



COMUNE DI MONTE ARGENTARIO Provincia di Grosseto



Rifacimento pavimentazione e sottoservizi di Via Santo Stefano in Porto Santo Stefano

Elaborato: PTA03	RELAZIONE TECNICA GENERALE	Emissione: Luglio 2025
		Scala:

<i>Responsabile Unico del Progetto :</i> Dott. Ing. Alessandro VILLANI	<i>Progettisti :</i> Dott. Ing. Alberto RABAI (Dir. Tecnico) Dott. Ing. Alessandra UGOLINI <i>Collaboratori :</i> Dott. Ing. Edoardo CASTELLANI Dott. Marco BARGAGLI
--	---



Revisione	Data	Oggetto	Redatto	Rivisto	Approvato
Rev.00	25.07.2025	Prima emissione	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO - ECONOMICA
RIFACIMENTO PAVIMENTAZIONE E SOTTOSERVIZI DI VIA
SANTO STEFANO IN PORTO SANTO STEFANO –
COMUNE DI MONTE ARGENTARIO**

RELAZIONE TECNICA GENERALE

Indice

1	PREMESSA	4
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
2.1	INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO.....	4
2.2	OPERE ESISTENTI.....	5
3	DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO.....	6
3.1	FOGNATURA NERA	6
3.2	FOGNATURA BIANCA.....	7
3.3	ALTRI INTERVENTI IN PROGETTO	8
4	CRITERI E SCELTE PROGETTUALI.....	8
4.1	SCELTA DEL TRACCIATO DELLA RETE FOGNARIA IN PROGETTO	8
4.2	SCELTA DEI MATERIALI.....	9
4.2.1	Impiego dei prodotti da costruzione	9
4.2.2	Rete fognaria a gravità.....	9
4.2.3	Pozzetti di ispezione.....	10
4.2.4	Rete idrica	11
4.2.5	Sezioni di scavo tipo.....	11
5	DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE PER ACQUE METEORICHE.....	12
5.1	MODELLO IDRAULICO-IDROLOGICO	12
5.2	CAPACITÀ DI MODELLAZIONE DI INFOWORKS ICM.....	13
6	ANALISI IDROLOGICA DELL'AREA IN ESAME E CALCOLO DELLA PORTATA METEORICA DI PROGETTO	15
6.1	CARATTERISTICHE DELL'AREA SCOLANTE	15
6.2	CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE.....	18
6.3	DETERMINAZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA (L.S.P.P.)	19
6.4	ELABORAZIONE DELLO IETOGRAMMA DI PROGETTO	19
7	STIMA DELLE PORTATE NERE DI PROGETTO.....	20
8	VERIFICHE IDRAULICHE	23
8.1	VERIFICA IDRAULICA DEL RAMO 1	24

8.1.1	Collettore acque bianche.....	24
8.1.2	Collettore acque nere	25
8.2	VERIFICA IDRAULICA DEL RAMO 2	26
8.2.1	Collettore acque bianche.....	26
8.2.2	Collettore acque nere	27
8.3	VERIFICA IDRAULICA DEL RAMO 3	28
8.3.1	Collettore acque bianche.....	29
8.3.2	Collettore acque nere	30

1 PREMESSA

Il presente progetto riguarda un intervento di riqualificazione di Via Santo Stefano, situata nel centro storico di Porto Santo Stefano, nel Comune di Monte Argentario, e, in particolare, della porzione compresa tra il civico n. 18 e il civico n. 27 e del tratto in galleria, che mette in collegamento la stessa con Corso Umberto I. Il progetto prevede la riconversione della rete fognaria di tipo misto, attualmente posta a servizio delle utenze domestiche presenti, mediante la separazione della stessa attraverso la realizzazione di due linee distinte, da adibire l'una per la raccolta delle acque bianche, l'altra per la raccolta delle acque reflue nere. In occasione di tale intervento sarà sostituita la condotta di distribuzione idrica esistente sul tratto in oggetto e sarà posata una nuova pavimentazione in porfido, con schema del lastricato a correre e coste segate.

2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.1 INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

L'area di interesse è interamente ubicata all'interno del Comune di Monte Argentario. In particolare, l'intervento riguarda un tratto di circa 75 m di Via Santo Stefano, compreso tra il civico n. 18 e il civico n. 27, all'incrocio con Via Giovanni Sordini, e il tratto in galleria che collega la stessa strada con Corso Umberto I di circa 20 m. Tale area appartiene alla zona centrale dell'abitato di Porto Santo Stefano, come deducibile anche nella figura di seguito riportata.



Figura 1. Inquadramento su ortofoto dell'area d'intervento

Dal punto di vista cartografico la zona d'interesse ricade:

- Nella sezione 342140 della Carta Tecnica Regionale della Regione Toscana in scala 1:10.000;
- Nel foglio 03J24 della Carta Tecnica Regionale della Regione Toscana in scala 1:2.000;
- Nel foglio catastale 0007 del Comune di Monte Argentario.

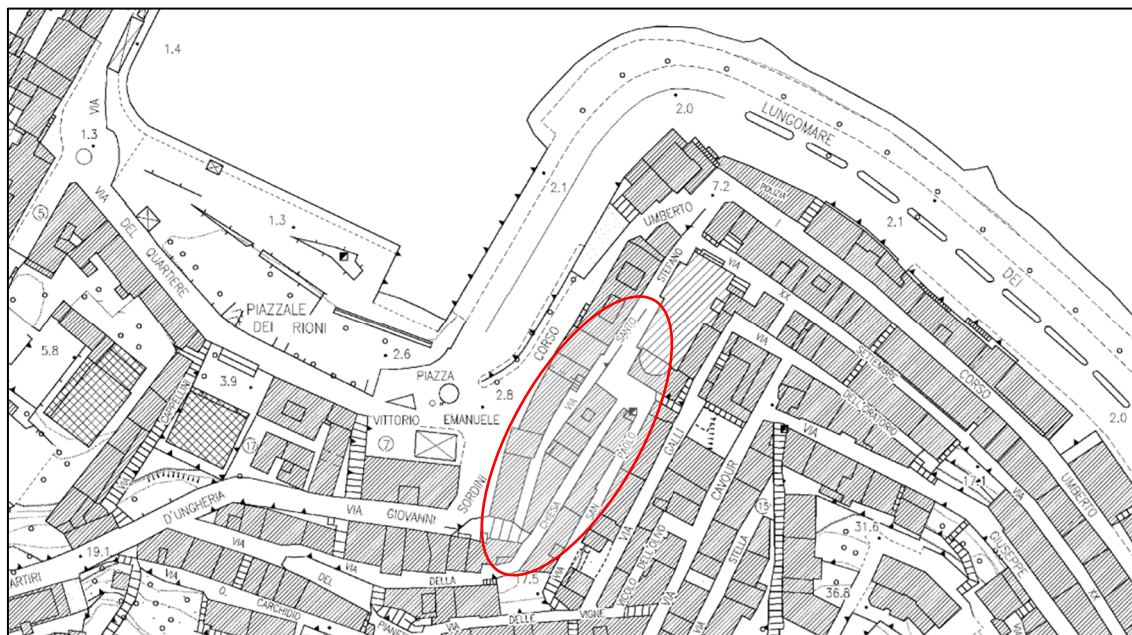


Figura 2. Inquadramento su CTR in scala 1:2000 con riferimento dell'area d'intervento

2.2 OPERE ESISTENTI

Allo stato attuale le aree oggetto di intervento risultano pavimentate parzialmente in conglomerato cementizio e, nel tratto in galleria, con gradinata in pietra lavica.

Lungo Via Santo Stefano risultano essere attualmente in esercizio due rami di fognatura di tipo misto, sui quali sono recapitate le acque di scarico provenienti dalle utenze domestiche e le acque meteoriche raccolte dai pluviali dei tetti e dalle caditoie poste lungo la strada.

Il primo ramo ha origine dall'incrocio con Via Giovanni Sordini e risulta costituito, nel tratto di monte di lunghezza pari a circa 35 m, da una tubazione in PVC DE 315, che è stata posata all'interno di una preesistente canalizzazione in muratura con sezione rettangolare di dimensioni 45 x 70 cm, mentre, nel tratto più a valle, di lunghezza pari a circa 15 m, è ancora in esercizio la condotta in muratura, fino a raggiungere la scalinata coperta che permette di accedere a Corso Umberto I.

Il secondo ramo fognario, insistente sul tratto di viabilità compreso fra il civico n. 18 e la scalinata coperta già citata, è stato ipotizzato di caratteristiche analoghe a quelle descritte per la

fognatura scatolare rinvenuta sul Ramo 1, in quanto non è stato possibile né ispezionare direttamente il collettore, né effettuare una videoispezione su di esso, in quanto privo di possibili punti di accesso per l'attrezzatura.

Durante i sopralluoghi, effettuati anche con il supporto del personale di Acquedotto del Fiora S.p.A., è stato possibile visionare solo una serie di pozzi di accumulo prospicienti le abitazioni, dotati di un'uscita che si presuppone collegata ad un collettore presente a centro strada.

Nell'elaborato grafico progettuale *"PGA02 Planimetria stato attuale"* è stato riportato l'andamento presunto della stessa, secondo quanto valutato in sede di sopralluogo tecnico.

Dal pozzetto nel quale confluiscono i due rami di fognatura che percorrono Via Santo Stefano, si origina un ulteriore collettore, che, a sua volta, recapita la portata transitante nella condotta posta su Corso Umberto I.

Oltre che dalla rete fognaria, il sottosuolo stradale risulta interessato dalla presenza di alcuni locali interrati dei fabbricati prospicienti la sede stradale, dalla rete di distribuzione idrica e dalla rete elettrica.

3 DESCRIZIONE DELLE OPERE IN PROGETTO

Gli interventi in progetto sono finalizzati alla riqualificazione della pavimentazione stradale di Via Santo Stefano, che attualmente si presenta in conglomerato cementizio, mediante la posa di elementi in porfido, installati secondo lo schema del lastricato a correre.

Contestualmente all'intervento di ripavimentazione, è stato stabilito di provvedere alla sostituzione della fognatura in esercizio su un tratto di circa 85 m di Via Santo Stefano, compreso tra il civico n. 18 e il civico n. 27, e sul tratto in galleria che mette in collegamento la stessa con Corso Umberto I, per una lunghezza di circa 20 m, predisponendo la stessa alla separazione delle acque bianche dalle acque nere. Si procederà, inoltre, alla sostituzione della tubazione di distribuzione idrica di acquedotto attualmente in esercizio con una nuova condotta in PeAD PE 100 RC-RD DE 75 SDR 11.

3.1 FOGNATURA NERA

Facendo riferimento all'elaborato grafico *"PGA03 Planimetria stato di progetto"*, sul tratto A – B, di lunghezza pari a circa 42 m, sarà posata in opera una condotta fognaria per acque reflue in PVC DE 200 SN 8, che percorrerà Via Santo Stefano con verso di scorrimento SO – NE, a partire

dall'incrocio con Via Giovanni Sordini, fino a raggiungere il pozzetto di confluenza DN 01, ubicato all'altezza del civico n. n. 15, in prossimità dell'inizio della galleria.

Sul tratto D – B, di lunghezza pari a circa 34 m, sarà posata un'ulteriore tubazione per acque reflue, anch'essa in PVC DE 200 SN 8, la quale, a partire dal civico n. 18 di via Santo Stefano si svilupperà con verso di scorrimento NE - SO, fino a raggiungere lo stesso pozzetto di confluenza DN 01, in corrispondenza del civico n. 15.

In corrispondenza del tratto B - C, di lunghezza pari a circa 20 m, sarà posata una tubazione in PVC DE 250 SN 8, che avrà origine dal suddetto pozzetto di confluenza DN 01 e recapiterà la propria portata nel pozzetto AN 01, posto allo sbocco della galleria su Corso Umberto I.

A causa della presenza di numerosi sottoservizi e dello scarso spazio a disposizione per lo scavo, le nuove condotte per acque reflue saranno posate, ove possibile, all'interno della fognatura in muratura attualmente presente. A seguito della rimozione della pavimentazione stradale, si procederà con la demolizione della soletta di copertura della suddetta fognatura e con il posizionamento della nuova condotta in PVC.

3.2 FOGNATURA BIANCA

Sempre in riferimento all'elaborato grafico *“PGA03 Planimetria stato di progetto”*, lungo il tratto X - W, in parallelismo con il collettore per acque reflue, verrà installata una condotta per la raccolta delle acque meteoriche, in PVC DE 315 SN 8, nel tratto compreso fra il civico n. 23 e il pozzetto di confluenza IB 04, di fronte al civico n. 11.

Analogamente, lungo il tratto U - W, sempre in parallelismo con la condotta per acque reflue, sarà realizzato un collettore per la raccolta delle acque meteoriche, in PVC DE 315 SN 8, che raggiungerà il pozzetto di confluenza IB 04.

A partire dal pozzetto IB 04 sarà infine posta in opera una condotta in PVC DE 315 SN 8, dedicata al convogliamento delle acque meteoriche, che terminerà presso il pozzetto AB 01, posto lungo Corso Umberto I. Considerando la forte pendenza della galleria nella quale sarà posata la condotta, sono stati inseriti due pozzetti di salto, limitando quanto più possibile la profondità di scavo.

Le tubazioni dedicate al convogliamento delle acque meteoriche saranno posate in adiacenza a quelle per acque reflue, esternamente alla condotta scatolare in muratura esistente e saranno convogliate sul collettore in esercizio lungo Corso Umberto I.

3.3 ALTRI INTERVENTI IN PROGETTO

Nell'ambito dell'intervento, come già riportato, si procederà alla sostituzione della tubazione di distribuzione idrica di acquedotto attualmente in esercizio con una nuova condotta in PeAD PE 100 RC-RD DE 75 SDR 11 e al rifacimento di tutti gli allacci di utenza.

Contestualmente all'avanzamento dei lavori saranno realizzati i nuovi allacci delle utenze private sulla fognatura nera e dei pluviali sulla fognatura bianca.

Infine, il manto stradale sarà ripristinato mediante la posa in opera di pavimentazione in porfido, eseguito in piastrelle a correre con coste segate dello spessore di 3 cm e larghezza variabile da 15 a 40 cm, con faccia vista e faccia inferiore a piano naturale di cava e coste ortogonali al piano. Le piastrelle saranno posate su uno strato dello spessore di 6 cm di malta cementizia dosata a 250 kg di cemento tipo R 3.25 per metro cubo di sabbia a granulometria idonea. Gli interstizi saranno sigillati con malta premiscelata con caratteristiche chimico – fisiche idonee ad ambienti ciclicamente asciutti e bagnati descritti nella classe di esposizione XF4, ad alta resistenza a compressione, resistente ai sali disgelanti, ai cicli gelo – disgelo e all'acqua di mare, conforme alla norma UNI 11714-1:2018.

4 CRITERI E SCELTE PROGETTUALI

4.1 SCELTA DEL TRACCIATO DELLA RETE FOGNARIA IN PROGETTO

I tracciati delle condotte di progetto sono stati definiti in base a criteri di natura tecnica, economica e paesaggistica, nonché cercando di minimizzare le interferenze e gli effetti sulla viabilità locale sugli altri sottoservizi. In particolare, sono stati adottati criteri quali:

- minimizzare il costo d'investimento iniziale, ottimizzando l'entità dei volumi di scavo nonché il costo delle specifiche opere d'arte da realizzare;
- adottare tutte le misure e gli accorgimenti (qualità e caratteristiche dei materiali, tecnologie di esecuzione lavori, accessibilità ed ispezionabilità dei manufatti ecc.) per cercare di garantire una perfetta affidabilità degli impianti e favorire al contempo le operazioni di manutenzione delle opere in progetto in termini di costi e di tempi d'intervento;
- limitare gli effetti delle opere sulla circolazione stradale sia durante l'esecuzione dei lavori che per le operazioni di manutenzione durante la vita delle opere;

- ridurre per quanto possibile le interferenze con gli altri impianti e servizi presenti nel sottosuolo;
- imporre la congruenza delle opere con gli strumenti urbanistici vigenti sul territorio;
- limitare l'ampiezza dei tratti ricadenti in zone soggette a vincoli preordinati di tutela del territorio;
- prevenire l'impatto ambientale, curando cioè la scelta del percorso per evitare forme di compromissione permanenti alle componenti ambientali e cura nei ripristini ad opere compiute;
- adottare metodologie costruttive di salvaguardia ambientale per ridurre al minimo ogni eventuale interferenza sul territorio e realizzare opportune misure compensative per il corretto inserimento delle nuove opere nel contesto paesaggistico.

4.2 SCELTA DEI MATERIALI

4.2.1 Impiego dei prodotti da costruzione

Nel presente intervento, i prodotti da costruzione da impiegare devono essere conformi agli articoli 13, 14, 15, 16, 17, 18 e 19 del regolamento (UE) n. 3110/2024. Tali prodotti devono riportare la marcatura CE conformemente agli articoli 8 e 9 del citato regolamento europeo; prima della loro consegna in cantiere e successiva posa in opera, la Ditta appaltatrice dovrà produrre alla Stazione Appaltante la relativa Dichiarazione di Prestazione. Il prodotto da costruzione è definito all'art. 3 del regolamento UE n. 3110/2024, come un "qualsiasi elemento fisico avente o meno una forma, compresi prodotti fabbricati tramite stampa 3D, oppure un kit immesso sul mercato, anche mediante fornitura al cantiere, per essere incorporato in modo permanente in opere di costruzione o in parti di esse, fatta eccezione per gli elementi che sono necessariamente integrati innanzitutto in un kit o in un altro prodotto da costruzione prima di essere incorporati in modo permanente in opere di costruzione" (ad esempio tubazioni, manufatti prefabbricati, rinterri, ripristini, conglomerati bituminosi e cementizi, ecc.).

4.2.2 Rete fognaria a gravità

Considerando i diametri modesti risultanti dalle scelte progettuali, le opere in progetto aventi funzionamento a gravità saranno realizzate utilizzando tubazioni in PVC (cloruro di polivinile)

rigido non plastificato conformi alle norme UNI EN 1401-1/2019 ed alle Raccomandazioni I.I.P., in quanto presenta vantaggi superiori rispetto ad altri materiali come la ghisa sferoidale o l'acciaio.

I vantaggi riguardano in particolare l'economicità del materiale, la sua maggior funzionalità e durabilità oltre che una ridotta scabrezza.

La scelta di materiali plastici nel caso di diametri ridotti rappresenta una buona scelta in quanto essi garantiscono:

- buona resistenza alla corrosione e agli agenti chimici;
- elevata resistenza alla deformazione;
- buona resistenza agli urti, grazie ad una notevole flessibilità;
- elevata resistenza all'abrasione;
- basso decadimento delle caratteristiche meccaniche nel tempo;
- costi contenuti.

I raccordi e i pezzi speciali in PVC per fognature dovranno rispondere alle caratteristiche stabilite rispettivamente dalle norme UNI EN 1401-1:2019, UNI CEN/TS 1401-2:2020, UNI ENV 1401-3:2002. Dovranno essere impiegati tubi e pezzi speciali secondo le norme UNI EN 1401-1:2019 serie SN8. La giunzione di tubo e raccordi dovrà avvenire ad innesto mediante guarnizione elastomerica preinserita a caldo. Per l'intervento oggetto della progettazione si utilizzeranno tubazioni in PVC DE 200/250/315 SN 8.

4.2.3 Pozzetti di ispezione

Lungo lo sviluppo dei collettori in progetto su Via Santo Stefano si prevede l'installazione di pozzetti d'ispezione prefabbricati in calcestruzzo di cemento vibrocompresso a pianta quadrata avente dimensioni interne di 800 x 800 mm. I pozzetti dovranno avere caratteristiche rispondenti alla norma DIN 4034 e ai requisiti previsti dalle norme UNI 1917 e UNI 681. Lungo la scalinata coperta, a causa della difficoltà di accesso, si prevede invece la posa di pozzetti in calcestruzzo armato gettato in opera a pianta quadrata, di dimensioni interne 700 x 700 mm. A chiusura dei pozzetti installati sul tratto carrabile di Via Santo Stefano saranno posati chiusini in ghisa sferoidale, classe D400 conformi alla norma UNI EN 124 composti da telaio quadrato di diametro 85 cm e luce netta di diametro 60 cm, altezza non inferiore a 10 cm, mentre sui pozzetti installati sulla scalinata coperta saranno posizionati chiusini analoghi, ma rispondenti alla classe C250.

4.2.4 Rete idrica

Per la realizzazione della condotta d'acquedotto in progetto saranno utilizzate tubazioni in PEAD PE100 RC-RD DE 75 SDR 11 ad elevata resistenza ai disinfettanti clorurati e ad elevata resistenza alla fessurazione, multistrato di colore blu esterno e di colore nero interno, conformi alla norma UNI-EN 12201-2 ed alla specifica tecnica PAS 1075 (tipo 2) e rispondenti alle prescrizioni igienico sanitarie del D.M. n. 174 del 06/04/2004. Le tubazioni dovranno essere in possesso delle certificazioni di conformità alle norme UNI EN 12201-2 ed UNI EN 1622 ed alla specifica PAS 1075 - Tipo 2 (point loading test > 8760 ore e FNCT > 3300 ore), rilasciate da organismi accreditati secondo CEI EN ISO/IEC 17065. Il compound utilizzato per le tubazioni dovrà essere conforme alla norma EN 12201-1 ed alle prescrizioni igienico- sanitarie del D.M. n. 174 del 6/4/04. Dovrà essere inoltre classificato dal produttore nella categoria CC2 prevista dalla norma ASTM F2263. Il produttore di tubi dovrà risultare in possesso di un sistema di gestione per la qualità, l'ambiente e la sicurezza conforme rispettivamente alle norme UNI EN ISO 9001, UNI EN ISO 14001 e UNI EN ISO 45001, certificato da un organismo accreditato secondo UNI CEI EN ISO/ IEC 17021 e di un modello di organizzazione conforme al D.Lgs. 231/01.

4.2.5 Sezioni di scavo tipo

Gli scavi saranno eseguiti con l'ausilio di mezzi meccanici nel tratto carrabile di Via Santo Stefano e a mano in corrispondenza della scalinata coperta fino allo sbocco su Corso Umberto I.

Nei tratti di fognatura nera posati all'interno della fognatura in muratura esistente si prevede di ricoprire interamente le tubazioni con misto cementato fino a 9 cm dalla superficie del piano viario, quota alla quale sarà impostata la nuova pavimentazione in porfido.

Per quanto riguarda il Ramo 2, in corrispondenza del quale non è stato possibile reperire informazioni sulle caratteristiche della rete mista esistente, si è cautelativamente considerato di dover realizzare due collettori in progetto ex – novo, procedendo alla preventiva demolizione delle opere attualmente in esercizio, ipotizzando la presenza di una condotta scatolare analoga a quella rinvenuta lungo il Ramo 1.

Sia per la fognatura bianca sia per la fognatura nera nei tratti esterni al collettore scatolare esistente, in caso di ricoprimenti delle tubazioni in progetto inferiori a 50 cm, si prevede un getto di protezione in misto cementato. Per ricoprimenti superiori a 50 cm le tubazioni saranno ricoperte con sabbia fino a 15 cm dalla testa tubo, il riempimento dello scavo sarà completato con arido di

cava fino a 30 cm dalla superficie, quota alla quale sarà posato uno strato di 20 cm di misto cementato, conformemente a quanto previsto dal regolamento comunale per la manomissione del suolo pubblico per pavimentazioni lapidee. L'intera carreggiata sarà infine ripristinata con piastrelle in porfido, posate su uno strato dello spessore di 6 cm di malta cementizia premiscelata, con le caratteristiche già riportate in precedenza.

Per contenere il rischio di crollo di parete, nei punti in cui la profondità della trincea supererà 1.50 m e comunque in caso di possibili instabilità, si procederà alla messa in sicurezza della trincea di scavo mediante opportune sbadacchiature o mediante la formazione di gradoni.

5 DIMENSIONAMENTO DELLE CONDOTTE PER ACQUE METEORICHE

5.1 MODELLO IDRAULICO-IDROLOGICO

Le verifiche idrauliche sulla rete di drenaggio sono state condotte mediante l'utilizzo del software InfoWorks ICM 2021.7, sviluppato dalla società Innovyze.

InfoWorks ICM è un applicativo software per la verifica e la progettazione di sistemi idraulici complessi costituiti da reti di drenaggio e/o corsi d'acqua naturali. L'applicativo nasce per rispondere all'esigenza di poter applicare la modellazione idraulica a sistemi integrati che comprendono sia le reti di smaltimento delle acque urbane che i corpi idrici ricettori, tutto questo all'interno di un unico interfaccia integrato e con un unico motore di calcolo.

In InfoWorks ICM il calcolo idrologico e idraulico a moto vario sono perfettamente integrati, così come le componenti di calcolo idraulico mono e bidimensionale.

Le possibili applicazioni di InfoWorks ICM sono:

- studi idrologici di trasformazione afflussi-deflussi applicati sia a contesti urbani che a bacini naturali;
- studi e verifiche idrauliche di corsi d'acqua e sistemi di drenaggio urbano;
- progettazione di reti di fognatura urbana di qualunque tipologia (nera, bianca, mista);
- studio degli allagamenti e del rischio idraulico;
- studio di reticoli di bonifica, anche in presenza di commistioni con sistemi urbani;
- pianificazione infrastrutturale urbana o fluviale;
- verifiche di impatto ambientale su corpi idrici ricettori.

Il calcolo avviene su una serie di sottobacini (subcatchments), che sono soggetti ad una data precipitazione e generano un deflusso superficiale, che viene trasportato per mezzo di un sistema di tubazioni, canali, bacini di accumulo, pompe ed organi di regolazione.

Il software tiene traccia della quantità di deflusso generata all'interno di ogni sottobacino e della portata, dell'altezza e della velocità dell'acqua in ogni condotta o canale durante il periodo di simulazione impostato, costituito da molteplici passi temporali di calcolo (time steps).

5.2 CAPACITÀ DI MODELLAZIONE DI INFOWORKS ICM

InfoWorks ICM tiene conto di vari processi idrologici che generano deflusso superficiale da aree urbane. Questi includono:

- precipitazioni variabili nel tempo;
- evaporazione di acqua di superficie stagnante;
- accumulo di neve e suo scioglimento;
- intercettazione delle acque meteoriche da parte di depressioni superficiali del terreno;
- infiltrazione delle acque meteoriche all'interno di strati di suolo non saturi;
- percolazione delle acque di infiltrazione all'interno della falda;
- interconnessione fra la falda e il sistema di drenaggio;
- comportamento non lineare dell'accumulo di acqua di superficie;
- intercettazione e restituzione dell'acqua di pioggia e del deflusso superficiale per mezzo dello sviluppo di vari tipi di pratiche a basso impatto (SUDS).

La variabilità spaziale all'interno di tutti questi processi è ottenuta dividendo l'area di studio in una serie di sottobacini, ciascuno dei quali contenente la propria frazione di sottoaree permeabili ed impermeabili. Il deflusso superficiale può essere convogliato attraverso le sottoaree, i sottobacini o attraverso dei punti di ingresso nel sistema di drenaggio.

Il software contiene, inoltre, una serie di caratteristiche per la modellazione idraulica, utilizzate per canalizzare il deflusso superficiale ed eventuali ingressi esterni attraverso il sistema di drenaggio. In particolare, il modello permette di:

- gestire reti di dimensioni illimitate;
- usare un'ampia varietà di sezioni standard aperte (canali) e chiuse (condotte);
- simulare elementi speciali quali bacini di accumulo e trattamento, separatori di flusso,

stazioni di sollevamento, stramazzi, forometrie;

- applicare contributi esterni derivanti da deflusso superficiale, interconnessioni con la falda, ingressi e infiltrazione dipendenti dalle precipitazioni, liquami di fognatura in tempo asciutto e ingressi personalizzati dall'utente;
- utilizzare il metodo di propagazione dell'onda di piena sia di tipo cinematico sia di tipo dinamico;
- simulare vari tipi di regime idraulico, come rigurgiti, sommergenza, inversione della direzione del flusso e pozzangheramento superficiale;
- applicare regole di controllo dinamiche, definite dall'utente, per simulare il comportamento di pompe, forometrie e livelli variabili della quota di stramazzo.

Nel caso in esame si è stabilito di assumere un modello di propagazione dell'onda di tipo dinamico, in modo da poter tener conto di possibili fenomeni di rigurgito o funzionamento in pressione del collettore in esame.

Sono stati definiti pertanto i nodi terminali della rete di drenaggio (outfalls), che vengono utilizzati per definire le condizioni al contorno di valle, in caso di propagazione dell'onda di tipo dinamico, che possono essere costituite da:

- l'altezza critica o di moto uniforme nella tubazione di arrivo;
- una quota fissa di sbocco;
- una quota di sbocco variabile descritta in una tabella contenente le variazioni di livello in funzione del tempo; Tale scarico risulta utile quando si prevede che il ricettore finale abbia delle sensibili variazioni di pelo libero, come può capitare in presenza dell'andamento delle maree nel caso degli scarichi a mare;
- una specifica serie temporale, definita dall'utente, dell'andamento della quota di sbocco in funzione del tempo.

6 ANALISI IDROLOGICA DELL'AREA IN ESAME E CALCOLO DELLA PORTATA METEORICA DI PROGETTO

6.1 CARATTERISTICHE DELL'AREA SCOLANTE

La rete di drenaggio in esame è destinata a servire parte di Via Santo Stefano, situata all'interno dell'agglomerato urbano di Porto Santo Stefano, nel comune di Monte Argentario. Ciascun collettore in progetto interessa una specifica area scolante individuata attraverso lo studio delle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

Il software InfoWorks ICM utilizza come unità di calcolo idrologico i sottobacini, ciascuno dei quali si riferisce ad un pozzetto. Anche per la generazione delle portate nere l'unità di calcolo è il sottobacino, all'interno del quale è possibile definire la generazione di portate nere, attraverso dati di popolazione e dotazione idrica.

I sottobacini possono essere creati attraverso due strumenti distinti:

- Procedura manuale mediante comando apposito che permette la digitalizzazione diretta del sottobacino;
- Creazione automatica da parte del software del sottobacino secondo la regola di Thiessen, a partire da un poligono esterno che tenga conto delle dei confini di deflusso naturale dell'area in esame.

In questo caso si è scelto di ricorrere alla procedura automatica per la creazione dei sottobacini per la verifica della rete bianca e alla procedura manuale per la verifica della rete nera.

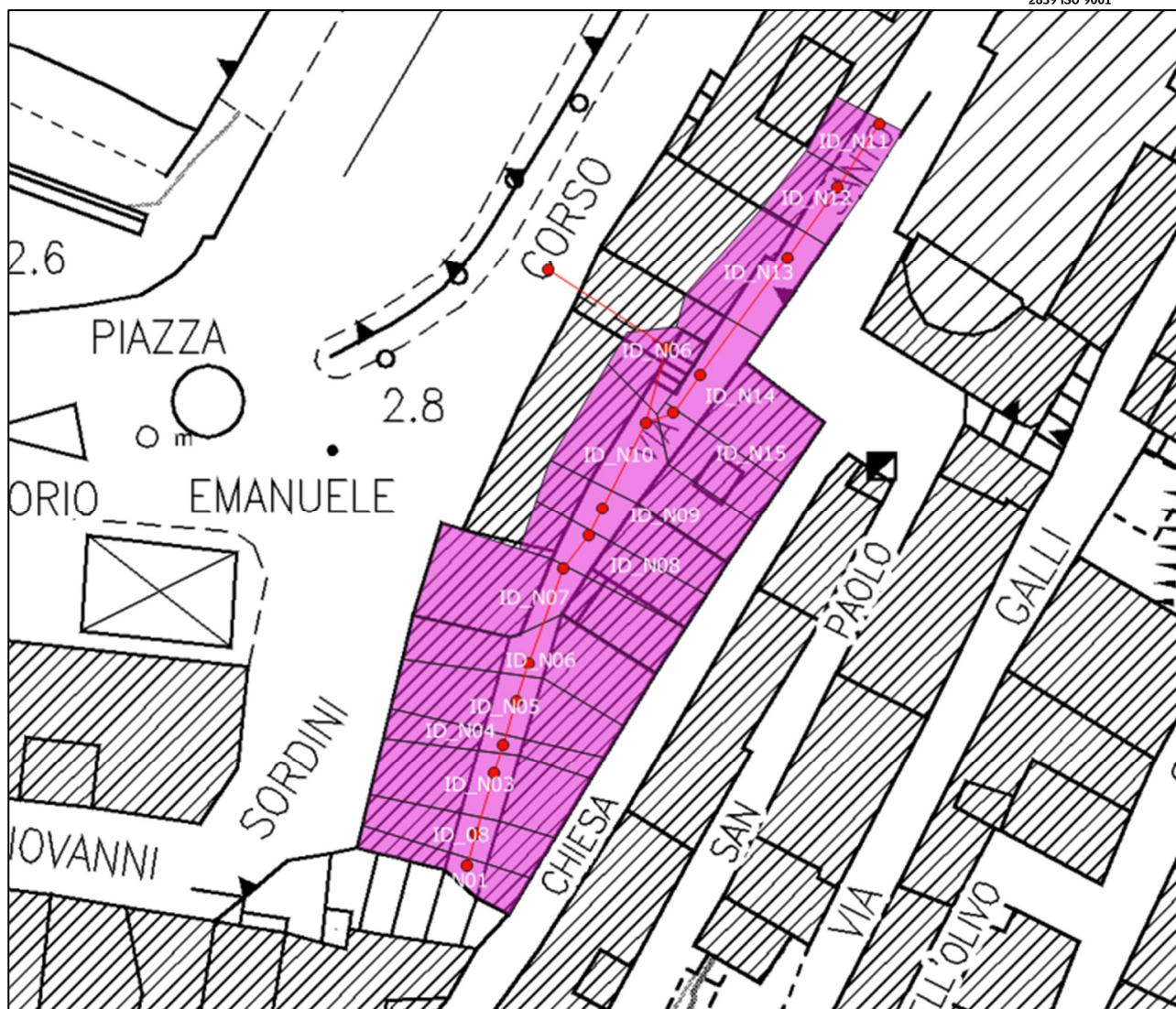


Figura 3: Planimetria di progetto rete di drenaggio acque nere con il riferimento dei sottobacini generati tramite software InfoWorks ICM.



Figura 4: Planimetria di progetto rete di drenaggio acque meteoriche con il riferimento dei sottobacini generati tramite software InfoWorks ICM.

I sottobacini che sono stati generati per la verifica della rete bianca hanno le seguenti caratteristiche:

ID Sottobacino	Area (ha)	Pendenza (m/m)	Lunghezza (m)
01	0.010	0.048	5.6
02	0.009	0.075	5.4
03	0.012	0.023	6.3
04	0.009	0.027	5.3
05	0.034	0.043	10.4
06	0.013	0.043	6.5
07	0.016	0.017	7.1
08	0.003	0.38	2.9
09	0.001	0.173	1.6

Tabella 1: Caratteristiche dei sottobacini generati per la verifica della rete bianca.

6.2 CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Il deflusso netto per ciascun sottobacino è stato calcolato automaticamente dal software selezionando l'idrogramma unitario come modello di ruscellamento e scegliendo come modello idrologico quello del SCS per la trasformazione afflussi/deflussi. Il valore del CN è stato posto pari a 95 (gruppo D "Suoli ad elevata capacità di formazione del deflusso" della classificazione SCS-CN), corrispondente al codice "111 – Tessuto urbano continuo" del livello 3 del programma Corine Land Cover, mappato nel Geoscopio della Regione Toscana nella sezione relativa all'uso e copertura del suolo.

Per la definizione dell'idrogramma unitario, il software è in grado di calcolare automaticamente il tempo di corrivazione del bacino idrografico e da cui deriva i parametri caratteristici.

Il tempo di corrivazione di un bacino idrografico è definito come il tempo impiegato da una particella di pioggia caduta nel punto più lontano del bacino per raggiungere la sezione di chiusura.

Nel caso in esame, il software InfoWorks ICM può calcolare il valore del tempo di corrivazione utilizzando diverse formule proposte in letteratura, tra cui le seguenti:

$$t_c = \frac{60 \cdot 0.4 \sqrt{S} + 0.0015 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{\frac{p \cdot L}{2}}} \quad (\text{Formula di Giandotti})$$

$$t_c = 0.0195 \cdot L^{0.77} \cdot p^{-0.385} \quad (\text{Formula di Kirpich})$$

$$t_c = 0.14 \cdot \frac{(S \cdot L)^{1/3}}{\sqrt{p}} \quad (\text{formula di Pasini})$$

In cui p = pendenza (m/m), S = area ((ha), L = lunghezza (m).

A partire dalle caratteristiche dei sottobacini precedentemente ricavati, il software calcola automaticamente il tempo di corrivazione utilizzando la formula selezionata. Nel caso specifico, è stato scelto di utilizzare i valori del tempo di corrivazione calcolati con la formula di Kirpich, il cui campo di applicazione ideale è legato a bacini di piccole dimensioni.

ID Sottobacino	Tempo di corrivazione (min)
01	0.24
02	0.19
03	0.34
04	0.28

05	0.4
06	0.28
07	0.42
08	0.06
09	0.05

Tabella 2: Tempo di corrivazione di ciascun sottobacino calcolato con la formula di Kirpich.

6.3 DETERMINAZIONE DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA (L.S.P.P.)

La curva di possibilità pluviometrica è stata desunta da quanto riportato nell'aggiornamento dell'analisi di frequenza regionale delle precipitazioni estreme fino all'anno 2012 compreso, effettuato nell'ambito dell'accordo di collaborazione tra Regione Toscana e Università di Firenze, di cui alla D.G.R.T. 1133/2012.

La linea segnalatrice di possibilità pluviometrica (L.S.P.P.) è rappresentata dall'equazione in forma di legge di potenza:

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

dove a e n sono i parametri propri di una stazione pluviometrica di riferimento per un prefissato tempo di ritorno TR , nel caso in esame posto pari a 5 anni.

I valori di a ed n sono stati desunti dalla cartografia tematica messa a disposizione dalla Regione Toscana, associati alla stazione pluviometrica TOS11000079 "Argentario":

$a_{TR=5}$	39,948
$n_{TR=5}$	0,23326

Tabella 3: Valori dei parametri a e n della L.S.P.P. con tempo di ritorno $TR = 5$ anni.

Per una pioggia di durata pari a 1h, l'altezza di pioggia risulta pari a 38,948 mm.

6.4 ELABORAZIONE DELLO IETOGRAMMA DI PROGETTO

A partire dall'espressione della L.S.P.P. di prefissato tempo di ritorno è possibile determinare lo ietogramma di progetto, che descrive la distribuzione delle precipitazioni all'interno dell'evento piovoso. Ai fini della modellazione idraulica per mezzo di software dedicato, si è stabilito di utilizzare lo ietogramma tipo Chicago, definito in modo tale che l'intensità media della precipitazione da esso descritta sia congruente per ogni durata con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Ipotizzando una durata di pioggia di 60 minuti, è stato suddiviso in 31 intervalli di durata pari a 2

minuti. Il coefficiente adimensionale R, che determina in quale punto dell'evento risulta fissato il picco di pioggia, è stato fissato pari a 0.4, per cui lo ietogramma di progetto risulta il seguente:

Δt [min]	H_i [mm]
0-2	0,10
2-4	0,31
4-6	0,52
6-8	0,73
8-10	0,94
10-12	1,15
12-14	1,36
14-16	1,57
16-18	1,78
18-20	1,99
20-22	2,20
22-24	2,41
24-26	2,44
26-28	2,30
28-30	2,16
30-32	2,02
32-34	1,88
34-36	1,74
36-38	1,61
38-40	1,47
40-42	1,33
42-44	1,19
44-46	1,05
46-48	0,91
48-50	0,77
50-52	0,63
52-54	0,49
54-56	0,35
56-58	0,21
58-60	0,07

Tabella 4: Ietogramma di progetto per TR=5 anni

7 STIMA DELLE PORTATE NERE DI PROGETTO

Il software InfoWorks ICM permette di determinare anche le portate nere utilizzando come unità di calcolo idrologico il sottobacino, al quale sono attribuiti dati di popolazione e dotazione idrica. Per quanto riguarda la rete nera è stato deciso di digitalizzare manualmente ciascun sottobacino, in modo da associare con maggior precisione a ciascun pozzetto le utenze servite.

Per valutare la popolazione da servire si è proceduto prima con l'analisi dei dati sulla popolazione residente disponibili nella sezione SIPT: Catasto e urbanizzazione della piattaforma

Geoscopio della Regione Toscana, nel quale sono riportati i dati sulla popolazione residente relativi al censimento ISTAT del 2011 per ciascun edificio. Secondo i dati ISTAT la popolazione residente servita dalla rete è pari a 47 abitanti. Dal momento che il Comune di Monte Argentario risulta essere una nota località turistica e sul tratto di via Santo Stefano oggetto d'intervento sono presenti numerosi appartamenti, è stato deciso di stimare la popolazione servita considerando una media di 4 abitanti per ogni unità abitativa valutata in fase di sopralluogo. Da queste considerazioni deriva una popolazione servita in totale di 230 abitanti.

A ciascun sottobacino è stato attribuito manualmente il relativo numero di abitanti serviti a seconda delle abitazioni interessate.

È stata definita una curva di parametrizzazione della portata nera nelle 24 ore, attribuendo una dotazione idrica pari a 250 l/ab*d e stabilendo 24 moltiplicatori adimensionali la cui somma restituisce un valore pari a 24, così che il coefficiente di afflusso in fognatura imposto sia pari a 1.

ora	fattore
00:00	0,32
01:00	0,16
02:00	0,05
03:00	0,05
04:00	0,05
05:00	0,16
06:00	0,49
07:00	1,5
08:00	1,5
09:00	1,93
10:00	1,71
11:00	1,71
12:00	1,5
13:00	1,34
14:00	0,91
15:00	0,71
16:00	0,71
17:00	1,16
18:00	1,38
19:00	1,75
20:00	1,47
21:00	1,23
22:00	1,02
23:00	1,19

Tabella 5: Tabella riepilogativa dei coefficienti adimensionali utilizzati nella curva di parametrizzazione della portata nera

Le portate in progetto sono state calcolate con le seguenti formule:

$$Q_g = \frac{A.E. * D_{idr.} * C_{aff}}{1000}$$

dove:

- Q_g = Portata media giornaliera [m3/d];
- A.E. = Abitanti equivalenti;
- $D_{idr.}$ = Dotazione Idrica [l/ab/giorno] = 250;
- C_{aff} = Coefficiente di afflusso in fognatura = 1;

I sottobacini individuati per la verifica della rete per acque nere hanno le seguenti caratteristiche:

ID Sottobacino	Popolazione (A.E.)
01	6.76
02	11.38
03	20.29
04	7.64
05	19.09
06	19.79
07	27.45
08	12.57
09	13.64
10	22.44
11	7.25
12	8.09
13	14.56
14	20.83
15	9.86
16	7.78

Tabella 6: Popolazione afferente ai sottobacini individuati per la verifica della rete per acque nere.

8 VERIFICHE IDRAULICHE

Per facilitare l'analisi, ciascuna delle due reti in progetto è stata distinta in tre rami.



Figura 5: Planimetria di progetto con distinzione tratti



8.1 VERIFICA IDRAULICA DEL RAMO 1

8.1.1 Collettore acque bianche

La portata massima calcolata in condotta alla sezione di chiusura del ramo, per un tempo di ritorno pari a 5 anni è:

$$Q_5 = 11.95 \text{ l/s}$$

Il ramo 1 in progetto è costituito da una condotta in PVC DE 315 SN 8, di lunghezza pari a circa 28 m, pendenza media pari al 3% e una scabrezza assunta pari a $80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Di seguito si riportano i risultati della verifica della velocità massima in condotta elaborati mediante il software InfoWorks ICM.

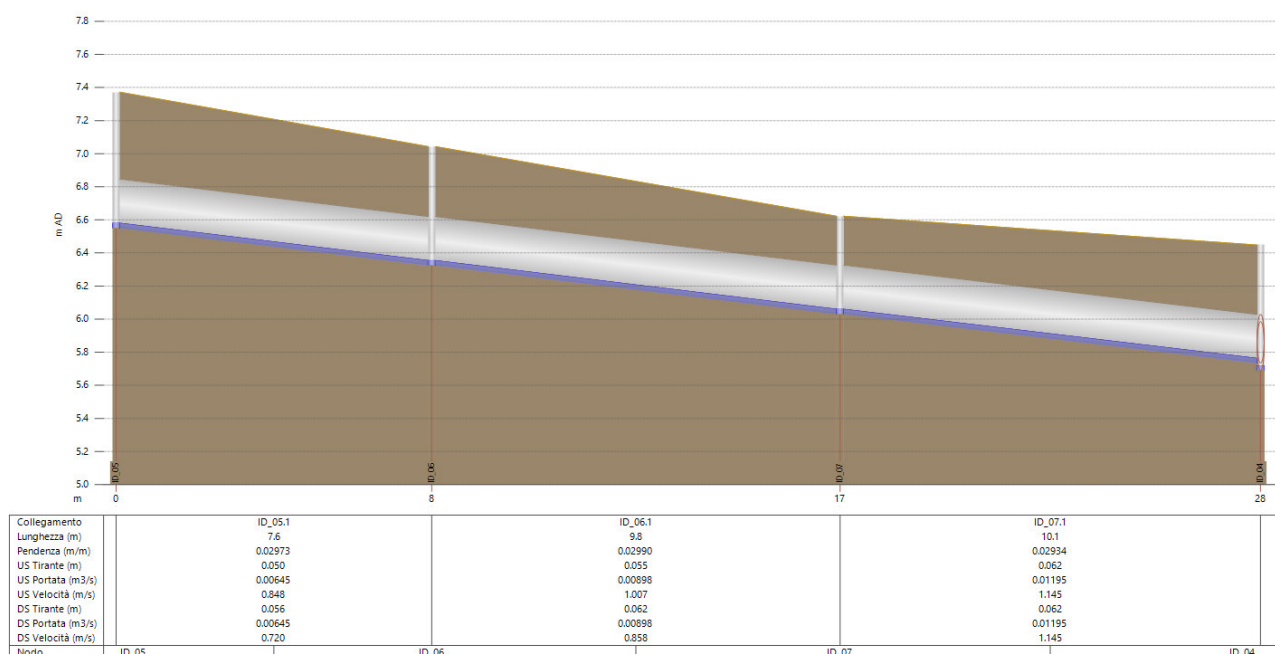


Figura 6: Profilo Ramo 1 del collettore acque bianche estratto da InfoWorks ICM con il riferimento del tirante, portata massima e velocità massima in condotta sul lato di monte (US) e lato di valle (DS).

Dall'analisi risultano:

Altezza di riempimento max (m)	0,062
Riempimento max (%)	21,00
Velocità max (m/s)	1,14

8.1.2 Collettore acque nere

Il valore di portata massimo calcolato nel collettore nella sezione terminale del ramo è pari a:

$$Q_{MAX}=0.77 \text{ l/s}$$

Il collettore per le acque nere in progetto è costituito da una condotta in PVC DE 200 SN 8, di lunghezza pari a circa 42 m, pendenza variabile compresa tra 2.9% e 4.5% e una scabrezza assunta pari a $80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Di seguito si riportano i risultati della verifica della velocità massima in condotta elaborati mediante il software InfoWorks ICM.

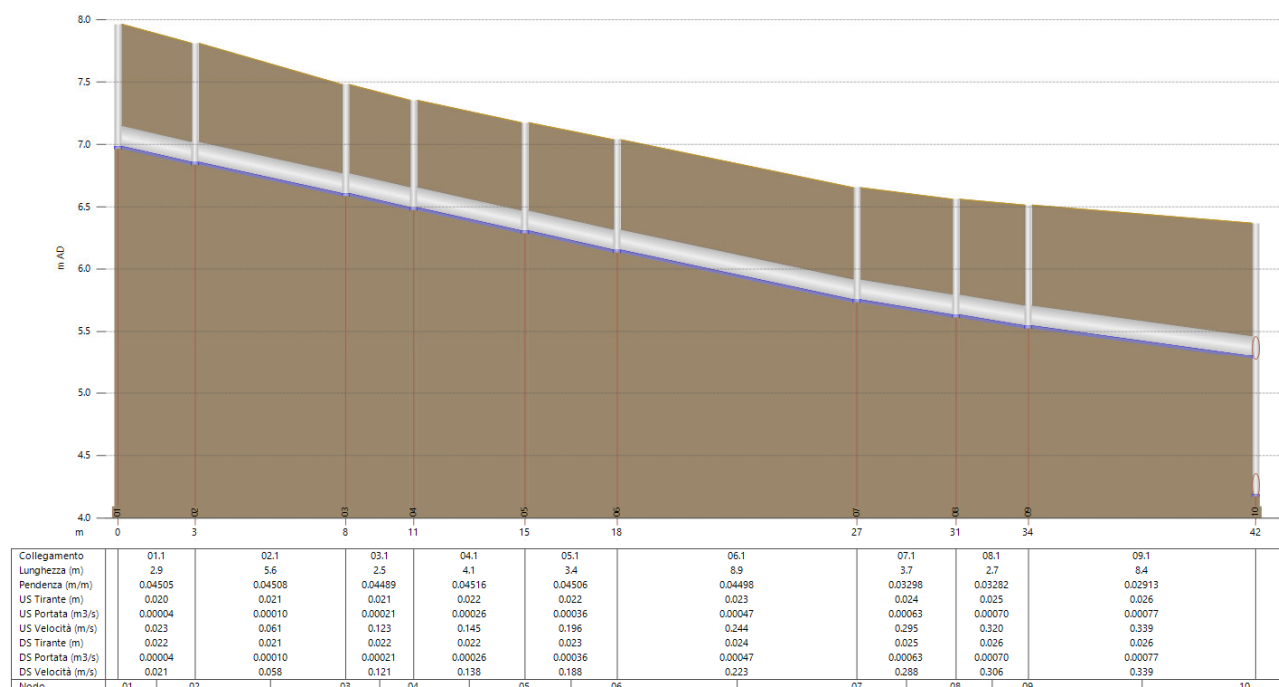


Figura 7: Profilo Ramo 1 del collettore delle acque nere estratto da InfoWorks ICM con il riferimento del tirante, portata massima e velocità massima in condotta sul lato di monte (US) e lato di valle (DS).

Dall'analisi risultano:

Altezza di riempimento max (m)	0,026
Riempimento max (%)	10,4
Velocità max (m/s)	0,339

Per la realizzazione del ramo 1 di fognatura nera è stato stabilito di posizionare il nuovo collettore direttamente nella fognatura a cassetta esistente, mantenendone profondità e pendenza,

in modo che sia possibile realizzare le nuove opere in progetto lavorando da monte verso valle, per permettere lo spostamento degli allacci esistenti senza dover interrompere il flusso.

Le quote di scorrimento della fognatura scatolare esistente sono state misurate nei pozzetti accessibili al momento del sopralluogo. Si evidenzia come in fase progettuale non sia stato possibile realizzare un'ispezione completa dell'intera rete, a causa dell'assenza di punti di accesso ai collettori in esercizio in corrispondenza dei rami 2 e 3, per cui, in sede di esecuzione dei lavori, potrebbero essere riscontrate delle quote e un andamento diversi rispetto a quanto ipotizzato.

Le ridotte velocità di deflusso nel collettore sono dovute alla necessità di mantenere la quota e la livelletta di scorrimento della fognatura a canaletta esistente. Per evitare la formazione di ristagni ed emissione di cattivi odori saranno previsti lavaggi frequenti della rete al fine di evitare l'accumulo di sedimenti.

8.2 VERIFICA IDRAULICA DEL RAMO 2

8.2.1 Collettore acque bianche

La portata massima calcolata in condotta alla sezione di chiusura del ramo, per un tempo di ritorno pari a 5 anni è:

$$Q_5=5.93 \text{ l/s}$$

Il ramo 2 in progetto è costituito da una condotta in PVC DE 315 SN 8, di lunghezza pari a circa 31 m, pendenza variabile tra 1.5% e 4.5% e una scabrezza assunta pari a $80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Di seguito si riportano i risultati della verifica della velocità massima in condotta elaborati mediante il software InfoWorks ICM.

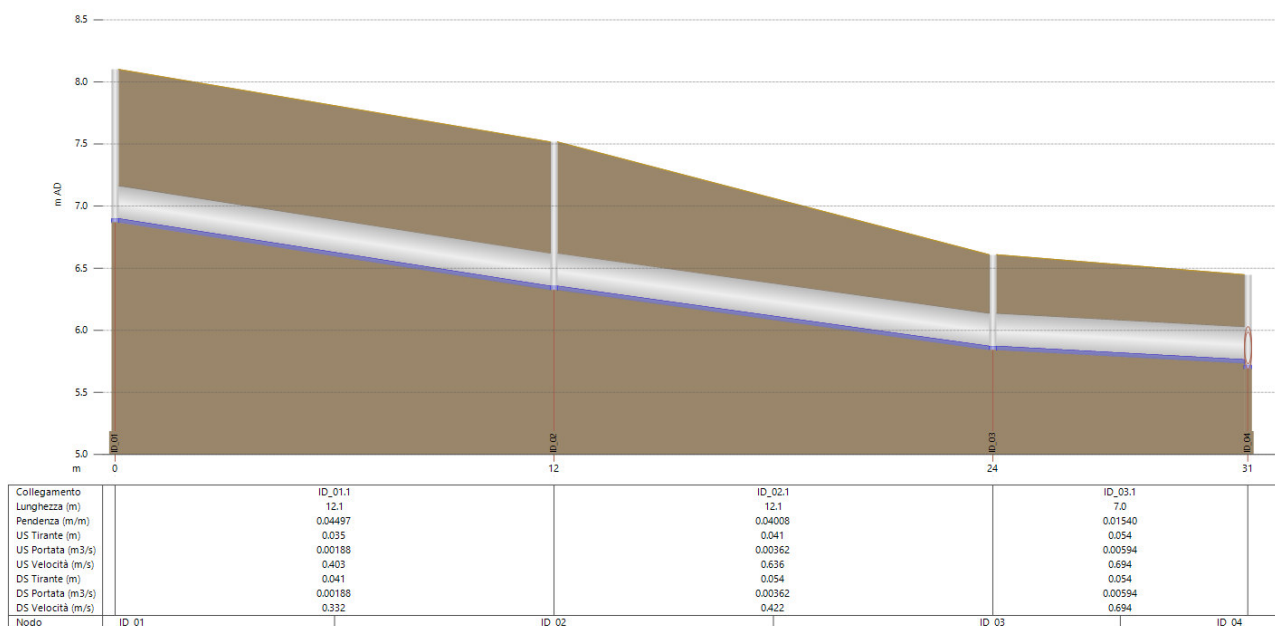


Figura 8: Profilo Ramo 2 estratto da InfoWorks ICM con il riferimento del tirante, portata massima e velocità massima in condotta sul lato di monte (US) e lato di valle (DS).

Dall'analisi risultano:

Altezza di riempimento max (m)	0,054
Riempimento max (%)	18,00
Velocità max (m/s)	0,694

La ridotta pendenza nel tratto compreso tra il pozzetto ID_03 e ID_04 è dovuta alla necessità di permettere l'intersezione tra la rete di raccolta delle acque bianche con quella delle acque nere. Il collettore per acque nere, infatti, sarà collocato all'interno dell'attuale fognatura scatolare in muratura, mantenendone la quota di scorrimento, così che sia possibile lavorare da monte verso valle nella realizzazione dell'intero intervento.

8.2.2 Collettore acque nere

Il valore di portata massimo calcolato nel collettore nella sezione terminale del ramo è pari a:

$$Q_{MAX}=0.34 \text{ l/s}$$

Il collettore per le acque nere in progetto è costituito da una condotta in PVC DE 200 SN 8, di lunghezza pari a circa 34 m, pendenza variabile compresa tra 4.5% e 4.8% e una scabrezza assunta pari a $80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Di seguito si riportano i risultati della verifica della velocità massima in condotta elaborati mediante il software InfoWorks ICM.

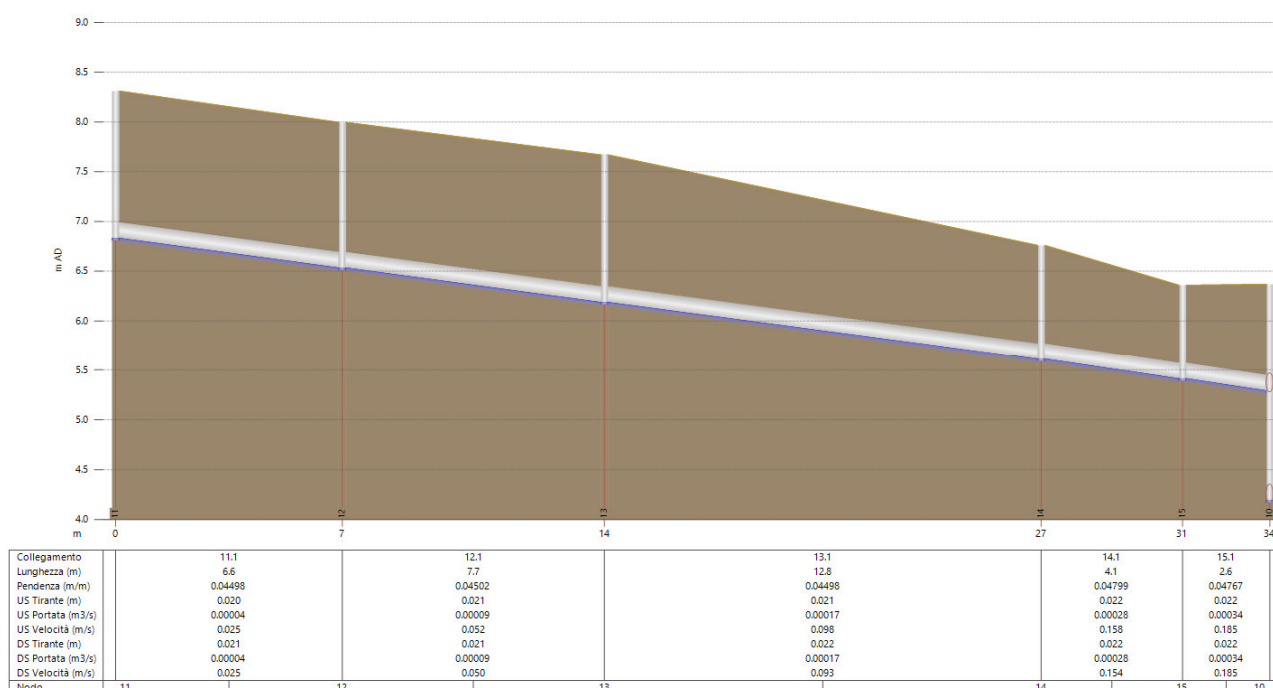


Figura 9: Profilo Ramo 2 del collettore delle acque nere estratto da InfoWorks ICM con il riferimento del tirante, portata massima e velocità massima in condotta sul lato di monte (US) e lato di valle (DS).

Dall'analisi risultano:

Altezza di riempimento max (m)	0,022
Riempimento max (%)	8,8
Velocità max (m/s)	0,185

Le ridotte velocità di deflusso nel collettore sono dovute alla necessità di mantenere la quota e la livelletta di scorrimento della fognatura a canaletta esistente. Per evitare la formazione di ristagni ed emissione di cattivi odori saranno previsti lavaggi frequenti della rete al fine di evitare l'accumulo di sedimenti.

8.3 VERIFICA IDRAULICA DEL RAMO 3

Per il ramo in oggetto, considerando le caratteristiche morfologiche del percorso, sia nel caso di fognatura bianca che di fognatura nera è stato previsto di inserire due pozzetti di salto, cercando di raggiungere pendenze non superiori al 15% e limitando la profondità di scavo.

8.3.1 Collettore acque bianche

La portata massima calcolata in condotta alla sezione di chiusura del ramo, per un tempo di ritorno pari a 5 anni è:

$$Q_5=20,21 \text{ l/s}$$

Il ramo 3 in progetto è costituito da una condotta in PVC DE 315 SN 8, di lunghezza pari a circa 23 m, pendenza variabile tra 1% e 15% e una scabrezza assunta pari a $80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Di seguito si riportano i risultati della verifica della velocità massima in condotta elaborati mediante il software InfoWorks ICM.

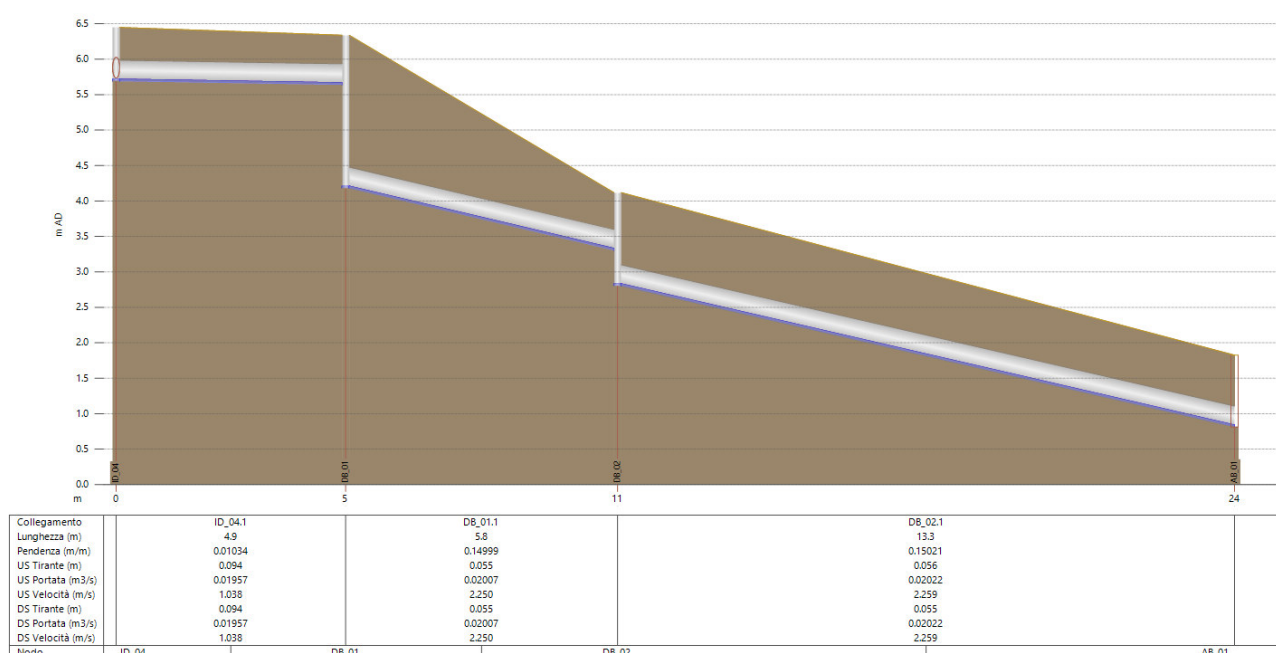


Figura 10: Profilo Ramo 3 estratto da InfoWorks ICM con il riferimento del tirante, portata massima e velocità massima in condotta sul lato di monte (US) e lato di valle (DS).

Dall'analisi risulta:

Altezza di riempimento max (m)	0,094
Riempimento max (%)	32,00
Velocità max (m/s)	2,259

La pendenza nel tratto compreso tra il pozzetto IB04 e DB01, pari a 1.00%, è stata stabilita per permettere l'intersezione tra la rete di raccolta delle acque bianche con quella delle acque nere. Per la fognatura nera, infatti, è stato deciso di collocare la nuova tubazione nella sede della fognatura scatolare esistente, mantenendone la quota di scorrimento, così che sia possibile lavorare da monte verso valle nella realizzazione dell'intero intervento.

8.3.2 Collettore acque nere

Il valore di portata massimo calcolato nel collettore nella sezione terminale del ramo è pari a:

$$Q_{MAX}=1.28 \text{ l/s}$$

Il collettore per le acque nere in progetto è costituito da una condotta in PVC DE 250 SN 8, di lunghezza pari a circa 26 m, pendenza variabile compresa tra 11.2% e 15.8% e una scabrezza assunta pari a $80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Di seguito si riportano i risultati della verifica della velocità massima in condotta elaborati mediante il software InfoWorks ICM.

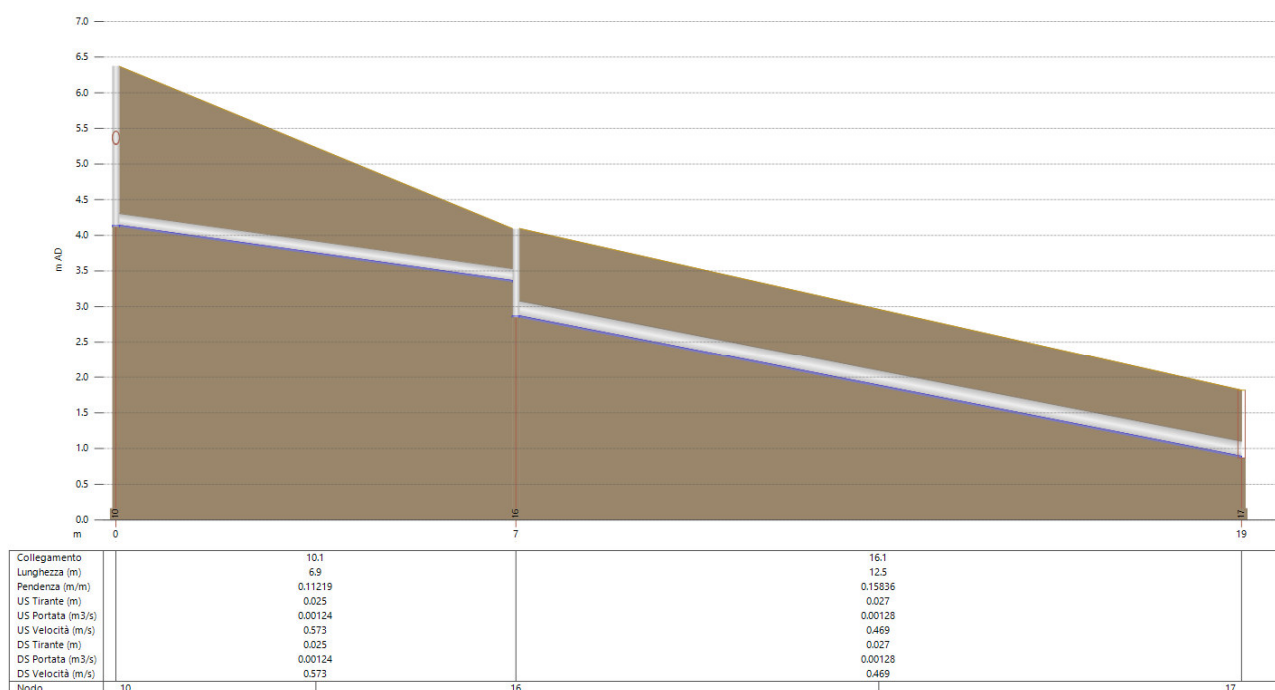


Figura 11: Profilo Ramo 3 del collettore delle acque nere estratto da InfoWorks ICM con il riferimento del tirante, portata massima e velocità massima in condotta sul lato di monte (US) e lato di valle (DS).

Dall'analisi risultano:

Altezza di riempimento max (m)	0,027
Riempimento max (%)	10
Velocità max (m/s)	0,57

Le ridotte velocità di deflusso nel collettore sono dovute alla necessità di mantenere la quota e la livelletta di scorrimento della fognatura a canaletta esistente. Per evitare la formazione di ristagni ed emissione di cattivi odori saranno previsti lavaggi frequenti della rete al fine di evitare l'accumulo di sedimenti.