



COMUNE DI USINI  
Provincia di Sassari

**INTERVENTI URGENTI DI  
RACCOLTA E SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE  
DEL QUARTIERE "SANTA MARIA"**

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA**

ELABORATO :

**Relazione idrologico-idraulica**

REVISIONI				ALLEGATO  B	SCALA	
n°	MODIFICA	DATA	CTRL		CODICE	
01	consegna	Settembre 2025				
					NOTE	

RTP tra  
Mandatario:



Studio Associato  
4E-INGEGNERIA  
Dott. Ing. Fabio Cambula

Mandanti:

Dott. Geol. Alessandro Muscas

Dott.ssa Archeologa Emanuela Atzeni

Il R.U.P.  
Geom. Sabattino Antonio Satta

Il Sindaco:  
Dott. Antonio Brundu

## Sommario

1	INQUADRAMENTO .....	3
2	STUDIO IDROLOGICO: ANALISI DEI BACINI IDROGRAFICI E CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA .....	6
2.1	Premessa .....	6
2.2	Individuazione del Bacino Idrografico .....	6
2.3	Calcolo dell'altezza di Pioggia .....	8
2.4	Calcolo delle portate di piena .....	9
3	STUDIO IDRAULICO: DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO .....	16
3.1	Premessa .....	16
3.2	Il software SWMM .....	16
3.3	Descrizione plano-altimetrica della rete di drenaggio .....	17
4	MODELLO MATEMATICO DELLA RETE .....	18
5	VERIFICHE IDRAULICHE DELLA RETE DI DRENAGGIO .....	19
6	REPORT NUMERICO DI CALCOLO DEL SOFTWARE SWMM .....	23

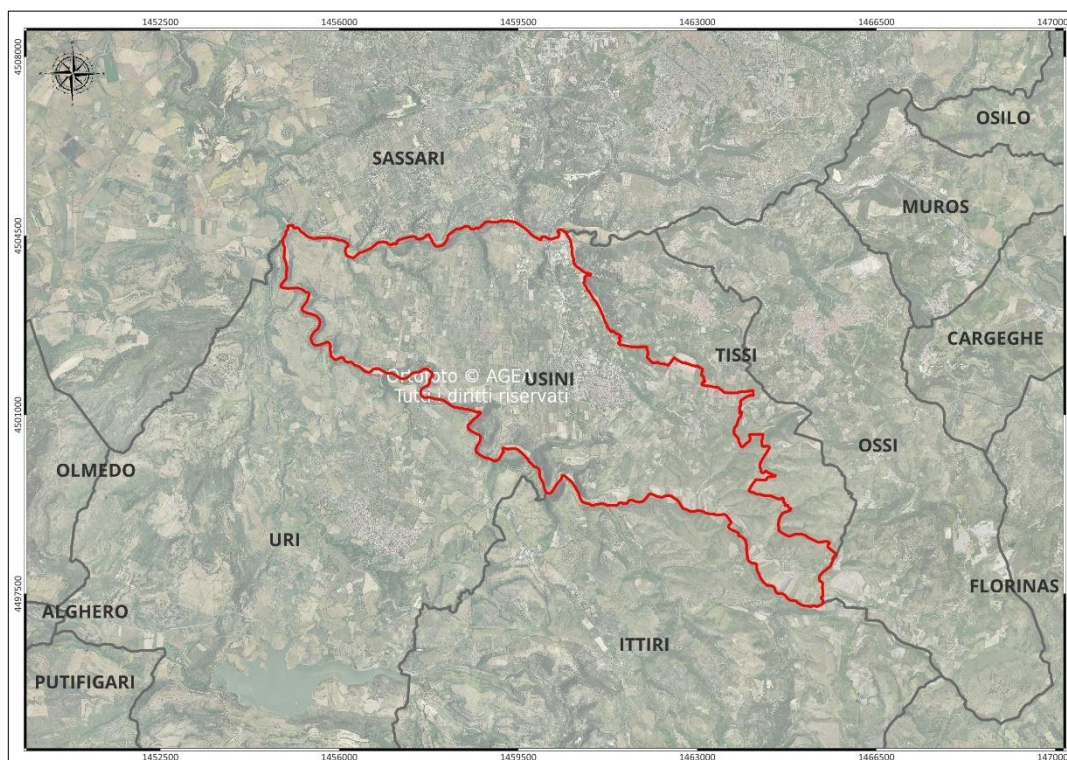
<b>Figura 1</b>	: Inquadramento Geografico.....	3
<b>Figura 2</b>	: Carta Altimetrica.....	4
<b>Figura 3</b>	: Carta dell'acclività.....	4
<b>Figura 4</b>	: stralcio foglio I.G.M. in scala 1:25.000 .....	5
<b>Figura 5</b>	: Stralcio CTR – Scala 1 : 10'000. ....	5
<b>Figura 6</b>	: Bacino Idrografico - Sfondo D.T.M. ....	7
<b>Figura 7</b>	: Bacino Idrografico : Sfondo Ortofoto 2019 .....	7
<b>Figura 8</b>	: carta delle sottozone (a sinistra) e delle isoiete (a destra); in rosso la zona di interesse .....	9
Figura 9	: Planimetria della rete di drenaggio.....	18
Figura 10	: Implementazione del modello matematico nel software SWMM.....	18
Figura 11	: Quote di scorrimento dei pozzetti.....	19
Figura 12	: Parametri geometrici delle condotte in progetto.....	19

Figura 13 : Tabella in esito al calcolo della rete di smaltimento .....	20
Figura 14 : Massima portata registrata in rete.....	21
Figura 15 : Pendenza delle condotte, espressa in % .....	21
Figura 16 : Massima velocità registrata in condotta espressa in m/s .....	22
Figura 17 : Massimo grado di riempimento in condotta .....	22
Figura 18 : Quote di scorrimento dei pozzetti.....	23
Figura 19 : Profilo idraulico delle condotte in esercizio con portata corrispondente a TR 25 anni .....	23

## 1 INQUADRAMENTO

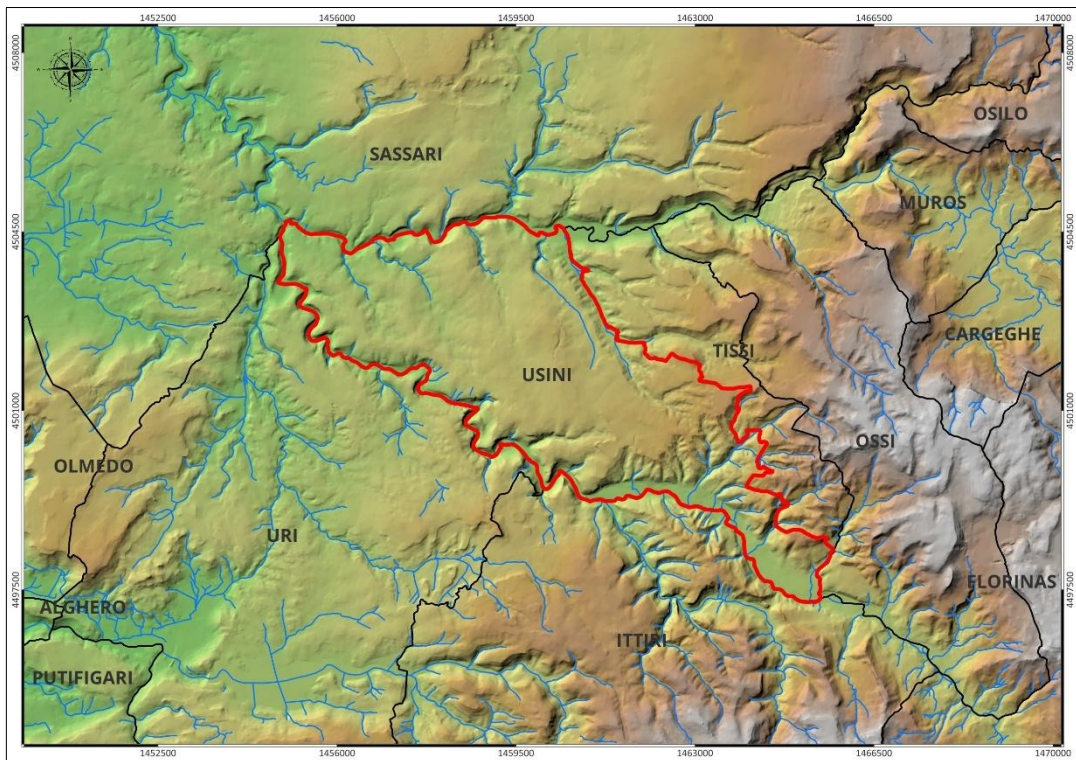
La zona in studio è rappresentata dalla porzione urbanizzata del territorio Comune di Usini, situato nella Sardegna Nord-Occidentale, all'interno della provincia di Sassari; Il territorio comunale in oggetto si estende per una superficie pari a 30.74 km<sup>2</sup> e confina in direzione Nord con il Comune di Sassari, ad Est con il Comune di Tissi, mentre a Sud e ad Ovest confina rispettivamente con i territori comunali di Ittiri e Uri.

La popolazione residente è pari a 4146 abitanti (Fonte ISTAT al 31/03/2024), con densità abitativa pari a 134.87 [ab/km<sup>2</sup>].

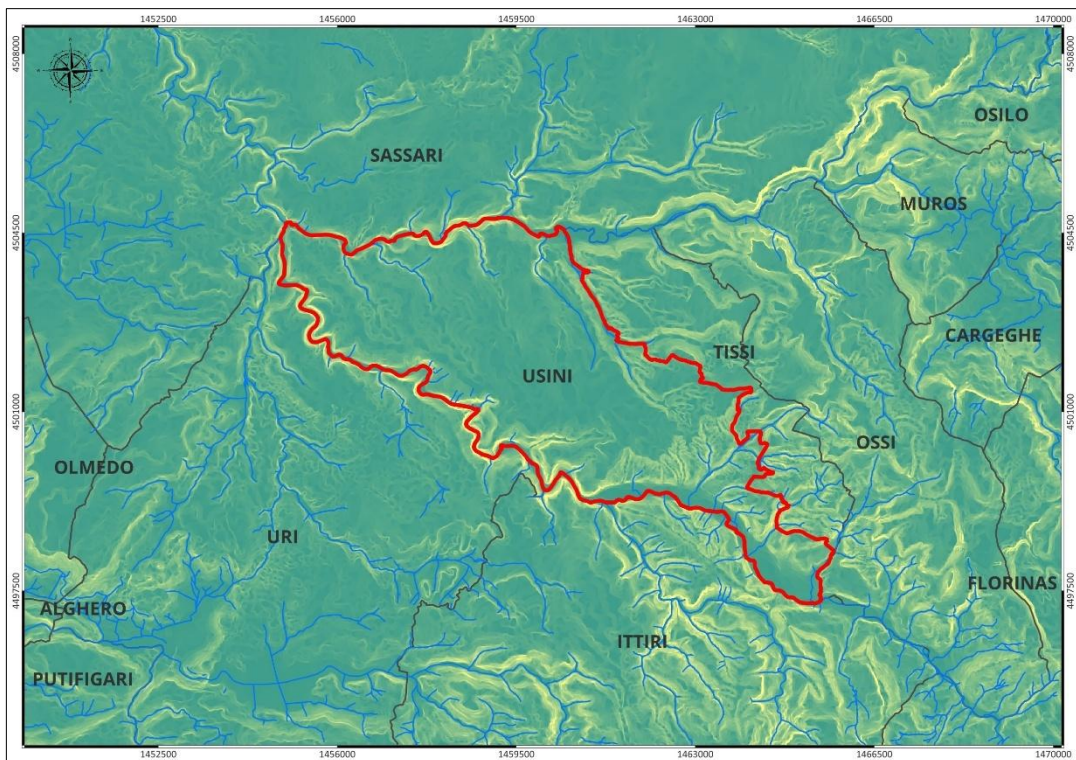


**Figura 1 :** Inquadramento Geografico

Il territorio comunale, come mostrato in **Figura 2**, possiede un'orografia omogenea, di fatto le variazioni altimetriche risultano contenute in quasi tutta l'estensione del territorio, fatto salvo per il confine sud, dove si riscontrano importanti gradienti di pendenza, indicati in colore giallo, così come indicato in **Figura 3**.

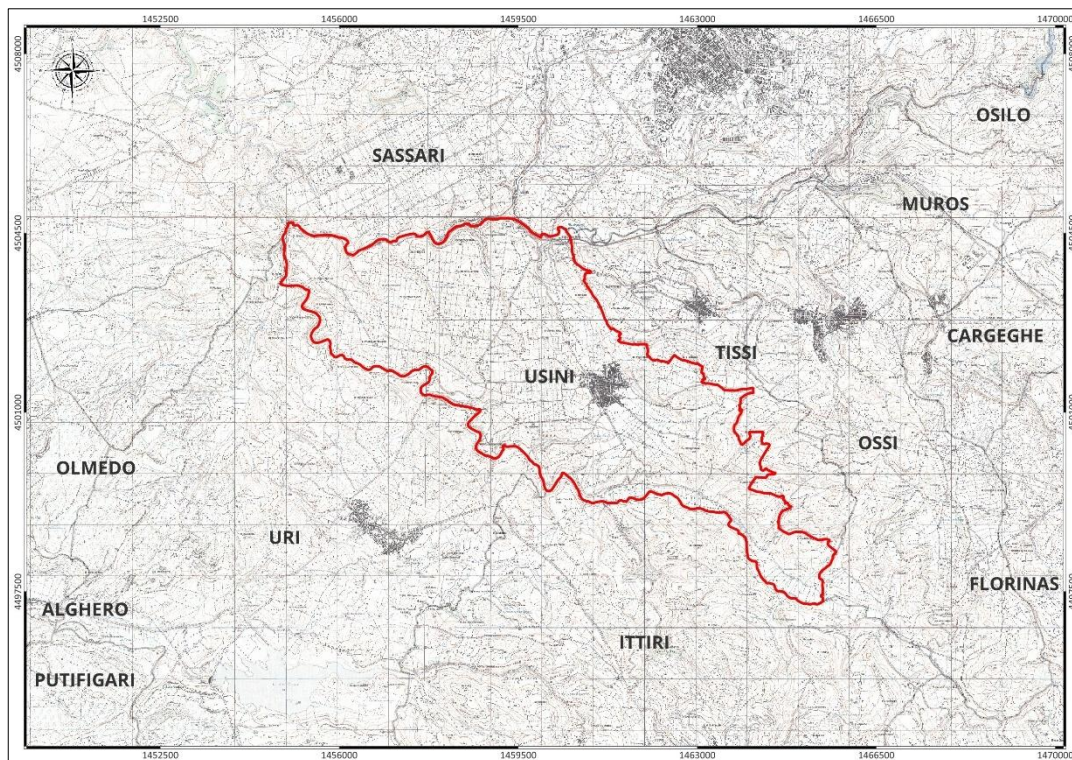


**Figura 2 : Carta Altimetrica**

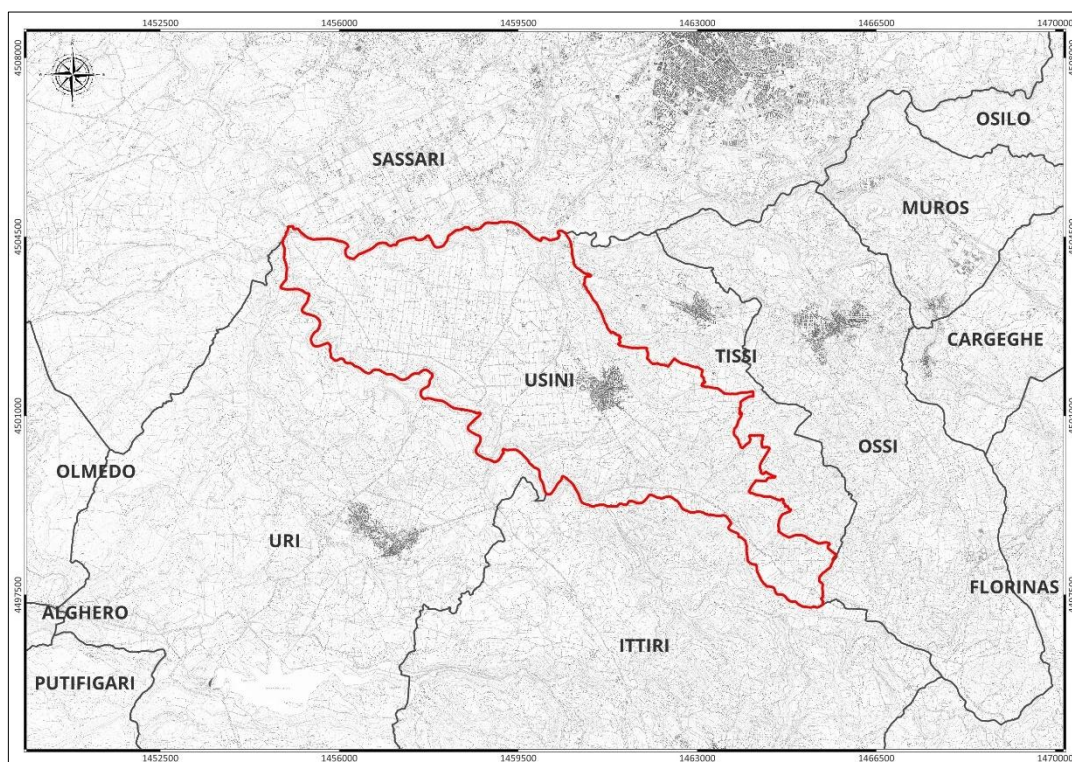


**Figura 3 : Carta dell'acclività**

L'area in esame ricade nella cartografia ufficiale I.G.M. in scala 1:25.000 nei fogli 180-III-SO, 193-IV-NO, 194-IV-NE, mentre nella cartografia Tecnica regionale in scala 1: 10.000 nella tavola n. 459110.



**Figura 4** : stralcio foglio I.G.M. in scala 1:25.000



**Figura 5** : Stralcio CTR – Scala 1 : 10'000.

## **2 STUDIO IDROLOGICO: ANALISI DEI BACINI IDROGRAFICI E CALCOLO DELLE PORTATE DI PIENA**

### **2.1 Premessa**

Per il bacino idrologico in esame è stato elaborato uno studio idrologico finalizzato alla valutazione delle portate di piena per i tempi di ritorno pari a 10, 15, 20 e 25 anni. I suddetti tempi di ritorno sono usualmente adottati nella progettazione delle reti di drenaggio urbano.

Il lavoro è stato sviluppato in conformità alle prescrizioni delle Linee Guida del PAI e con l'utilizzo di elaborazioni numeriche in ambiente GIS per la descrizione ed interazione delle diverse componenti territoriali coinvolte nel processo di trasformazione afflussi-deflussi.

Per ciascun elemento studiato, sono state elaborate le seguenti fasi di lavoro:

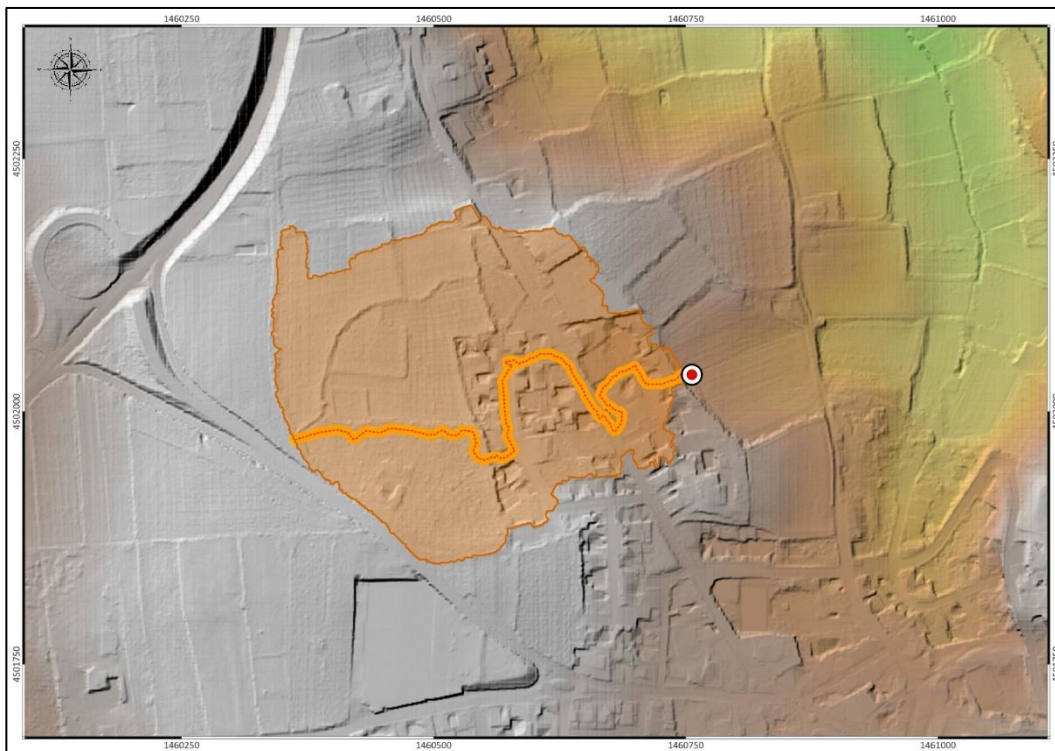
- Predisposizione della cartografica numerica e redazione del Modello Digitale delle quote (DEM);
- Individuazione dei bacini idrografici e del reticolo superficiale;
- Implementazione delle componenti geolitologiche, pedologiche e di uso del suolo; redazione della carte tematiche;
- Attribuzione dei coefficienti CN (Curve Number) necessari per determinare il grado di permeabilità delle superfici contribuenti;
- Calcolo dell'altezza di pioggia che dà origine alle portate superficiali;
- Valutazione del tempo di corrivazione e calcolo delle portate di piena.

### **2.2 Individuazione del Bacino Idrografico**

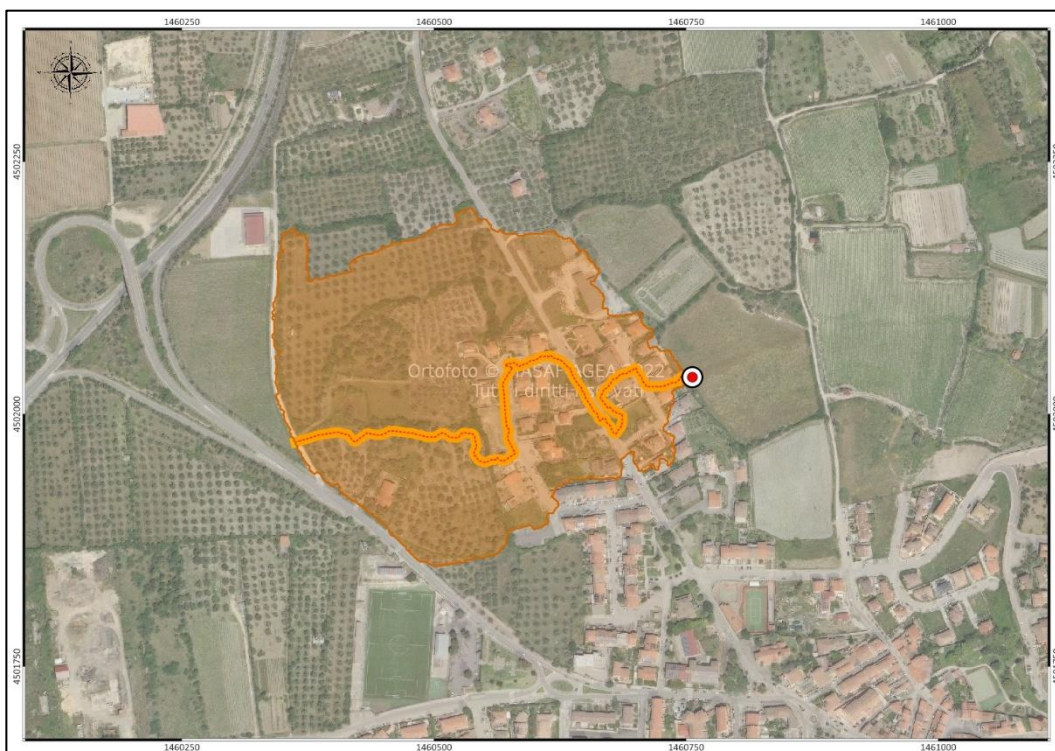
Il tracciamento della frontiera scolante è avvenuto in ambiente GIS, sfruttando il Digital Terrain Model con passo 1 m della Regione Sardegna. Le elaborazioni svolte hanno consentito di individuare la suddetta frontiera che viene rappresentata nelle immagini seguenti.

Come osservabile, nel bacino idrografico è contenuta una porzione di tessuto urbano a carattere residenziale, oltre che terreni a vocazione agricola.

È altresì evidente come il contorno occidentale del bacino sia fortemente influenzato dai rilevati stradali della Strada Provinciale 28 e la strada sterrata.



**Figura 6** : Bacino Idrografico - Sfondo D.T.M.



**Figura 7** : Bacino Idrografico : Sfondo Ortofoto 2019

### 2.3 Calcolo dell'altezza di Pioggia

L'intensità di precipitazione  $i(t, T)$ , che determina la massima portata di piena (intensità critica) è stata valutata in funzione della curva di possibilità pluviometrica che esprime la legge di variazione dei massimi annuali di pioggia in funzione della durata della precipitazione  $t$ , per un assegnato tempo di ritorno  $T$ .

Tale curva ha come espressione matematica:

$$h = i \cdot t = a \cdot t^n$$

Per la derivazione delle curve di possibilità pluviometrica è stato adottato il modello probabilistico TCEV, che ben interpreta le caratteristiche di frequenza delle serie storiche per la Sardegna<sup>1</sup>.

La procedura richiede di individuare:

- la sottozona omogenea, per tutti i bacini in esame risulta essere la SZO 2;
- la pioggia indice giornaliera  $\mu_g$  nel territorio studiato non presenta variabilità marcata; si è assunto come valore di calcolo 45 mm, considerando l'isoieta prevalente per il bacino in esame;
- i tempi di ritorno sono minori di un'ora per i bacini più piccoli ( $\tau < 1$ )
- per tutti gli altri bacini i tempi di ritorno sono maggiori di un'ora ( $\tau > 1$ )

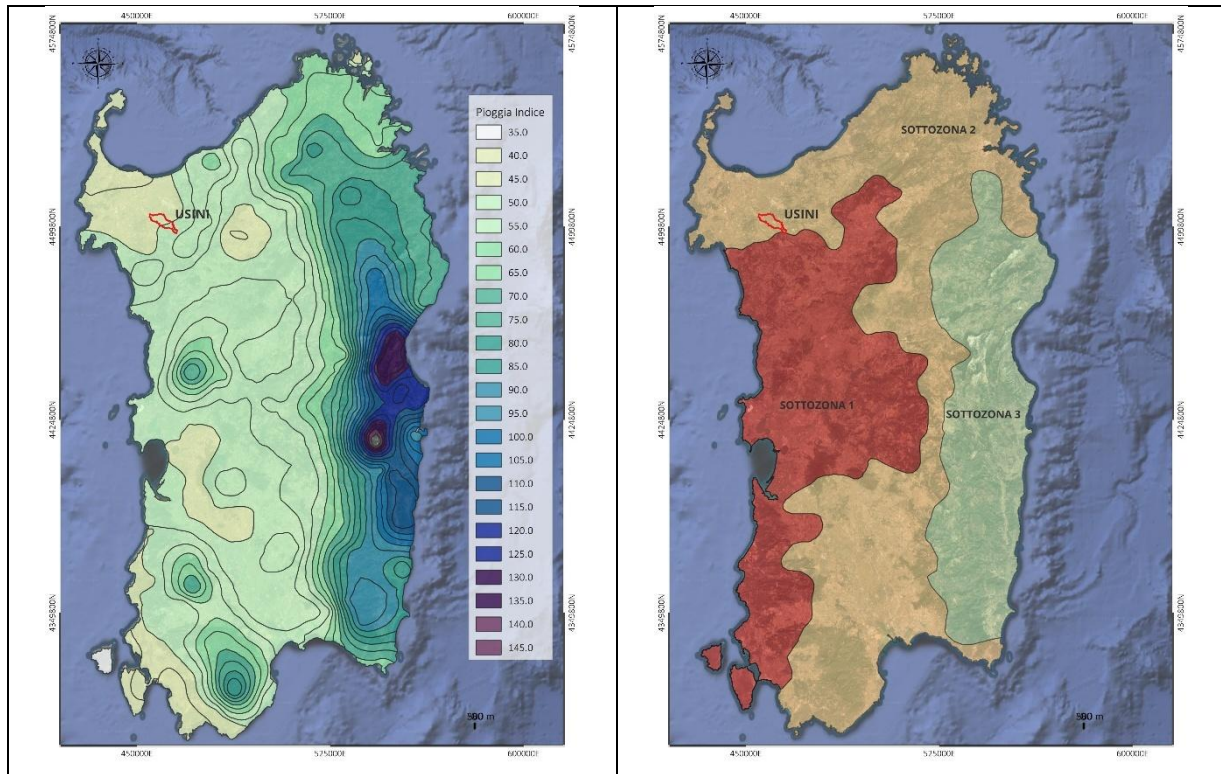
L'altezza di pioggia  $h$  di durata  $t$  con assegnato tempo di ritorno  $T$  in anni si ottiene dalla formula:

$$h(t) = (a_1 a_2) t^{(n_1 + n_2)}$$

dove i coefficienti  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $n_1$  e  $n_2$  si determinano con le relazioni differenti, indicate nella metodologia ufficiale del P.A.I. della Regione Sardegna, con differenti parametri dipendenti dalla sottozona in cui ricade il particolare bacino analizzato (SZO 2).

---

<sup>1</sup> Deidda R., Piga E., Sechi G., *Confronto tra alcuni modelli regionali per la valutazione della pioggia indice*. D.I.T., Quaderni di ricerca, n. 13, Cagliari, 1997.



**Figura 8** : carta delle sottozone (a sinistra) e delle isoiete (a destra); in rosso la zona di interesse

## 2.4 Calcolo delle portate di piena

Le portate al colmo nelle sezioni di chiusura dei differenti sottobacini sono state valutate sulla base di quanto indicato nelle “Linee guida per l’attività di individuazione e di perimetrazione delle aree a rischio idraulico e geomorfologico e delle relative misure di salvaguardia” del PAI. Data la mancanza di valori di portata osservati, la stima della portata di piena è stata determinata attraverso la metodologia indiretta (Formula Razionale) per i tempi di ritorno di 50, 100, 200 e 500 anni.

Col metodo indiretto noto come Formula Razionale la portata di piena è espressa dal prodotto tra l’intensità di precipitazione,  $i$ , di assegnata durata  $t$  e periodo di ritorno  $T$ , il coefficiente di assorbimento  $\Phi$ , la superficie del bacino  $A$  e il coefficiente di laminazione  $\varepsilon$ :

$$Q = \varepsilon \Phi i A$$

In accordo con le suddette linee guida è stato calcolato il coefficiente di ragguaglio della precipitazione all’area del bacino secondo le formule:

$$r = 1 - (0.0394 \cdot A^{0.354})d^{(-0.40+0.0208 \ln(4.6-\ln(A)))} \text{ per } A < 20 \text{ km}^2$$

$$r = 1 - (0.0394 \cdot A^{0.354})d^{(-0.40+0.003832 \ln(4.6-\ln(A)))} \text{ per } A > 20 \text{ km}^2$$

Il metodo prevede il calcolo dell'intensità di precipitazione  $i$  per una durata pari al tempo di corrivazione  $t_c$ . Il **tempo di corrivazione** è stato valutato attraverso un confronto critico tra i risultati delle formulazioni riportate nella Tabella seguente.

Tabella 1 - Formule per il calcolo dei tempi di corrivazione

SCS	$t_c = 1.67 \cdot \frac{100L^{0.8} \cdot [(1000/CN) - 9]^{0.7}}{1900 \cdot \sqrt{i_b}}$ <p><math>L</math> = lunghezza asta principale in piedi, <math>i_b</math> = pendenza media del bacino in %, <math>CN</math> = curve number</p>	[minuti]
GIANDOTTI	$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 15 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H_m - H_0}}$ <p><math>H_0</math> = quota sez. chiusura in m, <math>H_m</math> = quota media del bacino in m  <math>A</math> = area del bacino in Km<sup>2</sup>, <math>L</math> = lunghezza asta principale in Km</p>	[Ore]
PASINI	$t_c = 0.108 \cdot \frac{\sqrt[3]{A \cdot L}}{\sqrt{J_m}}$ <p><math>A</math> = area del bacino in Km<sup>2</sup>, <math>L</math> = lunghezza asta principale in Km,  <math>J_m</math> = pendenza media del reticolo idrografico</p>	[Ore]
VAPI	$t_c = 0.212 \cdot A^{0.231} \cdot \left( \frac{H_m - H_0}{J_m} \right)^{0.289}$ <p><math>A</math> = area del bac. in Km<sup>2</sup>, <math>J_m</math> = pend. media del reticolo idrografico  <math>H_0</math> = quota sezione chiusura, <math>H_m</math> = quota media del bacino</p>	[Ore]
KIRPICH	$t_c = 0.000325 \cdot L^{0.77} \cdot i_b^{-0.385}$ <p><math>L</math> = lunghezza asta principale in piedi, <math>i_b</math> = pendenza media del bacino in %,</p>	[Ore]
VIPARELLI	$t_c = \frac{L}{3600 \cdot v_m}$ <p><math>L</math> = lunghezza asta principale in piedi, <math>v_m</math> = velocità media della corrente (imposta 1.5 m/s)</p>	[Ore]

La formula SCS richiede la valutazione del parametro di assorbimento CN (curve number). I valori di questo parametro sono stati determinati per le sezioni idrologiche d'interesse facendo riferimento alla metodologia SCS-CN in funzione della tipologia pedologica e di uso del suolo del bacino in esame. Operando a favore di sicurezza, si è scelta la classe di uso del suolo "D" con il più alto potenziale di scorrimento e una bassissima capacità di infiltrazione.

Al fine di ricavare il Curve Number medio di ciascun sottobacino si è effettuata l'analisi della carta dell'uso del suolo della regione Sardegna pubblicata nell'anno 2008 e reperita presso il sito comprendente la cartografia ufficiale della regione Sardegna <http://sardegna.territorio.it>.

La vegetazione, o l'uso del suolo in senso lato, esercita una grande influenza sui processi idrologici analizzati alla scala di bacino: da essa dipendono i volumi di precipitazione intercettati e quelli evapotraspirati, ed essa stessa è un fattore primario nella determinazione del comportamento idrologico e idraulico degli strati di suolo più superficiali, soprattutto in relazione alla conducibilità idrica o permeabilità. La disponibilità di una carta dell'uso del suolo che sia la più accurata possibile si rivela, quindi, fondamentale ai fini di fornire adeguati input ai modelli di previsione idrologica.

La stesura della carta d'uso del suolo è avvenuta principalmente attraverso due fasi: l'individuazione delle classi di vegetazione secondo la classificazione CORINE (*COoRdination of INformation on Environment*) e la verifica della perimetrazione delle stesse su cartografia digitale. All'interno delle classi d'uso del suolo sono state incluse le tipologie di vegetazione che potessero avere caratteristiche il più possibile omogenee: occorre comunque considerare che, nella definizione di classe, si è tenuto conto solo parzialmente dei criteri botanici, mentre si è data maggior enfasi alle influenze della vegetazione sul ciclo idrologico, sia in termini di volume di pioggia intercettati, sia in termini di indici di scabrezza.

Nell'ambito del progetto CORINE Land Cover, è stata realizzata una cartografia della copertura del suolo, con una legenda di 44 voci su 3 livelli gerarchici, riferita ad unità spaziali omogenee o composte da zone elementari appartenenti ad una stessa classe, di superficie significativa rispetto alla scala, nettamente distinte dalle unità che le circondano e sufficientemente stabili per essere destinate al rilevamento di informazioni più dettagliate. Il primo dei livelli gerarchici comprende 5 voci generali che abbracciano le maggiori categorie di copertura sul pianeta, ovvero territori modellati artificialmente, territori agricoli, territori boscati e ambienti semi-naturali, zone umide e corpi idrici. Il secondo livello contiene 15 voci ed il terzo 44 voci. Questi ultimi sono rappresentabili in scala di dettaglio. La conoscenza dettagliata degli utilizzi del suolo è impiegata nel presente studio per diversi scopi. La discriminazione in zone con diverso utilizzo del suolo è utile nella stima degli indici di scabrezza e nella determinazione delle caratteristiche idrologiche di infiltrazione superficiale.

I valori di CN(II) per la categoria di suolo D adottati per ogni classe presente all'interno della carta dell'uso del suolo sono elencati nella seguente tabella:

**Tabella 2 - Valori del CNII associati alle diverse categorie di uso del suolo**

TIPOLOGIA DI TERRENO	CNII
Arboricoltura con essenze forestali di latifoglie	83
Aree a pascolo naturale	89
Aree a ricolonizzazione artificiale	89
Aree a ricolonizzazione naturale	89
Aree aeroportuali ed eliporti	98
Aree agroforestali	83
Aree archeologiche	93

TIPOLOGIA DI TERRENO	CNII
Aree con vegetazione rada	89
Aree estrattive	85
Aree portuali	98
Aree prevalentemente occupate da coltura agrarie con presenza di spazi naturali importanti	89
Aree verdi urbane	84
Bacini artificiali	100
Boschi di conifere	83
Boschi di latifoglie	83
Boschi misti di conifere e latifoglie	83
Campeggi, aree sportive e parchi di divertimento	84
Cantieri	93
Cimiteri	84
Colture in serra	86
Colture temporanee associate ad altre colture permanenti (pascoli e seminativi arborati con copertura d	89
Colture temporanee associate al vigneto	89
Colture temporanee associate all'olivo	89
Discariche	93
Fiumi, torrenti e fossi	100
Formazioni di ripa non arboree	86
Formazioni vegetali basse e chiuse, stabili, composte principalmente di cespugli, arbusti e piante erba	86
Frutteti e frutti minori	89
Gariga	89
Impianti a servizio delle reti di distribuzione (telecomunicazioni/energia/idriche)	98
Insedimenti industriali/artigianali e commerciali, con spazi annessi	98
Insedimento di grandi impianti di servizi	98
Lagune, laghi e stagni costieri a produzione ittica naturale	100
Letti di torrenti di ampiezza superiore a 25 m	100
Macchia mediterranea	83
Oliveti	89
Paludi interne	100
Paludi salmastre	100
Pareti rocciose e falesie	98
Pioppeti, saliceti, eucalitteti ecc anche in formazioni miste	83
Prati artificiali	78
Prati stabili	78

TIPOLOGIA DI TERRENO	CNII
Reti ferroviarie comprese le superfici annesse (stazioni, smistamenti, depositi ecc)	98
Reti stradali e spazi accessori (svincoli, stazioni di servizio, aree di parcheggio ecc)	98
Seminativi in aree non irrigue	89
Seminativi semplici e colture orticole a pieno campo	91
Sistemi colturali e particellari complessi	89
Spiagge di ampiezza superiore a 25 m	98
Sugherete (popolamenti puri di querce da sughera con copertura >25% con evidenti cure colturali)	83
Tessuto agro-residenziale sparso e fabbricati rurali a carattere tipicamente agricolo o rurale	85
Tessuto discontinuo (extraurbano)	85
Tessuto residenziale compatto e denso	92
Tessuto residenziale rado	85
Vigneti	89
Vivai	86

Estrapolate le diverse tipologie di aree all'interno di ogni sottobacino, è stata effettuata una media pesata (con peso il valore in mq dell'area di uso del suolo omogeneo) al fine di definire il CN(II) medio con la seguente formula:

$$CN(II)_{medio} = \frac{\sum CN(II)_i \cdot A_i}{\sum A_i}$$

nella quale  $CN(II)_i$  è il valore del CN(II) riguardante l'iesima area a cui è associato uno specifico uso del suolo, mentre  $A_i$  è il valore dell'area stessa in mq.

Tali valori sono stati poi cautelativamente incrementati relazionandoli allo stato di imbibizione del terreno prima dell'evento di piena. Si è considerata infatti la presenza di una pioggia superiore a 50 mm nei 5 giorni antecedenti l'evento di piena (classe A.M.C. III – pioggia totale nei cinque giorni precedenti l'evento). Il nuovo valore di CN, che tiene conto di tale considerazioni, è denominato CN(III). La formula che lega il CN(II) al CN(III) è la seguente (formulazione di Chow - Applied Hydrology):

$$CN(III) = \frac{23 \cdot CN(II)}{10 + 0.13 \cdot CN(II)}$$

Sono stati così ottenuti i valori del CN effettivamente utilizzati per il calcolo dei tempi di corrivazione per i diversi bacini analizzati, ovvero quelli che prevedono il terreno in condizioni di massima saturazione<sup>2</sup>. Le

---

<sup>2</sup> Il valore del CN III è stato altresì calcolato anche con le Formulazioni di Arnold, Hawkins e Sobhani, riscontrando valori molto simili.

altre grandezze geometriche necessarie a definire il tempo di corrivazione per le quattro formulazioni utilizzate, sono state ricavate attraverso l'elaborazione cartografica con GIS open source del modello digitale del terreno (*D.E.M. Digital Elevation Model*) con celle di passo 1 m della Regione Sardegna.

In particolare sono state ricavate le seguenti grandezze geometriche:

- superficie del bacino: espressa in Km<sup>2</sup> valutata come area del poligono chiuso che definisce ciascun bacino idrografico;
- altitudine massima, media e minima: espresse in metri sono state valutate sulla base dell'analisi del DEM
- lunghezza dell'asta: espressa in m, è stata valutata con l'ausilio dello strato rappresentante l'idrografia della regione Sardegna presente sul database multi precisione consultabile nel sito [www.sardegna territorio.it](http://www.sardegna territorio.it)

Con l'ausilio di tale carta digitale è stato possibile ricavare le seguenti grandezze geometriche:

- pendenza media del bacino: espressa in % è stata ottenuta come media matematica delle pendenze delle differenti celle contenute all'interno dei poligoni rappresentanti ciascun bacino;
- pendenza media dell'asta: espressa in m/m ottenuta dall'intersezione tra lo *shape* contenente le aste fluviali e la carta delle pendenze.

Dall'analisi dei risultati ottenuti per il calcolo del **tempo di corrivazione** con le formule utilizzate e illustrate nella tabella sono stati adottati i valori ottenuti con la **Formula di Kirpich** (bacini di estensione minore) e **SCS** (bacino di estensione maggiore), che hanno mostrato i valori inferiori e al contempo le condizioni di applicabilità in relazione ai diversi parametri morfometrici e dimensionali. Il valore del coefficiente di assorbimento o di deflusso  $\Phi$  è stato calcolato con il metodo del SCS- Curve Number<sup>3</sup> che permette di ricavare la pioggia netta:

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I_a)^2}{(h_{lorda} + S - I_a)}$$

dove  $h_{lorda}$  è la pioggia stimata dalle curve di possibilità pluviometrica, S (in mm) rappresenta l'assorbimento del bacino, espresso dalla relazione:

$$S = 254 \cdot \left( \frac{100}{CN} - 1 \right)$$

e  $I_a$  è l'assorbimento iniziale, legato empiricamente al parametro S dalla relazione:

$$I_a = 0.2 S.$$

---

<sup>3</sup> U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE – SOIL CONSERVATION SERVICE, SCS National Engineering Handbook, Section 4, Hydrology, pp. 10.1÷24, Washington, D.C., U.S.A., 1972.

Di seguito si riporta una tabella esplicativa con i parametri caratteristici del bacino idrografico, altezza di pioggia netta e, infine, le portate adottate.

Bacino Usini		TR	10	15	20	25
Lunghezza asta	L	m	667	667	667	667
Curve Number	CN	-	94.81	94.81	94.81	94.81
Pend.za media bac.	i <sub>bac</sub>	-	0.1116	0.1116	0.1116	0.1116
Area bacino	A	kmq	0.1	0.1	0.1	0.1
Altitudine massima	H <sub>max</sub>	m slm	211.03	211.03	211.03	211.03
Altitudine media	H <sub>med</sub>	m slm	200.07	200.07	200.07	200.07
Altitudine minima	H <sub>min</sub>	m slm	185.99	185.99	185.99	185.99
Pend.za media asta	iret	m/m	0.0333	0.0333	0.0333	0.0333
	SCS	(ore)	0.168	0.168	0.168	0.168
	GIANDOTTI	(ore)	0.755	0.755	0.755	0.755
	PASINI	(ore)	0.240	0.240	0.240	0.240
	VAPI	(ore)	1.539	1.539	1.539	1.539
	VENTURA	(ore)	0.220	0.220	0.220	0.220
	PEZZOLI	(ore)	0.201	0.201	0.201	0.201
	KIRPICH	(ore)	0.113	0.113	0.113	0.113
	VIPARELLI	(ore)	0.185	0.185	0.185	0.185
	tc adott.		KIRPICH			
		(ore)	0.113	0.113	0.113	0.113
Tempi di ritorno	T	(anni)	50	100	200	500
Dati pluviometrici	Pgiorn.	(mm)	45	45	45	45
	Sottozona		2	2	2	2
Altezza di pioggia	n1	-	0.29392916	0.29392916	0.29392916	0.2939292
	a1	-	19.9569636	19.9569636	19.9569636	19.956964
	n2 (ADOTTATO)	-	0.020887	0.050110	0.06950984	0.0837957
	a2 (ADOTTATO)	-	1.52352	1.71399791	1.84914415	1.9539717
	n (ADOTTATO)	-	0.31481616	0.34403868	0.363439	0.3777248
	a (ADOTTATO)	-	30.4048332	34.206194	36.9033025	38.995342
	h (ADOTTATO)	(mm)	15.306	16.157	16.709	17.114
	Coeff.Ragg (ADOTTATO)	-	0.962	0.962	0.962	0.962
	h r (ADOTTATO)	(mm)	14.721	15.539	16.070	16.460
	S	(mm)	13.904	13.904	13.904	13.904
	la	(mm)	2.781	2.781	2.781	2.781
	Pnetta (ADOTTATO)	(mm)	5.516	6.105	6.494	6.784
	Coef.defl. (ADOTTATO)	-	0.360	0.378	0.389	0.396
PORTATE DI PIENA	Qpicco (SCS)	(mc/s)	1.693	1.909	2.131	2.452
	Qpicco (GIANDOTTI)	(mc/s)	0.986	1.166	1.347	1.591
	Qpicco (PASINI)	(mc/s)	1.516	1.731	1.950	2.258
	Qpicco (VAPI)	(mc/s)	0.669	0.793	0.917	1.084
	Qpicco (VENTURA)	(mc/s)	1.559	1.775	1.995	2.307
	Qpicco (PEZZOLI)	(mc/s)	1.604	1.820	2.041	2.357
	Qpicco (KIRPICH)	(mc/s)	1.878	2.085	2.303	2.631
	Qpicco (VIPARELLI)	(mc/s)	1.644	1.860	2.082	2.400
	Qpicco (ADOTTATO)	(mc/s)	1.356	1.501	1.596	1.667

Con le portate calcolate per i bacini suindicati, sono state effettuate le simulazioni in moto permanente per i tempi di ritorno studiati.

### **3 STUDIO IDRAULICO: DIMENSIONAMENTO DELLA RETE DI DRENAGGIO**

#### **3.1 Premessa**

Il presente paragrafo illustra il procedimento adottato per il dimensionamento e la verifica della rete di drenaggio delle acque meteoriche da realizzare nell'ambito dell'intervento denominato "Interventi urgenti di raccolta e smaltimento acque meteoriche del quartiere Santa Maria - 1° stralcio funzionale". Con l'intervento si intende realizzare il collettore terminale che consentirà lo smaltimento delle acque di ruscellamento da recapitare verso il corpo idrico individuato nella strato informativo del database geotopografico regionale e censito come "Fiume 72868" a Nord del centro abitato in prossimità dell'attuale sfioratore in zona *Corrau – Corraeddu*.

La rete di drenaggio in progetto è stata dimensionata e verificata in modo tale da garantire il corretto smaltimento delle portate meteoriche in condizioni di piena sicurezza idraulica, nel rispetto dunque delle normative e delle linee guida tecniche vigenti in materia.

Le verifiche idrauliche condotte, hanno evidenziato che l'infrastruttura è in grado di assicurare il regolare deflusso delle acque meteoriche corrispondenti ad una portata di 1,682 m<sup>3</sup>/s, valore di portata corrispondente ad un tempo di ritorno pari a **25 anni**.

Tale configurazione consente alla rete di operare entro i limiti di sicurezza previsti, evitando fenomeni di rigurgito, allagamento o sovraccarico delle condotte, e garantendo quindi un adeguato livello di efficienza e affidabilità del sistema di drenaggio nel tempo.

#### **3.2 Il software SWMM**

Il Storm Water Management Model (SWMM) è un modello di simulazione idrologica e idraulica a comportamento dinamico, sviluppato dalla U.S. Environmental Protection Agency (EPA), progettato per l'analisi di sistemi di drenaggio urbano. Il software consente di simulare sia eventi meteorici singoli sia scenari in regime continuo (modellazione a lungo termine), con particolare attenzione alla gestione delle acque meteoriche e al trasporto di inquinanti. Il modello è strutturato in due componenti principali:

- *Componente idrologica (afflussi-deflussi):*

Questa sezione del modello rappresenta le aree urbane come un insieme di sottobacini idrologici. A ciascun sottobacino è possibile assegnare caratteristiche fisiche (superfici permeabili e impermeabili, pendenze, coefficienti di deflusso, ecc.) e parametri meteorologici. Le precipitazioni ricadenti generano un idrogramma di deflusso superficiale, che viene poi convogliato verso la rete di drenaggio. È inoltre possibile simulare il lavaggio degli inquinanti superficiali (wash-off) e il loro trasporto iniziale.

- *Componente idraulica (trasporto e propagazione del deflusso):*

In questa fase, il deflusso generato nei sottobacini viene immesso nella rete di drenaggio, composta da condotte, pozzetti, vasche di accumulo, sfioratori e altri elementi. Il modello calcola la propagazione del flusso all'interno della rete, restituendo in uscita variabili come la portata, il livello idrico (battente) e, se richiesto, la concentrazione di inquinanti nei vari nodi e condotte.

La propagazione del deflusso all'interno della rete può essere simulata sia in regime di moto permanente che in regime di moto vario; per quest'ultimo SWMM offre due approcci computazionali alternativi:

- *Kinematic Wave (Onda Cinematica):*

Questo metodo risolve una forma semplificata delle equazioni di Saint-Venant, trascurando l'inerzia e la pressione idrostatica, e assumendo che il flusso sia sempre in moto uniforme o gradualmente variato. È adatto a reti semplici, con pendenze costanti e assenza di rigurgiti, sovrappressioni, flussi inversi o nodi con condizioni complesse (reti ramificate o chiuse). Pur essendo più efficiente dal punto di vista computazionale, non consente di rappresentare fenomeni idraulici complessi.

- *Dynamic Wave (Onda Dinamica):*

Questo approccio risolve l'intero sistema di equazioni di Saint-Venant (bilancio di massa e quantità di moto), consentendo la simulazione accurata di flussi transitori, rigurgiti, condizioni di flusso in pressione, effetti di backwater e di piena rete. È adatto per reti complesse e per analisi in cui è necessario valutare il comportamento idraulico reale, inclusa la possibilità di insufficienze idrauliche e sversamenti dalle condotte.

Sebbene il metodo Dynamic Wave richieda tempi di calcolo maggiori a causa della necessità di passi temporali più ridotti per mantenere la stabilità numerica, esso offre una rappresentazione più realistica del sistema e consente di analizzare scenari critici, inclusa la quantificazione dei volumi eventualmente sversati.

Nel presente studio è stato adottato il regime di moto permanente per la simulazione delle condizioni di esercizio.

### 3.3 Descrizione plano-altimetrica della rete di drenaggio

La rete di drenaggio, come rappresentato nella planimetria riportata nella Figura 9, ha origine dal pozzetto di testata localizzato in via Emanuela Loi, il quale presenta una quota altimetrica assoluta, rilevabile dal digital terrain model con passo 1m, pari a 189.41 m s.l.m. Il primo tratto della rete si sviluppa attraversando una proprietà privata; considerata la necessità di minimizzare le interferenze e gli interventi all'interno della suddetta area, si prevede l'impiego della tecnica di posa mediante spingitubo. Tale metodologia consente la realizzazione del tratto fognario senza scavi a cielo aperto, riducendo quindi la necessità di ripristini superficiali. Dal punto di vista tecnico, la tecnica dello spingitubo impone di mantenere pendenze longitudinali contenute, in quanto il fronte di scavo deve essere perforato con un'inclinazione ridotta.

Nel caso in esame, la quota del terreno a valle della proprietà privata presenta un dislivello di circa 3.70 desumibile anch'essa da DTM 1m, pari a 186.23 m s.l.m. Avendo dunque un'importante dislivello, risulta necessario posare in profondità il pozzetto di testa della rete di drenaggio, ubicato in via Emanuela Loi.

La restante parte della rete di smaltimento delle acque meteoriche si estende principalmente lungo i confini di lotti destinati ad uso agricolo. La rete attraverserà la strada comunale "Via Alessandro Volta" e proseguirà infine fino al recapito finale individuato nel corso d'acqua identificato con codice 72868, avente quota di scarico pari a 172.39 m s.l.m.

Nel complesso, la configurazione della rete garantisce una pendenza media adeguata al corretto deflusso delle acque, limitando nel contempo la profondità degli scavi e gli interventi in aree sensibili, nel rispetto dei criteri di economicità e sostenibilità tecnica dell'opera.

Relativamente ai materiali costituenti le condotte, si fa presente che il primo ramo della rete, essendo realizzato con tecnica spingitubo, sarà pertanto in calcestruzzo, con diametro interno pari a 1000 [mm], e diametro esterno pari a 1290 [mm]. I successivi due tratti, sono realizzati con tubi corrugati a doppia parete di polietilene alta densità (pead), lisci internamente e corrugati esternamente. Si prevede per questi di adottare una rigidità anulare SN4. Tali tratti avranno un DE pari a 1000 [mm], che si traduce in un diametro interno di 855 [mm]. Per il resto della rete invece, fino al recapito finale, si prevede un DE pari ad 800 [mm], corrispondente ad un diametro interno di 678 [mm].



Figura 9 : Planimetria della rete di drenaggio

## 4 MODELLO MATEMATICO DELLA RETE

La Figura 10 illustra l'implementazione del modello matematico della rete di drenaggio all'interno del software SWMM, utilizzato per la simulazione idraulica del sistema in esame.

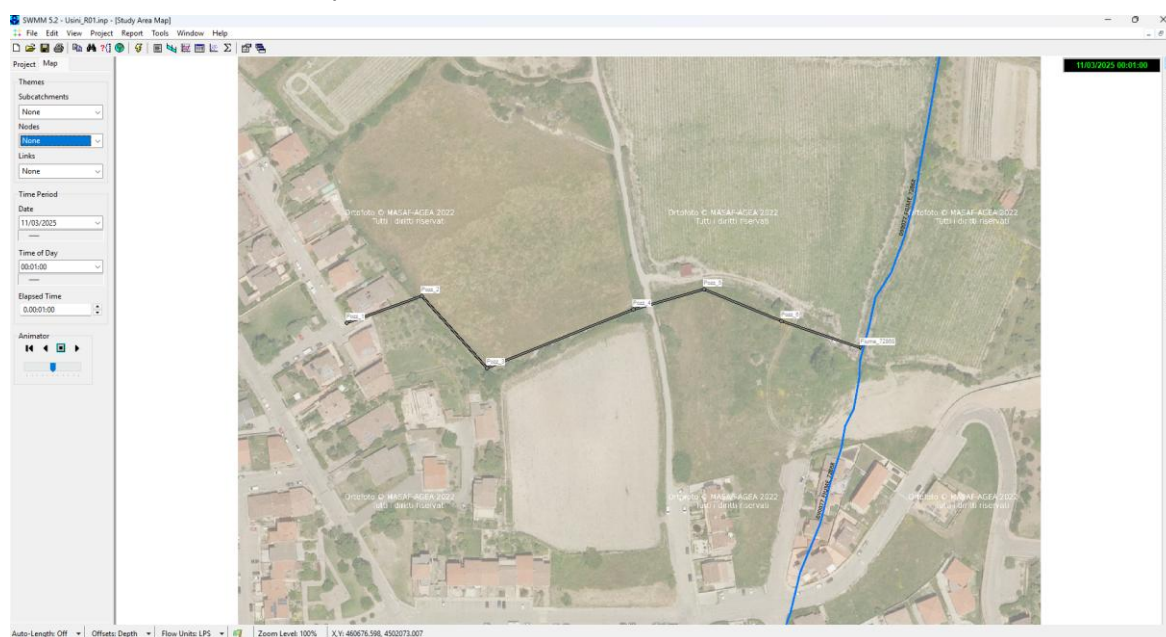


Figura 10 : Implementazione del modello matematico nel software SWMM

Nelle tabelle riportate di seguito sono invece presentati i principali parametri costruttivi e geometrici che caratterizzano la rete modellata, con particolare riferimento alle quote di scorrimento dei pozzetti e alle caratteristiche geometriche delle condotte impiegate nel modello.

	Quota scorrimento [m s.l.m.]
Pozzetto 1	184.49
Pozzetto 2	183.85
Pozzetto 3	183.00
Pozzetto 4	181.40
Pozzetto 5	179.60
Pozzetto 6	175.60

Figura 11 : Quote di scorrimento dei pozzetti

	Lunghezza [m]	Diametro Interno [mm]	Manning [mm]
Condotta 1	41.73	1000	0.022
Condotta 2	50.72	855	0.012
Condotta 3	82.39	855	0.012
Condotta 4	38.47	678	0.012
Condotta 5	43.78	678	0.012
Condotta 6	43.83	678	0.012

Figura 12 : Parametri geometrici delle condotte in progetto

È opportuno evidenziare che le lunghezze delle condotte riportate in Figura 12 risultano lievemente superiori rispetto a quelle effettivamente presenti nella realtà. Tale discrepanza è dovuta alla modalità di rappresentazione adottata dal software, che schematizza i pozzetti come elementi puntuali. Di conseguenza, non è possibile modellare l'interruzione della condotta all'interno del pozzetto, comportando un lieve incremento delle lunghezze complessive delle tratte.

Come già illustrato nella precedente analisi idrologica, il calcolo idraulico è stato condotto assumendo una portata di progetto pari a 1,682 m<sup>3</sup>/s, corrispondente ad un tempo di ritorno di 25 anni. Questo valore rappresenta la portata di riferimento per la verifica del corretto dimensionamento e del comportamento idraulico dell'intera rete di drenaggio.

## 5 VERIFICHE IDRAULICHE DELLA RETE DI DRENAGGIO

Nell'ambito della verifica della rete di smaltimento delle acque meteoriche, sono stati osservati i seguenti vincoli progettuali:

- Velocità minima del flusso  $\geq 0,50$  m/s, al fine di prevenire fenomeni di sedimentazione solida e favorire l'effetto autopulente delle condotte;
- Velocità massima del flusso  $\leq 5,00$  m/s, in conformità a quanto disposto dalla Circolare del

Ministero dei Lavori Pubblici n. 11633 del 07/01/1974, per contenere i fenomeni di abrasione interna e degrado delle superfici di scorrimento;

- Grado di riempimento massimo  $\leq 80\%$  del diametro utile interno, per garantire il regime di moto a pelo libero ed evitare il manifestarsi di sovrappressioni o flussi in pressione.
- In tabella seguente vengono riportate le verifiche relative al massimo riempimento e le massime velocità raggiunte in condotta. In particolare nella colonna Max/Full Depth vengono riportate, in rapporto all'unità, i gradi di riempimento delle condotte.

Si noti che le verifiche rispetto al grado di riempimento, evidenziate in

Link	Type	Maximum [Flow] LPS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum [Velocity] m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
Cond_1	CONDUIT	1682.00	0	00:00	2.54	0.96	0.79
Cond_2	CONDUIT	1682.00	0	00:00	4.24	0.77	0.66
Cond_3	CONDUIT	1682.00	0	00:00	4.50	0.71	0.62
Cond_4	CONDUIT	1682.00	0	00:00	5.63	0.94	0.77
Cond_5	CONDUIT	1682.00	0	00:00	7.72	0.64	0.58
Cond_7	CONDUIT	1682.00	0	00:00	6.11	0.86	0.71

Figura 13, nella colonna “Max/ Full Depth” porgono esito positivo, in quanto come visibile, si registrano valori inferiori all'80% per la portata corrispondente al tempo di ritorno fissato in 25 anni.

Link	Type	Maximum [Flow] LPS	Day of Maximum Flow	Hour of Maximum Flow	Maximum [Velocity] m/sec	Max / Full Flow	Max / Full Depth
Cond_1	CONDUIT	1682.00	0	00:00	2.54	0.96	0.79
Cond_2	CONDUIT	1682.00	0	00:00	4.24	0.77	0.66
Cond_3	CONDUIT	1682.00	0	00:00	4.50	0.71	0.62
Cond_4	CONDUIT	1682.00	0	00:00	5.63	0.94	0.77
Cond_5	CONDUIT	1682.00	0	00:00	7.72	0.64	0.58
Cond_7	CONDUIT	1682.00	0	00:00	6.11	0.86	0.71

Figura 13 : Tabella in esito al calcolo della rete di smaltimento

Relativamente al campo delle velocità, si osserva che solo in alcuni tratti della rete si registrano valori elevati di velocità, nell'ordine dei 8 [m/s]. Tuttavia si considera che le condotte e i pozzetti non sono soggetti ad abrasione continua, poiché le condizioni di carico e velocità elevate sono transitorie e limitate nel tempo e si manifestano con l'evento meteorico di progetto. In scenari di eventi meteorici più frequenti e, pertanto, statisticamente meno intensi, le portate e, di conseguenza, le velocità di deflusso nella rete risulteranno inferiori, riducendo di fatto il rischio di usura e di danneggiamento dei materiali. Questa condizione conferisce alle condotte una maggiore capacità di resistere agli stress meccanici e alle sollecitazioni idrauliche, garantendo una durabilità superiore nel tempo. Si considera dunque che anche in merito alla verifica sul campo delle velocità, essa debba ritenersi soddisfatta.

Per completezza si allegano nelle figure seguenti le planimetrie della rete contenenti la portata massima durante l'evento meteorico di progetto, le pendenze delle condotte, i gradi di riempimento e le quote di scorrimento dei pozzetti. Si riporta inoltre il profilo della rete in esercizio con la portata corrispondente all'evento meteorico di progetto.

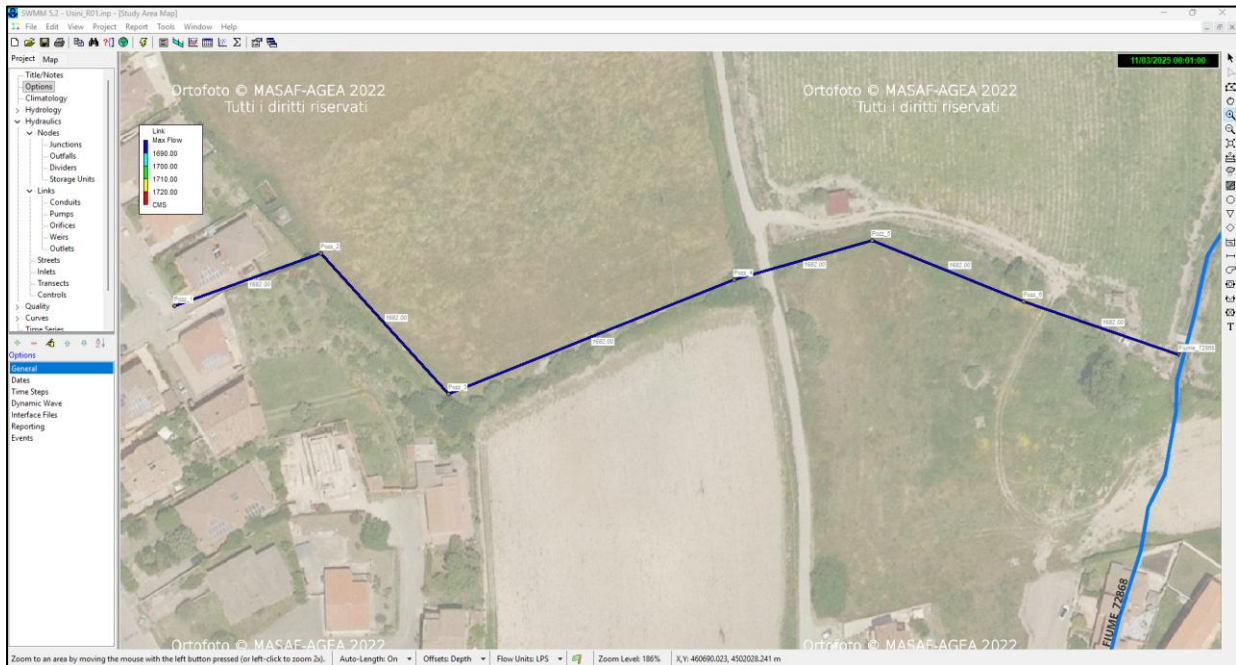


Figura 14 : Massima portata registrata in rete



Figura 15 : Pendenza delle condotte, espressa in %



Figura 16 : Massima velocità registrata in condotta espressa in m/s



Figura 17 : Massimo grado di riempimento in condotta



Figura 18 : Quote di scorrimento dei pozzetti

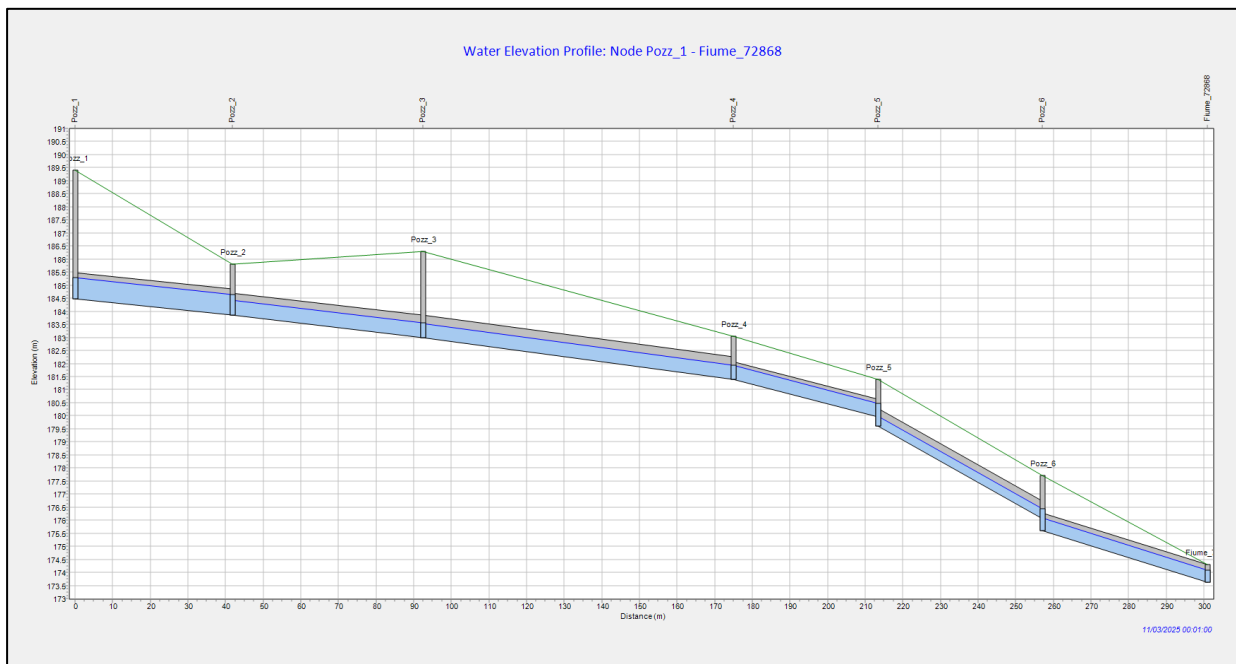


Figura 19 : Profilo idraulico delle condotte in esercizio con portata corrispondente a TR 25 anni

## 6 REPORT NUMERICO DI CALCOLO DEL SOFTWARE SWMM

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.2 (Build 5.2.4)

test

\*\*\*\*\*

Analysis Options

\*\*\*\*\*

Flow Units ..... LPS

Process Models:

*Studio di compatibilità Idraulica – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA*

Rainfall/Runoff ..... NO  
 RDII ..... NO  
 Snowmelt ..... NO  
 Groundwater ..... NO  
 Flow Routing ..... YES  
 Ponding Allowed ..... NO  
 Water Quality ..... NO  
 Flow Routing Method ..... STEADY  
 Starting Date ..... 11/03/2025 00:00:00  
 Ending Date ..... 11/10/2025 00:00:00  
 Antecedent Dry Days ..... 0.0  
 Report Time Step ..... 00:01:00  
 Routing Time Step ..... 20.00 sec

	Volume hectare-m	Volume 10 <sup>6</sup> ltr
Flow Routing Continuity	-----	-----
Dry Weather Inflow .....	0.000	0.000
Wet Weather Inflow .....	0.000	0.000
Groundwater Inflow .....	0.000	0.000
RDII Inflow .....	0.000	0.000
External Inflow .....	101.725	1017.261
External Outflow .....	101.725	1017.261
Flooding Loss .....	0.000	0.000
Evaporation Loss .....	0.000	0.000
Exfiltration Loss .....	0.000	0.000
Initial Stored Volume ....	0.000	0.000
Final Stored Volume .....	0.000	0.000
Continuity Error (%) .....	0.000	

\*\*\*\*\*  
 Highest Flow Instability Indexes  
 \*\*\*\*\*  
 All links are stable.

\*\*\*\*\*  
 Routing Time Step Summary  
 \*\*\*\*\*  
 Minimum Time Step : 20.00 sec  
 Average Time Step : 20.00 sec  
 Maximum Time Step : 20.00 sec  
 % of Time in Steady State : 0.00  
 Average Iterations per Step : 1.00  
 % of Steps Not Converging : 0.00

\*\*\*\*\*  
 Analysis begun on: Thu Nov 6 12:50:04 2025  
 Analysis ended on: Thu Nov 6 12:50:04 2025  
 Total elapsed time: < 1 sec

EPA STORM WATER MANAGEMENT MODEL - VERSION 5.2 (Build 5.2.4)

---

test

\*\*\*\*\*  
 Analysis Options  
 \*\*\*\*\*  
 Flow Units ..... LPS  
 Process Models:  
 Rainfall/Runoff ..... NO  
 RDII ..... NO  
 Snowmelt ..... NO  
 Groundwater ..... NO  
 Flow Routing ..... YES  
 Ponding Allowed ..... NO  
 Water Quality ..... NO

Studio di compatibilità Idraulica – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

Flow Routing Method ..... STEADY  
 Starting Date ..... 11/03/2025 00:00:00  
 Ending Date ..... 11/10/2025 00:00:00  
 Antecedent Dry Days ..... 0.0  
 Report Time Step ..... 00:01:00  
 Routing Time Step ..... 20.00 sec

```

*****
Flow Routing Continuity      Volume      Volume
                             hectare-m    10^6 ltr
*****
Dry Weather Inflow .....    0.000    0.000
Wet Weather Inflow .....    0.000    0.000
Groundwater Inflow .....    0.000    0.000
RDII Inflow .....          0.000    0.000
External Inflow .....      101.725    1017.261
External Outflow .....     101.725    1017.261
Flooding Loss .....        0.000    0.000
Evaporation Loss .....     0.000    0.000
Exfiltration Loss .....     0.000    0.000
Initial Stored Volume ....    0.000    0.000
Final Stored Volume .....    0.000    0.000
Continuity Error (%) .....    0.000
  
```

```

*****
Highest Flow Instability Indexes
*****
All links are stable.
  
```

```

*****
Routing Time Step Summary
*****
Minimum Time Step      : 20.00 sec
Average Time Step      : 20.00 sec
Maximum Time Step      : 20.00 sec
% of Time in Steady State : 0.00
Average Iterations per Step : 1.00
% of Steps Not Converging : 0.00
  
```

```

*****
Node Depth Summary
*****
  
```

Node	Type	Average Depth Meters	Maximum Depth Meters	Maximum HGL Meters	Time of Max Occurrence days hr:min	Reported Max Depth Meters
Pozz_1	JUNCTION	0.79	0.79	185.28	0 00:00	0.79
Pozz_2	JUNCTION	0.79	0.79	184.64	0 00:00	0.79
Pozz_3	JUNCTION	0.56	0.56	183.56	0 00:00	0.56
Pozz_4	JUNCTION	0.53	0.53	181.93	0 00:00	0.53
Pozz_5	JUNCTION	0.87	0.87	180.47	0 00:00	0.87
Pozz_6	JUNCTION	0.84	0.84	176.44	0 00:00	0.84
Fiume_72868	OUTFALL	0.48	0.48	174.09	0 00:00	0.48

```

*****
Node Inflow Summary
*****
  
```

Node	Type	Maximum Lateral Inflow LPS	Maximum Total Inflow LPS	Maximum Time of Max Occurrence days hr:min	Lateral Inflow Volume 10^6 ltr	Total Inflow Volume 10^6 ltr	Flow Balance Error Percent
Pozz_1	JUNCTION	1682.00	1682.00	0 00:00	1.02e+03	1.02e+03	0.000
Pozz_2	JUNCTION	0.00	1682.00	0 00:00	0	1.02e+03	0.000

*Studio di compatibilità Idraulica – RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA*

Pozz_3	JUNCTION	0.00	1682.00	0 00:00	0	1.02e+03	0.000
Pozz_4	JUNCTION	0.00	1682.00	0 00:00	0	1.02e+03	0.000
Pozz_5	JUNCTION	0.00	1682.00	0 00:00	0	1.02e+03	0.000
Pozz_6	JUNCTION	0.00	1682.00	0 00:00	0	1.02e+03	0.000
Fiume_72868	OUTFALL	0.00	1682.00	0 00:00	0	1.02e+03	0.000

\*\*\*\*\*

## Node Flooding Summary

\*\*\*\*\*

No nodes were flooded.

\*\*\*\*\*

## Outfall Loading Summary

\*\*\*\*\*

Outfall Node	Flow Freq Pcnt	Avg Flow LPS	Max Flow LPS	Total Volume 10^6 ltr
Fiume_72868	100.00	1682.00	1682.00	1017.257
System	100.00	1682.00	1682.00	1017.257

\*\*\*\*\*

## Link Flow Summary

\*\*\*\*\*

Link	Type	Maximum  Flow  LPS	Time of Max Occurrence days hr:min	Maximum  Veloc  m/sec	Maximum Full Flow	Max/ Full Depth
Cond_1	CONDUIT	1682.00	0 00:00	2.54	0.96	0.79
Cond_2	CONDUIT	1682.00	0 00:00	4.24	0.77	0.66
Cond_3	CONDUIT	1682.00	0 00:00	4.50	0.71	0.62
Cond_4	CONDUIT	1682.00	0 00:00	5.63	0.94	0.77
Cond_5	CONDUIT	1682.00	0 00:00	7.72	0.64	0.58
Cond_7	CONDUIT	1682.00	0 00:00	6.11	0.86	0.71

\*\*\*\*\*

## Conduit Surcharge Summary

\*\*\*\*\*

No conduits were surcharged.

Analysis begun on: Thu Nov 6 12:50:04 2025

Analysis ended on: Thu Nov 6 12:50:04 2025

Total elapsed time: &lt; 1 sec