1:



- Condizioni di monte: Passaggio del profili per l'altezza di moto uniforme (pendenza pari a 1,75%);
- Condizioni di Valle: Passaggio del profili per l'altezza di moto uniforme (pendenza pari a 3,01 %);

RISULTATI DELLE SIMULAZIONI CON IL MODELLO HEC-RAS

TIRANTE IDRAULICO IN CORRISPONDENZA DEGLI ATTRAVERSAMENTI STRADALI ESISTENTI

Il modello matematico utilizzato per la valutazione delle caratteristiche della corrente idrica ha consentito di effettuare le verifiche idrauliche dei vari attraversamenti presenti, e identificati con i seguenti codici identificativi in Hec-Ras:

TRATTO VALLONE OGLIASTRO SEZ.248 DI PROGETTO:

- Sezione n° 2.1, Tratto Vallone Ogliastro: Codice identificativo Hec-Ras 2.1 (Culvert);
- Il Software consente la modellizzazione idraulica di Culvert di qualunque geometria, forma e dimensione, mediante l'utilizzo di quattro sezioni trasversali necessarie per la valutazione delle perdite energetiche dovute alla struttura stessa. In particolare il programma richiede l'inserimento di 4 sezioni supplementari:
- a) Sezione sufficientemente a valle del "Culvert" (esaurita espansione corrente)
 - b) Sezione a breve distanza a monte del Culvert
 - c) Sezione a breve distanza a valle del Culvert
 - d) Sezione sufficientemente a monte del Culvert (esaurita espansione corrente)

Nel tratto 1 il programma inserisce automaticamente 2 sezioni, BD Bridge downstream e BU Bridge

Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti – Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide

upstream, come sovrapposizione della geometria delle sezioni del corso d'acqua e la geometria del ponte.

Contrazioni ed espansioni di flusso dovute al passaggio fra due distinte sezioni sono una delle principali cause che producono perdite di carico nel tratto compreso fra le stesse. Tali perdite sono quantificabili come prodotto della differenza assoluta fra le altezze cinetiche delle due sezioni in esame ed un coefficiente di espansione/contrazione. Nel caso di passaggi di sezioni graduali, tali coefficienti sono tipicamente dell'ordine di 0.1 e 0.3 rispettivamente. Nel caso in esame, invece, dato che il cambiamento nell'area della sezione effettiva è invece più brusco, tali valori sono stati posti rispettivamente a 0.3 e 0.5 HEC-RAS, le cui modalità di utilizzo sono state precedentemente illustrate, consente di effettuare delle simulazioni monodimensionali. Nel caso della simulazione di cui è oggetto la trattazione, sono state svolte simulazioni a moto permanente.

Le simulazioni sono state condotte per tempo di ritorno pari a 100 anni e 200 per gli attraversamenti.

Il programma, al termine della simulazione, fornisce come risultato il valore delle diverse grandezze idrauliche (altezza d'acqua, altezza della linea dell'energia, velocità media, ecc..) in ogni sezione. I risultati possono essere visualizzati sotto forma di profilo longitudinale o in forma tabellare.

Questo tipo di simulazione ha avuto lo scopo di effettuare un'indagine circa l'area oggetto di studio, individuando preventivamente le aree in cui potrebbero sorgere condizioni di criticità.

Qui di seguito si riportano i risultati corrispondenti al profilo liquido risultante sia in forma tabellare che in forma grafica.

VERIFICHE ATTRAVERSAMENTI STRADALI

Le simulazioni sono state condotte con tempo di ritorno pari a 100 e 200 anni.

Il programma, al termine della simulazione, fornisce come risultato il valore delle diverse grandezze idrauliche (altezza d'acqua, altezza della linea dell'energia, velocità media, ecc..) in ogni sezione. I risultati possono essere visualizzati sotto forma di profilo longitudinale o in forma tabellare.

Qui di seguito si riportano le figure corrispondenti al profilo liquido della corrente, con portata Q_{100} e Q_{200} anni, e le figure risultanti per le simulazioni relative agli attraversamenti in oggetto lungo i tratti del Vallone Ogliastro, nel comune di Castel San Lorenzo, sia nella condizione ante-operam che in quella post-operam:

TRATTO SEZ.248:

- Sezione n° 2.1, Tratto : Codice identificativo Hec-Ras 2.1 (Culvert);

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

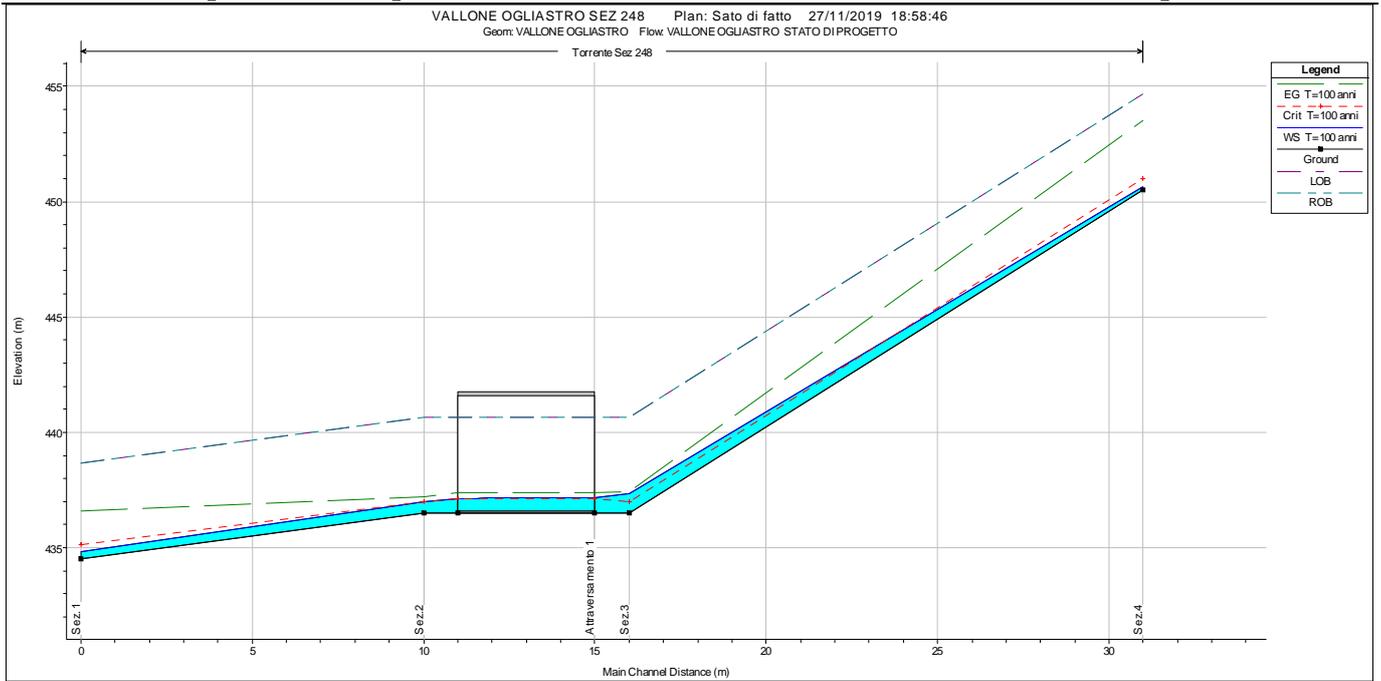


GRAFICO - PROFILO CORRENTE A TR 100 ANNI, TRATTO A (STATO ANTE OPERAM)

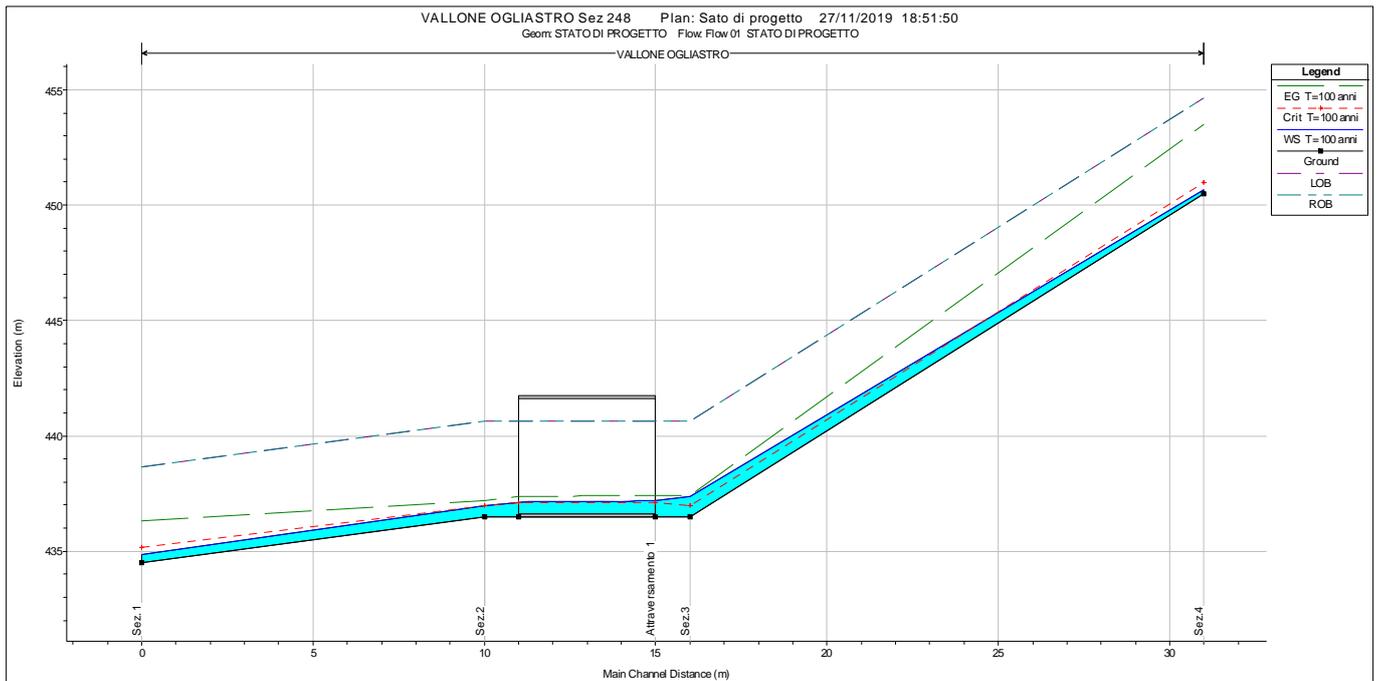


GRAFICO - PROFILO CORRENTE A TR 100 ANNI, TRATTO A (STATO POST OPERAM)

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

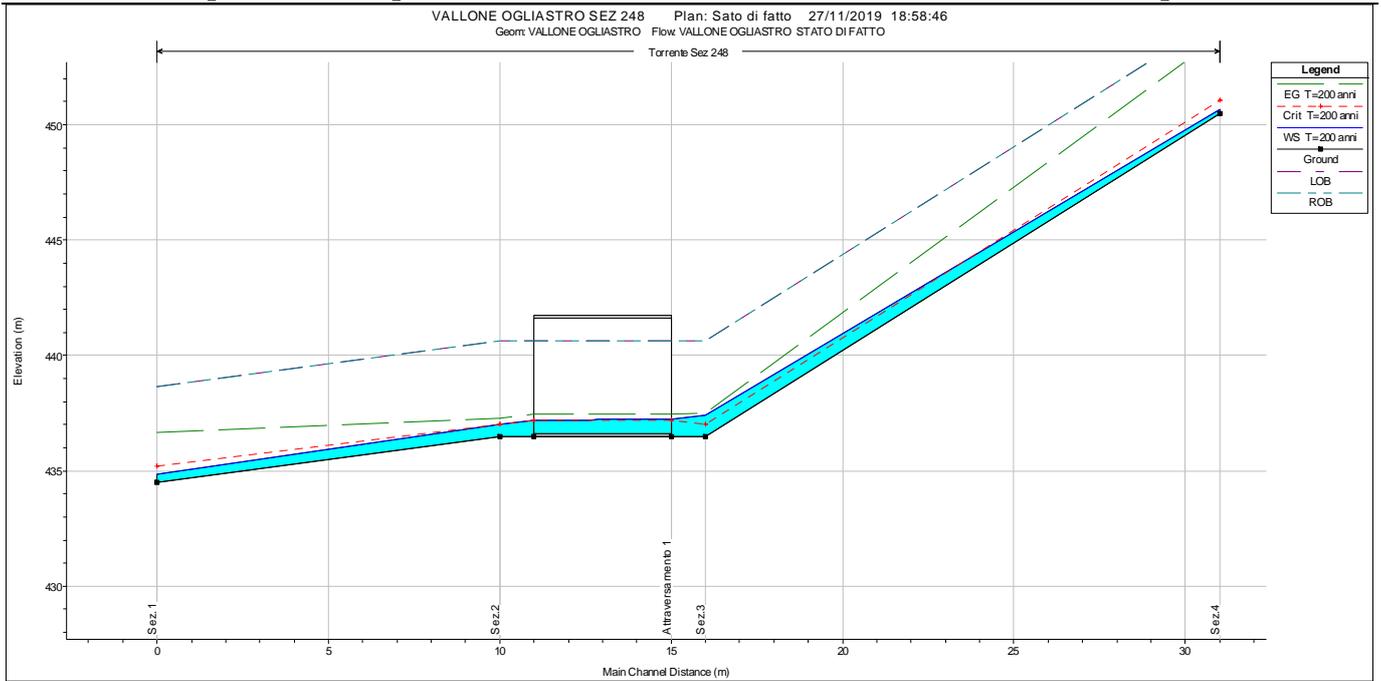


GRAFICO- PROFILO CORRENTE TR 200 ANNI, TRATTO (STATO ANTE OPERAM)

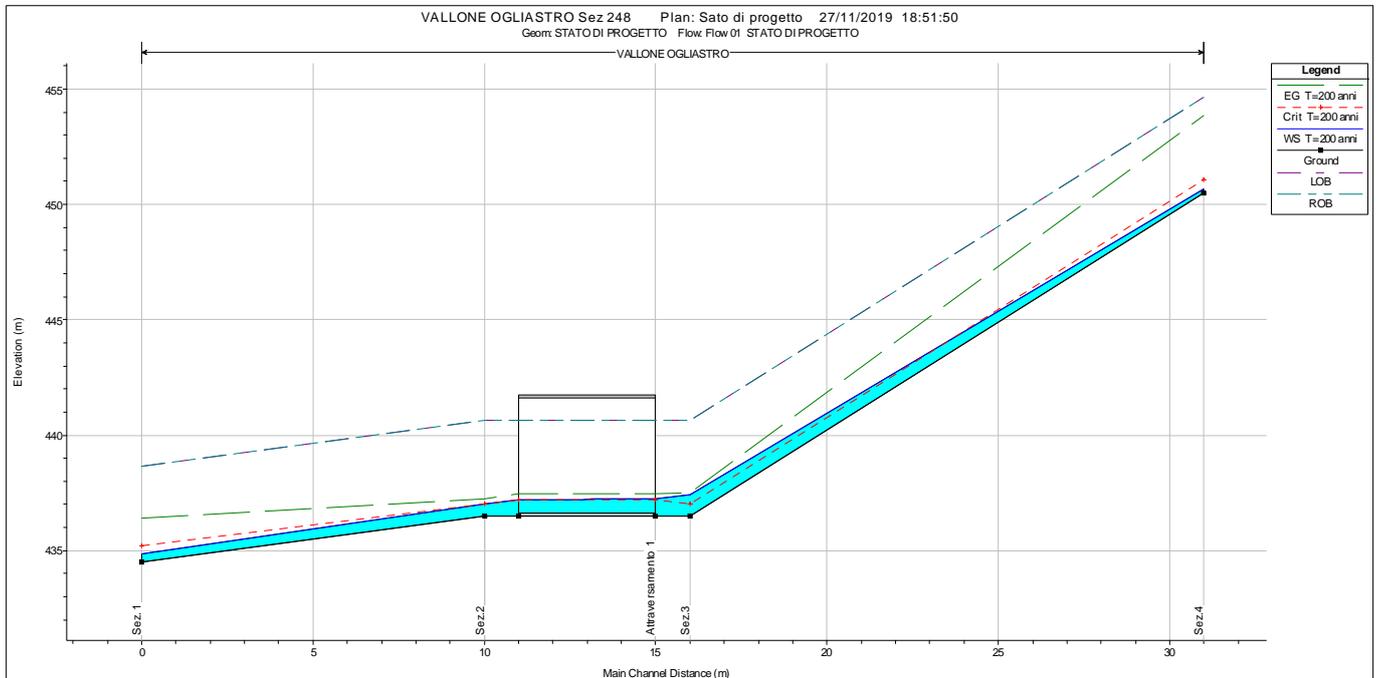


GRAFICO- PROFILO CORRENTE TR 200 ANNI, TRATTO (STATO POST OPERAM)

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

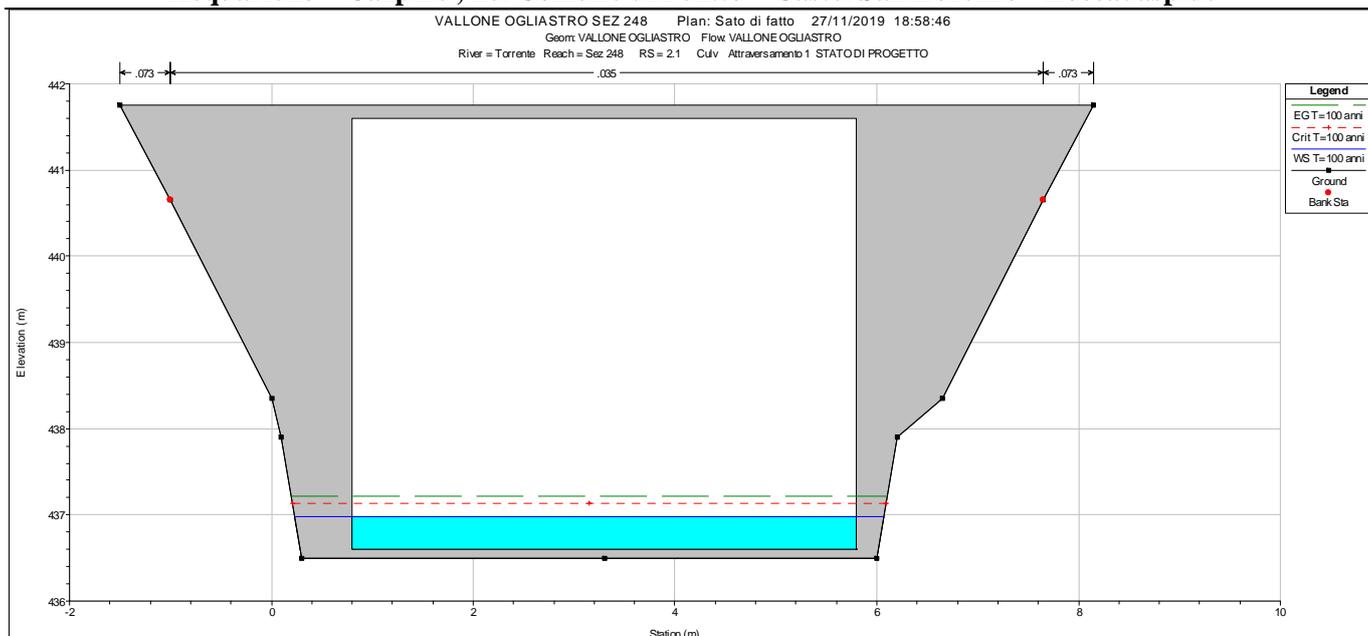


GRAFICO- TIRANTI IDRICI A TR 100 ANNI (CULVERT SEZ.2.1 - RS 2.1 A VALLE, TRATTO A – STATO ANTE OPERAM).

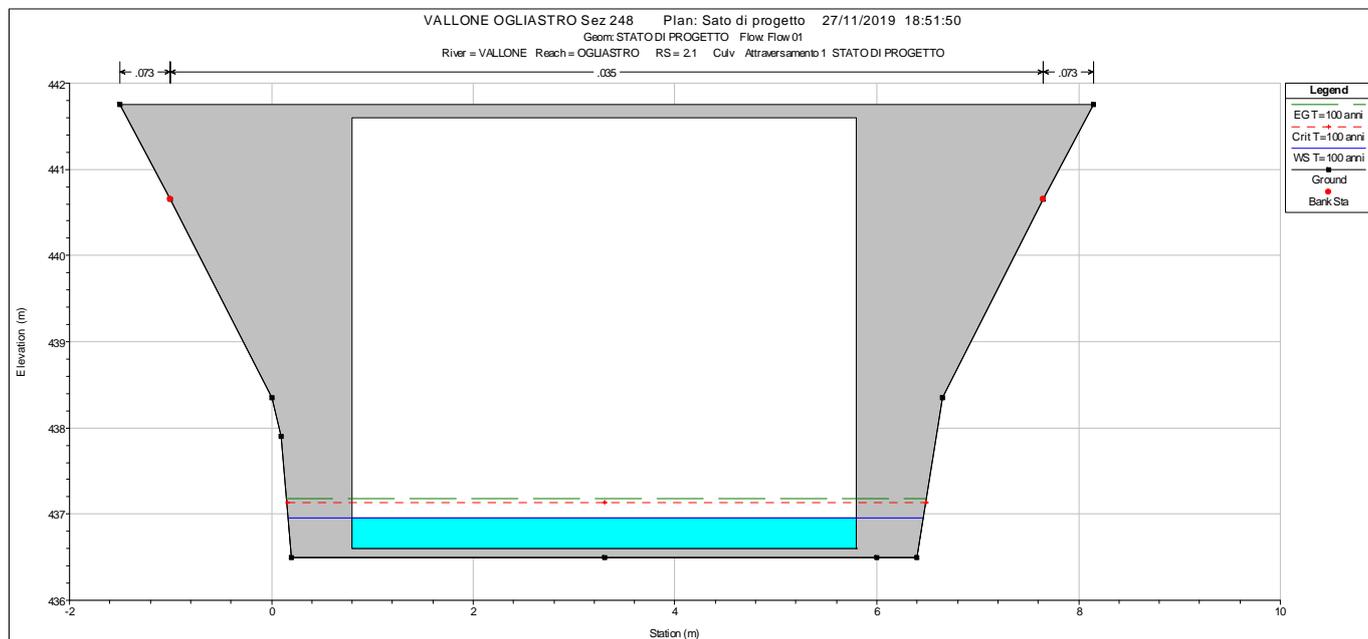


GRAFICO – TIRANTI IDRICI A TR 100 ANNI(CULVERT SEZ.2.1 - RS 2.1 A VALLE,– STATO POST OPERAM).

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

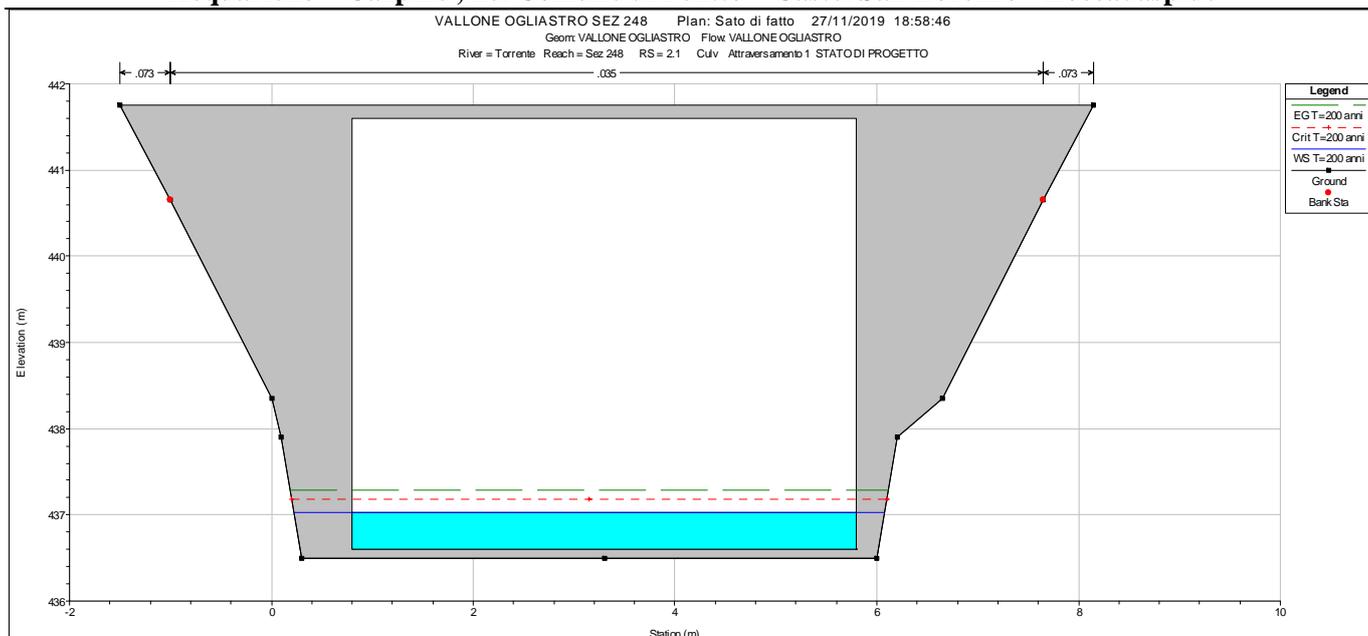


GRAFICO- TIRANTI IDRICI A 200 ANNI (CULVERT SEZ.2.1 - RS 2.1 A MONTE- STATO ANTE OPERAM).

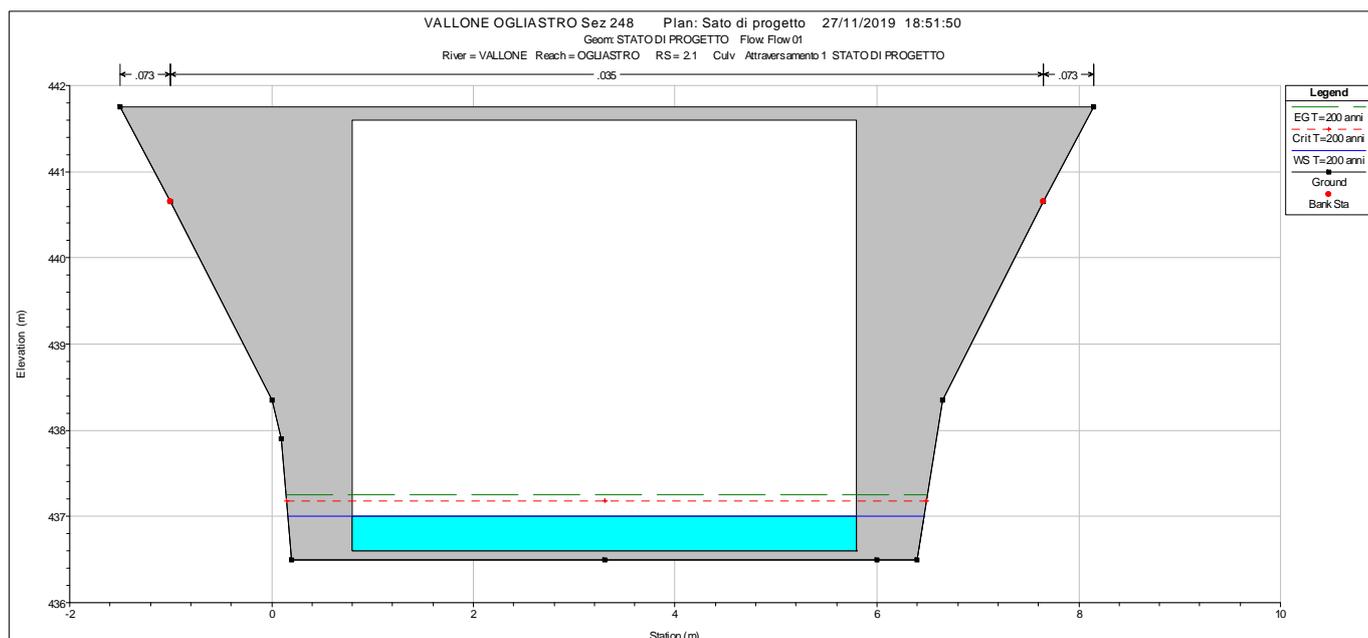


GRAFICO- TIRANTI IDRICI A TR 200 ANNI (CULVERT SEZ.2.1 - RS 2.1 A MONTE- STATO POST OPERAM).

Allo scopo di evidenziare i benefici che si potranno ottenere con gli interventi appena esposti, le tabelle successive riportano in maniera sintetica, per le sezioni relative agli attraversamenti esaminati del tratto del vallone, i risultati idraulici ottenuti:

TRATTO VALLONE OGLIASTRO:

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

TRATTO VALLONE OGLIASTRO - SEZ_2.1 CULVERT RS: 2.1, PROFILE: Q100 ANNI - STATO ANTE OPERAM).

Vallone Ogliastro stato di fatto Sez 248 RS: 2.1 Culv Group: Culvert #1 Profile: T=100 anni			
Q Culv Group (m3/s)	6.01	Culv Full Len (m)	
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	2.08
Q Barrel (m3/s)	6.01	Culv Vel DS (m/s)	2.28
E.G. US. (m)	437.42	Culv Inv El Up (m)	436.6
W.S. US. (m)	437.34	Culv Inv El Dn (m)	436.6
E.G. DS (m)	437.22	Culv Frctn Ls (m)	0
W.S. DS (m)	436.98	Culv Exit Loss (m)	0.17
Delta EG (m)	0.2	Culv Entr Loss (m)	0.02
Delta WS (m)	0.36	Q Weir (m3/s)	
E.G. IC (m)	437.42	Weir Sta Lft (m)	
E.G. OC (m)	437.4	Weir Sta Rgt (m)	
Culvert Control	Inlet	Weir Submerg	
Culv WS Inlet (m)	437.18	Weir Max Depth (m)	
Culv WS Outlet (m)	437.13	Weir Avg Depth (m)	
Culv Nml Depth (m)		Weir Flow Area (m2)	
Culv Crt Depth (m)	0.53	Min El Weir Flow (m)	441.75

Verifica attraversamento 2.1 Monte

Culv WS Inlet (m)	437.18	$0,5 \cdot v^2 / 2g$	0.110255	VERIFICATO
D (m)	5	0,5-1m		
ys (m)	436.6			
ytot (m) = ys +D	441.6			
hp (m) = ytot - Culv	4.42			

Verifica attraversamento 2.1 Valle

Culv WS Outlet (m)	437.13	$0,5 \cdot v^2 / 2g$	0.110255	VERIFICATO
D (m)	5	0,5-1m		
ys (m)	436.6			
ytot (m) = ys +D	441.6			
hp (m) = ytot - Culv	4.47			

TRATTO - SEZ_2.1 CULVERT RS: 2.1, PROFILE: Q200 ANNI - STATO ANTE-OPERAM)

Vallone Ogliastro stato di fatto Sez 248 RS: 2.1 Culv Group: Culvert #1 Profile: T=200 anni			
Q Culv Group (m3/s)	6.01	Culv Full Len (m)	
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	2.08

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

Q Barrel (m3/s)	6.01	Culv Vel DS (m/s)	2.28
E.G. US. (m)	437.42	Culv Inv El Up (m)	436.6
W.S. US. (m)	437.34	Culv Inv El Dn (m)	436.6
E.G. DS (m)	437.22	Culv Frctn Ls (m)	0
W.S. DS (m)	436.98	Culv Exit Loss (m)	0.17
Delta EG (m)	0.2	Culv Entr Loss (m)	0.02
Delta WS (m)	0.36	Q Weir (m3/s)	
E.G. IC (m)	437.42	Weir Sta Lft (m)	
E.G. OC (m)	437.4	Weir Sta Rgt (m)	
Culvert Control	Inlet	Weir Submerg	
Culv WS Inlet (m)	437.18	Weir Max Depth (m)	
Culv WS Outlet (m)	437.13	Weir Avg Depth (m)	
Culv Nml Depth (m)		Weir Flow Area (m2)	

Verifica attraversamento 2.1 Monte

Culv WS Inlet (m)	437.18	$0,5 \cdot v^2 / 2g$	0.110255	VERIFICATO
D (m)	5	0,5-1m		
ys (m)	436.6			
ytot (m) = ys +D	441.6			
hp (m) = ytot - Culv	4.42			

Verifica attraversamento 2.1 Valle

Culv WS Outlet (m)	437.13	$0,5 \cdot v^2 / 2g$	0.132477	NON VERIFICATO
D (m)	5	0,5-1m		
ys (m)	436.6			
ytot (m) = ys +D	441.6			
hp (m) = ytot - Culv	4.47			

TRATTO - SEZ_2.1 CULVERT RS: 2.1, PROFILE: Q100 ANNI - STATO POST-OPERAM).

Vallone Ogiastro stato di progetto Sez 248 RS: 2.1 Culv Group: Culvert #1 Profile: T=100 anni			
Q Culv Group (m3/s)	6.01	Culv Full Len (m)	
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	1.95

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

Q Barrel (m3/s)	6.01	Culv Vel DS (m/s)	2.14
E.G. US. (m)	437.32	Culv Inv El Up (m)	436.6
W.S. US. (m)	437.24	Culv Inv El Dn (m)	436.6
E.G. DS (m)	437.18	Culv Frctn Ls (m)	0
W.S. DS (m)	436.96	Culv Exit Loss (m)	0.12
Delta EG (m)	0.14	Culv Entr Loss (m)	0.02
Delta WS (m)	0.28	Q Weir (m3/s)	
E.G. IC (m)	437.32	Weir Sta Lft (m)	
E.G. OC (m)	437.31	Weir Sta Rgt (m)	
Culvert Control	Inlet	Weir Submerg	
Culv WS Inlet (m)	437.11	Weir Max Depth (m)	
Culv WS Outlet (m)	437.07	Weir Avg Depth (m)	
Culv Nml Depth (m)		Weir Flow Area (m2)	
Culv Crt Depth (m)	0.47	Min El Weir Flow (m)	441.75

Verifica attraversamento 2.1 Monte

Culv WS Inlet (m)	437.11	$0,5 \cdot v^2 / 2g$	0.096904	VERIFICATO
D (m)	5	0,5-1m		
ys (m)	436.6			
ytot (m) = ys +D	441.6			
hp (m) = ytot - Culv	4.49			

Verifica attraversamento 2.1 VALLE

Culv WS Outlet (m)	437.07	$0,5 \cdot v^2 / 2g$	0.116707	VERIFICATO
D (m)	5	0,5-1m		
ys (m)	436.6			
ytot (m) = ys +D	441.6			
hp (m) = ytot - Culv	4.53			

TRATTO - SEZ_2.1 CULVERT RS: 2.1, PROFILE: Q200 ANNI - STATO POST-OPERAM)

**Progetto adeguamento e messa in sicurezza stradale intercomunale Scaella –Pazzono-Fontana Laurenti –
Acquariello – Carpine , nel Comune di Felitto – Castel San Lorenzo - Roccadaspide**

Vallone Ogliastro stato di progetto Sez 248 RS: 2.1 Culv Group: Culvert #1 Profile: T=200 anni			
Q Culv Group (m3/s)	6.93	Culv Full Len (m)	
# Barrels	1	Culv Vel US (m/s)	2.05
Q Barrel (m3/s)	6.93	Culv Vel DS (m/s)	2.25
E.G. US. (m)	437.4	Culv Inv El Up (m)	436.6
W.S. US. (m)	437.3	Culv Inv El Dn (m)	436.6
E.G. DS (m)	437.25	Culv Frctn Ls (m)	0
W.S. DS (m)	437	Culv Exit Loss (m)	0.12
Delta EG (m)	0.15	Culv Entr Loss (m)	0.02
Delta WS (m)	0.3	Q Weir (m3/s)	
E.G. IC (m)	437.4	Weir Sta Lft (m)	
E.G. OC (m)	437.38	Weir Sta Rgt (m)	
Culvert Control	Inlet	Weir Submerg	
Culv WS Inlet (m)	437.16	Weir Max Depth (m)	
Culv WS Outlet (m)	437.11	Weir Avg Depth (m)	
Culv Nml Depth (m)		Weir Flow Area (m2)	
Culv Crt Depth (m)	0.51	Min El Weir Flow (m)	441.75

Verifica attraversamento 2.1 Monte

Culv WS Inlet (m)	437.16	$0,5 \cdot v^2 / 2g$	0.129014 VERIFICATO
D (m)	5	0,5-1m	
ys (m)	436.6		
ytot (m) = ys +D	441.6		
hp (m) = ytot - Culv	4.44		

Verifica attraversamento 2.1 VALLE

Culv WS Outlet (m)	437.11	$0,5 \cdot v^2 / 2g$	0.117546 VERIFICATO
D (m)	5	0,5-1m	
ys (m)	436.6		
ytot (m) = ys +D	441.6		
hp (m) = ytot - Culv	4.49		

In particolare, tali risultati evidenziano come con le opere previste in progetto la Q_{200} anni transita con tiranti massimi tali per cui il franco di sicurezza risulta pari ad almeno il valore $\max(0,5v^2/2g; 0,5-1m)$ (distanza tra il pelo libero della corrente, evidenziato in rosso in tabella e l'intradosso dell'impalcato, denominato h_p).

CONCLUSIONI

Così come risulta dai calcoli idraulici e di verifica relativi ai diversi tratti del vallone da sistemare, si evidenzia che:

- allo stato attuale il fondo e soprattutto le sponde del vallone sono soggetti ad evidenti fenomeni erosivi, in quanto l'elevata energia di ruscellamento rende la tensione erosiva agente maggiore di quella resistente; per cui lungo questi tratti i calcoli non sono verificati.
- Relativamente agli attraversamenti presenti si evidenzia come con le opere previste in progetto la Q_{200} anni transita con tiranti massimi tali per cui il franco di sicurezza risulta pari ad almeno almeno $\max(0,5v^2/2g; 0,5-1m)$.

In definitiva la presenza in alveo degli attraversamenti in oggetto non influenza e non ostacola il libero deflusso delle acque durante la piena duecentennale e le opere previste e le sezioni adottate per la sistemazione dell'alveo e delle sponde sono perfettamente verificate ed in grado di smaltire la portata di piena di riferimento.

Il Tecnico: