Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti

FSC Fondo per lo Sviluppo e la Coesione

REGIONE CAMPANIA

PIANO OPERATIVO INFRASTRUTTURE FSC 2014-2020
PROGETTO FINANZIATO CON LA DELIBERAZIONE CIPE N.54/2016

Accordo Quadro triennale per l'Affidamento di Servizi di Ingegneria ed Architettura:

Progetto di fattibilità tecnica ed economica e/o progettaz. Definitiva e/o esecutiva e/o attività di supporto per l'esecuzione nella Regione Campania di interventi sui sistemi di mobilità ex Delib. G.R. 104/2018 -109/2018 e ss.mm.ii

Lotto n. 2 - CUP B49J18002160001 - CIG 7518817412

CONTRATTO ATTUATIVO: COMUNE DI CASTELFRANCO IN MISCANO (BN)
TITOLO INTERVENTO: RIQUALIFICAZIONE DELLA VIABILITÀ COMUNALE: VIA SOTTO LE CUPE - LA ZAZZERA
CUP H77H17001490002
Responsabile del procedimento: Arch. Michele De Iura

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE A CURA DEL RTI:

MANDATARIA:

ING. D. BONADIES
Via Strada del colle, 1A
06132 Perugia (PG)
P.Iva 02776790541

MANDANTI:

ING. N. SARACA
Via A. Gramsci,34
00197 Roma (RM)
P.Iva 00987261005

ING. D. ROMANO
Via Masone, 5
24121 Bergamo (BG)
P.Iva 02141540167

Responsabile delle integrazioni fra le diverse prestazioni specialistiche: **ING. D. BONADIES**

Elaborato:		data: MAGGIO 2022
R.07	**Relazione idrologica e idraulica**	scala: N.A.

Codice Commessa: 19025

REV.	data	verificato	approvato
00	MAGGIO 2022		D. Bonadies

R.U.P. Arch. Paolo Freschi

Direttore dell'esecuzione del contratto: Ing. Umberto Pisapia

IL PRESENTE DOCUMENTO NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO O COMUNICATO A TERZI SENZA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE SCRITTA

Indice

1. Premessa 3
2. Valutazione delle massime portate di pioggia 4
2.1 Introduzione 4
2.2 Leggi di variazione dei coefficienti di crescita con il periodo di ritorno 5
2.2.1 Pluviometrica 5
2.3 Stima del valor medio 6
2.3.1 Leggi di probabilità pluviometrica 6
2.3.2 Piena media annua 9
2.4 Risultati 11
3. Dimensionamento e verifica del sistema di raccolta e convogliamento acque di raccolta 13
3.1 Verifiche 15
3.1.1 Verifica del grado di riempimento 15
3.1.2 Verifica della velocità massima 15
3.1.3 Risultati delle verifiche 16
4. Sistema di raccolta e convogliamento acque meteoriche esistente 16
5. Conclusioni 21

Tabella 1 - Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Campania 6
Tabella 2 - Valori teorici del coefficiente di crescita probabilistico KT per le piogge in Campania, per alcuni valori del periodo di ritorno T 6
Tabella 4 - Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche 8

Tabella 5 - Valori del coefficiente corretto di attenuazione del colmo di piena in funzione del coefficiente di potenza della legge di probabilità pluviometrica sul bacino, espressa in forma monomia 10

Relazione idrologica e idraulica

1. Premessa

La presente relazione tecnica e di calcolo ha per oggetto la soluzione progettuale individuata dagli scriventi per il sistema di drenaggio delle acque meteoriche relativi ai "Riqualificazione della viabilità comunale: via Sotto Le Cupe – La Zazzera", tenendo conto delle problematiche legate all'idraulica del territorio e relativa sostenibilità.

Come meglio descritto nella relazione generale e nella relazione geologica, si tratta di interventi che prevedono la regimentazione delle acque meteoriche del tratto stradale, utilizzando canalette e tubazioni, che tendono nel complesso a regimentare la portata idraulica ed a prevenire fenomeni di allagamenti del tratto stradale, migliorando le condizioni morfologiche e conferendo nel tempo una certa stabilità alle aree al contorno dell'asse stradale.

In particolare la presente relazione presenterà la verifica idraulica del sistema di drenaggio, raccolta e convogliamento delle acque meteoriche lungo il tratto stradale oggetto di intervento. Per idraulica del territorio si intende quella disciplina che si occupa del governo delle acque superficiali in relazione alle peculiarità antropiche e alle condizioni fisiche del territorio in cui si trovano a fluire. Le soluzioni tecniche previste per la rete di drenaggio in oggetto, ubicata nella principale area di dissesto hanno necessariamente implicato la caratterizzazione dei deflussi delle acque di origine meteorica e come queste debbano essere raccolte e convogliate affinché vengano rispettati i principi di gestione del rischio idrogeologico del territorio. Verranno brevemente descritti anche gli ulteriori interventi secondari di ripristino degli elementi di collettamento esistenti e il dimensionamento di nuovi e similari elementi. Lungo l'intera rete stradale oggetto di intervento, infatti, sono previsti interventi atti a ripristinare e adeguare il sistema di collettamento delle acque meteoriche, prevedendo la realizzazione, tra l'altro, di nuove zanelle e canalette stradali. Sono presenti, lungo lo sviluppo della rete stradale, diversi impluvi naturali già stabilizzati o da stabilizzare, nei quali continueranno ad essere collettati i flussi idrici ricadenti sull'asse stradale.

Per lo studio della rete di drenaggio si parte dall'individuazione del recapito finale delle acque che coincide in genere con un corpo idrico ricettore, ubicato a quota tale che le acque possano esservi addotte per gravità e con una distanza dal centro abitato tale da rendere minimo lo sviluppo

dell'emissario e consentire così l'allontanamento delle acque domestiche nel più breve tempo possibile, in modo tale che i fenomeni di putrefazione non abbiano modo di iniziare.

Il primo passo progettuale è la delimitazione del bacino d'influenza. Una volta delimitato il bacino e delimitati i confini delle aree da drenare si passa al tracciamento della rete di drenaggio e all'individuazione dei tronchi del reticolo principale. In virtù del funzionamento a pelo libero, la rete di drenaggio progettata ricalca il più possibile il reticolo di drenaggio naturale dell'area.

Per ogni area omogenea è stata attribuita una percentuale di edificazione, al fine di individuare l'aliquota permeabile ed impermeabile. L'area omogenea è stata individuata in base alle pendenze.

2. Valutazione delle massime portate di pioggia

2.1 Introduzione

L'analisi idrologica dei valori estremi delle precipitazioni in Campania è stata effettuata nel Rapporto VAPI Campania attraverso una metodologia di analisi regionale delle informazioni idrologiche, che si avvale di modelli concettuali di formazione dei deflussi di piena a partire dalle precipitazioni meteoriche, con un approccio di tipo probabilistico, che associa ad ogni valore della variabile idrologica di riferimento una probabilità che si verifichino eventi con valori superiori.

La valutazione della massima portata di pioggia in una data sezione della rete idrografica viene quindi effettuata in un contesto probabilistico, riferendosi ad un assegnato rischio di superamento in N anni, o al periodo di ritorno T espresso in anni. Per cui non esiste un massimo assoluto della variabile di interesse, ma ad ogni suo valore viene associata una probabilità di superamento in un anno e, quindi un periodo di ritorno, T, inteso come numero medio di anni fra due superamenti successivi della variabile idrologica di interesse.

La metodologia probabilistica adottata nel rapporto VAPI è basata sull'uso della distribuzione di probabilità del valore estremo a doppia componente TCEV (Two Component Extreme Value), che interpreta gli eventi massimi annuali come risultato di una combinazione di due popolazioni distinte, di cui la prima produce gli eventi massimi ordinari, più frequenti ma meno intensi, e la seconda produce gli eventi massimi straordinari, meno frequenti ma più intensi. I diversi parametri del modello probabilistico vengono valutati a scale regionali differenti, attraverso una

procedura di regionalizzazione gerarchica, in funzione dell'ordine statistico del parametro stesso. Indicando con Q il massimo annuale della portata al colmo e con T il periodo di ritorno, cioè l'intervallo di tempo durante il quale si accetta che l'evento di piena possa verificarsi mediamente una volta, la massima portata di piena Q_T corrispondente al prefissato periodo di ritorno T, può essere valutata come:

$$Q_T = k_T \cdot m(Q)$$

Dove:

- m (Q) = media della distribuzione dei massimi annuali della portata di piena (piena indice);
- K_T = fattore probabilistico di crescita, pari al rapporto tra Q_T e la piena indice.

La legge di variazione di K_T con T si indica come legge di crescita con il periodo di ritorno. Per quanto attiene alla valutazione del fattore probabilistico di crescita, il rapporto VAPI propone la formulazione riportata al paragrafo che segue. Per la valutazione di m(Q), vengono invece indicate quattro differenti metodologie, due di tipo diretto, basate su formule monomie in cui la portata dipende essenzialmente dall'area del bacino, e due di tipo indiretto (la formula razionale e il modello geomorfoclimatico) in cui la piena indice viene valutata a partire dalle piogge e dipende in maniera più articolata dalle caratteristiche geomorfologiche del bacino (area, percentuale impermeabile, copertura boschiva). Di seguito sono stati descritti in dettaglio i modelli di stima della piena media annua.

2.2 Leggi di variazione dei coefficienti di crescita con il periodo di ritorno

2.2.1 Pluviometrica

Piogge giornaliere

Fissati i parametri di forma e di scala della distribuzione di probabilità cumulata (DPC) all'interno della sottozona pluviometrica omogenea previamente identificata, resta univocamente determinata la relazione fra periodo di ritorno T e valore del coefficiente di crescita K_T:

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

I parametri ottenuti per l'intera regione Campania sono riportati in Tabella 1.

Θ*	Λ*	Λ1	η
2.136	0.224	41	4.688

Tabella 1 - Parametri della distribuzione di probabilità dei massimi annuali delle piogge in Campania

Più utile dal punto di vista pratico è la forma inversa della (1) per cui, fissato un valore T del periodo di ritorno, si ricava il corrispondente valore del coefficiente di crescita K_T. Per la distribuzione TCEV tale relazione non è analiticamente ottenibile. Si riportano di seguito, nella Tabella 2, i valori di K_T ottenuti numericamente dalla (1) per alcuni valori del periodo di ritorno.

T (ANNI)	2	5	10	20	50	100	200	1000
K_T (PIOGGE)	0.87	1.16	1.38	1.64	2.03	2.36	2.71	3.53
K_T (Portate)	0.97	1.29	1.63	2.03	2.61	3.07	3.53	4.52

Tabella 2 - Valori teorici del coefficiente di crescita probabilistico KT per le piogge in Campania, per alcuni valori del periodo di ritorno T

Nelle pratiche approssimazioni, è possibile anche fare riferimento ad una espressione semplificata del tipo:

$$K_T = \left(\frac{\theta_* L_n \Lambda_*}{\eta} + \frac{\ln \Lambda_1}{\eta}\right) + \frac{\theta_*}{\eta} \ln T$$

La quale, dati i valori assunti dai parametri della distribuzione TCEV in Campania, diventa:

$$K_T = -0.0373 + 0.517 \ln T$$

2.3 Stima del valor medio

2.3.1 Leggi di probabilità pluviometrica

Piogge puntuali

Le leggi di probabilità pluviometriche definiscono come varia la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia su una fissata durata d, μ[I(d)], con la durata stessa. Tali leggi devono essere strettamente monotone, in quanto mediamente l'intensità di pioggia media per una durata superiore deve essere necessariamente minore di quella per una durata inferiore. Inoltre, per una durata molto piccola devono raggiungere un valore finito, rappresentante al limite per d che tende a zero, la media del massimo annuale dell'intensità di pioggia istantanea. Si è proceduto

con la valutazione della media del massimo annuale dell'intensità di precipitazione "$I_m(d)$" di durata "d" con la formula:

$$\mu I_m(d) = \frac{I_0}{[1 + {}^{d}/_{d_c}]^{C-D\cdot z}}$$

dove:

- "I_o" è l'intensità di pioggia corrispondente a piccole durate, ovvero il limite dell'intensità di pioggia per d→0, in mm/h, costante per ciascuna delle zone omogenee individuate a scala regionale;
- "d" è la durata media delle piogge, in ore;
- "d_c" è la durata caratteristica del bacino stimata su base regionale omogenea nelle differenti zone omogenee, in ore;
- "C" e "D" sono parametri costanti per ciascuna delle zone omogenee;
- "z" è la quota media del bacino considerato in metri.

I parametri delle due equazioni sono costanti all'interno di singole aree pluviometriche omogenee, e variano nel passare dall'una all'altra. Per identificare in quale area omogenea rientra il bacino in studio, si può fare riferimento alla corografia in Figura 2. I parametri delle due precedenti equazioni sono forniti in Tabella 5.

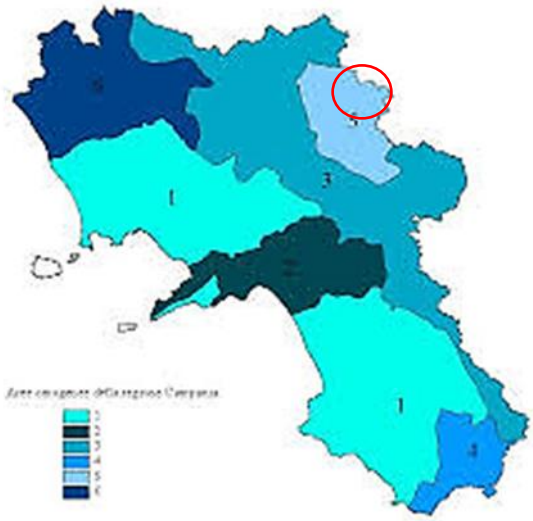


Figura 1 - Territorio campano suddiviso nelle 6 aree pluviometriche omogenee

Area omogenea	$\mu(I_0)$ [mm/ora]	d_c [ore]	C	$D \cdot 10^5$
1	77.08	0.3661	0.7995	8.6077
2	83.75	0.3312	0.7031	7.7381
3	116.70	0.0976	0.736	8.73
4	78.61	0.3846	0.81	24.874
5	231.8	0.0508	0.8351	10.8
6	87.87	0.2205	0.7265	8.8476

Tabella 3 - Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche

Sulla base di questi valori è stato pertanto possibile definire:

Im(d) [mm/h] =66.823

Piogge aerali

La valutazione della intensità di pioggia media sull'intero bacino (pioggia media areale) viene effettuata moltiplicando l'equazione precedente per il fattore di riduzione areale K_A:

$$K_A(d) = 1 - \left(1 - exp(-c_1 A)\right) \exp\left(-c_2 d^{c^3}\right)$$

dove A è l'area del bacino, espressa in km², d la durata della pioggia, espressa in ore, ed i coefficienti valgono:

$c_1 = 0{,}0021$

$c_2 = 0{,}53$

$c_3 = 0{,}25$

In definitiva:

$K_A(d) = 1{,}00$

2.3.2 Piena media annua

Portata al colmo di piena istantanea con modello geomorfoclimatico

Il modello geomorfoclimatico è il modello i cui parametri possiedono maggiore significato fisico. In sintesi, tale modello conduce alla seguente espressione:

$$\mu(Q) = C_f S(d^*) K_A(d^*) \mu[l(d^*)] A$$

in cui d* è la durata critica delle precipitazioni sul bacino che dipende in maniera complessa sia dalle caratteristiche geomorfologiche della risposta del bacino, sia dalle caratteristiche climatiche delle precipitazioni intense sul bacino stesso: in particolare, dipende dal tempo di ritardo del bacino, t_r; C_f è il coefficiente di afflusso di piena del bacino, che tiene conto delle trasformazione della pioggia totale precipitata sul bacino nell'aliquota netta efficace ai fini dei deflussi superficiali di piena: le perdite sono essenzialmente dovute all'infiltrazione e all'intercettazione da parte dell'apparato fogliare. Infine, S(d*) è il coefficiente di attenuazione della portata al colmo di piena, che tiene conto delle attenuazioni indotte sul picco di piena dalla propagazione e laminazione dell'onda all'interno del reticolo dei canali. La formula precedente può anche essere riscritta come:

$$\mu(Q) = C_f q K_A(t_r) \mu[l(t_r)] A/3{,}6$$

in cui "q" è il coefficiente di attenuazione corretto del colmo di piena e dipende in maniera complessa da tutti i parametri in gioco nel modello. Esso è stato valutato il parametro "q" che è il coefficiente corretto di attenuazione del colmo di piena che rappresenta l'attenuazione che subisce la portata in entrata per effetto della laminazione dovuta al bacino e dipende da "n'" che rappresenta il coefficiente di attenuazione valutato con la formula:

$$n' = K_I \cdot A + n$$

dove "K_I" è un coefficiente posto pari a "1,44*10-4" ed "n" è un parametro valutabile tramite la formula:

$$n = 1 - (C - D \cdot z) * (t_r / d_c) / (1 + t_r / d_c)$$

Da cui n= 0,38597 ovvero n'=0,38597

Entrando in tabella:

n'	q	n'	q
0,10	0,6079	0,46	0,6327
0,11	0,6056	0,47	0,6356
0,12	0,6036	0,48	0,6385
0,13	0,6019	0,49	0,6416
0,14	0,6005	0,5	0,6447
0,15	0,5992	0,51	0,648
0,16	0,5982	0,52	0,6514
0,17	0,5974	0,53	0,6549
0,18	0,5967	0,54	0,6585
0,19	0,5962	0,55	0,6626
0,20	0,5959	0,56	0,6661
0,21	0,5958	0,57	0,6701
0,22	0,5958	0,58	0,6741
0,23	0,596	0,59	0,6783
0,24	0,5963	0,6	0,6826
0,25	0,5967	0,61	0,687
0,26	0,5973	0,62	0,6915
0,27	0,5979	0,63	0,6961
0,28	0,5988	0,64	0,7009
0,29	0,5997	0,65	0,7058
0,30	0,6008	0,66	0,7108
0,31	0,602	0,67	0,7159
0,32	0,6033	0,68	0,7212
0,33	0,6047	0,69	0,7267
0,34	0,6065	0,7	0,7322
0,35	0,6078	0,71	0,738
0,36	0,6096	0,72	0,7438
0,37	0,6114	0,73	0,7498
0,38	0,6133	0,74	0,756
0,39	0,6154	0,75	0,7623
0,40	0,6175	0,76	0,7688
0,41	0,6198	0,77	0,7754
0,42	0,6222	0,78	0,7822
0,43	0,6246	0,79	0,7893
0,44	0,6276	0,8	0,7964
0,45	0,6299		

Tabella 4 - Valori del coefficiente corretto di attenuazione del colmo di piena in funzione del coefficiente di potenza della legge di probabilità pluviometrica sul bacino, espressa in forma monomia

Si desume che il valore di **q** è pari a **0,6154.**

La formula prima descritta consente il calcolo della piena media annua, noti i valori dei parametri della legge di probabilità pluviometrica sul bacino, l'area del bacino ed i valori dei parametri della risposta del bacino, che sono il coefficiente di afflusso C_f ed il tempo di ritardo t_r del bacino, valutabili attraverso le seguenti espressioni:

$$C_f = C_{f1} \cdot \left(\frac{A_1}{A_2}\right) + C_{f2} \cdot \frac{A_2}{A}$$

$$t_r = \frac{C_{f1} \cdot (A_1)}{C_f \cdot A} \cdot \frac{1{,}25}{3{,}6 \cdot c_1} \cdot \sqrt{A_1} + \frac{C_{f2} \cdot A_2}{C_f \cdot A} \cdot \frac{1{,}25}{3{,}6 \cdot c_2} \cdot \sqrt{A_2}$$

in cui:

$C_{f1} = 0.13$

$C_{f2} = 0.56$

$c_1 = 0.23$ m/s

$c_2 = 1.87$ m/s

2.4 Risultati

Il presente studio idrologico è stato redatto per il bacino idrografico a cui fa riferimento l'area oggetto dell'intervento principale, corrispondente al tratto stradale maggiormente interessato da opere di regimazione delle acque meteoriche.

In particolare, il sistema di raccolta è stato dimensionato in maniera tale che la totalità del flusso idrico venga direttamente convogliato verso il sistema di canalette stradali. Si riporta di seguito un'immagine per individuare il bacino (area con tratteggio obliquo).

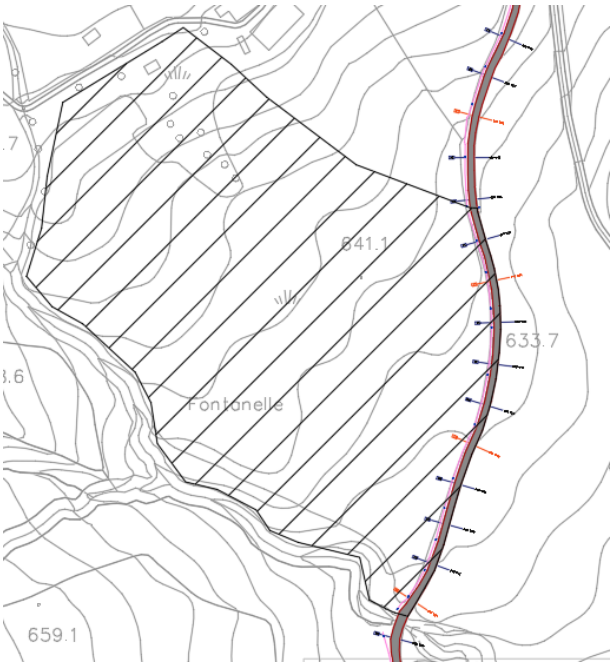


Figura 2 - Individuazione bacino

L' area ha la seguente estensione:

1. Bacino 1: **52207.32 m²**;

Per tale bacino sono state definite:

- Le caratteristiche pluviometriche;
- Le caratteristiche geomorfologiche.

Sono stati quindi valutati tutti i parametri caratteristici del bacino in modo tale da ottenere risultati a vantaggio di sicurezza. In particolare è stato valutato il coefficiente di deflusso C_f, descritto nel precedente paragrafo, valutando le caratteristiche geomorfologiche del bacino.

Valutate le suddette caratteristiche, è stato possibile stimare i valori della piena media annua e delle portate di piena per diversi periodi di ritorno, adottando il modello geomorfoclimatico, definito nel paragrafo precedente.

Per la determinazione delle caratteristiche pluviometriche sono state individuate le percentuali di bacino ricadenti nelle differenti aree omogenee VAPI ed è stata quindi valutata la legge di probabilità pluviometrica caratteristica del bacino. In particolare, il bacino in esame ricade nell'**Area pluviometrica omogenea 3** definita nel rapporto VAPI.

Area omogenea	$\mu(l_0)$ [mm/ora]	d_c [ore]	C	$D \cdot 10^5$
A5	231.8	0.00508	0.8351	10.8

Il periodo di ritorno è stato valutato in **20 anni**, ottenendo un valore di **K_T pari a 1.64**, così come evidenziato nella Tabella 2.

In definitiva, la portata di piena con periodo di ritorno assegnato pari a 20 anni, è risultato essere pari a:

BACINO	$Q_{(20\ ANNI)}$= 0,169 m³/s

Per una completa visione del calcolo si rimanda all'**Allegato 1** alla presente relazione.

3. Dimensionamento e verifica del sistema di raccolta e convogliamento acque di raccolta

Effettuata la stima delle portate, l'obiettivo che si presenta è quello del dimensionamento e la verifica delle tubazioni di scarico nei vari tratti della rete di regimazione delle acque bianche studiata nella presente relazione.

Di seguito sono riportate le formule rappresentative del metodo:

$$\frac{h_r}{D_r} = \frac{h}{D}$$

$$\frac{Q_u}{Q_{u,r}} = \frac{A}{A_r} \cdot \frac{K_{st}}{K_{st,r}} \cdot \left[\frac{R_i}{R_{i,r}}\right]^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{\frac{i}{i_r}} = \frac{K_{st}}{K_{st,r}} \cdot \left[\frac{D}{D_r}\right]^{\frac{8}{3}} \cdot \sqrt{\frac{i}{i_r}}$$

da cui Du è pari a:

$$D_u = \left(\frac{Q_u}{Q_r}\frac{k_r}{k\sqrt{i}}\right)^{3/8}$$

Allo stesso modo si procede per le condizioni di stato critico:

$$\frac{Q_c}{Q_{c,r}} = \frac{\sqrt{\frac{g \cdot A^3}{L}}}{\sqrt{\frac{g \cdot A_r^3}{L_r}}} = \sqrt{\left[\frac{A}{A_r}\right]^3 \cdot \frac{L_r}{L}} = \left[\frac{D}{D_r}\right]^{\frac{5}{2}}$$

da cui Dc:

$$D_c = \left(\frac{Q_c}{Q_r}\right)^{2/5}$$

$$\frac{V_u}{V_{u,r}} = \frac{K_{st}}{K_{st,r}} \cdot \left[\frac{R_i}{R_{i,r}}\right]^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{\frac{i}{i_r}} = \frac{K_{st}}{K_{st,r}} \cdot \left[\frac{D}{D_r}\right]^{\frac{2}{3}} \cdot \sqrt{\frac{i}{i_r}}$$

$$\frac{V_c}{V_{c,r}} = \frac{\sqrt{\frac{g \cdot A}{L}}}{\sqrt{\frac{g \cdot A_r}{L_r}}} = \sqrt{\left[\frac{A}{A_r}\right] \cdot \frac{L_r}{L}} = \sqrt{\frac{D}{D_r}}$$

Valori sezione di riferimento		
D_r =	1,00	m
r_r =	0,50	m
A_r =	0,785	m^2
i_r =	1	m/m
K_{st} =	75,00	$m^{1/3}/s$
Δh =	0,0005	m

Figura 3 - Valori sezione circolare di riferimento D=1m

Per la raccolta delle acque meteoriche sono state previste delle tubazioni in acciaio dal diametro di 1000 mm.

Di seguito sono riportati i risultati dei calcoli effettuati.

	Progetto sezione circolare (h/D=0,75)						
Tratto	i (%)	K_{st} ($m^{1/3}/s$)	Q_b (m^3/s)	(Deb. Pen (m)	Forte Pen (m)	ipo di alve	D_{comm} (m)
1	2,00	100	0,169	0,305	0,398	FP	1,000

Figura 4 - Progetto sezione circolare

3.1 Verifiche

È necessario controllare che le ipotesi fatte sulla natura dell'alveo siano rispettate, una volta assegnata la portata di progetto, il diametro nominale, pendenza e scabrezza. In seconda battuta bisogna fare una valutazione dell'altezza effettiva del tirante idrico a lordo del franco di sicurezza che per la sezione circolare, deve risultare minore del punto di instabilità della scala di deflusso delle portate (Q-h).

3.1.1 Verifica del grado di riempimento

Noti i valori di altezza effettiva del tirante idrico, si è passati alla valutazione del grado di riempimento la cui verifica è condotta al fine di garantire alcuni requisiti importanti:

- Garantire che la condotta non vada in pressione;
- Garantire che vi sia un franco al di sopra del livello idrico per il convogliamento di corpi più grandi che si possono avere nei fenomeni di piena;
- Assicurare una sufficiente aerazione.

In particolare, per la cunetta della sezione circolare si assume:

$$\frac{h}{D} \leq 0.75$$

3.1.2 Verifica della velocità massima

Indipendentemente dalla forma della sezione, è necessario controllare che la velocità massima, relativa alla portata di progetto, sia inferiore ad un valore soglia posto a:

$$v_{\max} \leq 5 \frac{m}{s}$$

al fine di scongiurare pericoli di erosione della condotta.

La velocità massima, detta anche velocità di tempo bagnato, si ha dove il tirante idrico è minore, quindi per alvei a debole pendenza si valuta in corrispondenza dell'altezza di stato critico "hc", mentre per alvei a forte pendenza, in corrispondenza dell'altezza di stato uniforme "hu".

In alcuni casi la verifica della velocità massima può risultare non soddisfatta; per ovviare a tale problema o si effettua una diversa scelta progettuale in riferimento alla sezione oppure, o si può prevedere il cambio di pendenza con la presenza di pozzetti di salto. Tipicamente, i pozzetti di salto oltre ad essere previsti per dissipare la troppa velocità, vengono inseriti anche per risolvere

problemi geometrici dovuti al fatto che in alcuni tratti vi è la necessità di collegare spechi con diametri differenti. Le verifiche risultano tutte soddisfatte.

3.1.3 Risultati delle verifiche

	Progetto sezione circolare (h/D=0,75)										
Tratto	D_{comm} (m)	Q_{ru} (m^3/s)	Q_{Rc} (m^3/s)	h_u (m)	h_c (m)	ipo di alve	h_{eff} (m)	h/D	Verifica	v_{max} (m/s)	Verifica
A-B	1,000	21,316	1,690	0,134	0,228	FP	0,228	0,228	OK	2,702	OK

Figura 5 - Progetto sezione circolare

4. Sistema di raccolta e convogliamento acque meteoriche esistente

Ad oggi, lungo la sede stradale oggetto di intervento, sono presenti diversi manufatti atti alla raccolta e convogliamento delle acque meteoriche; tuttavia detti manufatti si trovano in un pessimo stato di conservazione probabilmente per l'assenza di manutenzione. L'idea progettuale è pertanto quella di intervenire su tali elementi al fine di ristabilirne la piena funzionalità, attraverso preliminari interventi di pulitura e successivamente con interventi mirati di sistemazione puntuale, rifacimenti, demolizioni e ricostruzione delle zanelle esistenti dove ritenuto opportuno.

5. Trincee drenanti

Si prevede di porre in opera n° 2 trincee drenati, tutte con dimensioni di 6,00 ml per 1,00 m di larghezza e una profondità di 2,00 m.

Di seguito si riportano i principali passaggi del calcolo.

Il bacino per la determinazione delle portate è pari a 8250 m^2. Una volta definito il bacino si è proceduto alla determinazione delle portate. Per la valutazione della massima portata annuale al colmo di piena e del massimo annuale del volume di piena di assegnata durata, si è utilizzata la procedura riportata nel rapporto VAPI. Quest'ultimo propone una metodologia probabilistica in cui la grandezza di cui si cerca il valore massimo viene definita come una variabile casuale ed ad ogni suo valore viene associata un'assegnata probabilità (p) di superamento in un anno. Alla probabilità "p" corrisponde un periodo di ritorno "T =1/p", che rappresenta il tempo medio che intercorre tra due crisi del sistema; nel caso in esame si ha crisi quando la variabile casuale "X" assume un valore "x" maggiore di quello di progetto "XT":

$$\frac{1}{T} = P[X \geq X_T]$$

La stima della portata al colmo di piena con periodo di ritorno "T", si ottiene dalla seguente espressione:

$$Q_T = K_T \cdot \mu(Q)$$

dove "**KT**" è una variabile casuale, con distribuzione TCEV, detta coefficiente di crescita; mentre "m(Q)" è la media del massimo annuale della portata istantanea.

Il coefficiente di crescita "KT" dipende dal periodo di ritorno "T" ed ha un'espressione unica per tutta la regione Campania, che, in forma approssimata ed esplicita, si presenta come segue:

$$K_T = -0{,}0373 + 0{,}517 \cdot \ln(T)$$

La media del massimo annuale della portata istantanea è caratterizzata da una grande variabilità spaziale, che rende necessario l'utilizzo dei modelli nei quali si tenga conto dei fattori climatici e geomorfologici, caratteristici per ogni bacino. In particolare per il calcolo di "m(Q)" è stato utilizzato il modello concettuale che è un modello razionale geomorfoclimatico che prevede una maggiore comprensione dei fenomeni che avvengono nel bacino ed è rappresentato da una formula più articolata:

$$m(Q) = C_f \cdot \mu[I(t_r)] \cdot q \cdot K_a \cdot \frac{A_{tot}}{3{,}6}$$

dove l'area totale del bacino è stata divisa in due classi di permeabilità cioè considerando che le aree sono suddivisibili in permeabili e impermeabili.

Per il calcolo del coefficiente di afflusso di piena "Cf" del singolo bacino si è utilizzata la seguente formula:

$$C_f = C_{f1}\ A_1/A + C_{f2}\ A_2/A$$

dove:

- "A1" è l'area del complesso litologico costituito da materiale detritico piroclastico incoerente (area permeabile) in "Km2";

- "A2" è l'area del complesso litologico costituito da calcari, calcari dolomitici a luoghi oolitici (area impermeabile) in "Km2";
- "Cf1" e "Cf2" sono i coefficienti di deflusso dell'area "A1" e "A2" che per il modello a 2 classi di permeabilità valgono rispettivamente 0,13 e 0,56;
- "A" rappresenta l'area totale del bacino, in "Km2".

Di seguito si riportano i valori riassuntivi di "Cf":

A_1=	0,0003	Km^2	area permeabile	
A_2=	0,0064	Km^2	area impermeabile	
A_{tot}=	0,0067	Km^2		
$C_{f1(-)}$=	0,13			
$C_{f2(-)}$=	0,56			
C_f=	0,5385			

Il tempo di ritardo del reticolo idrografico del bacino, in ore, è stato assunto pari alla durata critica delle precipitazioni sul bacino. La formula utilizzata è la seguente:

$$t_r = \frac{1.25}{3.6}\frac{C_{f1}\,A_1}{C_f\,A}\frac{\sqrt{A_1}}{c_1} + \frac{1.25}{3.6}\frac{C_{f2}\,A_2}{C_f\,A}\frac{\sqrt{A_2}}{c_2}$$

dove "C1" è la celerità media dell'onda di piena nel reticolo idrografico nell'area "A1" che per il modello a 2 classi vale 0,25 m/s mentre "C2" rappresenta la media dell'onda di piena del reticolo idrografico nell'area "A2" che risulta pari a 1,70 m/s, pertanto si è ottenuto:

$$\mathbf{t_r = 0{,}122\ h}$$

Si è proceduto con la valutazione della media del massimo annuale dell'intensità di precipitazione "Im(d)" di durata "d" con la formula:

$$I_m(d) = \frac{I_0}{[1 + {}^{d}/_{d_c}]^{C-D\cdot z}}$$

dove:

- "Io" è l'intensità di pioggia corrispondente a piccole durate, ovvero il limite dell'intensità di pioggia per d→0, in mm/h, costante per ciascuna delle zone omogenee individuate a scala regionale;

- "d" è la durata media delle piogge, in ore;
- "dc" è la durata caratteristica del bacino stimata su base regionale omogenea nelle differenti zone omogenee, in ore;
- "C" e "D" sono parametri costanti per ciascuna delle zone omogenee;
- "z" è la quota media del bacino considerato in metri.

Considerando di ricadere nella zona omogenea "A2", i parametri di cui sopra sono riportati nella tabella dei parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per ogni area pluviometrica omogenea:

Area omogenea	I_o (mm/ora)	d_c (ore)	C	D× 10^5	Z (m)
A5	231,8	0,0508	0,8351	10.8	658,00

Per tener conto del fatto che solitamente le precipitazioni si misurano in singole stazioni di misura, mentre a livello di analisi delle portate di piena è necessario conoscere le precipitazioni areali sull'intero bacino, si ricorre ad un coefficiente di riduzione areale "KA(d)" che rappresenta il rapporto tra i valori delle medie dei massimi areali osservati alle stazioni di misura pluviometriche, ed i valori massimi puntuali su un bacino di area A e per una fissata durata d della precipitazione. Esso è dato dalla seguente formula:

$$K_A(d) = 1 - [1 - e^{-c_1 A}] \exp[c_2 d^{c_3}]$$

dove "c1", "c2" e "c3" valgono rispettivamente "0,0021", "0,53" e "0,25".

In definitiva:

Ka (d)=1,00

È stato valutato il parametro "q" che è il coefficiente corretto di attenuazione del colmo di piena che rappresenta l'attenuazione che subisce la portata in entrata per effetto della laminazione dovuta al bacino e dipende da "n'" che rappresenta il coefficiente di attenuazione valutato con la formula:

$$n' = K_1 \cdot A + n$$

dove "K1" è un coefficiente posto pari a "1,44*10-4" ed "n" è un parametro valutabile tramite la formula:

$$n = 1 - (C - D \cdot z) * \frac{{}^{t_r}/_{d_c}}{1 + {}^{t_r}/_{d_c}}$$

Da cui n=0,81199 ovvero n'=0,91199

q= 0,60 se 0,25 < n'< 0,45

0,65 se 0,45 < n'< 0,65

Essendo n'>0,45

q=0,6626

Si è passato poi a alla stima della "m(Q)" che rappresenta la media del massimo annuale della portata di piena istantanea utilizzando la seguente formula:

$$\boldsymbol{m(Q) = C_f * K_A(d) * I_m(d) * A/3,6}$$

m(Q) = 0,008 m³/s

In definitiva si è calcolato "QT" che è la portata di pioggia massima, con periodo di ritorno assegnato come:

$$Q_T = K_T\, m(Q)$$

dove "KT" rappresenta il coefficiente probabilistico di crescita delle piogge e delle portate di piena in Campania per 3 e 100 anni, riportato nella tabella seguente, questo coefficiente è stato ricavato dalla tabella del rapporto VAPI in Campania. Il valore di "KT" per 20 anni è pari a 2,03.

T (anni)	2	5	10	20	50	100	200	1000
K_T (piogge)	0.87	1.16	1.38	1.64	2.03	2.36	2.71	3.53
K_T(portate)	0.97	1.29	1.63	2.03	2.61	3.07	3.53	4.52

In definitiva i valori delle portate in "m^3/s" con tempo di ritorno 3 anni e 100 anni sono risultati essere pari:

$$Q\ (T_r=20\ anni) = 0{,}0155\ m^3/s$$

Una volta determinata la portata in ingresso, nota la tipologia di terreno, si evince il coefficiente di permeabilità che è pari a 1,5*10^-4.

Stando ai dati in ingresso, la superficie necessaria per poter smaltire la portata è pari 24 m^2. La trincea che verrà realizzata presenta le seguenti grandezze: lunghezza 6 m, larghezza 1 m, profondità 2 m. Ne consegue che la superficie drenante è pari a 30 m^2. La portata drenante della trincea risulta pertanto essere pari a 4,50*10^-3 m^3/s. Ipotizzando però una perdita di funzionalità del sistema, pari al 20%, la portata totale massima drenante è pari a 3,60*10^-3 m^3/s.

Si è inoltre dimensionato il tubo da porre alla base della trincea, il cui diametro commerciale risulta essere pari a D = 200 mm.

Si rimanda all'**allegato 2** per una completa visualizzazione dei calcoli.

6. Conclusioni

Così come risulta dai calcoli idraulici e di verifica, relativi ai diversi tratti del sistema di convogliamento, si evidenzia che con le opere di regimentazione previste nel presente progetto viene garantito il corretto collettamento di tutte le acque meteoriche.

Le verifiche effettuate hanno evidenziato che la massima portata (ventennale) transitante nelle diverse sezioni determina un tirante idrico h, e conseguente franco di sicurezza f, tale da garantire la gestione di fenomeni meteorici anche molto intensi e quindi con periodi di ritorno ancor più elevati di quelli di assunti nei calcoli progetto.

Le ulteriori opere di sistemazione degli elementi esistenti, inoltre, permettono di eliminare i fenomeni di allagamento della carreggiata stradale, garantendo, allo stesso tempo, una miglioramento generale del sistema di regimentazione delle acque meteoriche lungo l'intero sviluppo dell'intervento.

Allegato 1

1) Determinazione coefficiente di afflusso di piena "C_f"

A_1=	0,047	Km^2	area permeabile
A_2=	0,005	Km^2	area impermeabile
A_{tot}=	0,052	Km^2	
$C_{f1(-)}$=	0,13		
$C_{f2(-)}$=	0,56		
C_f=	0,173		

$$C_f = C_{f1}\, A_1/A + C_{f2}\, A_2/A$$

2) Determinazione del tempo di ritardo "t_r"

c_1=	0,25	m/s
c_2=	1,87	m/s
t_r=	0,208	h

$$t_r = \frac{1.25}{3.6}\frac{C_{f1}\, A_1 \sqrt{A_1}}{C_f A}\frac{}{c_1} + \frac{1.25}{3.6}\frac{C_{f2}\, A_2 \sqrt{A_2}}{C_f A}\frac{}{c_2}$$

3) Determinazione dell'intensità di pioggia "$I(t_r)$"

omogenea	I_o (mm/ora)	d_c (ore)	C	D× 10^5	Z (m)
A5	231,8	0,0508	0,8351	10,8	658,00

β=	0,764	
$I_m(tr)$=	66,823	mm/h

$$i_m(d) = \frac{i_0}{\left[1 + d/d_c\right]^{C-DZ}}$$

Area omogenea	$\mu(I_0)$ [mm/ora]	d_c [ore]	C	D
1	77.08	0.3661	0.7995	8.6077
2	83.75	0.3312	0.7031	7.7381
3	116.70	0.0976	0.736	8.73
4	78.61	0.3846	0.81	24.874
5	231.8	0.0508	0.8351	10.8
6	87.87	0.2205	0.7265	8.8476

4) Determinazione del Coefficiente di riduzione areale "$K_a(t_r)$"

c_1=	0,0021	
c_2=	0,53	
c_3=	0,25	
$k_a(t_r)$=	1,000	

$$K_A(d) = 1 - [1 - e^{-c_1 A}] \exp[c_2\, d^{c_3}]$$

$c_1 = 0.0021$
$c_2 = 0.53$
$c_3 = 0.25$

5) Determinazione del coefficiente di attenuazione "n'(-)'

n=	0,38597	
K_1=	0,00014	$1/km^2$
n'=	0,38597	

$$n' - n = K_1 A$$

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

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

6) Determinazione del coefficiente corretto di attenuazione del colmo di piena "q(-)"

q=	0,6154

7) Determinazione della portata indice (massimo annuale delle portate al colmo di piena) "m(Q)=(m^3/s)"

m(Q)=	0,103	m^3/s

8) Determinazione della portata di pioggia massima con periodo di ritorno assegnato pari a 3 anni "$Q_T=K_T*m(Q)$"

K_T(portate)=	1,64
Q_T=	**0,169** **m^3/s**

T (anni)	2	5	10	20	50	100	200	1000
K_T (piogge)	0.87	1.16	1.38	1.64	2.03	2.36	2.71	3.53
K_T(portate)	0.97	1.29	1.63	2.03	2.61	3.07	3.53	4.52

n'	q	n'	q
0,10	0,6079	0,46	0,6327
0,11	0,6056	0,47	0,6356
0,12	0,6036	0,48	0,6385
0,13	0,6019	0,49	0,6416
0,14	0,6005	0,5	0,6447
0,15	0,5992	0,51	0,648
0,16	0,5982	0,52	0,6514
0,17	0,5974	0,53	0,6549
0,18	0,5967	0,54	0,6585
0,19	0,5962	0,55	0,6626
0,20	0,5959	0,56	0,6661
0,21	0,5958	0,57	0,6701
0,22	0,5958	0,58	0,6741
0,23	0,596	0,59	0,6783
0,24	0,5963	0,6	0,6826
0,25	0,5967	0,61	0,687
0,26	0,5973	0,62	0,6915
0,27	0,5979	0,63	0,6961
0,28	0,5988	0,64	0,7009
0,29	0,5997	0,65	0,7058
0,30	0,6008	0,66	0,7108
0,31	0,602	0,67	0,7159
0,32	0,6033	0,68	0,7212
0,33	0,6047	0,69	0,7267
0,34	0,6065	0,7	0,7322
0,35	0,6078	0,71	0,738
0,36	0,6096	0,72	0,7438
0,37	0,6114	0,73	0,7498
0,38	0,6133	0,74	0,756
0,39	0,6154	0,75	0,7623
0,40	0,6175	0,76	0,7688
0,41	0,6198	0,77	0,7754
0,42	0,6222	0,78	0,7822
0,43	0,6246	0,79	0,7893
0,44	0,6276	0,8	0,7964
0,45	0,6299		

Allegato 2

Castelfranco in Miscano	8250	mq				
1) Determinazione coefficiente di afflusso di piena "C_f"						
A_1=	0,0004	Km^2	area permeabile			
A_2=	0,0078	Km^2	area impermeabile			
A_{tot}=	0,0083	Km^2				
$C_{f1(-)}$=	0,13					
$C_{f2(-)}$=	0,56					
C_f=	0,5385					
2) Determinazione del tempo di ritardo "t_r"						
c_1=	0,25	m/s				
c_2=	1,87	m/s				
t_r=	0,017	h				
3) Determinazione dell'intensità di pioggia "$I(t_r)$"						

$$C_f = C_{f1}\,A_1/A + C_{f2}\,A_2/A$$

$$t_r = \frac{1.25}{3.6}\frac{C_{f1}\,A_1\sqrt{A_1}}{C_f\,A\;\;c_1} + \frac{1.25}{3.6}\frac{C_{f2}\,A_2\sqrt{A_2}}{C_f\,A\;\;c_2}$$

omogenea	I_o (mm/ora)	d_c (ore)	C	D× 10^5	Z (m)
A5	231,8	0,0508	0,8351	10,8	658,00

β=	0,764		
$I_m(tr)$=	186,806	mm/h	

$$i_m(d) = \frac{i_0}{\left[1 + d/d_c\right]^{C-D\cdot Z}}$$

4) Determinazione del Coefficiente di riduzione areale "$K_a(t_r)$"			
c_1=	0,0021		
c_2=	0,53		
c_3=	0,25		
$k_a(t_r)$=	1,000		

$$K_A(d) = 1 - [1 - e^{-c_1 A}]\exp[\,c_2\,d^{\,c_3}]$$

$$c_1 = 0.0021$$
$$c_2 = 0.53$$
$$c_3 = 0.25$$

5) Determinazione del coefficiente di attenuazione "n'(-)"			
n=	0,81199		
K_1=	0,00014	$1/km^2$	
n'=	0,81199		

$$n' - n = K_1\,A$$

ricavare:

$$\eta = 1 - \beta\,\frac{t_r/d_c}{1 + t_r/d_c}$$

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

6) Determinazione del coefficiente corretto di attenuazione del colmo di piena "q(-)"		
q=	0,6626	
7) Determinazione della portata indice (massimo annuale delle portate al colmo di piena) "m(Q)=(m^3/s)"		
m(Q)=	0,008	m^3/s
8) Determinazione della portata di pioggia massima con periodo di ritorno assegnato pari a 20 anni "$Q_T=K_T*m(Q)$"		
K_T(portate)=	2,03	
Q_T=	**0,0155**	**m^3/s**

CALCOLO TRINCEA DRENANTE

Q=	3,60E-03	$[m^3/s]$	*portata in ingresso da mitigare*
K=	1,50E-04	*[m/s]*	*coefficiente di permeabilità del terreno*
S=	24	$[m^2]$	*superficie necessaria per poter smaltire la portata*
L=	6	*[m]*	*lunghezza trincea drenante*
l=	1	*[m]*	*larghezza trincea drenante*
h=	2	*[m]*	*profondità trincea drenante*
$S_{DRENANTE}$=	30	$[m^2]$	*superficie drenante*
$Q_{DRENANTE}$=	4,50E-03	$[m^3/s]$	*portata drenante*
$Q_{TOT\ DRENANTE}$=	3,60E-03	$[m^3/s]$	*portata totale massima drenante*

VERIFICA SODDISFATTA

Pendenza (i)	0,02	[m/m]	Q	0,016	m3/s
k	120				

Ipotesi di alveo a debole pendenza						Ipotesi di alveo a forte pendenza					
Sezione circolare						Sezione circolare					
h/D	0,75		$D=\left(\frac{Q}{Q_r}\frac{K_r}{K\sqrt{i}}\right)^{3/8}$			h/D	0,75		$D=\left(\frac{Q}{Q_r}\right)^{2/3}-$		
Q_{Ru}	21,316	$[m^3/s]$				Q_{Rc}	1,690	$[m^3/s]$			
K=	120	$[m^{1/3}/s]$				K=	120	$[m^{1/3}/s]$			
Kr=	75	$[m^{1/3}/s]$				Kr=	75	$[m^{1/3}/s]$			
D	0,116	*[m]*	116	*[mm]*		D	0,153	*[m]*	153	*[mm]*	
D_{comm}=	200	*[mm]*	0,2	*[m]*		D_{comm}=	200	*[mm]*	0,2	*[m]*	

Moto uniforme			Stato critico			Moto uniforme			Stato critico		
Q_b	0,016	$[m^3/s]$	Q_b	0,0155	$[m^3/s]$	Q_b	0,016	$[m^3/s]$	Q_b	0,016	$[m^3/s]$
h	0,065	*[m]*	h	0,107	*[m]*	h	0,065	*[m]*	h	0,107	*[m]*
h/d	0,325		h/d	0,534		h/d	0,325		h/d	0,534	
A	0,009	$[m^2]$	A	0,017	$[m^2]$	A	0,009	$[m^2]$	A	0,017	$[m^2]$
P	0,242	*[m]*	W	0,200	*[m]*	P	0,242	*[m]*	W	0,200	*[m]*
R	0,0365	*[m]*	formula	0,000		R	0,036	*[m]*	formula	0,000	
formula	0,001		v	0,910	*[m/s]*	formula	0,001		v	0,910	*[m/s]*
v	1,754	*[m/s]*				v	1,756	*[m/s]*			

Alveo a forte pendenza