Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU

MINISTERO DELL'INTERNO

REGIONE BASILICATA

COMUNE DI BANZI

PROVINCIA DI POTENZA

Via delle Vittorie, 97 - 82021 Sant'Arcangelo Trimonte (BN) - tel 0824 923001 fax 0824923251- C.F. 81001490648
Cod. ISTAT 062078 - e-mail: protocollo@comune.santarcangelotrimonte.bn.it - pec: comune.santarcangelot@asmepec.it

PASQUALE NARCISO
ingegnere
Via Molise, 23 – 82020 Campolattaro (BN)
tel. 0824 858082 –fax 0824 063111 –
P.IVA 01042140622 – C.F. NRCPQL68R07Z133B
e-mail studio@ingcon.it - pec: pasquale.narciso@ingpec.eu

SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE
ing. Giuseppe Mario DEL RE
Via Puccini, 26 - 83045 Calitri (AV)
P.IVA 01886580644 - C.F. DLRGPP61T19B415W
mail: gmdelre@interfree.i - pec: giuseppemario.delre@ingpec.eu

N.	DATA	DA	DESCRIZIONE	CONTROLLATO	APPROVATO
1	NOVEMBRE 2022	P.N.	EMESSO PER APPROVAZIONE		

EDIZIONE

OGGETTO:
DECRETO MINISTERO INTERNO 23/02/2021, CONTRIBUTI LEGGE 30/12/2018, N. 145 ART. 1 COMMA 139 E SEGUENTI PER INTERVENTI DI INVESTIMENTI RELATIVI A OPERE PUBBLICHE DI MESSA IN SICUREZZA DEGLI EDIFICI E DEL TERRITORIO
LAVORI DI SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA DEL VERSANTE GROTTE NOTARGIACOMO
CUP: B34H20003670001

ELABORATO: **08**

FASE: **PROGETTO ESECUTIVO**

ELABORATO: **RELAZIONE IDROGEOLOGICA E IDRAULICA**

SCALA:

A TERMINE DELLE VIGENTI LEGGI, QUESTO ELABORATO NON POTRÀ ESSERE COPIATO, RIPRODOTTO O COMUNICATO AD ALTRE PERSONE E/O ENTI SENZA PREVENTIVA AUTORIZZAZIONE.

ARCHIVIO:

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO:
Arch. Domenico DE BONIS

PROGETTO:

SUPPORTO ALLA PROGETTAZIONE
dott. ing. Giuseppe Mario DEL RE

TECNICO INCARICATO
dott. ing. Pasquale NARCISO

SOMMARIO

PREMESSA **3**

NORMATIVA DI RIFERIMENTO **3**

RELAZIONE IDROLOGICA **4**

DESCRIZIONE E INQUADRAMENTO TERRITORIALE / IDROGRAFICO 4
DEFINIZIONE DEGLI AFFLUSSI METEORICI E DELLE PORTATE. 6
CALCOLO DELLA PORTATA DI MASSIMA PIENA - METODO VAPI 8

RELAZIONE IDRAULICA **11**

DESCRIZIONE DELLA PROCEDURA DI CALCOLO ADOTTATA 11
VERIFICA DELLE CONDIZIONI IDRAULICHE DEI CANALI ALLO STATO DI FATTO. 11

ALLEGATI **15**

PREMESSA

La presente ***Relazione Idrologica ed Idraulica*** - relativa al Progetto di "**Sistemazione Idrogeologica del Versante in Località Notargiacomo –** nel Comune di **BANZI (PZ)** - descrive:

1. i metodi, i calcoli i risultati e le conclusioni dell'**Analisi Idrologica** condotta al fine di definire gli afflussi meteorici e le Leggi che li governano, a partire dai quali sarà possibile verificare la necessità di interventi ed eventualmente eseguire il dimensionamento degli elementi del progetto d'intervento;

2. i metodi, i calcoli e i risultati di **Verifica ed eventuale Dimensionamento delle Sezioni idrauliche** dei canali, al fine di convogliare le portate meteoriche calcolate mediante l'analisi idrologica.

3. i metodi, i calcoli e i risultati di **Verifica ed eventuale Dimensionamento** delle opere di protezione spondale che dovessero risultare necessarie nelle condizioni idrauliche assegnate

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Si riportano di seguito le principali normative di riferimento:

- PIANO STRALCIO PER LA DIFESA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO, Aggiornamento dicembre 2015 e s.m.i.– Autorità di Bacino regionale della Basilicata – Norme di Attuazione
- Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 - Codice dei contratti pubblici;
- DPR n. 207/2010 Regolamento di esecuzione e attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle Direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE";
- Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" e Circolare Ministeriale n. 7 C.S.LL.PP. del 21 gennaio 2019 "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".
- D.M. 4 febbraio 1999 "Attuazione dei programmi urgenti per la riduzione del rischio idrogeologico, di cui gli articoli 1, comma 2, e 8, comma 2, del D.L. n°180, convertito, con modificazioni, dalla legge 3 agosto 1998, n°267"
- Norme UNI, EN, ISO applicabili

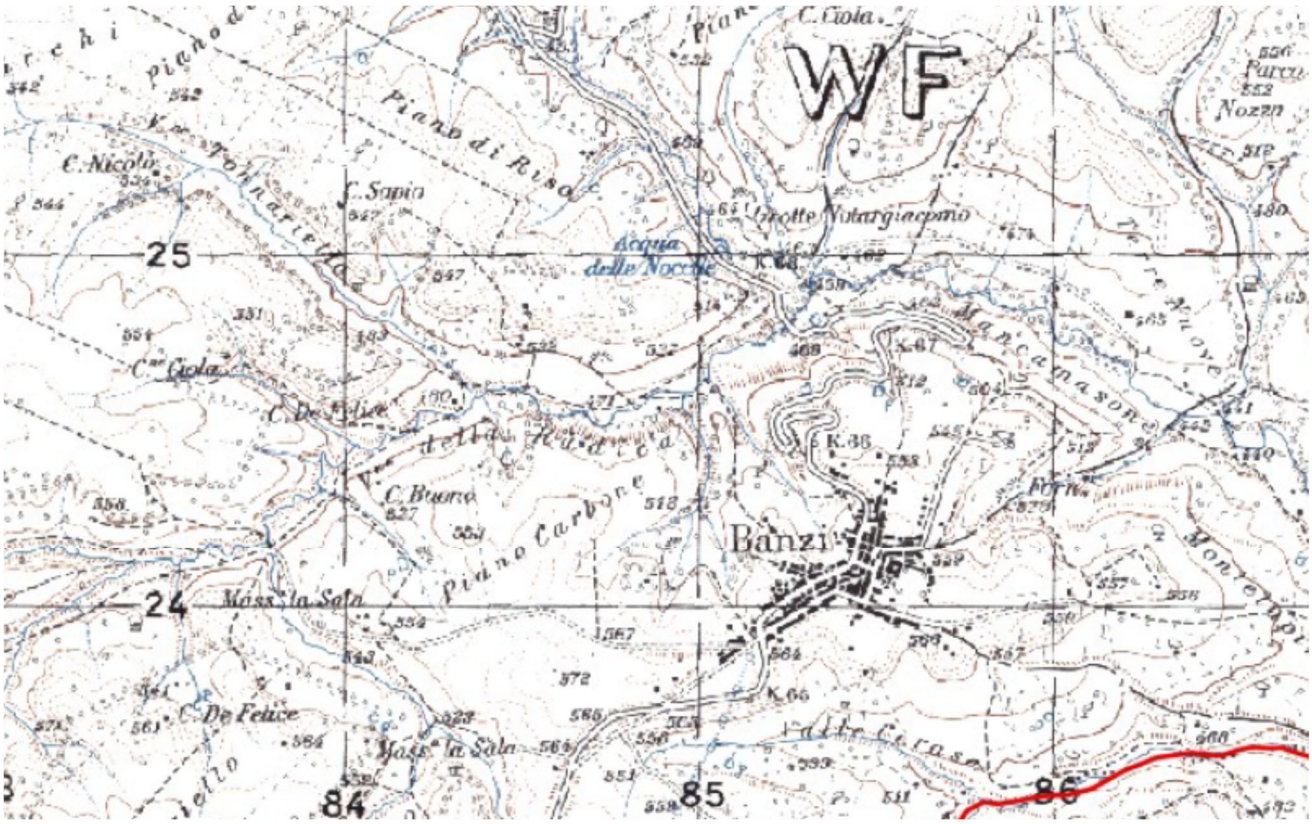
RELAZIONE IDROLOGICA

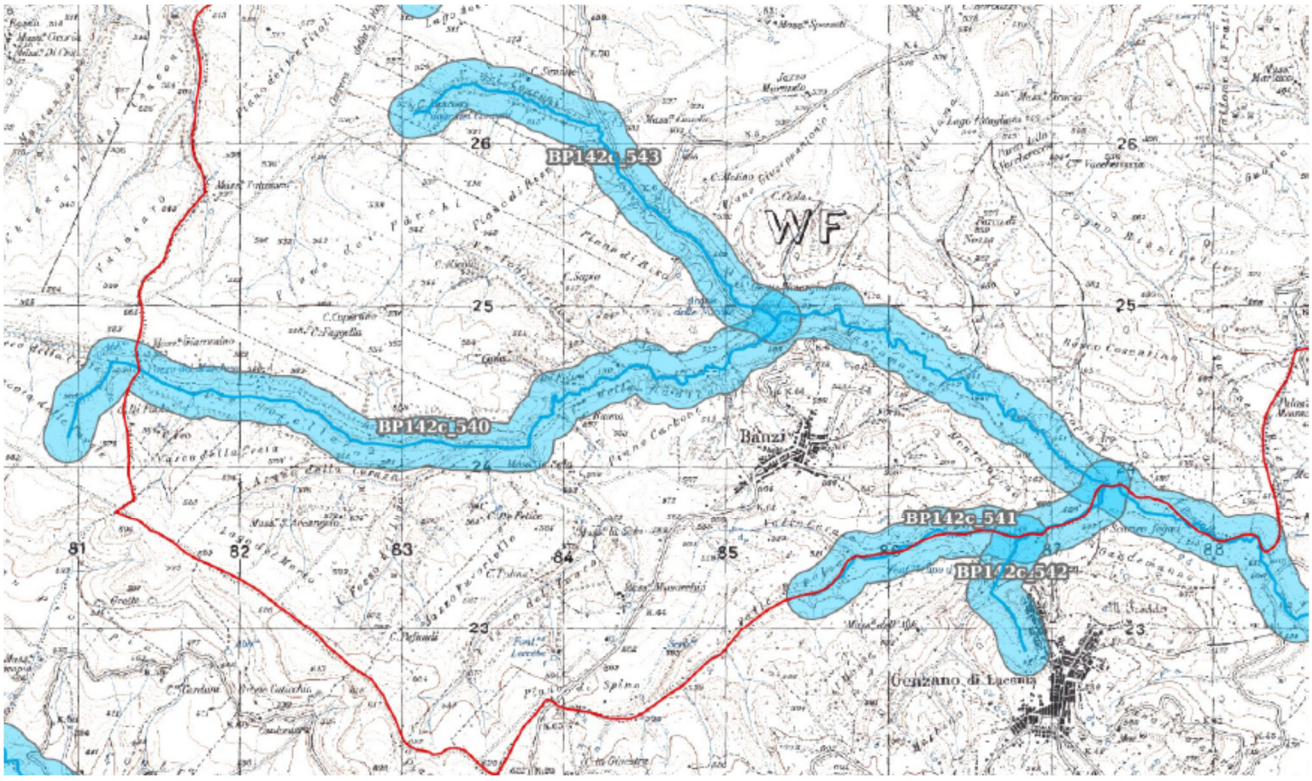
Descrizione e Inquadramento territoriale / Idrografico

Il Versante in località 'Grotte di Notargiacomo' ricade nel bacino idrografico del Vallone Radica, nel Comune di Banzi (PZ).
Il vallone della Radica lambisce il versante n località Grotte di Notargiacomo a una quota di circa 500 m e costituisce parte della seguente rete idrografica:

Vallone della Radica ⇨ Fiumarella ⇨ Invaso di Genzano ⇨ Fiumarella ⇨Fiume BRADANO.

Si riporta uno stralcio cartografico dalla Corografia e un particolare della rete idrografica dell'area.




BP142c_543
WF
BP142c_540
Banzi
BP142c_541
BP142c_542
Genzano di Lucania

Definizione degli afflussi meteorici e delle portate.

Considerazioni metodologiche

La progettazione e la verifica delle opere idrauliche in condizioni di piena richiede la valutazione probabilistica di alcune grandezze idrologiche, tra le quali la più utilizzata è la portata di picco massima annua[1].

Questa operazione permette di stimare la magnitudine di un evento di piena a partire dal suo grado di "rarità".

A questo scopo, l'analisi di frequenza delle portate di piena è uno strumento relativamente di facile utilizzo, o quantomeno consolidato, per le analisi in corrispondenza di sezioni fluviali in cui sono presenti serie di misure idrometriche sufficientemente lunghe.

Invece, *in bacini non strumentati* o con pochi dati a disposizione è necessario ricorrere a tecniche che permettano di tenere in conto di informazioni idrometriche presenti in altre sezioni strumentate e/o di misure pluviometriche, tipicamente più facili da reperire rispetto ai dati idrometrici.
Una sintesi schematica delle macro-categorie in cui si possono classificare i metodi disponibili a seconda della disponibilità di dati è la seguente:

- ***Metodi diretti -*** Sono tecniche di analisi che utilizzano direttamente misure di portata
- ***Metodi indiretti -*** Sono tecniche di analisi che utilizzano misure di precipitazione o altre grandezze coinvolte nella generazione delle portate

Metodi diretti

I metodi diretti si distinguono in[2]:

- ***Stima locale*** - Metodologia basata sull'analisi statistica dei dati misurati nel sito di interesse.
- ***Stima regionale*** - Metodologia basata sul trasferimento delle informazioni idrometriche da siti strumentati al sito non strumentato di interesse; si fonda sul principio di sostituire il tempo (cioè la serie storica delle misure di portata nel sito di interesse) con lo spazio (cioè le serie storiche di altre stazioni).
- ***Stima mista*** - Metodologia che combina stime locali e regionali; particolarmente utile quando il sito d'interesse è strumentato, ma il campione di misure è breve.
- ***Stima locale propagata o per similitudine*** - Metodologia che utilizza la serie storica delle misure di portata di un bacino limitrofo ritenuto simile; tipicamente i dati di portata vengono rinormalizzati rispetto all'area dei bacini.

Metodi indiretti

I metodi Indiretti si distinguono in[3]:

- ***Evento di progetto*** - Approccio che utilizza un valore di precipitazione "critico" che viene utilizzato per derivare la portata di progetto. Questo approccio, molto utilizzato per bacini di piccole dimensioni, raggruppa molte metodologie diverse che si differenziano per come viene definita la precipitazione

---

[1] Definizioni tratte da: ***Sintesi dei metodi di stima regionali delle piene di progetto,*** D. Ganora, F.Laio, P.Claps, Politecnico di Torino
[2] ibidem
[3] Ibidem

critica e per come viene rappresentato il legame tra precipitazione e deflusso. Tra di esse si annovera il *Metodo Razionale*.

- ***Simulazione idrologica*** - Approccio in cui il comportamento idrologico del bacino viene simulato in maniera continua, generando una o più serie storiche sintetiche di portata. Successivamente si effettua l'analisi locale delle portate simulate

In bacini non strumentati, e in particolare per quelli di piccola dimensione, si osserva un utilizzo molto frequente di modelli basati sulla trasformazione di un dato di pioggia in una portata associata.
Essi includono informazioni di tipo pluviometrico che sono, in genere, più facili da reperire rispetto ai dati di portata. Tuttavia, la rappresentazione del processo di trasformazione afflussi-deflussi introduce ulteriori incertezze legate alla descrizione del fenomeno.

Tuttavia, anche gli approcci più semplici mostrano un notevole grado di incertezza[4] nelle applicazioni.
Ad esempio approccio l'event-based si basa sulla stima di precipitazione cumulata derivata dalla curva di possibilità pluviometrica (CPP) per una certa durata e fissato periodo di ritorno.
Nonostante sia ampiamente utilizzato per la facilità nel reperimento di informazioni sugli estremi pluviometrici, esso è basato su molte ipotesi di difficile valutazione.
Tra di esse si hanno:

- la forma semplificata dello ietogramma (rettangolare, triangolare, Chicago, ecc.) rispetto alla varietà di forme reali, e
- l'ipotesi che il periodo di ritorno dello ietogramma di progetto sia uguale a quello della portata di picco generata.

A riguardo, esperimenti numerici[5] di Alfieri et al. (2008) mostrano come l'utilizzo di ietogrammi semplificati introduca errori sistematici nella valutazione della portata di piena così come gli esperimenti numerici di Viglione et al. (2009) e Viglione e Bloschl (2009) mostrano che l'ipotesi di equivalenza dei periodi di ritorno di precipitazione e portata non è quasi mai verificata.

Tra i metodi più utilizzati, grazie alla sua semplicità di applicazione, si ricorda la *formula razionale*[6], che è fondata sull'ipotesi che la portata di picco derivi da una pioggia netta uniforme sul bacino e caduta in una durata t_c, pari al tempo critico del bacino esaminato:

$$Q = \frac{c_q \times A \times i(t_c)}{3.6} \qquad [1]$$

Un altro esempio di grande rilevanza[7] è il metodo del *Soil Conservation Service* che lega il deflusso alla precipitazione durante un evento di piena attraverso il Curve Number (CN) sulla base del tempo di corrivazione del bacino e della durata dell'evento di precipitazione.

Procedimento di calcolo adottato

La determinazione delle portate di progetto (portate di massima piena) verrà effettuata, ai fini di istituire un confronto e di contenere le incertezze di cui sopra, mediante due metodi:

- Metodologia VaPI
- Metodo Razionale

---

[4] Ibidem
[5] Ibidem
[6] Ibidem
[7] Ibidem

Calcolo della Portata di massima piena - Metodo VaPI

La metodologia *VAPI* fa riferimento ad un approccio di tipo probabilistico per la valutazione dei massimi annuali delle portate di piena, che associa ad ogni valore della portata la probabilità che si verifichino eventi con valori superiori.
Per ridurre le incertezze legate alla variabilità spaziale del valore indice della piena (valore medio) e alla presenza di eventi estremi puntuali molto rari, la metodologia adotta un'analisi regionale delle informazioni idrologiche che si avvale di modelli concettuali di formazione dei deflussi di piena a partire dalle precipitazioni meteoriche.
In particolare viene adottato il modello probabilistico *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.

La metodologia fa 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 confronti del parametro.

Tale studio indica la possibilità di stima delle portate al colmo di piena, con assegnato tempo di ritorno, come prodotto della piena indice per il fattore probabilistico di crescita :

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

Dove μ(Q) = piena indice è fortemente influenzata dall'Area del bacino e può essere espressa mediante

$$\mu(Q) = k \cdot A^{\alpha}$$

Il Vapi Basilicata indica due aree omogenee:

- Area Omogenea 1, include i bacini del Bradano, Basento, Cavone e Agri;
- Area Omogenea 2, include i bacini del Sinni, Lao e Noce.

Le regressioni effettuate tra piena media e area hanno fornito le seguenti relazioni:

Area omogenea 1 $\mu(Q) = 2{,}13 \cdot A^{0{,}766}$

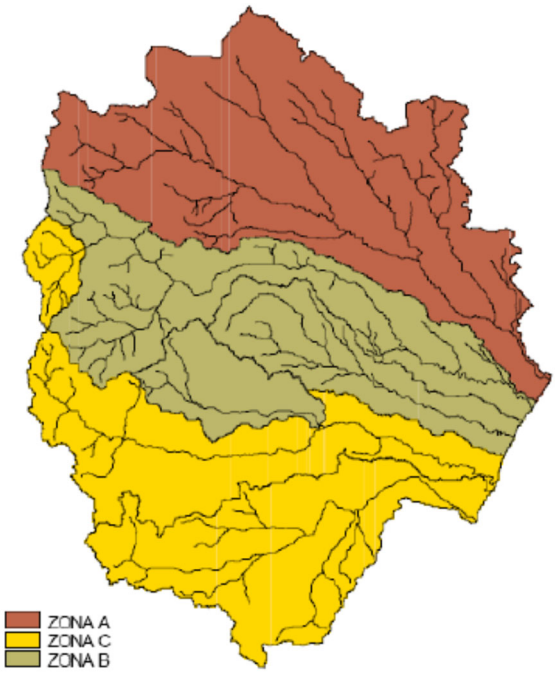
Area omogenea 2 $\mu(Q) = 5{,}98 \cdot A^{0{,}645}$

Ai fini del calcolo del fattore probabilistico di crescita K, in accordo con la variabilità dei parametri geomorfoclimatici, è stato suddiviso il territorio in tre zone omogenee (figura seguente), a ciascuna delle quali corrisponde una coppia di valori dei parametri "a" e "b" da inserire nella generica relazione (T=tempo di ritorno dell'evento):

$$K_T = a + b \cdot LnT$$

In particolare:

- Zona A $K_T = -0{,}5836 + 1{,}022 \cdot LnT$
- Zona B $K_T = -0{,}2407 + 0{,}8004 \cdot LnT$
- Zona C $K_T = 0{,}0575 + 0{,}6083 \cdot LnT$



Il bacino idrografico del torrente Vallone della Radica, in quanto sottobacino del torrente Fiumarella e del Fiume Bradano, per quanto riguarda la determinazione del fattore probabilistico di crescita K_T è inserito nella zona A, come si può osservare dalla figura sopra.

Pertanto il fattore di crescita K_T applicabile è ricavabile dalla formula:

$$K_T = -0{,}5836 + 1{,}022 \cdot LnT$$

Si assume nei calcoli **T = 200 anni**, in ossequio a quanto previsto dalle PIANO STRALCIO PER LA DIFESA DAL RISCHIO IDROGEOLOGICO, Aggiornamento dicembre 2015 e s.m.i.– Autorità di Bacino regionale della Basilicata – Norme di Attuazione (per opere idrauliche).

A partire dalla dimensione del bacino idrografico sotteso, si calcola la piena indice.
Noto il fattore di crescita, a partire dalla piena indice, si procede al calcolo della Portata di massima piena.

Quest’ultima è alla base dei calcoli idraulici che seguono.

(I calcoli sono nelle Tabelle Allegate)

Relazione Idraulica

Descrizione della procedura di Calcolo adottata

L'area oggetto di intervento non ricade in aree classificate a Rischio Idraulico nel PSAI (Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico) redatto dall' *Autorità di Bacino di Basilicata*.
Non sono previste quindi prescrizioni per la verifica e il dimensionamento delle opere idrauliche a farsi. Le verifiche e gli interventi previsti pertanto saranno dimensionati secondo le indicazioni generali del PSAI suddetto e secondo le Norme di buona tecnica.

Il procedimento di dimensionamento delle opere necessario, descritto nel seguito, prevede la Verifica e il Dimensionamento dei canali attraverso la ricerca per tentativi con le relazioni di Chezy (secondo Gauckler-Strickler) a partire dalle portate calcolate nello studio idrologico.

Il procedimento di dimensionamento delle opere necessario, descritto nel seguito; prevede:

1. **verifica delle sezioni** per la portata di progetto calcolate nello studio idrologico;
2. **verifica delle condizioni energetiche** di deflusso (stato della corrente rispetto alle condizioni critiche)
3. **verifica delle condizioni di erosione** dell'alveo

Verifica delle condizioni Idrauliche dei canali allo stato di fatto.

Allo scopo di verificare le condizioni di deflusso garantiscono la sicurezza idraulica, si procede
1. alla verifica della capacità di trasporto della portata di progetto, come sopra calcolata, delle sezioni allo stato di fatto
2. alla verifica delle condizioni di erosione dell'alveo e alla valutazione della necessità di realizzare una protezione spondale per contenere gli eventuali fenomeni erosivi

Verifica delle sezioni idrauliche allo stato di fatto

Si procede alla verifica delle sezioni idrauliche dei canali esistenti mediante la relazione di Chezy, come modificata da Gauckler - Strickler

$$Q = k_s A_r R_r^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

in cui:

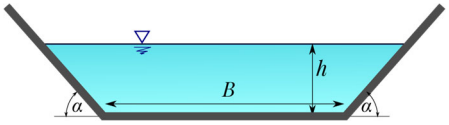
- Q = Portata di massima piena [$m^3 sec^{-1}$]
- k_s = coefficiente di Gauckler-Strickler [$m^{1/3} s^{-1}$]
- A = sezione idraulica [m^2]
- R = Raggio idraulico [m]
- i = pendenza longitudinale del canale

Il Raggio Idraulico R vale:

$$R = \frac{A}{p}$$

Con A = sezione idraulica
P = perimetro bagnato

Per sezioni trapezie:



$$A_r = \frac{[2B + h(cotg\alpha_1 + cotg\alpha_2)] \times h}{2}$$

$$P = B + h\left[\sqrt{1 + cotg^2\alpha_1} + \sqrt{1 + cotg^2\alpha_2}\right]$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\frac{[2B+h(cotg\alpha_1+cotg\alpha_2)]\times h}{2}}{B + h\left[\sqrt{1 + cotg^2\alpha_1} + \sqrt{1 + cotg^2\alpha_2}\right]}$$

Per sezioni rettangolari [$\alpha_1 = \alpha_2 = 90°$]:

$$A_r = B \times h$$

$$P = B + 2h$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{B \times h}{B + 2h}$$

Da dati di letteratura, si ricavano i valori possibili di k_s

Caratteristiche costruttive	$k_{s,min}$	$k_{s,max}$
tratti di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo	25	30
corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	30	35
tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee) in buono stato	35	40
corsi d'acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti (tubi, cavi, ecc.) o discontinuità interferenti con le acque	40	45
tombinature perfettamente lisciate e dotate a monte di dispositivi atti ad assicurare la trattenuta di trasporto solido di fondo e in sospensione (briglie selettive, vasche di sedimentazioni, ecc.)	45	55

I risultati delle Verifiche idrauliche delle sezioni allo Stato di fatto sono nelle tabelle riportate in ALLEGATO.

Come si vede, le sezioni salvo eccezioni sufficienti a trasportare la portata di progetto sopra definita.

Non occorre pertanto procedere alla modifica delle sezioni idrauliche.

Definizione delle condizioni di moto allo Stato di fatto.

Nelle correnti a superficie libera si può individuare una condizione critica caratterizzata dal fatto che, in corrispondenza di questa, le grandezze del moto assumono valori e significato specifici. In particolare, la corrente si dice critica ed è caratterizzata da

$$v = v_c$$

dove
v = velocità della corrente
v_c = velocità critica

Le condizioni energetiche di una corrente a pelo libero vengono descritte dalla:

$$E = z + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

In termini di portate:

$$E = z + \alpha \frac{Q^2}{2gA^2}$$

Con A = sezione idraulica. Si vede che se z tende a 0, la velocità tende all'infinito; se z tende all'infinito, la velocità tende a 0.
La condizione di energia minima, detta condizione critica, si ottiene per:

$$\frac{dE}{dz} = 1 - 2\frac{Q^2}{2gA^2}\frac{dA}{dz} = 0 \qquad [24]$$

Si vede che, sia per le sezioni rettangolari che trapezie:

$$\frac{dA}{dz} \cong B$$

Da cui si ottiene:

$$\frac{dE}{dz} = 1 - \frac{Q^2 B}{gA^2} = 0$$

e quindi

$$\frac{Q^2 B}{gA^3} = 1$$

Si definisce **NUMERO DI FROUDE F** il rapporto fra la velocità media della corrente e la celerità di propagazione delle perturbazioni, ossia

$$F = \frac{v}{\sqrt{g \times \frac{A}{B}}} = \frac{Q}{A \times \sqrt{g \times \frac{A}{B}}} \qquad [25]$$

Quindi

$$F^2 = \frac{Q^2 B}{gA^3}$$

Pertanto di possono definire le seguenti condizioni di corrente:

- per **F = 1** si ha **CORRENTE CRITICA** (condizione di Energia minima)

- per **F < 1** si ha **CORRENTE SUBCRITICA** o **LENTA**
- per **F > 1** si ha **CORRENTE SUPERCRITICA** o **VELOCE**

Come si vede dalle tabelle di calcolo, tutti i tratti considerati con la portata di progetto, sono in CORRENTE LENTA. Un tratto è in condizione Critica.

Questo, com'è noto, comporta che le condizioni di moto sono influenzate dalle condizioni al contorno (perturbazioni) che si stabiliscono a valle della sezione considerata.

Verifica delle condizioni di erosione dei canali allo stato di fatto.

Da dati di letteratura, si assume, per alvei torrentizi, che la velocità di erosione sia:

$$v_e = 2\ ms^{-1}$$

Si procede alla verifica delle condizioni di erosione dei canali nello stato di fatto.

Come si vede dalle tabelle di calcolo (ALLEGATO), si raggiungono, con la Portata di progetto, le condizioni di erosione.

Tuttavia, il modello considerato non considera i tratti con forte presenza di vegetazione arborea ben ammorsati in alveo con evidente biocenosi stabilizzata che funge da efficace protezione spondale.

Si provvederà pertanto a proteggere dall'erosione il solo tratto spondale concavo, soggetto a visibili fenomeni erosivi in atto, che rischiano di compromettere la stabilità della strada soprastante, rimandando a studi di idraulica fluviale maggiormente approfonditi che analizzino le condizioni di erosione con modelli più.

La protezione spondale verrà realizzata mediante gabbionate, i cui calcoli sono condotti in apposita relazione.

ALLEGATI

Si allegano le tabelle di calcolo relative a:

1. Determinazione delle Portate di Piena (Metodo VaPI)
2. Verifica Sezioni idrauliche e verifica condizioni di erosione - Stato di fatto

Comune di Banzi (PZ)

Sistemazione idrogeologica Versante 'Grotte di Notargiacomo'

Relazione Idrologica e Idraulica

1 - Determinazione delle Portate di Piena - Metodo VaPI

Calcolo della Piena Indice

Bacino	a	b	A	μ(Q)	
1	2,13	0,766	15,1	**17,0**	m^3sec^{-1}

$$\mu(Q) = 2{,}13 \times A^{0{,}766}$$

CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA

Calcolo del Fattore di Crescita delle Piene

T	A	B	K_T
200	-0,5836	1,022	4,831

$$K_T = -0{,}5836 + 1{,}022 \ln T$$

Calcolo della Portata di Piena

Bacino	K_T	μ(Q)	Q_T	
1	4,831	17,0	**82,13**	m^3sec^{-1}

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

Comune di Banzi (PZ)

Sistemazione idrogeologica Versante 'Grotte di Notargiacomo'

2 - Stato di Fatto - Verifica Sezioni Idrauliche e Condizioni di Erosione

Portata di piena **82,13** m^3/sec

Sezione	Tipologia	B	α_1	α_2	D	h_{max}	Car. Costruttive	$k_{s,med}$
1	T	4,50	45	45		2,50	2	32,5
2	T	5,00	45	45		2,50	2	32,5
3	T	4,50	45	45		2,50	2	32,5
4	T	6,00	45	45		2,50	2	32,5

	Caratteristiche costruttive	$k_{s,min}$	$k_{s,max}$	$k_{s,med}$
1	tratti di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo	25	30	27,5
2	corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	30	35	32,5
3	tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee) in buono stato	35	40	37,5
4	corsi d'acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti (tubi, cavi, ecc.)	40	45	42,5
5	tombinature perfettamente lisciate e dotate a monte didispositivi atti ad assicurare la trattenuta di trasporto sol	45	55	50,0

T Trapezia (rettangolare per $\alpha_1 = \alpha_2 = 90°$)

C Circolare

Verifica Sezioni Idrauliche

				Sezione Trapezia / Rettangolare					Sezione Circolare										
Tratto	Sezione	Tipologia	h_{max}	B	α_1 [gradi]	α_2 [gradi]	n_1	n_2	D	φ [rad]	A	P	R	k_s	i	$Q_{sezione}$	Q	Verifica
1	1	T	2,50	4,5	45	45	1,00	1,00			**17,5**	**11,57**	**1,51**	32,5	0,015	91,682	**82,13**	**VERIFICATA**
2	2	T	2,50	5	45	45	1,00	1,00			**18,75**	**12,07**	**1,55**	32,5	0,019	112,499	**82,13**	**VERIFICATA**
3	3	T	2,50	4,5	45	45	1,00	1,00			**17,5**	**11,57**	**1,51**	32,5	0,021	108,48	**82,13**	**VERIFICATA**
4	4	T	2,50	6	45	45	1,00	1,00			**21,25**	**13,07**	**1,63**	32,5	0,018	128,333	**82,13**	**VERIFICATA**

Condizioni di Corrente - Condizioni di Criticità

Tratto	Sezione	Tipologia	Q	A	B	F	Stato
1	1	T	82,13	17,5	4,5	0,76	**Corrente Subcritica - Lenta**
2	2	T	82,13	18,75	5	0,72	**Corrente Subcritica - Lenta**
3	3	T	82,13	17,5	4,5	0,76	**Corrente Subcritica - Lenta**
4	4	T	82,13	21,25	6	0,66	**Corrente Subcritica - Lenta**

Comune di Banzi (PZ)

Sistemazione idrogeologica Versante 'Grotte di Notargiacomo'

2 - Stato di Fatto - Verifica Sezioni Idrauliche e Condizioni di Erosione

Condizioni di Erosione - Controllo delle Velocità

Tratto	Sezione	Car. Costruttive	v_u Velocità di moto Uniforme	v_E Velocità limite di Erosione	Stato
1	1	2	4,69	2,0	**Erosione - Necessaria Protezione spondale**
2	2	2	4,38	2,0	**Erosione - Necessaria Protezione spondale**
3	3	2	4,69	2,0	**Erosione - Necessaria Protezione spondale**
4	4	2	3,86	2,0	**Erosione - Necessaria Protezione spondale**