



**PROTEZIONE CIVILE**  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



## Commissario Delegato

O.c.d.p.c. n. 298 del 17.11.2015 e n. 303 del 03.12.2015

*Interventi urgenti di cui all'articolo 1, comma 3 lett.c)  
dell'OCDPC n. 298/2015 finanziati ai sensi degli artt. 3 del  
ODCPC 298/2015 e 303/2015*

### **RIPRISTINO DEL TRACCIATO ORIGINARIO E DEL REGOLARE DEFLUSSO DELLE ACQUE DEL VALLONE MALECAGNA ALLA LOCALITA' ROSETO IN COMUNE DI BENEVENTO**



Soggetto Attuatore  
del Commissario Delegato:

**Giunta Regionale della Campania  
UOD 53-08-10  
Genio Civile di Benevento**

**Codice intervento:**

90/A/03

#### **Gruppo di Progettazione**

dott. ing. Gianluca D'Anna  
dott. ing. Sergio Marsullo  
dott. geol. Luigi La Pietra

#### **Coordinatore per la sicurezza**

dott. geol. Antonio Pasquale Iuliano

#### **Responsabile Unico del Procedimento**

dott. Arch. Domenico Itri

**PROGETTO DEFINITIVO**

*Titolo Elaborato:  
RELAZIONE DI VERIFICA IDRAULICA*

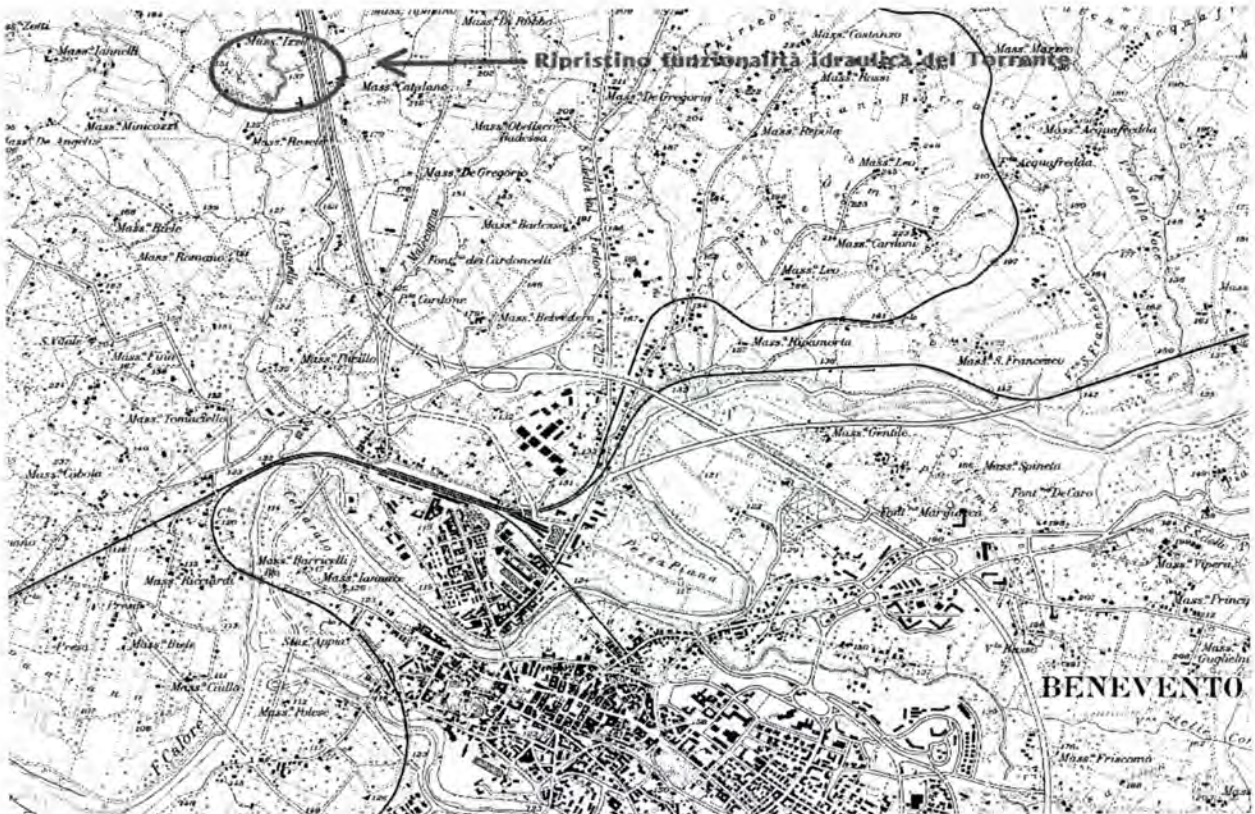
**Comune:  
BENEVENTO**

*Codice elaborato:  
EL. 15*

**Scala:**

## INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.

L'area oggetto di studio è ubicata a nord del centro abitato del Comune di Benevento ed interessa un tratto del torrente Malacagna. Il bacino idrografico fa parte del comprensorio del Comune di Benevento e ricade interamente nel Foglio Geologico n. 173 "Benevento" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000; nel settore centrale del foglio CARG n. 432 "Benevento" in scala 1:50.000 e nella Tavoletta IGM in scala 1:25.000 n. 18 Benevento.





## DESCRIZIONE EVENTO ALLUVIONALE

Lungo tutta l'asta del Torrente Malacagna, posta a nord dell'abitato di Benevento il cui bacino ha una estensione di circa 16 kmq, si sono avuti fenomeni di erosione spondale, approfondimento, trasporto e sedimentazione di materiale detritico in alveo. Più specificatamente, nei pressi di contrada Roseto, laddove la pendenza dell'alveo del torrente si abbassa ed il tracciato assume andamento meandriforme, a seguito degli eventi alluvionali, l'onda di piena, con associati grossi volumi di suolo, asportati dalla furia dell'acqua dai versanti circostanti, si sono convogliati nelle aste, e hanno modificato il corso di detto Torrente; La modifica che è consistita nella obliterazione della sezione di normale deflusso delle acque, ha creato tracimazione in più punti rettilinearizzando l'asta oltre ad aver allagato le aree circostanti; Allo stato attuale il torrente, ha in parte abbandonato il letto pre-evento e in parte scorre seguendo il nuovo tracciato sviluppatosi nelle proprietà limitrofe.

Lungo i versanti afferenti l'opera imponenti sono stati i processi di erosione (splash erosion, rill e gully erosion).



In azzurro il tracciato dell'alveo pre evento ad andamento meandriforme; in rosso il tracciato dell'alveo post evento, rettilinearizzato (Vista dall'alto).





Letto del tratto di torrente oggetto di ripristino: esso risulta parzialmente interrato e vi scorre ancora parte dell'acqua.



In azzurro il tracciato dell'alveo pre evento ad andamento meandriforme; in rosso il tracciato dell'alveo post evento, rettilinearizzato (Vista dall'alto).



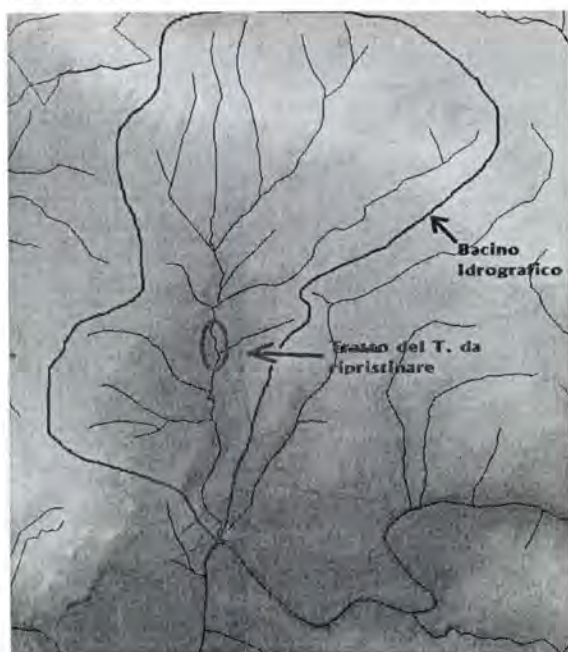
## CARATTERISTICHE IDROLOGICHE E IDROGEOLOGICHE DELL'AREA IN ESAME

Il bacino idrografico del Torrente Malacagna, si sviluppa interamente nel Comune di Benevento; il Torrente sotteso è affluente in destra idrografica al Fiume Calore; esso, ha un regime idrico a carattere torrentizio; la portata tende a diminuire già in maggio-giugno, fino a raggiungere valori minimi in agosto-settembre, e a riprendere la crescita in concomitanza delle prime piogge autunnali; le acque meteoriche (circa 850 mm./anno), defluiscono sia attraverso la rete stradale, nonché attraverso ciò che rimane del reticolo idrografico esistente, parzialmente obliterati dall' azione antropica.

L'alveo del torrente, che scorre in direzione N-S, in questo tratto, assume andamento meandriforme. La porzione di bacino imbrifero, sotteso all'area oggetto di intervento, è pari a circa 12,0 kmq; la lunghezza dell'asta principale sottesa è circa 4 Km.

Il patterns del reticolo idrografico del bacino idrografico del Torrente è del tipo "dendritico" a densità media, di forma arborescente sviluppantesi uniformemente in ogni direzione, con un canale principale che si suddivide in rami via via meno importanti procedendo verso monte; è tipico di terreni omogenei, impermeabili e a limitata acclività; gli alvei sono incanalati e regressivi; l'ordine gerarchico è 3.

Nello specifico le rete idrografica, laddove verranno eseguiti i lavori di ripristino è rappresentata da impluvi a carattere torrentizio, caratterizzati da un andamento tortuoso.



Bacino, reticolo idrografico e tratto del Torrente su cui eseguire i lavori di ripristino.

Per la determinazione della portata massima, del tempo di corrivazione e delle altezze di progetto relative al bacino idrografico del torrente malecagna, è necessario individuare alcuni dati riportati negli annali del servizio idrografico italiano, in modo particolare le altezze di massima precipitazione registrate per la durata di 24 ore; per i calcoli delle condizioni idrauliche del bacino di riferimento vengono utilizzati metodi statistici. Nella progettazione di opere idrauliche è indispensabile realizzare la stima della portata di massima piena, prevista all'interno di un determinato bacino, che condizionerà gli afflussi e i deflussi per periodi di tempi di ritenuti congrui con l'opera da verificare. Nella maggior parte dei casi la portata è originata dalle precipitazioni meteoriche e dalle variabili, nel tempo e nello spazio, del ciclo idrologico. La portata massima prevedibile è praticamente impossibile da calcolare in senso deterministico; bisognerà, quindi, affrontare il problema esclusivamente in termini probabilistici.

La portata di piena va considerata come variabile casuale, di conseguenza dovrà essere stimata in relazione ad un livello di probabilità che non può essere superato, valere a dire facendo riferimento ad un periodo di tempo (**Tempo di ritorno**) che intercorre mediamente tra due eventi in cui il valore di tale portata viene superato. Non disponendo di analisi dirette nella sezione in esame si effettua la stima della portata di piena di progetto attraverso l'analisi probabilistica preliminare delle precipitazioni nel bacino idrografico interessato e la simulazione conseguente del progetto della loro trasformazione in deflussi. La portata viene stimata servendosi di un modello matematico appositamente adattato. I calcoli vengono realizzati attraverso l'analisi probabilistica delle precipitazioni con particolare riferimento alle cosiddette curve di possibilità pluviometrica.

#### **Caratteristiche morfometriche del bacino idrografico**

Superficie del Bacino:.....	12,93 Km <sup>2</sup>
Lunghezza percorso idraulico principale:.....	4,43 Km
Altitudine massima del bacino considerato:.....	480,00 m
Altitudine massima percorso idraulico:.....	412,80 m
Altitudine minima del bacino considerato:.....	136,50 m
Altitudine media del bacino considerato:.....	308,25 m

## Determinazione della legge di probabilità pluviometrica

Per la determinazione delle curve di probabilità pluviometrica ci si è basati sull'analisi delle curve di frequenza cumulata, costruite per le serie storiche dei massimi annuali delle piogge di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore, adattando a ciascuna di esse, attraverso la stima dei parametri, il modello probabilistico di Gumbel.

Dalle curve di frequenza, fissato il tempo di ritorno  $T$  (10, 30, 50, 100, 200 anni) e per ogni durata  $t$  si ricava la funzione altezza di precipitazione  $h=at^n$ .

Le serie storiche dei massimi annuali delle piogge di durata 1, 3, 6, 12, 24 sono quelle relative alla stazione di Benevento per la quale si è considerato anche l'evento del 14 e 15/10/2015.

ANNI	T=1 ORA mm	T=3 ORE mm	T=6 ORE mm	T=12 ORE mm	T=24 ORE mm
1995	11,00	15,40	20,60	34,00	39,60
1996	10,80	14,60	17,40	23,20	27,80
1997	24,60	60,20	67,00	67,80	76,60
1998	10,00	15,60	18,00	24,60	36,00
1999	32,80	33,40	33,40	33,40	33,40
2000	14,60	15,40	22,00	32,40	32,40
2001	18,20	21,00	21,80	24,80	29,80
2002	14,40	18,20	29,40	37,80	42,80
2003	16,00	21,00	23,60	27,80	31,00
2004	11,40	17,00	23,40	30,20	33,80
2005	16,00	21,20	36,00	53,00	73,20
2006	16,60	21,00	26,00	27,40	37,60
2007	9,40	15,20	21,20	21,60	28,00
2008	16,40	33,00	49,60	65,60	90,80
2009	22,60	29,00	29,00	41,00	48,40
2010	23,40	24,40	30,80	36,20	42,20
2011	30,60	30,80	30,80	30,80	48,00
2012	24,80	29,20	32,40	39,80	51,40
2013	48,00	48,60	48,60	48,60	48,60
2014	23,60	27,60	27,60	31,80	43,00
2015	55,80	99,80	148,80	153,40	156,40

## Elaborazioni statistiche Gumbel

	T=1 ORA	T=3 ORE	T=6 ORE	T=12 ORE	T=24 ORE
$M = \frac{\sum h_i}{N}$	21,47619	29,12381	36,06667	42,15238	50,0381
$\sum X^2$	2943,798	7892,438	16201,71	16235,59	17455,09
$\sigma = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N-1}}$	12,13218	19,86509	28,462	28,49175	29,54242
Media della variabile ridotta	0,5252	0,5252	0,5252	0,5252	0,5252
Scarto quadratico medio variabile ridotta	1,0958	1,0958	1,0958	1,0958	1,0958
Moda	15,66142	19,60278	22,42527	28,49673	35,87887

Alpha                      11,07153      18,12839      25,97372      26,00086      26,95968 \_\_\_\_\_

**Precipitazioni regolarizzate metodo di Gumbel**

	T=1 ORA	T=3 ORE	T=6 ORE	T=12 ORE	T=24 ORE	legge di pioggia
Tr anni	hmax(mm)	hmax(mm)	hmax(mm)	hmax(mm)	hmax(mm)	
5	32,26806	46,79428	61,38429	67,49646	76,31677	<b><math>h=34,07 \cdot t^{0,27}</math></b>
10	40,57644	60,39832	80,87567	87,00822	96,54806	<b><math>h=43,54 \cdot t^{0,2764}</math></b>
20	48,54603	73,44764	99,57228	105,7244	115,9544	<b><math>h=52,62 \cdot t^{0,2781}</math></b>
30	53,13075	80,9546	110,328	116,4913	127,1184	<b><math>h=57,84 \cdot t^{0,2788}</math></b>
50	58,86186	90,33865	123,7731	129,9505	141,0739	<b><math>h=64,37 \cdot t^{0,2795}</math></b>
100	66,59212	102,9961	141,9082	148,1046	159,8974	<b><math>h=73,16 \cdot t^{0,2803}</math></b>
200	74,29418	115,6073	159,9772	166,1924	178,6523	<b><math>h=81,93 \cdot t^{0,2809}</math></b>
500	84,45557	132,2455	183,8157	190,0559	203,3957	<b><math>h=93,49 \cdot t^{0,2816}</math></b>
1000	92,13532	144,8202	201,8324	208,0913	222,0963	<b><math>h=102,22 \cdot t^{0,2819}</math></b>
200	74,29418	115,6073	159,9772	166,1924	178,6523	<b><math>h=81,93 \cdot t^{0,2809}</math></b>



DATI MORFOMETRICI DEL BACINO IDROGRAFICO SOTTESO ALLA SEZIONE DI CHIUSURA CONSIDERATA			TEMPO DI CORRIVAZIONE $t_c$ (ore)
Superficie del Bacino	$S =$	12,93 Km <sup>2</sup>	Giandotti $\Rightarrow t_c = \frac{4\sqrt{S} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}} = 2,01$
Lunghezza percorso idraulico principale	$L =$	4,43 Km	
Altitudine max percorso idraulico	$H_{max} =$	412,80 m (s.l.m.)	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Kirpich, Watt-} \\ \text{Chow, Pezzoli} \end{array} \right. \Rightarrow t_c = 0.02221 \left( \frac{L}{\sqrt{P}} \right)^{0.8} =$
Altitudine min percorso idraulico	$H_0 =$	136,50 m (s.l.m.)	
Pendenza media percorso idraulico	$P =$	0,06 (m/m)	
Altitudine max bacino	$H_{max} =$	480,00 m (s.l.m.)	
Altitudine sezione considerata	$H_0 =$	136,50 m (s.l.m.)	
Altitudine media bacino	$H_m =$	308,25 m (s.l.m.)	
Dislivello medio bacino	$H_m - H_0 =$	171,75 m	
			Software freeware distribuito da geologi.it creato da G. Pilla

**CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA PER ASSEGNATI TEMPI DI RITORNO**  
( FORMULA del METODO RAZIONALE )

$$Q_{max} = \frac{ch_{(t,T)}S}{3.6t_c}$$



con :  
 $c$  = coefficiente di deflusso  
 $h_{(t,T)}$  = altezza critica di pioggia con tempi di ritorno (mm)  
 $S$  = superficie del bacino (km<sup>2</sup>)  
 $t_c$  = tempo di corrivazione (ore)  
 $3,6$  = fattore di conversione che permette di ottenere la  $Q_{max}$  in m<sup>3</sup>/sec

RISULTATI

N.B. Si declina ogni responsabilità per eventuali danni, subiti o arrecati a terzi, derivanti dall'uso del presente software

Deflusso $c =$	0,40	$S$ (km <sup>2</sup> ) =	12,93	$t_c$ (ore) =	2,01
----------------	------	--------------------------	-------	---------------	------

Tr (anni)	a	n	$t_c$ (ore)	$h_{(t,T)}$ (mm)	$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /sec)
10	36,7077	0,2525	2,01	43,76	<b>31,34</b>
30	45,6066	0,2476	2,01	54,18	<b>38,81</b>
50	49,6654	0,2459	2,01	58,94	<b>42,21</b>
100	55,1376	0,2440	2,01	65,34	<b>46,80</b>
200	60,5879	0,2425	2,01	71,73	<b>51,37</b>

## CALCOLO CAPACITA' DI SMALTIMENTO SEZIONE IDRAULICA DI FORMA TRAPEZOIDALE

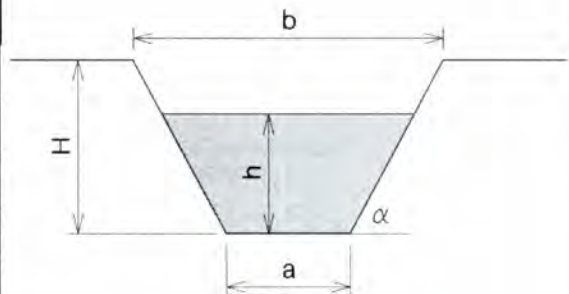
**Descrizione:**

**Punto di sezione:**

### CARATTERISTICHE SEZIONE

#### DATI NOTI (da inserire)

<b>H</b>	⇒	<b>2,80</b>	ALTEZZA [m]
<b>a</b>	⇒	<b>2,80</b>	[m]
<b>b</b>	⇒	<b>6,00</b>	[m]
<b>h</b>	⇒	<b>2,80</b>	[m]
<b>p</b>	⇒	<b>1,5%</b>	Pendenza
<b>m</b>	⇒	<b>3</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter



#### DATI RISULTANTI

Inclinazione scarpate	$\alpha$	⇒	<b>60,3 [°]</b>
Contorno bagnato	$Pb = a + 2h / \tan \alpha$	⇒	<b>9,250 [m]</b>
Area di deflusso	$A = h[a + h \tan(90 - \alpha)]$	⇒	<b>12,3200 [m²]</b>
Raggio idraulico	$Ri = \frac{A}{Pb}$	⇒	<b>1,332 [m]</b>

### CAPACITA' DI SMALTIMENTO per un'altezza d'acqua $h = 2,80 \text{ m}$

#### FORMULE (moto uniforme)

Portata	$Q = AV$	dove	A = Area di deflusso V = Velocità di deflusso
Velocità di deflusso	$V = c \sqrt{Ri \cdot p}$	dove	c = coefficiente di attrito Ri = raggio idraulico p = pendenza
Coefficiente di attrito	$c = \frac{100 \sqrt{Ri}}{m + \sqrt{Ri}}$	dove	m = Coeff. Di scabrosità di Kutter

#### RISULTATI

<b>c</b>	⇒	<b>27,78</b>
<b>V</b>	⇒	<b>3,93 [m/sec]</b>
<b>Q</b>	⇒	<b>48,379 [m³/sec]</b>



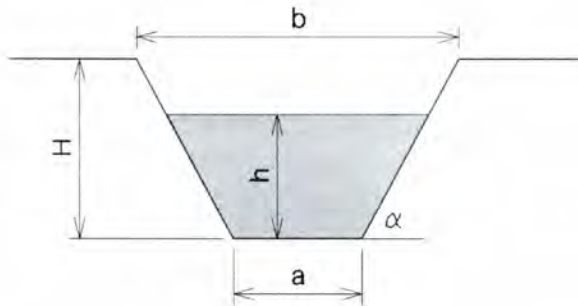
**CAPACITA' DI SMALIMENTO  
SEZIONE IDRAULICA DI FORMA TRAPEZOIDALE  
per varie altezze d'acqua**

CARATTERISTICHE SEZIONE

<b>H</b>	<b>2,80</b>	ALTEZZA [m]
<b>a</b>	<b>2,80</b>	[m]
<b>b</b>	<b>6,00</b>	[m]

<b>p</b>	<b>1,5%</b>	Pendenza
<b>m</b>	<b>3</b>	Coeff. di scabrosità di Kutter

<b>h [m]</b>	<b>Q[m<sup>3</sup>/sec]</b>
0,14	0,190
0,28	0,700
0,42	1,479
0,56	2,502
0,70	3,751
0,84	5,218
0,98	6,897
1,12	8,786
1,26	10,883
1,40	13,191
1,54	15,709
1,68	18,441
1,82	21,389
1,96	24,557
2,10	27,947
2,24	31,565
2,38	35,412
2,52	39,495
2,66	43,815
2,80	48,379



**h** = altezza d'acqua  
**Q** = portata all'altezza d'acqua corrispondente

**Grafico Portata / Altezza idrometrica**

