



*Provincia di Fermo*  
Settore Viabilità - Infrastrutture - Urbanistica -  
Patrimonio - Edilizia scolastica



**CONVENZIONE REPERTORIO N.5357 DEL 21.01.2020 REGISTRO  
CONVENZIONI REGIONE MARCHE**

**AMMODERNAMENTO DELLA S.P. N. 204  
LUNGOTENNA**

**IMPORTO COMPLESSIVO DEL FINANZIAMENTO € 5.000.000,00**

PROGETTISTI:

SETTORE II  
AMMINISTRAZIONE PROVINCIALE DI FERMO

CONSULTEC SOC. COOP

ELABORATO:

**RELAZIONE IDRAULICA**

**19**

SCALA:

**PROGETTO DEFINITIVO**

03					
02					
01		settembre 2022			
00		AGOSTO 2022			
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

# STRADA LUNGO TENNA

## Progettazione idrologica e idraulica

### PREMESSA

Il presente studio idrologico e idraulico ha l'obiettivo della progettazione idraulica dei fossi di guardia e dei tombini di scarico della rete idrografica naturale verso il Fiume Tenna, nonché del sovrappasso del Fosso delle Paludi, posto al termine del tratto di progettazione.

Lo studio è stato basato sui dati geometrici del progetto che è stato impostato su una planimetria di rilievo in scala 1:5.000. La carta di base è stata opportunamente georeferenziata in un sistema GIS sviluppato in Google Earth rilevando un'ottima corrispondenza tra le quote del rilievo e quelle del modello digitale del terreno di Google Earth.

### METODOLOGIA DI ANALISI

#### Fossi minori

Operando nel sistema GIS sono stati tracciati i bacini idrografici dei principali fossi che scendono dalla sponda destra della valle del Fiume Tenna nel tratto di interesse.

Per ogni bacino sono state rilevate le principali caratteristiche geometriche dalle misurazioni effettuate nel GIS ed è stato calcolato il tempo di corrivazione con la formula di Kirpich (adatta per piccoli bacini pendenti con le caratteristiche di quelli individuati).

Si è quindi fatto riferimento alla formula di regionalizzazione delle piogge intense indicata dalla Regione Marche e derivante dallo studio "LA MODELLAZIONE E DEFINIZIONE DELLE GRANDEZZE IDROLOGICHE UTILI ALLA PROGETTAZIONE PER LA MESSA IN SICUREZZA STRUTTURALE E NON STRUTTURALE DEL RETICOLO IDROGRAFICO PRINCIPALE DELLA REGIONE MARCHE - Regionalizzazione delle precipitazioni intense" svolto dalla Fondazione CIMA per conto del COMMISSARIO DELEGATO MALTEMPO MAGGIO 2014 nel 2016:

La linea segnalatrice di possibilità pluviometrica è espressa dall'equazione

$$H(d,T) = 0.5711 \cdot \left[ 5.0286 \left( -\ln \left( \frac{T-1}{T} \right) \right)^{-0.0524} - 4.1950 \right] \cdot ad^n$$

nella quale  $H(d,T)$  in mm) è la pioggia intensa per assegnata durata ( $d$ , in ore) e tempo di ritorno ( $T$ , in anni) in funzione dei coefficienti "a" ed "n" che sono stati regionalizzati e restituiti in apposite mappe importate nel sistema GIS di base. Per l'area del Fiume Tenna in esame si riscontrano i seguenti valori di "a" ed "n":

- $a = 37 \text{ mm}$ ,
- $n = 0,32$ .

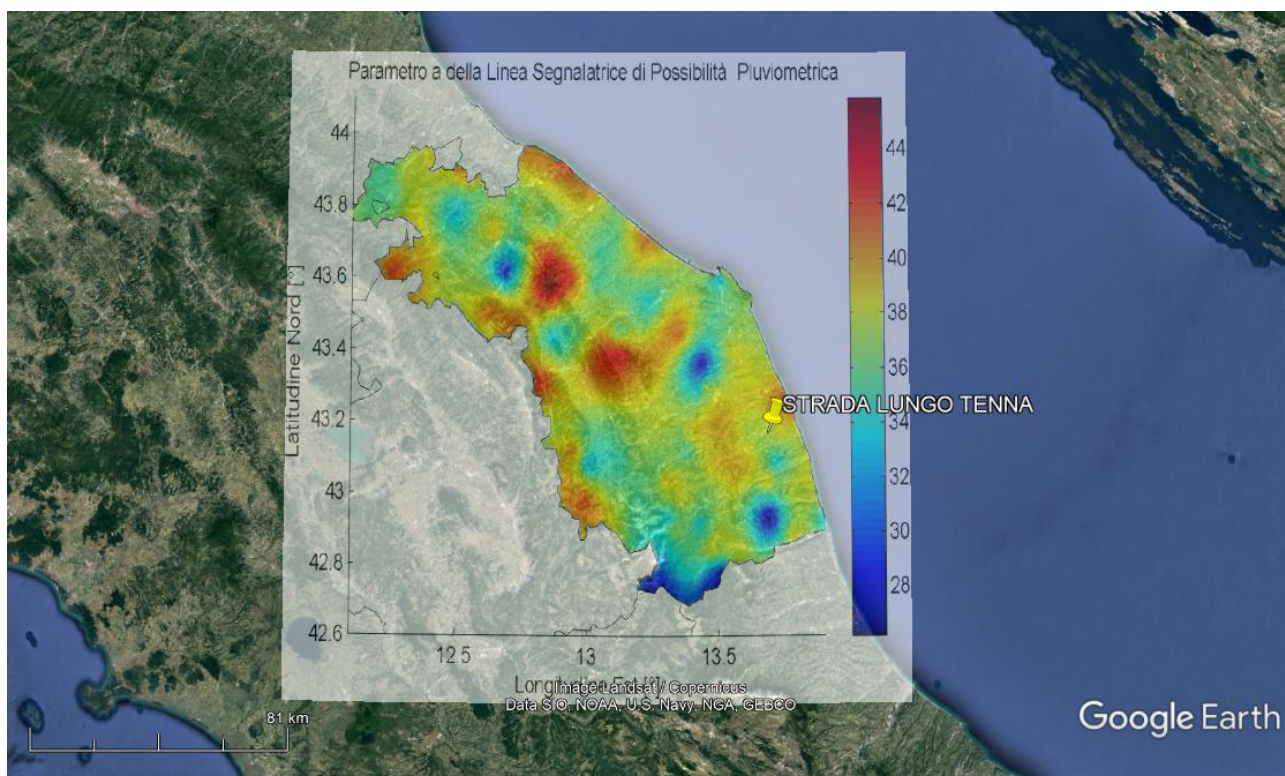


Figura 1 – Individuazione del parametro “a” della linea segnalatrice di possibilità pluviometrica per l’ambito territoriale in esame, pari a 37 mm.

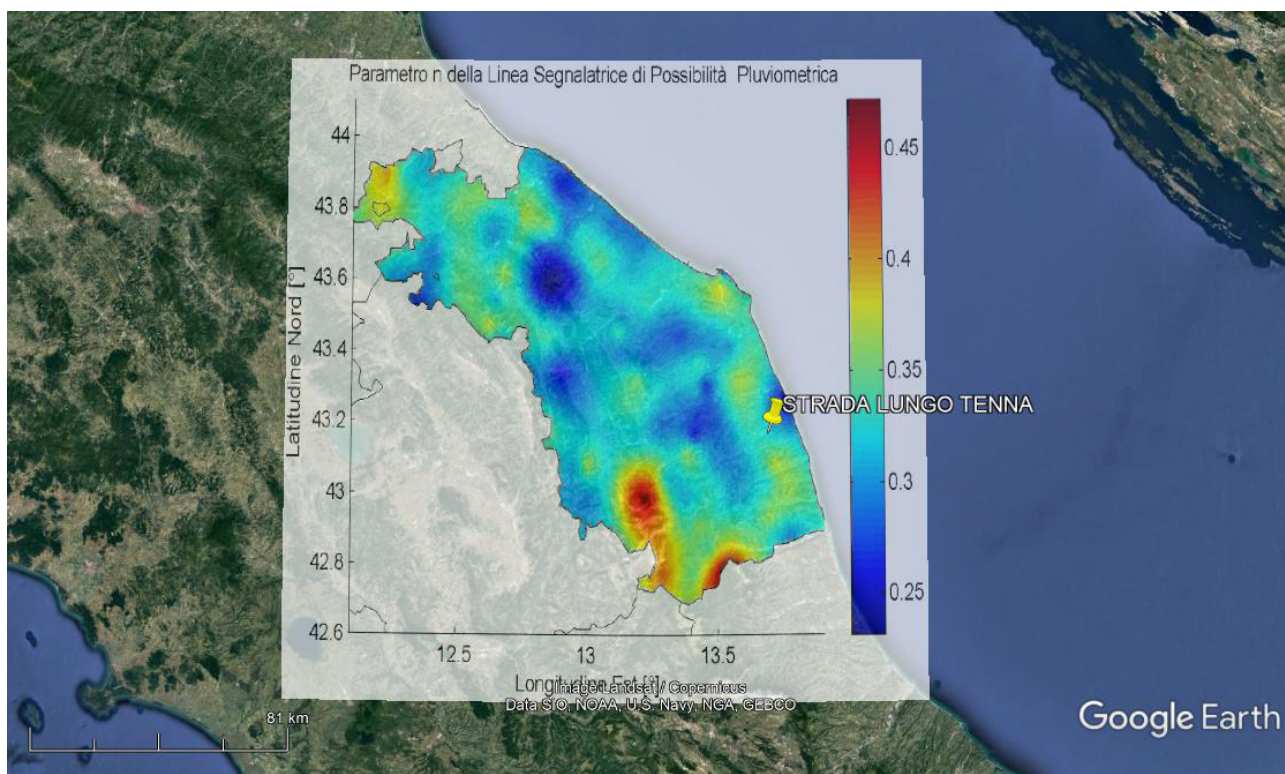


Figura 2 – Individuazione del parametro “n” della linea segnalatrice di possibilità pluviometrica per l’ambito territoriale in esame, pari a 0,32.

Considerato che i bacini dei fossi minori hanno un tempo di corrivazione inferiore all'ora, il parametro "n" è stato assunto pari a 0,5 in accordo con molteplici osservazioni sperimentali e formulazioni di idrologia statistica relative alle piogge intense di breve durata.

Le portate di piena dei fossi minori sono state quindi calcolate con l'applicazione del metodo razionale in accordo con quanto stabilito nella Delibera di Giunta Regionale della Regione Marche n. 53 del 27/1/2014 dal titolo "CRITERI, MODALITÀ E INDICAZIONI TECNICO-OPERATIVE PER LA REDAZIONE DELLA VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA DEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E PER L'INVARIANZA IDRAULICA DELLE TRASFORMAZIONI TERRITORIALI".

Il tempo di corrivazione dei bacini è stato calcolato con l'applicazione della Formula di Kirpich, riportata nella nota seguente.

- Formula di Kirpich (1940)

$$t_c = 0.000325 L^{0.77} i_v^{-0.385}$$

dove:

$t_c$  = tempo di corrivazione (h)

$L$  = lunghezza dell'asta principale (m)

$i_v$  = pendenza media del versante (-)

Figura 3 – Formula di Kirpich per il calcolo del tempo di corrivazione dei bacini.

In base alle caratteristiche dei bacini idrografici ed alle indicazioni contenute nella Delibera citata per i bacini è stato assunto un coefficiente di deflusso pari a 0,35 relativo ad aree coltivate con una discreta pendenza dei versanti e suoli mediamente permeabili (limosi).

Dall'analisi de visu delle caratteristiche della rete scolante non sono stati rilevati alvei molto incisi e ben definiti. L'individuazione delle linee d'acqua è stata essenzialmente basata sulla ricostruzione della mappa in scala 1:5.000 e sulla posizione dei tombini che, nello stato attuale, sottopasso l'asse viario esistente del Lungo Tenna. Si è quindi ritenuto che un coefficiente di deflusso più elevato avrebbe comportato il calcolo di portate di piena eccessive in comparazione con lo stato dei luoghi.

I risultati del calcolo idrologico sono stati altresì confrontati con i risultati dell'applicazione della procedura indicata nel documento "Regionalizzazione delle portate massime annuali al colmo di piena per la stima dei tempi di ritorno delle grandezze idrologiche" redatto dalla Fondazione CIMA nell'ambito del lavoro del 2016 citato in precedenza e pubblicato sul sito della Regione Marche.

Nello studio si indica la seguente formula per la stima della portata di piena dei piccoli bacini (di superficie inferiore ai 50 km<sup>2</sup>):

$$Q_{piccoli\_bacini} = kT * 1.6119 * A^{0.9735}$$

nella quale A è la superficie del bacino (in km<sup>2</sup>) e KT è un fattore di crescita dipendente dal tempo di ritorno con i valori della seguente tabella.

Tempo di ritorno	2	5	10	20	50	100	150	200	500	1000
Fattore di crescita $k_T$	0.8643	1.3751	1.7555	2.1557	2.7303	3.2071	3.5050	3.7255	4.4825	5.1153

Osservare per prevedere, prevedere per prevenire

Tabella 1 – Fattore di crescita funzione del tempo di ritorno per il calcolo delle portate regionalizzate dei piccoli bacini della Regione Marche.

I risultati ottenuti con la regionalizzazione delle piogge intense e l'applicazione del metodo razionale sono più cautelativi del 75% (quindi quasi doppi) delle portate di massima piena ottenute con l'applicazione della regionalizzazione delle portate.

Si è quindi fatto riferimento alle grandezze più cautelative per la progettazione idraulica dei manufatti di collettamento e scarico delle piene.

Il dimensionamento idraulico del fosso di guardia a Sud del nuovo asse stradale, dove si scaricano i fossi che scendono dal versante destro della valle del Fiume Tenna, è stato effettuato in moto uniforme, considerando la regolarità della geometria e la pendenza pressoché costante della strada e del relativo manufatto da monte a valle (da Ovest a Est). Si è fatto riferimento alla citata DGR n. 53 della Regione Marche per la scelta del coefficiente di scabrezza dell'alveo, posto pari a  $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  con la notazione di Strickler per sezioni in terra non rivestite.

È stato utilizzato il moto uniforme anche per il dimensionamento dei tombini sottostradali circolari che scaricano nel Fiume Tenna i fossi provenienti dal versante Sud della valle. In questo caso si è fatto riferimento all'applicazione della formula omotetica F descritta nella nota seguente.

essendo

$$F = 0,0496 \cdot \frac{(\alpha - \sin \alpha)^{5/3}}{\alpha^{2/3}} \quad (6)$$

$$F = \frac{Q}{k_s \cdot D^{3/2} \cdot \sqrt{i}} \quad \text{con } \alpha = 2 \arccos(1 - 2 \cdot \phi_c) \quad \text{e } \phi_c = h/D \quad (7)$$

La relazione (6), consente di calcolare, in modo esplicito qualunque delle grandezze caratteristiche che compaiono nella funzione omotetica F, se le altre sono note ed il valore di  $\phi_c$  è assegnato. Nel caso delle sezioni circolari,  $\phi_c$  rappresenta il grado di riempimento della condotta, che, per il dimensionamento, è generalmente opportuno considerare pari a  $0,7 \div 0,8$  e, quindi, al massimo:  $\alpha = 4,4286$  rad. Per

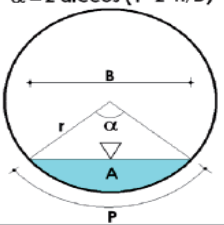
Tipo di sezione CIRCOLARE	Area bagnata A	Perimetro bagnato P	Larghezza pelo libero B
$\alpha = 2 \arccos(1 - 2 \cdot h/D)$ 	$\frac{D^2}{8}(\alpha - \sin \alpha)$	$\frac{D}{2} \cdot \alpha$	$D \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$

Tabella 2 – Area, perimetro e larghezza del pelo libero in funzione del tirante idrico in sezioni circolari per il calcolo della formula omotetica F.

Sono stati assunti tombini in calcestruzzo con coefficiente di scabrezza pari a  $85 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  con la notazione di Strickler.



In accordo con il “Capitolato Speciale d’Appalto di Servizi – Parte Tecnica” di ANAS si è fatto riferimento ad un tempo di ritorno di 50 anni indicato per i “fossi di guardia dell’asse principale”, considerando i tombini sottostradali come sistema di scarico del fosso di guardia.

La progettazione idraulica è stata effettuata verificando, per la portata con 50 anni di tempo di ritorno, un grado di riempimento delle sezioni di deflusso non superiore al 70% ed assumendo un diametro minimo di 1,50 m per le tubazioni.

### Fosso delle paludi

Il Fosso delle paludi presenta un bacino idrografico di quasi 8 km<sup>2</sup> (7,74 km<sup>2</sup>) ed un vero e proprio attraversamento dell’asse stradale.

Si è quindi fatto riferimento, nelle verifiche, ad un tempo di ritorno di 200 anni verificando che il franco idraulico fosse “superiore al 30% dell’altezza utile dell’opera e comunque superiore a 0,75 m” in accordo con il Capitolato dell’ANAS.

Per il calcolo della pioggia intensa si è fatto riferimento al parametro “n” pari a 0,32, come indicato nella formula di regionalizzazione.

La verifica idraulica dell’attraversamento, per quanto riguardi un tombino scatolare in calcestruzzo, è stata eseguita in moto uniforme con l’applicazione di un coefficiente di scabrezza pari a  $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , adottando cioè in termini cautelativi, per tenere conto di eventuali fenomeni idraulici che dovessero manifestarsi nell’alveo a monte e a valle del ponte, la scabrezza propria dell’alveo e non quella del manufatto.

### Acque di piattaforma

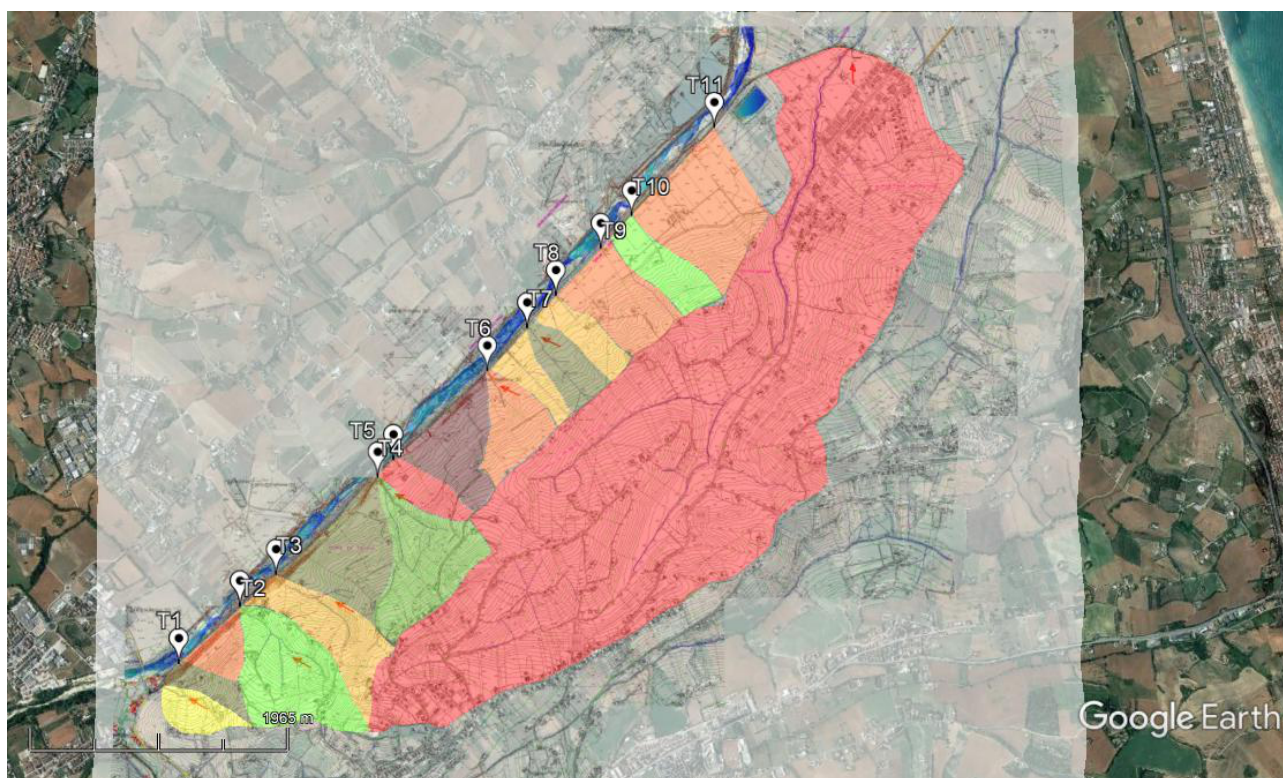
Per il calcolo della portata massima generata dallo smaltimento delle acque della piattaforma stradale si è fatto riferimento allo smaltimento dei primi 5 mm di pioggia, indipendentemente dal tempo di ritorno dell’evento.

Si è assunto un tempo di corrivazione cautelativo di 5 m e si è considerata la superficie data dalla semi-larghezza della carreggiata per l’estensione massima longitudinale della strada compresa tra due tombini sottostradali di scarico.

Il valore della portata al colmo è stato calcolato come rapporto tra il volume di precipitazione e il tempo di corrivazione.

## CALCOLO DELLE PORTATE

Nelle figure seguenti sono illustrati i bacini dei principali fossi che scendono dal versante destro della valle del Fiume Tenna verso l’asse stradale in progetto.



*Figura 4 – Individuazione dei bacini dei fossi che scendono dal versante sinistro della valle del Fiume Tenna verso l'asse stradale in progetto.*

Nella figura compaiono anche gli 11 tombini di scarico dei fossi verso il Fiume Tenna sottopassando l'asse stradale. I bacini sono stati così denominati, da Ovest verso Est, con riferimento al tombino di recapito: T1-1, T1-2, T2-1, T2-2, T3, T4-1, T4-2, T5, T6-1, T6-2, T7-1, T7-2, T8, T9, T10, T11.

Il bacino a Sud (in rosso) è afferente al Fosso delle paludi.

Come indicato nelle tavole di progetto lo schema idraulico di collegamento dei fossi ai tombini è il seguente:

- il fosso del bacino T1-1 è intercettato dal fosso di guardia e portato verso il tombino T1;
- lungo il suo corso riceve il contributo del bacino T1-2;
- il fosso del bacino T2-1 è intercettato dal fosso di guardia e portato verso il tombino T2;
- lungo il suo corso riceve il contributo del bacino T1-2;
- il fosso del bacino T3 è intercettato dal fosso di guardia e portato verso il tombino T3;
- il fosso del bacino T4-1 è intercettato dal fosso di guardia e portato verso il tombino T4;
- lungo il suo corso riceve il contributo del bacino T4-2;
- il fosso del bacino T5 è intercettato dal fosso di guardia e portato verso il tombino T5;
- il fosso del bacino T6-1 è intercettato dal fosso di guardia e portato verso il tombino T6;
- lungo il suo corso riceve il contributo del bacino T6-2;
- il fosso del bacino T7-1 è intercettato dal fosso di guardia e portato verso il tombino T7;
- lungo il suo corso riceve il contributo del bacino T7-2;
- il fosso del bacino T8 è intercettato dal fosso di guardia e portato verso il tombino T8;
- il fosso del bacino T9 è intercettato dal fosso di guardia e portato verso il tombino T9;
- il fosso del bacino T10 è intercettato dal fosso di guardia e portato verso il tombino T10;
- il fosso del bacino T11 è intercettato dal fosso di guardia e portato verso il tombino T11.

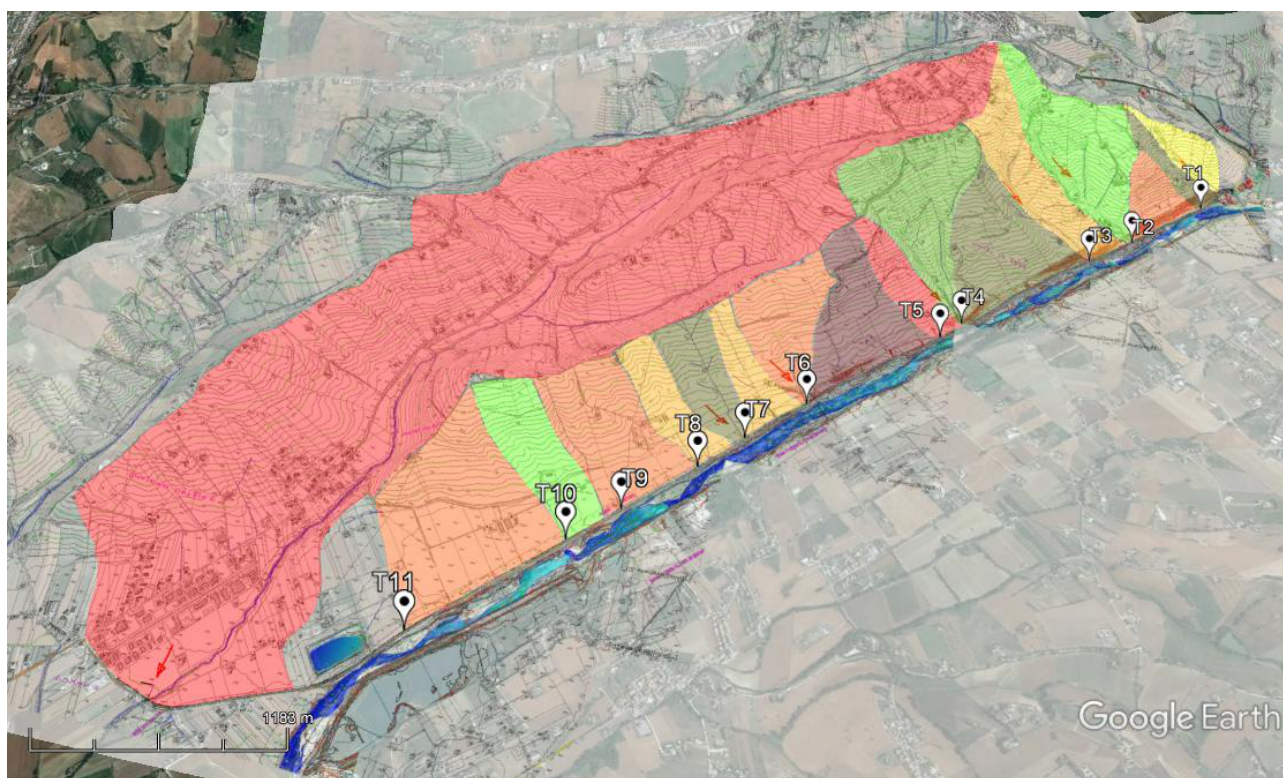


Figura 5 – Vista tridimensionale (con fattore di distorsione verticale del 300%) dei bacini dei fossi che scendono verso l'asse stradale e del bacino del Fosso delle paludi.

Le caratteristiche geometriche dei bacini sono riportati nella tabella seguente, insieme al risultato del calcolo del tempo di corrivazione. Per i bacini molto piccoli, con tempo di corrivazione di pochi minuti, si è assunto il tempo di corrivazione limite di 15 minuti in accordo con la pratica idrologica e con la fenomenica dei processi di concentrazione e di deflusso delle piene.

BACINO	Area (km <sup>2</sup> )	L (m)	Hmin (m s.l.m.)	Hmax asta (m s.l.m.)	Hmax bacino (m s.l.m.)	i asta	i versanti	Tc Kirpich (ore)	Tc (ore)
T1-1	0.15	480	72	145	206	15.2%	7.6%	0.10	0.250
T1-2	0.12	400	64	125	206	15.3%	7.6%	0.09	0.250
T2-1	0.13	350	60	115	170	15.7%	7.9%	0.08	0.250
T2-2	0.57	850	60	155	315	11.2%	5.6%	0.18	0.250
T3	0.39	800	59	120	315	7.6%	3.8%	0.20	0.250
T4-1	0.45	630	53	105	210	8.3%	4.1%	0.16	0.250
T4-2	0.53	700	53	130	240	11.0%	5.5%	0.15	0.250
T5	0.15	450	51	72	200	4.7%	2.3%	0.15	0.250
T6-1	0.36	600	45	85	200	6.7%	3.3%	0.17	0.250
T6-2	0.27	400	45	75	175	7.5%	3.8%	0.12	0.250
T7-1	0.15	400	41	62	150	5.3%	2.6%	0.13	0.250
T7-2	0.20	380	41	60	140	5.0%	2.5%	0.13	0.250
T8	0.17	400	38	53	130	3.8%	1.9%	0.15	0.250
T9	0.40	470	36	47	130	2.3%	1.2%	0.21	0.250
T10	0.26	380	35	39	135	1.1%	0.5%	0.24	0.250
T11	0.67	650	29	32	145	0.5%	0.2%	0.49	0.500
Fosso delle paludi	7.74	4560	22	93	315	1.6%	0.8%	1.38	1.383

Tabella 3 – Caratteristiche geometriche dei bacini e tempo di corrivazione.



L'applicazione del metodo razionale ha dato luogo ai valori di piena riportati nella seguente tabella. Per tutti i fossi è stato assunto un tempo di ritorno di 50 anni tranne che per il Fosso delle paludi caratterizzato da un tempo di ritorno di 200 anni.

BACINO	d (ore)	H (mm)	C def	Area (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s)	TR (anni)
T1-1	0.250	20.86	0.35	0.15	1.2	50
T1-2	0.250	20.86	0.35	0.12	1.0	50
T2-1	0.250	20.86	0.35	0.13	1.1	50
T2-2	0.250	20.86	0.35	0.57	4.6	50
T3	0.250	20.86	0.35	0.39	3.2	50
T4-1	0.250	20.86	0.35	0.45	3.7	50
T4-2	0.250	20.86	0.35	0.53	4.3	50
T5	0.250	20.86	0.35	0.15	1.2	50
T6-1	0.250	20.86	0.35	0.36	2.9	50
T6-2	0.250	20.86	0.35	0.27	2.2	50
T7-1	0.250	20.86	0.35	0.15	1.2	50
T7-2	0.250	20.86	0.35	0.20	1.6	50
T8	0.250	20.86	0.35	0.17	1.4	50
T9	0.250	20.86	0.35	0.40	3.2	50
T10	0.250	20.86	0.35	0.26	2.1	50
T11	0.500	29.50	0.35	0.67	3.8	50
Fosso delle paludi	1.383	57.24	0.35	7.74	31.1	200

*Tabella 4 – Calcolo della portata di piena.*

Le portate calcolate con il metodo razionale sono state quindi confrontate con i risultati dell'applicazione del metodo di regionalizzazione delle portate di piena, come rappresentato nella tabella seguente.

BACINO	Area (km <sup>2</sup> )	Q (m <sup>3</sup> /s) Region.	Q (m <sup>3</sup> /s) Met.Raz.
Fattore KT		2.7303	TR 50
T1-1	0.15	0.7	<b>1.2</b>
T1-2	0.12	0.6	<b>1.0</b>
T2-1	0.13	0.6	<b>1.1</b>
T2-2	0.57	2.5	<b>4.6</b>
T3	0.39	1.8	<b>3.2</b>
T4-1	0.45	2.0	<b>3.7</b>
T4-2	0.53	2.4	<b>4.3</b>
T5	0.15	0.7	<b>1.2</b>
T6-1	0.36	1.6	<b>2.9</b>
T6-2	0.27	1.2	<b>2.2</b>
T7-1	0.15	0.7	<b>1.2</b>
T7-2	0.20	0.9	<b>1.6</b>
T8	0.17	0.8	<b>1.4</b>
T9	0.40	1.8	<b>3.2</b>
T10	0.26	1.2	<b>2.1</b>
T11	0.67	3.0	<b>3.8</b>
Fattore KT		3.7255	TR200
Fosso delle paludi	7.74	<b>44.0</b>	31.1

*Tabella 5 – Confronto tra i risultati dell'applicazione del metodo razionale con le piogge regionalizzate e dell'applicazione della formula di regionalizzazione delle portate.*

In virtù dei risultati ottenuti per tutte i bacini è stato adottato il risultato dell'applicazione del metodo razionale tranne che per il Fosso delle paludi per il quale è risultato più cautelativo attestarsi sul risultato del metodo di regionalizzazione delle portate.

## PROGETTAZIONE E VERIFICA IDRAULICA

### Fosso di guardia e tombini sottostradali

Nella tabella seguente è riportato il calcolo delle portate che transitano nei diversi tratti del fosso di guardia posto a Sud dell'asse stradale e che intercetta i deflussi che scendono dal versante destro della valle del Fiume Tenna.

I deflussi di piena del fosso di guardia sono scaricati verso il Fiume Tenna dai tombini sottostradali posti perlopiù in corrispondenza di manufatti già esistenti (e di dimensioni più ridotte).

Si fa riferimento allo schema di connessione idraulica descritto nel paragrafo precedente ed illustrato nelle tavole di progetto.

Le portate massima rispetto alle quali è stata effettuata la progettazione idraulica delle sezioni sono le seguenti:

- 3,8 m<sup>3</sup>/s per la sezione corrente del fosso di guardia e per i tombini che, in continuità con il fosso, passeranno al di sotto delle strade che confluiscono nell'asse stradale in progetto;
- 8 m<sup>3</sup>/s per i tombini che sottopassano trasversalmente l'asse stradale in progetto e scaricano le piene verso il Fiume Tenna.

La pendenza media del fosso di guardia rilevata dal tracciato stradale e adottata per la verifica delle relative sezioni idrauliche è dello 0,78%. Per i tombini sottostradali è stata assunta una pendenza di posa del 2%.

Progr. (m)	Fosso	Q (m <sup>3</sup> /s)	Tombino	Q (m <sup>3</sup> /s)
125.000	0 - T1	1.2		
343.298			T1	2.2
345.000	T1-T2	1.1		
960.810			T2	5.7
980.000	T2-T3	3.2		
1323.300			T3	3.2
1345.000	T3-T4	3.7		
2376.750			T4	8.0
2380.000	T4-T5	1.2		
2650.000			T5	1.2
2652.000	T5-T6	2.9		
3515.000			T6	5.1
3530.000	T6-T7	1.2		
3971.000			T7	2.8
3980.000	T7-T8	1.4		
4296.320			T8	1.4
4305.000	T8-T9	3.2		
4789.240			T9	3.2
4800.000	T9-T10	2.1		
5129.580			T10	2.1
5135.000	T10-T11	3.8		
6050.000			T11	3.8

Tabella 6 – Portate di massima piena nei diversi tratti del fosso di guardia e nei tombini di scarico.

Nella tabella seguente è riportata la verifica idraulica della sezione corrente del fosso di guardia. È stata adottata una sezione trapezia, in terra, con base di 2 m e profondità di 1 m, con sponde inclinate 1/1.

Base	m	2.00
Pendenza sponda	V/H	1.000
Larghezza	m	3.35
Altezza	m	1.00
Tirante	m	0.67
Area	m <sup>2</sup>	1.80
Scabrezza	m <sup>1/3</sup> /s	40
Contorno bagnato	m	3.91
Raggio idraulico	m	0.46
Pendenza		0.0078
Portata	m <sup>3</sup> /s	3.80
Velocità media	m/s	2.11
Grado riempimento		67%

Tabella 7- Verifica idraulica della sezione corrente del fosso di guardia.

La portata massima di 3,8 m<sup>3</sup>/s transita con un tirante di 0,67 m ed un grado di riempimento del 67%. Il grado di riempimento limite del 70% è raggiunto da una portata di 4,06 m<sup>3</sup>/s. Rispetto alla portata di piena con 50 anni di tempo di ritorno rimane quindi ancora un margine di 206 l/s per raccogliere, lungo i diversi tronchi indagati, le acque di piattaforma calcolate in un'altra sezione del presente progetto.

Il tombino di continuità del fosso di guardia per il sottopasso delle strade che confluiscono nel nuovo asse stradale sarà in calcestruzzo con il diametro minimo di 1,5 m indicato dal Capitolato ANAS ed avrà la medesima pendenza del fosso di guardia. La verifica idraulica del manufatto è riportata nella tabella seguente.

D	i	h	Θc	α	F	ks	D <sup>8/3</sup>	i <sup>0,5</sup>	Qc	A	V	Griemp
(m)		(m)				(m <sup>1/3</sup> /s)			(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>2</sup> )	(m/s)	
1.50	0.0078	0.79	0.53	3.26	0.17	85.00	2.95	0.09	3.800	0.951	3.998	53%

Tabella 8 – Verifica del tombino di continuità del fosso di guardia.

La portata di 3,8 m<sup>3</sup>/s defluisce con un grado di riempimento del 53%, quindi inferiore al 70%.

Tutti i tombini sottostradali avranno la medesima dimensione minima stabilita dal Capitolato ANAS e pari a 1,5 m. La verifica, illustrata nella tabella seguente, è stata eseguita con la portata massima di 8 m<sup>3</sup>/s relativa al tombino T4.

D	i	h	Θc	α	F	ks	D <sup>8/3</sup>	i <sup>0,5</sup>	Qc	A	V	Griemp
(m)		(m)				(m <sup>1/3</sup> /s)			(m <sup>3</sup> /s)	(m <sup>2</sup> )	(m/s)	
1.50	0.020	0.95	0.63	3.67	0.23	85.00	2.95	0.14	8.000	1.175	6.811	63%

Tabella 9 – Verifica del tombino T4.

La portata di 8 m<sup>3</sup>/s defluisce con un grado di riempimento del 63%, quindi inferiore al 70%.

### Acque di piattaforma

La distanza massima tra due tombini di scarico è di 920 m (tra il tombino 10 e il tombino 11).

La semi-larghezza della carreggiata stradale è 4,5 m. Ne consegue che la massima superficie stradale compresa tra due tombini di scarico è pari a (920x4,5 m) 4.140 m<sup>3</sup>.

Assumendo un tempo di corrivazione di 5 minuti, cioè 300 s, i primi 5 mm di precipitazione comportano un volume di pioggia di (4140x0,005) 20,7 m<sup>3</sup>/s che, divisi per il tempo di corrivazione di 300 s, costituiscono un deflusso di piena massimo di 69 l/s.

Tale deflusso aggiuntivo, considerato concomitante ai deflussi di piena derivanti dal bacino versante, trova spazio in ognuna delle tre sezioni idrauliche verificate (quella del fosso di guardia, quella del tombino di continuità e quella del tombino sottostradale) nel franco idraulico compreso tra il grado di riempimento calcolato e il grado di riempimento limite del 70%.

### Fosso delle paludi

L'attraversamento del Fosso delle paludi sarà realizzato con un tombino scatolare di dimensioni 5x3 m in calcestruzzo. La pendenza longitudinale del fondo naturale attuale, rilevata in base ai rilievi, è dell' 1,67%.

Base	m	5.00
Pendenza sponda	V/H	9999999
Larghezza	m	5.00
Altezza	m	3.00
Tirante	m	1.83
Area	m <sup>2</sup>	9.15
Scabrezza	m <sup>1/3</sup> /s	40
Contorno bagnato	m	10.17
Raggio idraulico	m	0.90
Pendenza		0.0167
Portata	m <sup>3</sup> /s	44.00
Velocità media	m/s	4.81
Grado riempimento		61%

*Tabella 10 – Verifica idraulica dell'attraversamento del Fosso delle paludi.*

Come si evince dalla tabella precedente la portata di 44 m<sup>3</sup>/s defluisce con un tirante di 1,83 m. Il grado di riempimento è inferiore al 70% (61%) e il franco rispetto all'intradosso è superiore a 75 cm (1,17 m).