

# POLITECNICO DI TORINO

**Corso di Laurea Magistrale  
in Ingegneria Civile**

Tesi di Laurea Magistrale

## **Analisi della rete fognaria mista del comprensorio territoriale Alba-Langhe-Roero affidente al depuratore di Govone (CN)**



**Relatore**

Prof. Fulvio Boano

*firma del relatore*

.....

**Correlatore**

Ing. Luca Dutto  
*Hydrodata S.p.a.*

*firma del correlatore*

.....

**Candidata**

Claudia Carlino

*firma del candidato*

.....

A.A. 2017/2018

## INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CASO STUDIO.....</b>	<b>7</b>
2.1	Morfologia, altimetria e idrografia dell'area di studio.....	7
2.2	Infrastrutture e tipologie di utenza presenti nel territorio .....	9
2.3	Gestore della rete: Società Intercomunale Servizi Idrici S.r.l. (SISI) .....	10
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELLA RETE .....</b>	<b>12</b>
3.1	I rami nel settore del Roero .....	12
3.2	I rami lungo la fascia del Tanaro.....	13
3.3	I rami nel settore della Langa albese.....	16
<b>4</b>	<b>IL MODELLO DI ANALISI IN MOTO UNIFORME.....</b>	<b>18</b>
4.1	Il software HYDren.....	18
4.1.1	Caratteristiche generali del programma.....	18
4.1.2	Metodo di stima dei parametri di pioggia.....	19
4.1.3	Modelli afflussi-deflussi e verifica idraulica .....	21
4.2	Il modello HYDren della rete S.I.S.I.....	22
4.2.1	Portate di acqua nera.....	22
4.2.2	Determinazione delle portate meteoriche di riferimento .....	25
4.2.2.1	Bacini contribuenti e coefficienti di deflusso.....	25
4.2.2.2	Piogge di riferimento.....	27
4.2.2.3	Modello afflussi-deflussi.....	28
4.2.2.4	Portate meteoriche immesse nella rete consortile .....	28
4.3	Metodologia di verifica idraulica .....	30
<b>5</b>	<b>CARATTERISTICHE DEL SOFTWARE MIKE URBAN.....</b>	<b>31</b>

5.1	Equazioni integrate dal codice di calcolo MOUSE.....	31
5.2	Schema numerico di risoluzione e griglia di calcolo .....	32
5.3	Estensione delle eq. di De Saint Venant alle correnti in pressione .....	34
5.4	Metodi di valutazione delle perdite di carico .....	35
5.4.1	Perdite di carico continue.....	35
5.4.2	Perdite di carico concentrate.....	36
5.4.2.1	Perdite in ingresso .....	36
5.4.2.2	Perdite in uscita .....	37
<b>6</b>	<b>IL MODELLO DI ANALISI IN MOTO PERMANENTE .....</b>	<b>38</b>
6.1	Costruzione del modello.....	38
6.2	I pozzetti / nodi.....	40
6.3	I collettori / link.....	42
6.4	L'impianto di sollevamento .....	43
6.5	Condizioni al contorno .....	43
6.6	Metodologia di analisi idraulica e presentazione delle simulazioni.....	44
6.7	Verifica di calibrazione del modello .....	45
<b>7</b>	<b>SCENARIO CON PORTATA PARI A 5Q<sub>NERA</sub> .....</b>	<b>50</b>
7.1	Portate immesse.....	50
7.2	Analisi delle criticità .....	53
7.2.1	Tratto Corneliano d'Alba-Mussotto (Alba) .....	56
7.2.2	Tratto Grinzane Cavour-Gallo d'Alba.....	62
7.2.3	Tratto Guarene - innesto collettore principale .....	65
7.2.4	Tratto Bra-Monticello d'Alba-Mussotto (Alba). .....	70
7.2.5	Confluenze dei rami nel fondovalle del Tanaro (località Mogliasso) ..	78

7.2.6	Tratto Mogliasso (Alba) - impianto di depurazione di Govone.....	81
7.3	Confronto tra i risultati relativi ai due modelli.....	90
7.3.1	Tratti con elevata pendenza .....	91
7.3.1.1	Con pozzetto di salto .....	92
7.3.1.2	Con pozzetto di disconnessione .....	93
7.3.2	Tratti con brusca riduzione di pendenza .....	97
7.3.3	Tratti con pendenza ridotta .....	99
7.3.4	Tratti con brusco incremento di pendenza .....	102
7.4	Considerazioni sulle perdite di carico concentrate.....	105
7.4.1	Correnti super-critiche .....	106
7.4.2	Correnti sub-critiche .....	109
<b>8</b>	<b>PROPOSTE DI RISOLUZIONE DELLE CRITICITÀ.....</b>	<b>114</b>
8.1	Ramo Mogliasso (Alba)-impianto di Govone.....	114
8.2	Tratto Grinzane Cavour-Gallo d'Alba .....	121
8.3	Tratto Guarene Piedemonte-località Vaccheria .....	123
8.4	Tratto Corneliano d'Alba-Mussotto .....	125
8.5	Tratto Monticello d'Alba- Mussotto (Alba).....	129
<b>9</b>	<b>SCENARIO CON PORTATA MEDIA NERA .....</b>	<b>135</b>
9.1	Portate immesse.....	135
9.2	Analisi dei risultati .....	137
9.2.1	Tratto Corneliano d'Alba-Mussotto (Alba) .....	139
9.2.2	Tratto Grinzane Cavour-Gallo d'Alba.....	141
9.2.3	Tratto Guarene Piedemonte-innesto collettore principale .....	143

9.2.4	Tratto Monticello d'Alba-Mussotto (Alba) .....	144
9.2.5	Tratto Mogliasso (Alba)- impianto di depurazione .....	146
<b>10</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>148</b>
<b>11</b>	<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>153</b>
<b>12</b>	<b>ELENCO ALLEGATI .....</b>	<b>154</b>

## 1 INTRODUZIONE

Oggetto del presente studio è l'analisi della rete fognaria mista, composta dall'insieme di collettori principali afferenti all'impianto di depurazione di Canove di Govone (CN), che si sviluppa per una lunghezza complessiva di circa 119 km nella zona nord-est della provincia di Cuneo, all'interno del bacino Alba-Langhe-Roero.

L'analisi è stata condotta mediante un modello numerico, sviluppato con il codice di simulazione *Mike Urban* dell'azienda *DHI*. Il modello allestito ha consentito di studiare l'assetto idraulico del sistema in condizioni di moto stazionario non uniforme e quindi di poter prendere in esame la presenza di rigurgiti, gli effetti di funzionamenti in pressione delle condotte e fenomeni di laminazione.

L'analisi è stata effettuata in diversi scenari, al fine di caratterizzare l'assetto idraulico della rete sia nelle sue condizioni di ordinario funzionamento, che in quelle più gravose, ma comunque di riferimento riguardo la capacità di portata del sistema, verificandone dunque la sua adeguatezza idraulica.

La consistenza del modello allestito è stata tarata attraverso l'utilizzo di alcune misure di campo; inoltre si è verificata l'influenza sui risultati delle ipotesi adottate nel definire le caratteristiche degli elementi costituenti il modello.

La suddetta rete è stata oggetto di un'ulteriore analisi, condotta in precedenza dalla società d'ingegneria *Hydrodata S.p.a.* di Torino, su incarico dell'ente gestore *Società Intercomunale Servizi Idrici S.r.l. (S.I.S.I.)*. L'azienda ha reso disponibili i dati e gli studi preliminari elaborati in occasione di tale incarico, a partire dai quali è stato possibile ricostruire la geometria della rete e determinare i deflussi introdotti all'interno del sistema. Sono stati inoltre forniti i risultati dell'analisi conseguiti attraverso un modello numerico elaborato da *Hydrodata* e relativi alle condizioni di moto uniforme, in cui sono stati trascurati i fenomeni di interferenza tra rami confluenti ed i rigurgiti, mentre sono stati presi in conto per ciascun tratto gli effetti di laminazione sui colmi di portata prodotti dall'intera rete a monte.

L'analisi dei risultati ottenuti dal modello allestito, è stata dunque svolta facendo anche un confronto con quelli relativi al modello in moto uniforme, con lo scopo di evidenziare l'entità degli effetti del moto non uniforme sulla verifica di adeguatezza

idraulica della rete e le circostanze in cui tali effetti possano essere considerati trascurabili o meno.

Infine, sulla scorta delle analisi realizzate, sono state studiate delle possibili soluzioni per il superamento delle criticità individuate.

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E CASO STUDIO

### 2.1 Morfologia, altimetria e idrografia dell'area di studio

L'area servita dal sistema di collettamento si estende per circa 200 km<sup>2</sup> all'interno del quadrante nord-est della provincia di Cuneo ed è attraversata da ovest a nord-est dalla fascia fluviale del Tanaro nel tratto tra Bra e Govone. Si tratta di un territorio con caratteristiche piuttosto simili, in cui prevale un'orografia di tipo collinare, nata come conseguenza dell'approfondimento che ha interessato il corso del Tanaro e tutti i suoi affluenti principali e minori. All'interno di tale area è possibile però distinguere tre diversi settori morfo-geografici:

- I rilievi collinari del Roero nella fascia settentrionale.
- La fascia centrale della valle del Tanaro.
- I rilievi collinari della Langa albese o Bassa Langa, nella fascia meridionale.

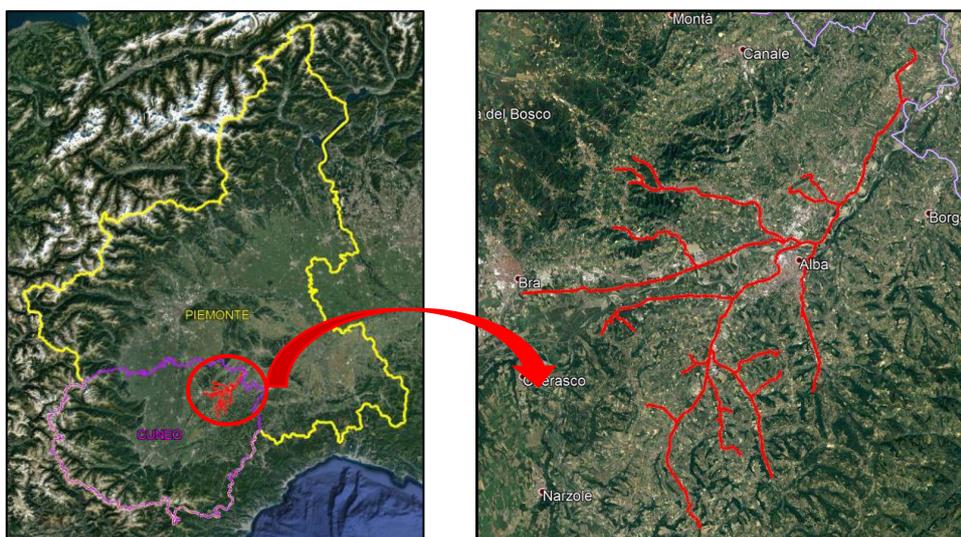


Figura 2.1- Individuazione dell'area di studio su immagini satellitari

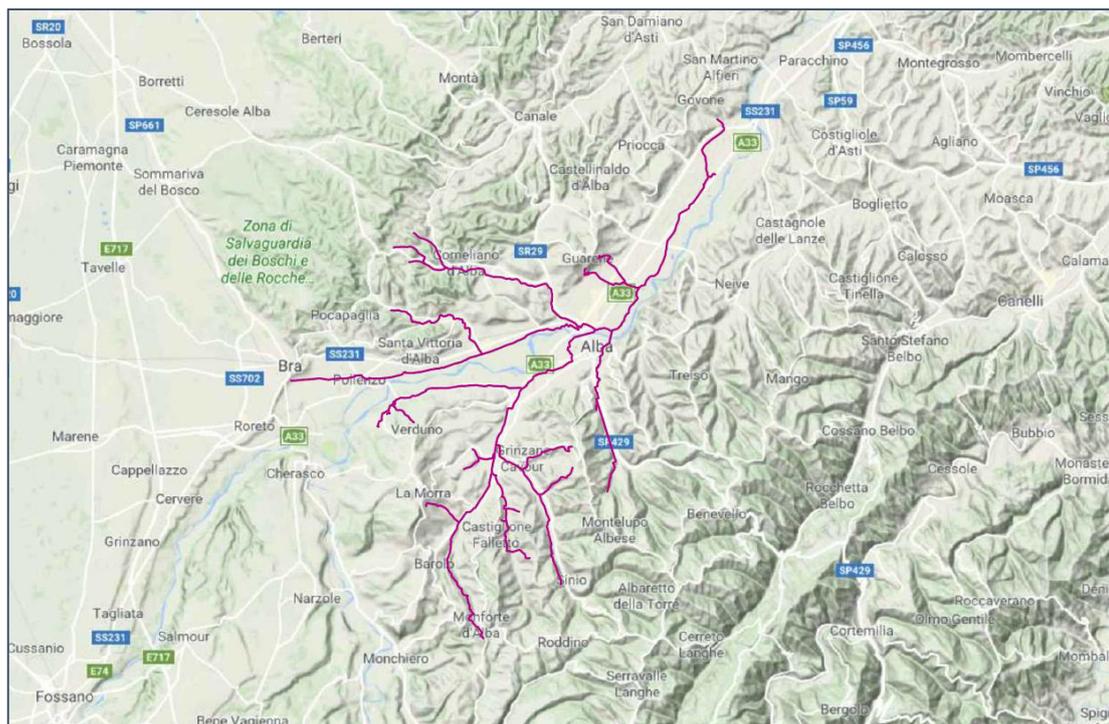


Figura 2.2- Individuazione della rete e delle aree servite su Google Maps.

Il settore del Roero confina ad est con il limite amministrativo della provincia di Asti, a sud con l'alveo del Tanaro, ad ovest con la pianura e a nord con i bordi dell'altopiano di Poirino. Dal punto di vista geologico il bastione collinare è composto da rocce sedimentarie di origine marina, sabbie e arenarie poco cementate, che rendono i terreni sciolti e molto permeabili. Le colline presentano una morfologia caratterizzata da forme arrotondate con versanti piuttosto ripidi, che scendono in valli strette e incassate, talvolta con ampi squarci e profondi burroni, passando da quote prossime ai 400 m s.l.m. in sommità, a quote intorno ai 180 m s.l.m. a valle dei pendii. L'assetto idrografico è molto complesso ed è rappresentato da una serie di piccoli corsi d'acqua che scorrono lungo le gole.

L'area della Langa albese è delimitata ad ovest e a nord dalla valle del Tanaro, ad est dal torrente Cheresca e a sud dai rilievi più accentuati dell'Alta Langa. I terreni sono composti superiormente da argille più o meno compatte e inferiormente da calcari, cui si alternano strati di sabbie e arenarie compatte, rendendo il suolo impermeabile e facilmente erodibile. In questa zona i rilievi collinari presentano profili dei pendii molto asimmetrici, con versanti a reggipoggio aventi pendenze maggiori (comprese fra 30° e 40°), mentre i versanti a franapoggio presentano una minore acclività (10° – 20°). I rilievi variano da quote prossime ai 300 m s.l.m. fino a raggiungere quasi i 600 m s.l.m.

in prossimità della zona dell'Alta Langa, dove l'orografia tende verso una morfologia di tipo montuoso. Sono presenti numerosi corsi d'acqua con portate molto ridotte, che scorrono entro stretti fondivalle e che modellano l'assetto geomorfologico dell'intera zona, attraverso una serie di recenti fenomeni di approfondimento del livello di base del reticolo idrografico (Carraro et alii, 1978).

All'interno del contesto geografico collinare si differenzia in modo netto l'asta fluviale del Tanaro, che con il suo ampio solco divide le due regioni. L'area è generalmente caratterizzata dalla presenza di una fascia di depositi alluvionali attuali e recenti, con annessi diversi ordini di terrazzi, frutto del progressivo approfondimento che ha interessato il corso d'acqua.

## **2.2 Infrastrutture e tipologie di utenza presenti nel territorio**

L'intera area della Langa e del Roero dal punto di vista insediativo è contraddistinta dalla presenza di piccole comunità sparse, ad eccezione delle zone vallive del Tanaro, del Talloria e del Cherasca, che accolgono i principali poli urbani (Bra ed Alba) e che sono stati interessati da consistenti processi di sviluppo socio-economico e di localizzazioni produttive.

La densità demografica media è di 86 abitanti per km<sup>2</sup>, tra le più basse del Piemonte e d'Italia, a cui si associa però un'elevata densità di infrastrutture.

Data la vocazione turistica della zona, caratterizzata da una forte stagionalità, alla popolazione residente si associano ampie fluttuazioni: nelle numerose località turistiche infatti, normalmente si registrano presenze dell'ordine di poche centinaia, mentre per brevi periodi l'anno si registrano presenze superiori ad alcune migliaia.

Nel territorio si ha inoltre una consistente presenza di attività produttive, in particolare dell'industria di trasformazione dei prodotti agricoli. La produzione vitivinicola rappresenta l'attività principale, con vigneti che occupano all'incirca il 40% della superficie totale, ma altrettanto importante è la diffusione di nocioleti, di attività legate al distretto lattiero/caseario, dolciario e di trasformazione dei prodotti ortofruttili in generale. Di conseguenza i reflui agricolo/industriali sversanti nella rete consortile (caratterizzati da forte stagionalità e pertanto ad immissione in fognatura

molto impulsiva) sono in netta prevalenza rispetto agli apporti civili-domestici, talvolta in rapporto ponderale 1:1000.

A partire dagli anni '60 l'urbanizzazione dei territori è avanzata con progressiva sostituzione di aree a destinazione agricola con superfici con elevati indici di impermeabilizzazione, soprattutto lungo i fondivalle; di conseguenza l'apporto di acque meteoriche di dilavamento superficiale nella rete fognaria mista è sensibilmente aumentata.

### **2.3 Gestore della rete: *Società Intercomunale Servizi Idrici S.r.l. (SISI)***

Il sistema di collettamento si sviluppa all'interno dei territori di competenza dell'Autorità d'Ambito Territoriale Ottimale (ATO) n.4 denominata Cuneese, ai sensi della Legge 05/01/1994 n.36 e della Legge R. Piemonte 20/01/1997 n.13. Nel quadro delle proprie competenze l'Ente di Governo dell'ATO/4, con delibera n.10 del 25/05/2009 e successivo Accordo Convenzionale ex art. 11 della Legge 241/90 stipulato in data 27/05/2009, ha formalmente confermato la *Società Intercomunale Servizi Idrici S.r.l. (S.I.S.I.)* quale gestore del servizio idrico integrato e dunque della suddetta rete consortile.

I soci della *S.I.S.I. S.r.l.* sono attualmente i 26 comuni che fanno parte del territorio di Alba, Langhe e Roero, per i quali l'azienda svolge nello specifico la gestione delle seguenti infrastrutture:

- la rete acquedottistica dei comuni di Santo Stefano e Cossano Belbo;
- gli impianti di depurazione centralizzati di Govone, di S. Stefano Belbo e di alcuni impianti minori presenti nei comuni soci;
- la piattaforma di trattamento di rifiuti speciali non pericolosi, sita presso l'impianto di Govone;
- le reti fognarie comunali di Alba, Cossano Belbo, Monforte e Piobesi d'Alba, Montelupo Albese, Rodello e S. Stefano Belbo;
- le canalizzazioni consortili di adduzione agli impianti di Govone e S. Stefano Belbo.

La *S.I.S.I.* deriva dalla separazione e trasformazione in società di capitali, del ramo aziendale relativo alla gestione dei servizi idrici dell'*Azienda Consortile Ciclo Idrico di Alba-Langhe-Roero* (A.C.C.I.). Quest'ultima è stata fondata il 1° gennaio 2000, dal raggruppamento dei due consorzi che fino ad allora avevano gestito il servizio idrico nel territorio albese e del Roero: l'*Azienda Consortile Depurazione Acque Alba Nord* ed il *Consorzio Acquedotto Bassa Langa Asciutta*.

L'*Azienda Consortile Depurazione Acque Alba Nord* venne costituita nel 1979 (inizialmente come "Consorzio") fra i comuni di Alba, Guarene, Corneliano, Monticello e Piobesi d'Alba. Negli anni successivi si aggiunsero i comuni di Baldissero d'Alba, Castagnito, Govone, Magliano Alfieri, S. Vittoria d'Alba, Sommariva Perno e Montaldo Roero. Soltanto alla fine degli anni '90 al consorzio vennero annessi i comuni di Pocapaglia e Bra per la sola frazione Pollenzo.

A partire dai primi anni '80 l'azienda *Alba Nord* ha realizzato diversi collettori fognari principali e di un unico impianto di depurazione nel territorio del comune di Govone, a servizio della città di Alba e degli 11 comuni del Roero facenti parte del consorzio.

Alla rete consortile sono successivamente stati fatti confluire anche i reflui provenienti da 11 comuni della Langa albese, con l'eliminazione di tutta una serie di piccoli impianti comunali di depurazione.

Nel corso degli ultimi anni la *S.I.S.I. S.r.l.* ha avviato diversi importanti investimenti, tra i quali la realizzazione di un nuovo tratto di fognatura che permetta di veicolare i reflui dell'intera città di Bra direttamente al depuratore di Govone, in previsione di dismettere il depuratore attualmente esistente della località La Bassa (Bra). Nel piano investimenti è anche previsto l'adeguamento dello stesso impianto di Govone attraverso la costruzione di una quinta linea che permetta di far salire da 240 a 280 mila abitanti equivalenti la capacità ricettiva dell'impianto. Infine, è stato realizzato un nuovo collettore fognario Verduno-Roddi-Alba per il convogliamento dei reflui del costruendo ospedale Alba-Bra al depuratore di Govone.

### 3 DESCRIZIONE DELLA RETE

La rete fognaria consortile in oggetto è composta dall'insieme di collettori principali afferenti al depuratore di Govone (CN), i quali convogliano, per una lunghezza complessiva di circa 119 km, i reflui civili/industriali e le acque superficiali di 24 comuni del comprensorio gestito da *S.I.S.I.*. Sulla base delle diverse zone in cui la rete si sviluppa (Roero, valle del Tanaro e Langa albese) è possibile distinguere tre sotto-reti.

#### 3.1 I rami nel settore del Roero

Le estremità di nord-ovest della rete consortile sono inserite nel settore collinare del Roero, convogliando i reflui provenienti dalle reti urbane dei comuni di Pocapaglia, Monticello d'Alba, Sommariva Perno, Baldissero, Montaldo Roero, Corneliano, Piobesi, Guarene e Castagnito.

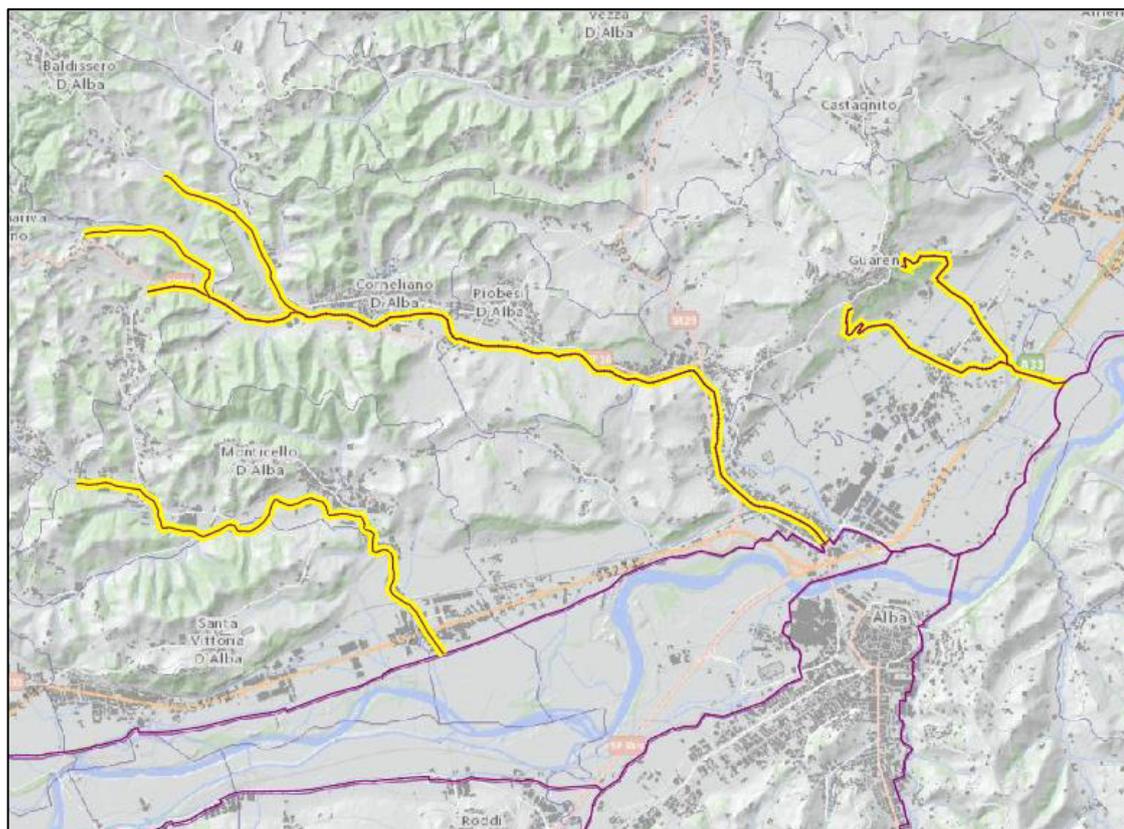


Figura 3.1- I rami della rete inseriti nel settore collinare del Roero.

I collettori si sviluppano lungo le gole, procedendo con inclinazioni piuttosto basse, tra lo 0,5 e il 2%, con l'eccezione di alcuni tratti nei rami di Sommariva Perno e Baldissero d'Alba che superano il 4%. I rami che servono l'abitato di Guarene attraversano invece versanti più ripidi, con pendenze intorno al 12%, specie nelle estremità di monte dove le tubazioni seguono tracciati piuttosto tortuosi.

Le canalizzazioni, realizzate in cemento con sezione circolare, passano da diametri nominali di 300÷315 mm nei tratti di monte, a dimensioni di 400 mm più a valle. Nel tratto di Corneliano d'Alba, man mano che ci si avvicina al Tanaro ed il terreno diventa meno acclive, i diametri arrivano ad assumere dimensioni pari a 1500 mm.

### 3.2 I rami lungo la fascia del Tanaro

I rami ovest (Bra-Pollenzo-Santa Vittoria d'Alba e Verduno-Roddi-Alba) e il ramo finale che dalla località Mogliasso (Alba) convoglia i reflui in direzione nord-est verso il depuratore di Govone, si sviluppano lungo la fascia fluviale del Tanaro.

Le pendenze delle tubazioni sono molto ridotte, mediamente comprese tra lo 0,1÷0,5%; fanno però eccezione i collettori che scendono dai versanti della collina di Verduno con inclinazioni del 10% nei pressi della sommità, fino a raggiungere valori del 3% verso i piedi della collina, spesso interrotti da pozzetti di salto lungo il loro tragitto.

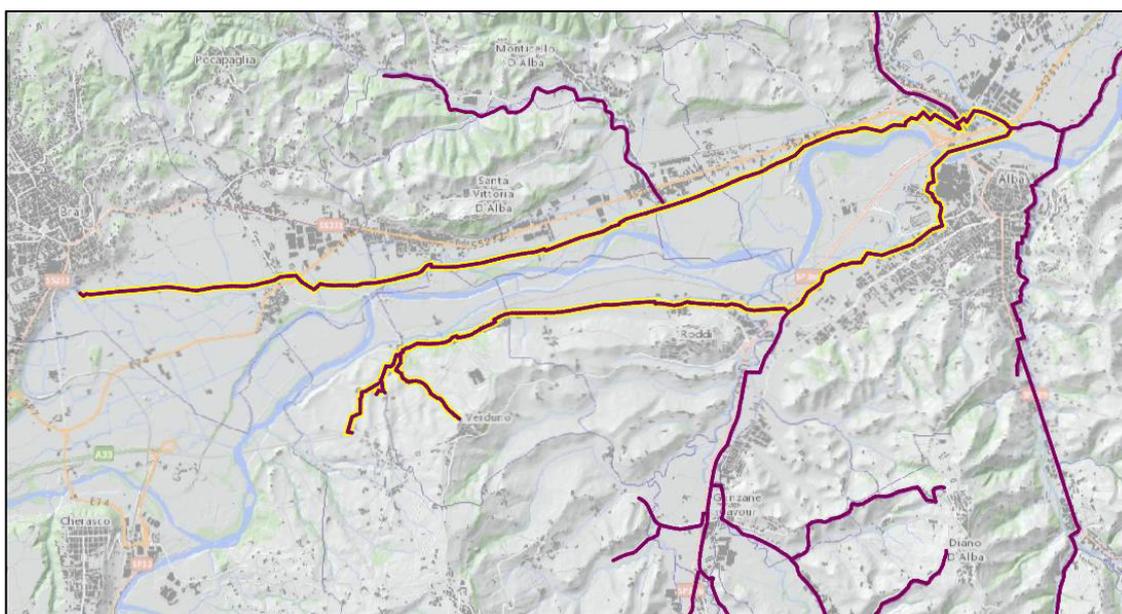


Figura 3.2- Planimetria dei rami Bra-Pollenzo-S.Vittoria d'Alba e Verduno-Roddi.

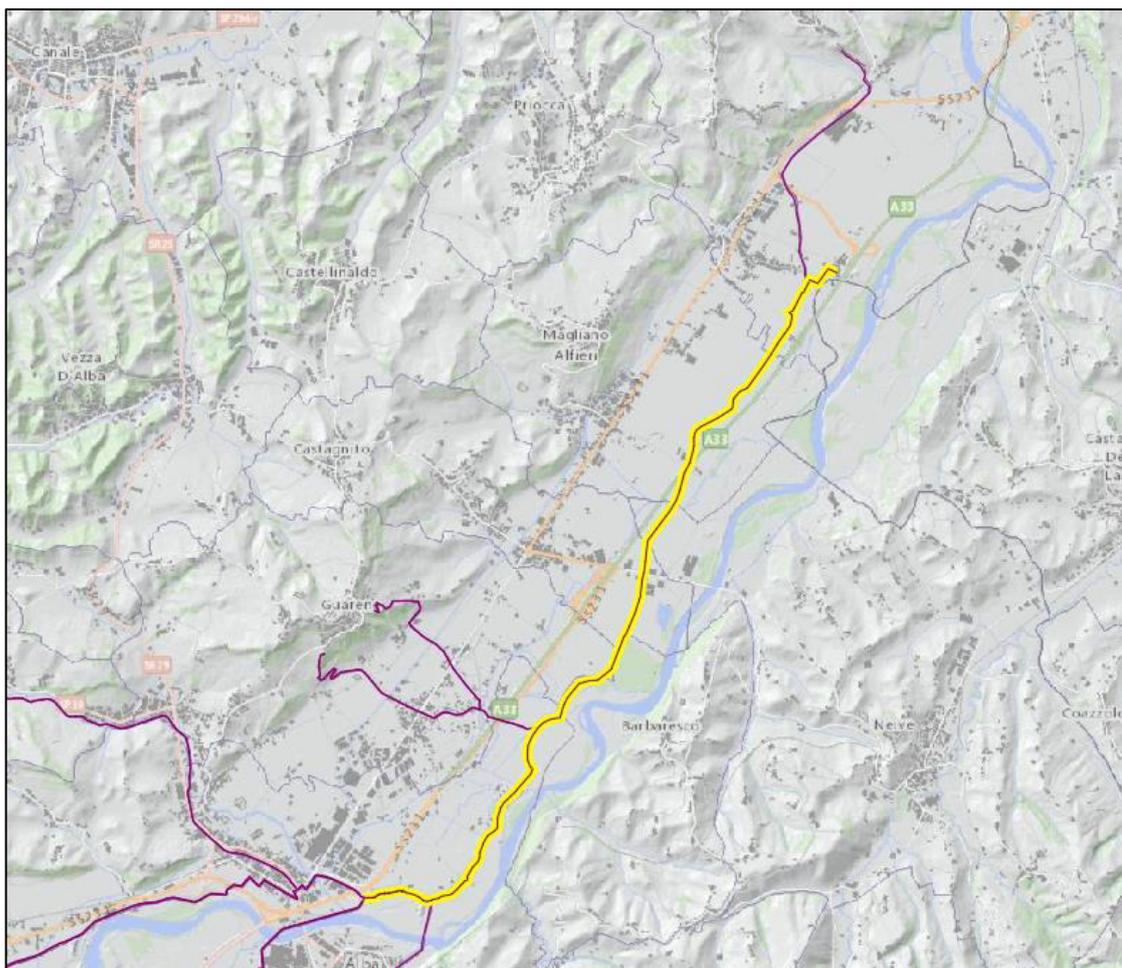


Figura 3.3- Planimetria del ramo Mogliasso-impianto di depurazione di Govone.

In termini di materiali e dimensioni la rete in questo settore è notevolmente variegata; ciò è dovuto non soltanto alla diversa entità dei volumi convogliati, ma anche a successive manutenzioni o adeguamenti di alcuni tratti, realizzati in tempi diversi.

Il ramo Bra-Pollenzo-Santa Vittoria d'Alba è stato recentemente oggetto di adeguamento e potenziamento idraulico nell'ambito degli interventi di razionalizzazione del sistema di collettamento e depurazione dei reflui del comune di Bra e dei comuni limitrofi; tali interventi riguardano in particolare la realizzazione di un nuovo collettore fognario che si estende dall'abitato di Bra a quello di Santa Vittoria d'Alba, la cui realizzazione è stata suddivisa in 2 lotti: 2° Lotto Bra-Pollenzo; 3° Lotto Pollenzo-Santa Vittoria d'Alba. Il lotto 2 allo stato attuale risulta ultimato, mentre il lotto 3 è in fase di realizzazione. Per le finalità dello studio si è considerato che la rete fosse già nel suo assetto definitivo, considerando i tratti ultimati come da progetto.

Per entrambi i lotti, sono stati utilizzati collettori in gres a sezione circolare, con diametri nominali che progressivamente variano da 800 a 1000 mm.

Il 3° lotto Pollenzo- S. Vittoria, prima della confluenza del ramo proveniente da Monticello d'Alba, si immette in un impianto di sollevamento, il quale pompa la portata in un sifone composto da due condotte in PEAD di 315 mm ciascuna. Queste ultime confluiscono poi in un nuovo collettore in gres di 1000 mm, che si sviluppa per una lunghezza di 340 m, fino ad immettersi nei pressi di Monticello d'Alba nella rete già esistente, composta da tubazioni in cemento di 600 mm.

La *S.I.S.I.* ha previsto anche l'adeguamento di tale tratto, denominato 4° Lotto Monticello-Alba, che collegherebbe i collettori provenienti da Santa Vittoria con quelli in arrivo da Corneliano, ma attualmente è ancora in corso la gara per l'affidamento della progettazione esecutiva; nel modello sono stati quindi utilizzati i dati relativi allo stato attuale della rete.

Nei pressi della frazione Mussotto (Alba), dove confluiscono i rami provenienti da Monticello d'Alba e da Corneliano, le tubazioni di cemento passano bruscamente da 600 a 1000 mm, proseguendo più a valle con diametri di 2200 mm per una lunghezza di circa 1 km; in corrispondenza della confluenza del ramo proveniente da Monforte d'Alba si ha una riduzione di sezione, con l'adozione di condotte di cemento con diametro da 1000 mm fino all'impianto di Govone.

Nel ramo Verduno-Roddi-Alba le condotte lungo i versanti sono realizzate in PVC 240-303 mm, mentre lungo la vallata le canalizzazioni sono costituite quasi interamente da tubi in gres di 600 mm. Queste ultime sono di più recente realizzazione e fanno parte degli interventi di miglioramento funzionale dell'infrastruttura fognaria precedente e di allaccio del nuovo Ospedale Unico di Alba-Bra.

### 3.3 I rami nel settore della Langa albese

I rami sud si sviluppano fra i rilievi della Langa albese (o Bassa Langa), dove la rete si presenta molto ramificata. Si possono distinguere due diverse tipologie: i rami secondari che dai diversi abitati discendono i versanti, e i rami principali posti a valle dei pendii.

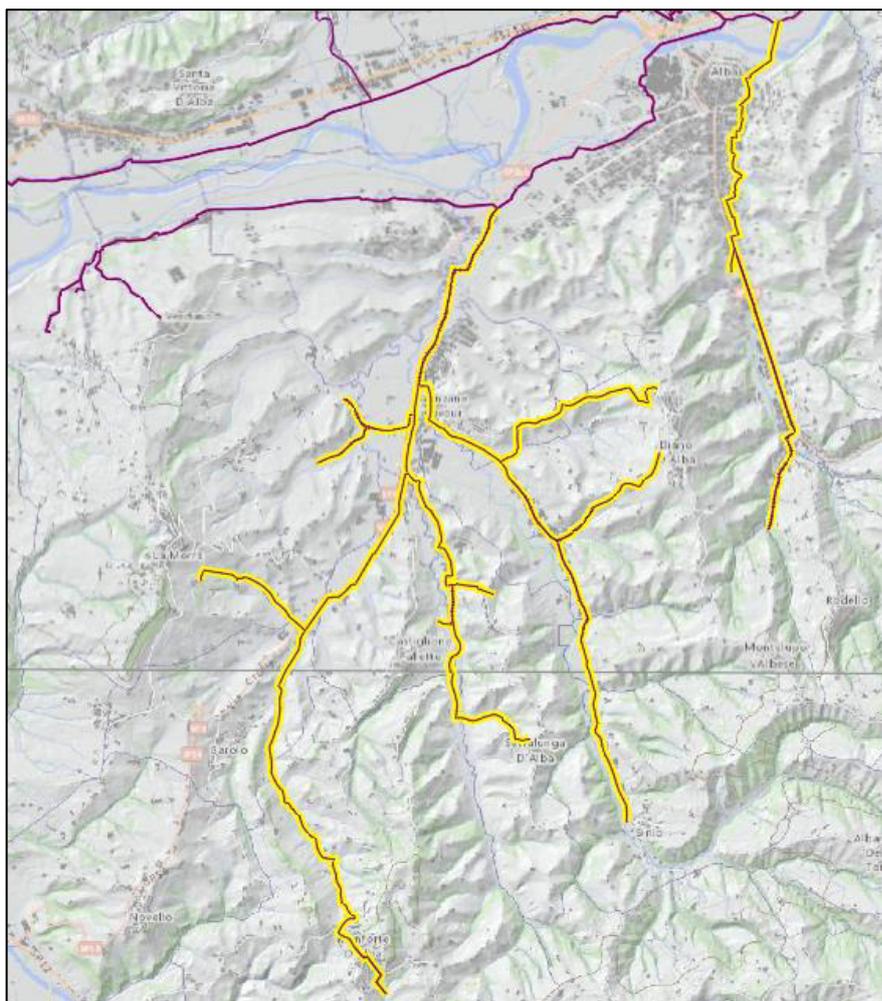


Figura 3.4- Planimetria dei rami della Langa albese.

I collettori secondari coprono rapidamente dislivelli di alcune centinaia di metri, con un'inclinazione media del 6÷7%, ma sono frequenti collettori che raggiungono e superano il 25%. Il tracciato segue spesso il percorso dei torrenti di cui è ricca la zona ed è caratterizzato dalla presenza di opportuni pozzetti di salto, che riducono le pendenze delle canalizzazioni.

I collettori principali posti lungo le vallate, convogliano i reflui delle diverse diramazioni verso il depuratore, con inclinazioni del 2% nelle zone di monte, che gradualmente si riducono allo 0,5÷0,2% verso valle.

La rete presenta diversi materiali e pezzature, a testimonianza degli svariati rimaneggiamenti a cui è stata soggetta nel corso degli anni. I rami secondari sono prevalentemente realizzati con tubi circolari in PVC di 225÷315 mm, talvolta alternati con tubi in PEAD di dimensioni leggermente inferiori. I rami principali, in continuità con le ramificazioni, sono realizzati in PVC con diametri crescenti verso valle (dove si arriva a dimensioni di 682 mm), intervallati in alcuni tratti con tubazioni in ghisa. In prossimità dell'abitato di Alba si hanno collettori in cemento circolari ed ovoidali da 1000 a 1500 mm, con restringimenti di sezione in alcuni punti.

## 4 IL MODELLO DI ANALISI IN MOTO UNIFORME

Nel 2016 il gestore del servizio idrico integrato *S.I.S.I. S.r.l.* ha affidato alla società d'ingegneria *Hydrodata S.p.a.* lo studio di verifica idraulica della rete fognaria consortile in esame. Tale verifica è stata condotta attraverso l'utilizzo di un modello numerico elaborato con il software *HYDren*, sviluppato dalla stessa *Hydrodata*.

Il software è un programma per la modellazione numerica delle reti di drenaggio, che in generale permette di:

- stimare i parametri di precipitazione validi per durate inferiori all'ora, qualora non disponibili, sulla base di quelli determinati per tempi di pioggia maggiori;
- verificare una rete di drenaggio, determinando le portate massime defluenti nel corso dell'evento di progetto (utilizzando tre diverse metodologie di calcolo) e verificando all'interno dei vari rami le corrispondenti condizioni di deflusso in moto uniforme;
- dimensionare una rete di drenaggio, individuando le dimensioni delle sezioni trasversali dei vari rami che garantiscano condizioni di riempimento ottimale.

### 4.1 Il software **HYDren**

#### 4.1.1 *Caratteristiche generali del programma*

Il programma è realizzato interamente in ambiente Microsoft Excel<sup>®</sup> ed è composto da una serie di procedure e funzioni in linguaggio Visual Basic<sup>®</sup> che consentono di studiare le reti di drenaggio attraverso un approccio di tipo schematico-concettuale.

Le reti vengono schematizzate tramite una serie di tratti/rami tra di loro collegati, dove ciascuno di essi è caratterizzato da proprietà omogenee per quanto riguarda il funzionamento idraulico, ossia medesima sezione trasversale, materiale e pendenza longitudinale. In particolare per ogni tratto vengono definiti:

- le caratteristiche dimensionali, quali la lunghezza e la pendenza longitudinale;
- le caratteristiche della sezione trasversale di deflusso, ossia la tipologia (circolare, ovoidale, rettangolare, ecc.), la dimensione principale (diametro per

- sezioni circolari, raggio del cerchio maggiore per quelle ovoidali), ed il valore del coefficiente di scabrezza equivalente, espresso secondo Strickler;
- i rami direttamente confluenti a monte, in modo da consentire al programma di connettere fra loro i vari tratti che compongono la rete;
  - il bacino direttamente insistente sul ramo, caratterizzato da una superficie areale, una pendenza e da un coefficiente di deflusso (qualora si voglia effettuare la verifica di un tratto con cambi di sezione/pendenza, che non è interessato da apporti esterni, è possibile associarlo ad una superficie di valore nullo);
  - gli eventuali input di portata, al fine di inserire un valore costante di portata nel tratto in esame, per rappresentare uno scarico di portata nera in fognatura, o un recapito non direttamente connesso alla superficie di bacino afferente e valutato a parte;

Una volta definite le caratteristiche dei rami, il programma risolve automaticamente i tratti nell'ordine corretto, sulla base dello schema di confluenze definito.

Il software è in grado inoltre di tenere automaticamente conto delle superfici sottese dai rami di monte, in modo da considerare l'intera superficie contribuente per ciascun tratto, man mano che si procede da monte verso valle. Ciò consente quindi di valutare gli effetti di laminazione sui colmi di portata prodotti dall'intera rete a monte ed anche della non contemporaneità dei colmi di piena nei diversi rami.

#### 4.1.2 *Metodo di stima dei parametri di pioggia*

Tra i dati di input nel software è possibile inserire i parametri della precipitazione di progetto relativi ad un certo tempo di ritorno, ed in particolare i coefficienti  $a$  ed  $n$  della curva di possibilità pluviometrica, espressa nella forma monomia  $h=a \cdot t^n$ .

I parametri di precipitazione disponibili, spesso traggono origine da dati pluviometrici di durata pari o superiore all'ora; per contro le reti di drenaggio sottendono in genere superfici scolanti di estensione piuttosto ridotta, per cui gli eventi idrologici critici, da considerare in progetto, sono associati a tempi di precipitazione intensa di breve durata (inferiore all'ora).

L'utilizzo diretto dei parametri ricavati dalle registrazioni di eventi di durata superiore all'ora, per la stima di eventi di breve durata, può dunque portare ad una errata

valutazione delle intensità di pioggia e pertanto delle altezze d'acqua considerate in progetto.

In letteratura sono presenti diverse osservazioni sperimentali che mostrano come le altezze d'acqua massime associate ad eventi di breve durata siano correlate a quelle determinate per tempi di pioggia di un'ora, secondo uno schema tipico, poco dipendente dalla località; tale correlazione viene espressa attraverso il parametro  $\rho_{(t)}=h_{(t)}/h_{(1)}$ , pari al rapporto tra l'altezza di pioggia per durata  $t$  e quella per durata di 1 ora.

In particolare per il parametro  $\rho_{(t)}$ , *Hydrodata* ha assunto un andamento pari all'involuppo dei valori individuati dalle osservazioni di Bell<sup>1</sup> (1969-USA e Australia), di Goswami<sup>2</sup> (1973-India), di Jennings<sup>3</sup> (1950-varie regioni del mondo), di Domanico<sup>4</sup> (1986-Roma), di Calenda<sup>5</sup> (1993-Roma Macao) e di Piga<sup>6</sup> (1990-Milano), così da introdurre unicamente gli errori di sovrastima dell'altezza di pioggia.

Complessivamente la procedura attraverso cui il programma *HYDren* stima i parametri  $(a', n')$  relativi ad eventi di breve durata, è la seguente:

- In funzione dei parametri  $(a, n)$  della curva di possibilità pluviometrica di progetto si ottengono le altezze di pioggia  $h_{(t)}$  relative a durate di 60 e 120 minuti;
- Attraverso l'utilizzo del parametro  $\rho_{(t)}$  si ricavano i valori di  $h_{(t)}$  per durate inferiori (fra 5 e 60 minuti);
- Si diagrammano su un piano bi-logaritmico  $[\ln(t); \ln(h)]$  i punti ottenuti per durate comprese tra 5 e 120 minuti, i quali si dispongono approssimativamente su una retta;
- Effettuando una regressione lineare nel campo bi-logaritmico, si determinano i parametri della retta interpolante, ottenendo i parametri  $(a', n')$  della curva di possibilità pluviometrica per  $t < 60$  minuti.

---

<sup>1</sup> Bell, F.C., 1969. *Generalized rainfall-duration-frequency relationship* – Journal of the Hydraulics Division, ASCE, vol.95, n.HY1, pp.311-327.

<sup>2</sup> Goswami, A. C. (1973). *Short duration rainfall depth-duration-frequency map of India*–Decision with inadequate hydrologic data, Proceedings of the second Symposium on Hydrology, Water Resources Publications, Fort Collins, Colorado, pp.48-56.

<sup>3</sup> Jennings, A. H. (1950). *World's greatest observed point rainfall* – Monthly Weather Rev., n.78, pp.4-5.

<sup>4</sup> Domanico, R. (1986). *Piogge intense a Roma*– Tesi di laurea, Università "La Sapienza", Roma.

<sup>5</sup> Calenda, G. et al. (1993). *Rainfall assessment with inadequate data*– In "Urban storm drainage" (edited by Cao, C. et al.), Water Resources Publication, Hyland Ranch, USA, pp.23-44.

<sup>6</sup> Piga, E. et al. (1990). *Analisi statistica delle piogge intense di breve e brevissima durata nell'area metropolitana di Milano* –Città Studi, Milano.

#### 4.1.3 Modelli afflussi-deflussi e verifica idraulica

Una volta stimati i parametri di precipitazione opportuni, il programma calcola per ciascun ramo la portata massima di progetto generata dall'evento meteorico intenso, attraverso tre differenti modelli concettuali:

- Modello cinematico (della corrivazione);
- Modello dell'invaso lineare (invaso IUH);
- Modello dell'invaso semplificato italiano.

Ciascuno dei tre modelli fa riferimento ad uno schema di calcolo lineare ed invariante, con afflusso costante nel tempo.

Il programma, per ogni modello concettuale adottato, è in grado di tener conto del funzionamento idraulico dei tratti a monte; *HYDren* infatti calcola una portata meteorica progressivamente crescente da monte verso valle, in rapporto all'aumento del bacino sotteso a ogni tratto di rete, tenendo conto con diverse modalità (in funzione del modello afflussi/deflussi adottato) degli effetti di laminazione per invaso proprio o ritardo del colmo, ed effettuando le necessarie iterazioni relative alle condizioni di deflusso del ramo stesso.

Successivamente per ciascun tratto viene eseguita la verifica idraulica, utilizzando la schematizzazione idrodinamica di moto uniforme per la portata idrologica di calcolo, tramite l'applicazione della nota formula di Chezy.

Complessivamente tale metodologia permette di considerare per ogni tratto di valle gli eventuali effetti di laminazione sulla portata meteorica e gli effetti di ritardo dei colmi di piena, ma non consente tuttavia di considerare fenomeni di tipo transitorio (ad es. propagazione di perturbazioni/onde nella rete) o di effetti di interferenza/rigurgito tra rami confluenti.

## 4.2 Il modello *HYDren* della rete *S.I.S.I*

La verifica di adeguatezza idraulica della rete consortile *S.I.S.I.* è stata condotta secondo l'approccio schematico-concettuale del programma *HYDren*, in condizioni di moto stazionario ed uniforme, al fine di ottenere una caratterizzazione a grande scala dell'assetto idraulico della rete, con individuazione dei tratti che potenzialmente possono mostrare criticità, ma senza entrare nel dettaglio dell'analisi idrodinamica dei singoli manufatti.

Come già accennato precedentemente, tale tipologia di approccio consente di tenere in considerazione per ciascun tratto gli effetti di laminazione della portata prodotti dall'intera rete a monte, e gli effetti di ritardo dei colmi di piena, mentre viene trascurata l'analisi di fenomeni di tipo transitorio o di effetti di interferenza/rigurgito tra rami confluenti.

La rete fognaria è stata dunque schematizzata tramite una serie di tratti tra di loro collegati e caratterizzati geometricamente da un diametro, una pendenza longitudinale e un valore di resistenza distribuita, quest'ultima assunta in funzione della rugosità del materiale della tubazione e delle condizioni di manutenzione in cui essa stessa si trova per effetto di un esercizio di medio-lungo periodo (tubazioni usate).

### 4.2.1 Portate di acqua nera

Gli scarichi di portata nera in fognatura sono stati inseriti come apporti di portata costante nei tratti di riferimento, al momento della caratterizzazione dei singoli rami.

La portata media di acqua nera è stata calcolata facendo riferimento alla dotazione idrica giornaliera media per abitante, diversificando i consumi tra le utenze civili ed industriali. In particolare, per gli insediamenti urbani dei comuni ricadenti nel comprensorio gestito da *S.I.S.I.* è stata considerata una dotazione media giornaliera  $D_g$  variabile da 250 a 300 litri/abitante\*giorno. La portata media di acque reflue scaricata nella rete fognaria è stata quindi calcolata con la seguente espressione:

$$Q_m = \frac{C_a \cdot D_g}{86400} \left[ \frac{1}{ab \cdot s} \right] \cdot (n^\circ \text{ abitanti eq.})$$

dove  $C_a$  è il coefficiente di afflusso in fognatura, assunto pari a 0,8.

La massima portata reflua, sulla base della quale in genere si dimensionano idraulicamente le reti di fognatura, è stata ricavata aumentando la portata media tramite un coefficiente di punta  $C_p$  pari a 5, per tenere conto della contemporaneità di più scarichi.

Gli abitanti equivalenti serviti da ciascuno dei rami in esame, sono stati stimati da *Hydrodata* in base ai dati ISTAT per quanto attiene le utenze civili, mentre per quelle industriali sono stati forniti direttamente da *S.I.S.I.* In Tabella 4.1 sono riportati i valori delle portate medie e massime per le utenze civili ed industriali di ciascuno dei comuni allacciati alla rete consortile.

Tabella 4.1- Valutazione delle portate di acque reflue in afflusso nella rete consortile S.I.S.I.

Ramo	Abitanti equivalenti		Dotazione idrica specifica netta di afflusso in rete (l/ab*g)	Portata media (l/g)	Portata media (l/s)	Portata max (l/s)
	Utenze industriali	Utenze civili				
Monforte d'Alba		1945	250	486250	5.63	28.15
	7		250	1750	0.02	0.1
Barolo cimitero Pozz. 787		743	250	185750	2.15	10.75
	148		250	37000	0.43	2.15
Serralunga testata fognatura		449	250	112250	1.3	6.5
	80		250	20000	0.23	1.15
Serralunga immissione reg. Gabutti		30	250	7500	0.09	0.45
Serralunga immissione Castiglione Falletto		450	250	112500	1.3	6.5
	10		250	2500	0.03	0.15
Serralunga immissione Sorano		135	250	33750	0.39	1.95
Immissione Sinio Capoluogo Testa Fognatura		536	250	134000	1.55	7.75
	25		250	6250	0.07	0.35
Immissione Sinio Secondaria Ramo Mortizzo		50	250	12550	0.15	0.75
Immissione Sinio Frazione Fossato (Secondaria)		30	250	7560	0.09	0.45
Sinio Da Tezzo a immissione Fossato: Popolazione distribuita		90	250	22770	0.26	1.3
Immissione in testa quota parte Comune di Diano d'Alba_Ramo P296-309		1779	250	444750	5.15	25.75
	60		250	15000	0.17	0.85
Diano d'Alba fraz. Tezzo Ramo P296-309		15	250	3750	0.04	0.2
Immissione in testa quota parte Comune di Diano d'Alba P297-529		1764	250	441000	5.1	25.5
	60		250	15000	0.17	0.85
Popolazione distribuita Loc. Farinetti - Diano d'Alba P297-529		15	250	3765	0.04	0.2
Immissione in testa quota parte Comune di Diano d'Alba P529-408		120	250	30120	0.35	1.75
	1200		250	300000	3.47	17.35
Immissione Serra dei Turchi P298-560		60	250	15000	0.17	0.85
	65		250	16250	0.19	0.95
Immissione Santa Maria della Morra P577-682		170	250	42500	0.49	2.45
	15		250	3750	0.04	0.2
La Morra immissione Loc. Boiolo		15	250	3750	0.04	0.2
	5		250	1250	0.01	0.05
La Morra immissione Loc. Torriglione		23	250	5750	0.07	0.35
	25		250	6250	0.07	0.35
BaroloRibattino-CantinaTerreDelBarolo_P780-339 Garbelletto		47	250	11750	0.14	0.7

*IL MODELLO DI ANALISI IN MOTO UNIFORME*

Ramo	Abitanti equivalenti		Dotazione idrica specifica netta di afflusso in rete (l/ab*g)	Portata media (l/g)	Portata media (l/s)	Portata max (l/s)
	Utenze industriali	Utenze civili				
BaroloRibattino-CantinaTerreDelBarolo_P780-339 Uccellaccio		166	250	41500	0.48	2.4
BaroloRibattino-CantinaTerreDelBarolo_P780-339 Cà Rossa		24	250	6000	0.07	0.35
BaroloRibattino-CantinaTerreDelBarolo_P780-339 Cà Bianca		39	250	9750	0.11	0.55
BaroloRibattino-CantinaTerreDelBarolo_P780-339 Regione Annunziata	65		250	16250	0.19	0.95
BaroloRibattino-CantinaTerreDelBarolo_P780-339 Via Alba-Barolo	287		250	71750	0.83	4.15
CantinaTerredelBarolo_CantinaRoddi_P339-315 Gallo Conforso		124	250	31000	0.36	1.8
Cantina Roddi Alba Cimitero P315-417 Immissione Verduno+La Morra Rivalta+ Roddi		2089	250	522250	6.04	30.2
	135		250	33750	0.39	1.95
Cantina Roddi Alba Cimitero P315-417 Immissione località Vivaro pozz. 416	3300		250	825000	9.59	47.95
Immissione Montelupo Albese P327-330		543	250	135750	1.57	7.85
	21		250	5250	0.06	0.3
Immissione Rodello P327-330		995	250	248750	2.88	14.4
	20		250	5000	0.06	0.3
Baldissero_CornelianoCimitero_P253-225 ingresso rete (Baldissero)		400	250	100000	1.16	5.8
Baldissero_CornelianoCimitero_P253-225 innesto Montaldo Roero-frazioni Marenghi-S Giacomo e S Rocco		980	250	245000	2.84	14.2
Ramo San Giuseppe di Sommariva Perno-Corneliano Cimitero_P292-225	250		250	62500	0.72	3.6
Ramo Sommariva Perno- Innesto San Giuseppe/Corneliano_P291-225		3966	250	991500	11.48	57.4
Ramo Corneliano Cimitero- Alba - Cornegliano		2149	250	537250	6.22	31.1
	350		250	87500	1.01	5.05
Ramo Corneliano Cimitero- Alba - Piobesi		1284	250	321000	3.72	18.6
	270		250	67500	0.78	3.9
Ramo Corneliano Cimitero- Alba - Mussotto Residenti		2149	250	537250	6.22	31.1
Ramo Corneliano Cimitero- Alba - Castelrotto Residenti		629	250	157250	1.82	9.1
Ramo Corneliano Cimitero- Alba - Reala-Sioneri-Bassi Residenti		200	250	50000	0.58	2.9
Ramo Corneliano Cimitero- Alba - Racca di Guarene Residenti		300	250	75000	0.87	4.35
Ramo Corneliano Cimitero- Alba - Mussotto-Racca Industriali	200		250	50000	0.58	2.9
Ramo Monticello D'Alba ingresso in POZZ275		700	250	175000	2.03	10.15
Ramo Monticello D'Alba Innesto Cascina Mollo-San Giuseppe-Cascina Marendoni Immissione In Pozz274		516	250	129000	1.49	7.45
Ramo Monticello D'Alba Sant'antonio-Pautassi-San Grato Immissione In Pozz280		208	250	52000	0.6	3
Ramo Monticello D'Alba Borgo Immissione In Pozz279		2150	250	537500	6.22	31.1
Ramo Monticello D'Alba Industriale Data In Testa Al Ramo in POZZ275	85		250	21250	0.25	1.25
Ramo Pollenzo-Alba Piana Biglini Pozz137		400	250	100000	1.16	5.8
Ramo Pollenzo-Alba Fraz. Magliano-Scaparone Pozz159		120	250	30000	0.35	1.75
Ramo Pollenzo-Alba Corso Bra Pozz166		240	250	60000	0.69	3.45
Ramo Pollenzo-Alba Da Santa Vittoria Ad Alba	120		250	30000	0.35	1.75
Ramo Guarene Piedelmonte Residenti		1655.5	250	413875	4.79	23.95
Ramo Guarene Piedelmonte Industriali	247.5		250	61875	0.72	3.6
Ramo Guarene Est		1655.5	250	413875	4.79	23.95
	247.5		250	61875	0.72	3.6
Ramo Alba Loc Mogliasso- Govone Impianto-Innesto		28500	250	7125000	82.47	412.35

Ramo	Abitanti equivalenti		Dotazione idrica specifica netta di afflusso in rete (l/ab*g)	Portata media (l/g)	Portata media (l/s)	Portata max (l/s)
	Utenze industriali	Utenze civili				
Alba città immissione IMP06(POzz006)	1400		250	350000	4.05	20.25
Ramo Alba Loc Mogliasso- Govone Impianto-Innesto Castagnito Baraccone + S.Giuseppe (pozz402)	250	3481	250	870250	10.07	50.35
Ramo Alba Loc Mogliasso- Govone Impianto-Innesto Magliano Alfieri+Bg.Sant'Antonio+Cornale+ S.Giacomo+S.Bernardo+Canove (distribuito in parti uguali in pozz403-0067-075)	80	3347	250	836750	9.68	48.4
Ramo Alba Loc Mogliasso- Govone Impianto-Innesto Priocca + Castellinaldo (Quota parte)+ Canove (quota parte) immissione in POza0267	530	2450	250	612500	7.09	35.45
Ramo Govone- Impianto - Innesto in pozz364	65	1800	250	450000	5.21	26.05
			250	16250	0.19	0.95

Nella Tabella 4.1 non sono riportate le utenze civili e industriali dei tratti di rete fognaria realizzati o in corso di realizzazione denominati 2° Lotto Bra-Pollenzo, 3° Lotto Pollenzo-S. Vitoria d'Alba ed il nuovo collettore Verduno-Roddi-Alba. Per tali tratti sono state assunte come portate di riferimento, quelle calcolate all'interno dei documenti progettuali redatti per conto di S.I.S.I. ed approvati dall'ATO 4 cuneese.

#### 4.2.2 Determinazione delle portate meteoriche di riferimento

##### 4.2.2.1 Bacini contribuenti e coefficienti di deflusso

I bacini drenati dalla rete fognaria consortile sono prevalentemente composti dall'insieme dei bacini urbani serviti dalle singole reti comunali, ovvero dalle superfici pavimentate e le aree a verde presenti nelle aree urbanizzate, mentre sono state escluse tutte le superfici che non interessano la rete S.I.S.I., come i bacini idrografici drenati dai corsi d'acqua naturali e dalla rete idrografica minore.

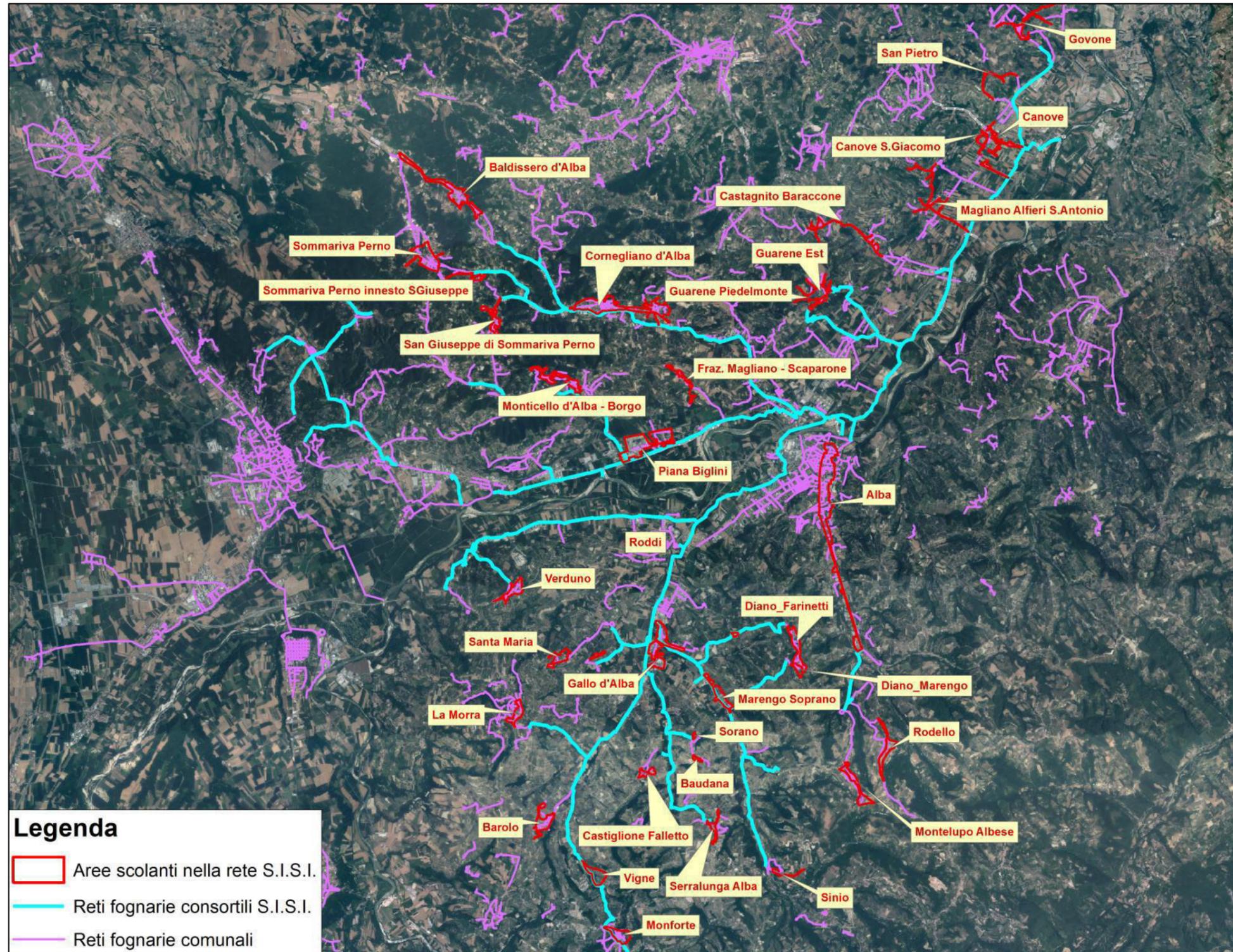


Figura 4.1- Bacini urbani scolanti nella rete fognaria S.I.S.I. su supporto ortofotografico (immagine fornita da Hydrodata)

Per ciascuna tipologia di superficie scolante (zona verde, copertura dei tetti, zona pavimentata, zona semi-drenante, ecc.) è stato individuato uno specifico coefficiente di deflusso, che rappresenti la risposta idrologica del bacino alle precipitazioni e la quota parte che contribuisce a generare la portata meteorica. In Tabella 4.2 si riportano i coefficienti di deflusso usati comunemente per bacini di tipo urbano.

Tipologia superficie	$\Phi$ [-]
Aree verdi su suolo profondo, prati, orti, superfici agricole	0.10 – 0.20
Terreno incolto sterrato non compattato	0.20 – 0.30
Superfici in ghiaia sciolta – parcheggi drenanti	0.30 - 0.50
Pavimentazioni in macadam (pietrisco misto a materiale collante)	0.35 – 0.50
Superfici sterrate compatte	0.50 – 0.60
Coperture tetti	0.85 – 1.00
Pavimentazioni in asfalto drenante	0.85 – 0.90
Pavimentazioni in asfalto non drenante	0.90 – 1.00

Tabella 4.2- Coefficienti di deflusso per aree semi-urbanizzate o urbanizzate.

#### 4.2.2.2 Piogge di riferimento

Le precipitazioni di riferimento sono state definite attraverso le curve di possibilità pluviometrica, espresse nella forma monomia  $h=a \cdot t^{-n}$ , con tempo di ritorno di 20 anni.

I parametri  $(a,n)$  della curva di possibilità pluviometrica di progetto sono stati ricavati dalla griglia di valori individuati dall’Autorità di Bacino del Fiume Po per la regione d’interesse e pubblicati nella “Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”.

A partire dalla griglia pluviometrica sopraccitata, *Hydrodata* ha stimato i parametri ragguagliati a ciascun bacino idrografico, dai quali, una volta inseriti nel programma *HYDren*, vengono stimati a loro volta i parametri  $(a',n')$  relativi alla curva di possibilità pluviometrica per eventi di breve durata ( $t_{pioggia} < 60$  minuti), secondo le modalità descritte precedentemente.

#### 4.2.2.3 Modello afflussi-deflussi

Il modello di trasformazione afflussi-deflussi a cui si è fatto ricorso è quello dell'invaso lineare, ritenuto come il più rappresentativo della dinamica di alimentazione della rete in esame.

In particolare il modello considera come predominante, anziché il moto di deflusso, l'effetto di laminazione degli afflussi meteorici operato dal volume d'acqua che va ad immagazzinarsi sulla superficie del bacino contribuente e all'interno degli stessi rami della rete, affinché la portata  $Q$  possa defluire attraverso la sezione in esame.

Questa metodologia permette di individuare attraverso un processo iterativo, la durata critica della precipitazione per ciascun bacino e la massima portata meteorica ad essa associata.

#### 4.2.2.4 Portate meteoriche immesse nella rete consortile

In alcuni tratti la portata teorica al colmo di piena è stata ridotta per tenere conto dell'afflusso effettivo nella rete consortile, limitato non solo dalla capacità degli elementi di intercettazione superficiale (caditoie, canali grigliati...), ma anche dalla capacità di smaltimento delle reti fognarie comunali prima dell'immissione nella rete consortile. La portata meteorica effettiva è stata quindi limitata al valore della massima portata smaltibile dalla rete fognaria comunale in corrispondenza del pozzetto di allaccio alla rete *S.I.S.I.*, laddove il deflusso generato dalla precipitazione a tempo di ritorno 20 anni risulti più elevato della capacità del tratto terminale della rete comunale.

Nella Tabella 4.3 sono riportate le principali caratteristiche dei bacini scolanti nella rete fognaria *S.I.S.I.*

Tabella 4.3- Caratteristiche dei bacini afferenti alla rete *S.I.S.I.* e parametri di pioggia di progetto.

Ramo	Superficie contribuente S [ha]	Coeff. di deflusso $\phi$ [-]	Pendenza bacino s [‰]	Volume piccoli invasi w0 [mm]	Parametri curva di possib. pluviometrica sul bacino totale		Durata pioggia di progetto tp [min]
					a [mm/h°]	n [-]	
Concentrico Alba	80.5000	0.65	10	6.0	35.60	0.446	20.0
Baldissero d'Alba concentrico	34.7800	0.50	5	4.0	38.66	0.436	20.0
Corneliano concentrico	58.2000	0.60	5	5.0	37.78	0.440	20.0
S. Giuseppe di Sommariva Perno concentrico	11.8000	0.45	5	4.0	39.35	0.434	20.0
Sommariva Perno frazione Cunoni concentrico	4.2500	0.60	5	5.0	39.35	0.434	20.0

*IL MODELLO DI ANALISI IN MOTO UNIFORME*

Ramo	Superficie contribuente  S [ha]	Coeff. di deflusso  $\Phi$ [-]	Pendenza bacino  s [%]	Volume piccoli invasi  w0 [mm]	Parametri curva di possib. pluviometrica sul bacino totale		Durata pioggia di progetto  tp [min]
					a [mm/h <sup>n</sup> ]	n [-]	
Quota parte concentrico in arrivo da Sommariva Perno	31.0947	0.45	5	4.0	39.32	0.435	24.6
Concentrico Monticello d'Alba	16.7500	0.50	5	4.0	36.38	0.445	20.0
Piana Biglini concentrico	53.5800	0.50	5	4.0	36.38	0.445	20.6
Fraz. Magliano-Scaparone concentrico	5.9600	0.50	5	4.0	36.38	0.445	20.0
Concentrico Castagnito Baraccone e S.Giuseppe	8.3700	0.60	5	5.0	35.95	0.443	20.0
Concentrico Magliano Alfieri - S.Antonio	6.0600	0.60	5	5.0	35.33	0.443	20.0
Concentrico Canove S.Giacomo	5.0200	0.60	5	5.0	35.52	0.442	20.0
Guarene Est concentrico	15.5600	0.75	5	4.0	36.08	0.443	20.0
Guarene Piedemonte concentrico	3.9180	0.75	5	4.0	36.08	0.443	20.0
Concentrico Govone	11.2200	0.60	5	5.0	35.71	0.440	20.0
Concentrico S. Pietro	3.1300	0.60	5	5.0	35.71	0.440	20.0
Concentrico Verduno meteorica Tr20	12.8116	0.60	5	5.0	40.84	0.430	20.0
Concentrico Roddi meteorica Tr20	10.8522	0.65	5	5.0	38.59	0.438	20.0
Concentrico Diano d'Alba	5.0495	0.75	5	4.0	36.80	0.442	20.0
Concentrico Diano d'Alba meteorica TR20	18.5864	0.75	5	4.0	36.80	0.442	20.0
Concentrico Farinetti meteorica Tr20	1.2698	0.75	5	4.0	37.73	0.439	20.0
Concentrico S.Maria meteorica TR20	11.4719	0.60	5	5.0	38.89	0.436	20.0
Concentrico Serra dei Turchi meteorica TR20	2.1707	0.60	5	5.0	40.08	0.432	20.0
Concentrico La Morra meteorica TR20	11.0319	0.75	5	4.0	38.64	0.432	20.0
Bacino concentrico Monforte meteorica TR20 immissione pozzetti A0826-A0822	14.9480	0.75	5	4.0	37.62	0.438	10.0
Bacino Vigne meteorica TR20 immissione pozzetti da A0826 ad A0787	15.1637	0.50	3	5.0	37.05	0.436	10.0
Montelupo Albese concentrico meteorica TR20	16.3108	0.60	5	5.0	36.51	0.442	10.0
Rodello concentrico meteorica TR20	15.0748	0.60	5	5.0	36.51	0.442	10.0
Concentrico Castiglione Falletto meteorica TR20	5.7092	0.75	5	4.0	37.73	0.437	20.0
Concentrico Sorano meteorica TR20	0.8356	0.75	5	4.0	38.32	0.436	20.0
Serralunga d'Alba concentrico meteorica TR20	5.8470	0.75	5	4.0	37.73	0.437	20.0
Concentrico Sinio	2.6300	0.75	5	4.0	37.69	0.440	10.0

### 4.3 Metodologia di verifica idraulica

Le condizioni di deflusso di ciascun tratto, sono state verificate attraverso lo schema idrodinamico di moto uniforme, tramite la formula di Chezy, dove la portata defluente risulta essere nota a valle delle iterazioni del modello afflussi/deflussi.

Il singolo tratto di tubazione oggetto di verifica è stato considerato adeguato se il grado di riempimento della sua sezione risulta inferiore o uguale all'80%.

Le verifiche idrauliche eseguite sulla rete consortile, hanno preso in esame 3 differenti scenari idrologici:

- deflusso della sola portata media di acque nere;
- deflusso della portata massima, pari a 5 volte la portata media nera;
- deflusso della massima portata di acque bianche per un evento meteorico con tempo di ritorno di 20 anni, considerato in contemporaneità con la portata media nera. Il valore di deflusso è pari al colmo dell'idrogramma, ridotto dove necessario per tener conto dell'effettivo valore massimo di portata affluente nella rete.

I risultati di tali verifiche sono descritti in dettaglio nei capitoli successivi, in cui vengono confrontati con quelli ottenuti mediante il modello allestito con il software di simulazione *Mike Urban*.

## 5 CARATTERISTICHE DEL SOFTWARE MIKE URBAN

Lo studio dell'assetto idraulico della rete è stato eseguito mediante l'allestimento di un modello matematico di simulazione, in grado di prendere in esame le condizioni di moto stazionario non uniforme e gli effetti generati dalla presenza di singolarità idrauliche, rigurgiti, funzionamenti in pressione delle condotte e fenomeni di laminazione.

Il modello è stato realizzato attraverso il software *Mike Urban*, prodotto dal *Danish Hydraulic Institute (DHI)*, ossia un istituto di ricerca e software house danese le cui attività coprono i diversi campi del mondo idraulico e che vanta un'esperienza ultradecennale nello sviluppo della modellistica numerica delle acque.

Il software è un programma generale per la simulazione dei flussi nelle reti idriche e di drenaggio urbano, in condizioni monodimensionali, stazionarie e non. Il programma inoltre è in grado di modellare sistemi in cui si alternano correnti a pelo libero e pressurizzate, all'interno di condotte di qualsiasi materiale e forma, nonché di rappresentare infrastrutture particolari quali impianti di sollevamento, sifoni, sfioratori, paratoie, scarichi liberi o rigurgitati, eccetera...

### 5.1 Equazioni integrate dal codice di calcolo *MOUSE*

Per la simulazione dei sistemi di raccolta il software utilizza il codice numerico denominato *MOUSE (Model for Urban Sewers)*, il quale stima i parametri idrodinamici della corrente attraverso la risoluzione delle equazioni monodimensionali di De Saint-Venant.:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{g} v \frac{\partial v}{\partial x} + \frac{\partial y}{\partial x} + I_E - I_0 = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = 0 \end{array} \right.$$

Dove  $v$  è la velocità media della corrente,  $g$  l'accelerazione gravitazionale,  $y$  il tirante idrico,  $I_0$  la pendenza del fondo,  $I_E$  la cadente energetica,  $Q$  ed  $A$  rappresentano rispettivamente la portata e la sezione bagnata trasversale,  $x$  l'ascissa curvilinea, ed infine  $t$  rappresenta la variabile temporale.

In generale il programma consente di poter scegliere tra il sistema completo di equazioni (modello dinamico) o le equazioni approssimate (cinematiche o diffusive), dove quest'ultime permettono di calcolare la propagazione delle onde trascurando alcuni termini che influenzano le condizioni di flusso, riducendo dunque il carico computazionale e i tempi di simulazione. Tali approssimazioni però producono risultati apprezzabili soltanto in particolari condizioni: le equazioni cinematiche trascurano i termini dell'equazione del moto legati alla pressione ( $\partial y/\partial x$ ) e all'inerzia ( $\frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{g} v \frac{\partial v}{\partial x}$ ), generando quindi delle onde non smorzate e che non risentono delle condizioni di valle, per cui tale opzione non è adeguata in presenza di correnti sub-critiche; le equazioni diffusive trascurano soltanto i termini relativi all'inerzia, generando delle onde smorzate che risentono delle condizioni di valle, ma non sono in grado di descrivere con sufficiente accuratezza i casi in cui si hanno brusche diminuzioni di pendenza o dove l'inclinazione del fondo è piccola e le resistenze alla parete sono relativamente ridotte.

Data la natura variegata della rete è stato dunque necessario adottare il modello completo, in grado di considerare tutti i termini che entrano in gioco nel fenomeno di propagazione delle onde e quindi di descrivere in maniera adeguata le diverse situazioni che si presentano lungo la rete. Nel caso delle correnti super-critiche però, il modello dinamico viene ridotto alle equazioni diffusive, in quanto il contributo dei termini inerziali diminuisce progressivamente all'aumentare del numero di Froude, fino ad essere completamente trascurati dall'algorithm, una volta superate le condizioni critiche ( $Fr=1$ ).

## 5.2 Schema numerico di risoluzione e griglia di calcolo

L'integrazione delle equazioni di De Saint-Venant avviene mediante uno schema numerico implicito alle differenze finite, noto come schema di Abbott a 6 punti. Tale sistema si basa su una griglia di calcolo che discretizza tutti i collettori (definiti come *link*) in una sequenza alternata di punti  $Q$  e  $h$ , in cui ad ogni intervallo di tempo vengono calcolati rispettivamente la portata  $Q$  ed il livello idrico  $h$ . Ciascun collettore è dunque costituito da un numero dispari di punti di calcolo, con la configurazione minima costituita da tre punti ( $h-Q-h$ ).

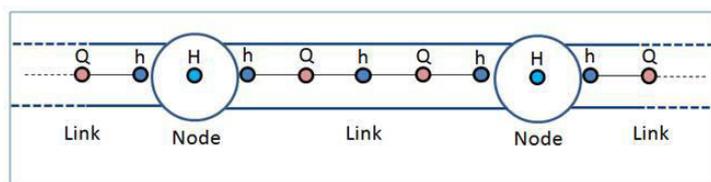


Figura 5.1- Configurazione tipo della griglia di calcolo, in cui è discretizzato ogni collettore/link.

Il codice numerico genera automaticamente l'intera griglia di calcolo in modo da rispettare il criterio di stabilità, il quale impone che la distanza  $\Delta x$  tra due punti della griglia sia maggiore dello spazio percorso da un'onda con velocità  $v$  durante un passo temporale  $\Delta t$ :

$$\Delta x \geq v \cdot \Delta t$$

dove  $v$  è la velocità media della corrente in moto uniforme e tubo completamente pieno, mentre  $\Delta x$  e  $\Delta t$  rappresentano rispettivamente l'intervallo spaziale e temporale.

Teoricamente il sistema numerico implicito è incondizionatamente stabile per ciascun valore di intervallo temporale e spaziale, ma per migliorare la qualità della simulazione, il codice di calcolo ottimizza il valore di  $\Delta t$  in base alle condizioni locali del flusso, allo scopo di ridurre al minimo il carico computazionale e poter ottenere comunque soluzioni accurate in tutte le diverse situazioni che si possono presentare (dai collettori di grandi dimensioni e pendenze ridotte, dove le perturbazioni sono relativamente lente, ai collettori ripidi e con piccoli diametri, dove invece le perturbazioni si muovono rapidamente).

Il processo di ottimizzazione del passo temporale è composto da tre fasi:

- Inizialmente l'algoritmo individua un  $\Delta t$  di primo tentativo all'interno dell'intervallo definito dall'utente. Nello specifico è stato imposto come valore minimo 1 secondo, data la presenza di collettori molto corti e ripidi, e come valore massimo 60 secondi;
- attraverso tale  $\Delta t$  di primo tentativo si ricava una soluzione idrodinamica preliminare;
- infine dalla soluzione preliminare, l'algoritmo valuta l'accettabilità del passo temporale sulla base della variazione tra due punti adiacenti della griglia del livello idrico e del numero di Courant. Se tali variazioni sono eccessive, viene

ricalcolata una seconda soluzione mediante un  $\Delta t$  di secondo tentativo più piccolo, scelto sempre all'interno dell'intervallo definito.

La condizione di Courant consiste nella seguente espressione:

$$C = \frac{v \cdot \Delta t}{\Delta x} \leq C_{\max}$$

dove  $C_{\max}$  è stato posto pari a 20. Per la massima variazione del livello idrico è stato utilizzato il valore di default pari a 10 cm.

### 5.3 Estensione delle eq. di De Saint Venant alle correnti in pressione

Lo schema risolutivo è dunque basato sulle equazioni di De Saint Venant, il cui campo di validità è però limitato alle sole correnti a pelo libero. Per poter estendere l'utilizzo di tali equazioni anche al caso delle correnti in pressione, l'algoritmo implementa la configurazione delle condotte mediante l'introduzione di una fessura nella parte superiore del tubo, come estensione verticale della sezione trasversale (vedi Figura 5.2).

L'idea di sagomare la sezione delle condotte in pressione con una fessura fittizia venne introdotta da Preissmann e Cunge nel 1961, ed è attraverso tale artificio che il codice *MOUSE* può quindi utilizzare lo stesso schema di calcolo per le correnti a pelo libero, anche per i collettori in pressione. In questi casi il tirante risulta quindi maggiore delle dimensioni del collettore stesso ed il livello idrico, che può anche superare la quota terreno, è indice della pressione raggiunta all'interno della condotta; la portata viene limitata alla massima capacità del collettore.

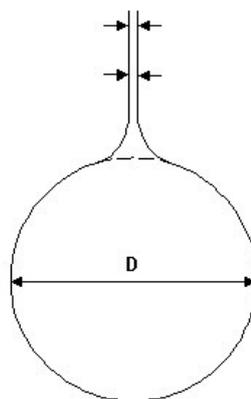


Figura 5.2- Configurazione della condotta con la fessura fittizia, nel caso di corrente in pressione.

## 5.4 Metodi di valutazione delle perdite di carico

Il codice numerico *MOUSE* stima separatamente le perdite di carico legate alla resistenza incontrata dalla corrente lungo le condotte e le perdite di carico che si verificano localmente, in corrispondenza di ciascun pozzetto.

### 5.4.1 Perdite di carico continue

Le perdite di carico continue sono causate dall'attrito che nasce tra le pareti interne del collettore ed il fluido, per cui la loro entità dipende dalla scabrezza distribuita che caratterizza i diversi tratti.

Tali perdite sono introdotte all'interno delle equazioni di De Saint Venant dal termine  $I_E$  della cadente energetica, ossia la pendenza della linea dei carichi totali, che viene generalmente definita secondo il seguente rapporto:

$$I_E = \frac{\tau}{\gamma R}$$

dove  $\tau$  rappresenta la tensione tangenziale di attrito alla parete,  $\gamma$  è il peso specifico del fluido, mentre  $R$  è il raggio idraulico.

La cadente può essere derivata anche in funzione di una combinazione appropriata dei parametri di flusso ( $Q$ ,  $A$  ed  $R$ ), delle proprietà del fluido e della scabrezza. In particolare l'espressione di base utilizzata nel codice numerico è quella di Chezy:

$$I_E = f \cdot Q^2 = \frac{Q^2}{C^2 A^2 R^{4/3}}$$

dove  $f$  è il fattore generalizzato d'attrito, mentre  $C$  è il coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler ( $m^{1/3}/s$ ). Mediante questa espressione è quindi possibile determinare la cadente in funzione dei valori istantanei dei parametri di flusso locali.

Il codice numerico in realtà stima il termine d'attrito in un punto  $j$ , mediante una formulazione implicita più stabile, discretizzata lungo la griglia di calcolo:

$$I_{Ej}^{n+1} = f_j^n (Q_j^n)^2 + \left[ 2f_j^n (Q_j^n)^2 + (Q_j^n)^2 \left( \frac{df}{dh} \right)_j^n \Delta h_j \right]$$

#### 5.4.2 Perdite di carico concentrate

All'interno dei pozzetti si realizzano delle forti perdite di carico, per effetto del brusco allargamento e rallentamento della corrente, nonché per effetto della variazione di direzione o di quota, della confluenza di altri flussi, eccetera...

I parametri idraulici nei nodi rappresentano le condizioni al contorno per il calcolo delle correnti nelle condotte attigue, governate dalle equazioni di flusso; a loro volta le condizioni idrauliche nei nodi dipendono dai flussi nelle condotte d'ingresso e di uscita.

Lo schema risolutivo tiene conto di questa mutua dipendenza dei flussi nei collettori e nei nodi, andando a stimare il livello idrico e la velocità di quest'ultimi mediante l'equazione di continuità ed altre formulazioni che mettono appunto in relazione l'energia contenuta nei nodi con quella relativa ai collettori adiacenti, includendo anche le perdite di carico concentrate, distinte in perdite di carico in ingresso ed in uscita dal pozzetto.

##### 5.4.2.1 Perdite in ingresso

Lo schema di calcolo impone che il livello nella sezione finale della condotta sia uguale al livello idrico del nodo. Tale assunzione implica che la perdita di energia legata all'espansione e al rallentamento della corrente nel nodo, è pari alla differenza di altezza cinetica tra la corrente in ingresso e quella contenuta nel pozzetto:

$$\Delta E_{in} = \frac{v_{in}^2 - v_p^2}{2g}$$

dove la velocità nel pozzetto  $v_p$  è calcolata sotto l'ipotesi che la corrente sia uniformemente distribuita su tutta l'area bagnata del nodo:

$$v_p = \frac{Q}{h \cdot D_p}$$

in cui  $h$  è il tirante idrico nel nodo e  $D_p$  è il diametro interno del pozzetto, ipotizzato di forma cilindrica.

L'area di flusso nel pozzetto così calcolata, è più grande di quella effettiva, e ciò produce una sottostima del valore di  $v_p$  e quindi una perdita di energia  $\Delta E_{in}$  maggiore. L'effetto finale di tale approssimazione è che nei nodi e nella sezione finale di ogni

tratto si ottengono livelli idrici più alti rispetto a quelli che si possono osservare nella realtà.

#### 5.4.2.2 Perdite in uscita

Le perdite di carico concentrate in uscita vengono calcolate separatamente per ogni collettore connesso al nodo. Tali perdite sono proporzionali all'altezza cinetica relativa alla corrente a valle del nodo:

$$\Delta E_{\text{out}} = \sum_k \zeta_k \frac{v_{\text{out}}^2}{2g}$$

dove i  $\zeta_k$  rappresentano i coefficienti di perdita, stimati sulla base della geometria del nodo e la distribuzione di flusso tra i vari collettori annessi allo stesso nodo.

Le perdite in uscita dal pozzetto si distinguono in:

- Perdite per cambio di direzione del flusso;
- Perdite dovute al salto (variazione di elevazione);
- Perdite per contrazione della corrente nella sezione di uscita dal nodo.

Teoricamente la perdita totale di energia all'uscita dal nodo può essere tanto elevata quanto il livello di energia disponibile nel nodo. Al fine di conservare una certa robustezza di calcolo, il codice numerico impone delle limitazioni aggiuntive.

La prima limitazione collega la massima perdita di carico al tirante del tubo in uscita:

$$\Delta h_{\text{out}} = \min \left[ h_{\text{out}}; \left( (1 + \zeta_{\text{out}}) \cdot \frac{v_{\text{out}}^2}{2g} - \frac{v_p^2}{2g} \right) \right]$$

La seconda limitazione riguarda il coefficiente di perdita totale:

$$\zeta_{\text{out}} = \sum \zeta_k \leq 1$$

## 6 IL MODELLO DI ANALISI IN MOTO PERMANENTE

### 6.1 Costruzione del modello

Alla base della realizzazione del modello vi è il database georeferenziato dello stato effettivo dell'infrastruttura in esame e degli impianti. In particolare le informazioni necessarie per la costruzione della banca dati della rete, riguardano:

- I pozzetti: coordinate, quota di fondo, quota del terreno, dimensioni, tubi afferenti e loro quota di arrivo, tipologia di chiusino;
- I collettori: tracciato, pozzetto di monte e di valle, tipologia di sezione, dimensione, materiale e relativo coefficiente di scabrezza.

Tali dati sono stati ricavati coniugando le informazioni desunte da fonti di varia natura, le quali sono in genere non omogenee fra loro, ma caratterizzate da differenti formati, grado di precisione e dettaglio. Tra le fonti di dati utilizzate, rese disponibili da *Hydrodata*, vi sono:

- Le tabelle di output del programma *HYDren* con indicate la lunghezza e la pendenza longitudinale dei tratti in cui è stata schematizzata la rete in oggetto, insieme alle relative dimensioni, materiali e coefficienti di scabrezza Strickler;
- Il tracciato della rete consortile, su base cartografica CTR (Carta Tecnica Regionale) in scala 1:10000, con indicate le posizioni di alcuni dei principali pozzetti con il loro relativo codice;
- I risultati di rilievi sul campo di alcuni pozzetti dell'infrastruttura, in cui sono riportati le coordinate, le quote di fondo, del chiusino e di sbocco dei tubi afferenti, corredati talvolta da foto;
- Gli elaborati progettuali di alcuni tratti della rete;
- Le immagini satellitari (Google Earth), utilizzate per implementare le informazioni sulla posizione e quota dei punti.

A partire da tali informazioni è stata dunque ricostruita l'intera geometria dell'infrastruttura, da cui è stato ricavato un modello congruente della rete, in cui quest'ultima viene quindi schematizzata attraverso una serie di tratti (collettori), collegati tra loro tramite dei nodi (pozzetti).

Complessivamente il modello allestito è composto dei seguenti elementi:

- Da 856 nodi che rappresentano i pozzetti;
- Da 856 *link* o collettori (lunghezza complessiva di 119 km);
- Da un impianto di sollevamento.

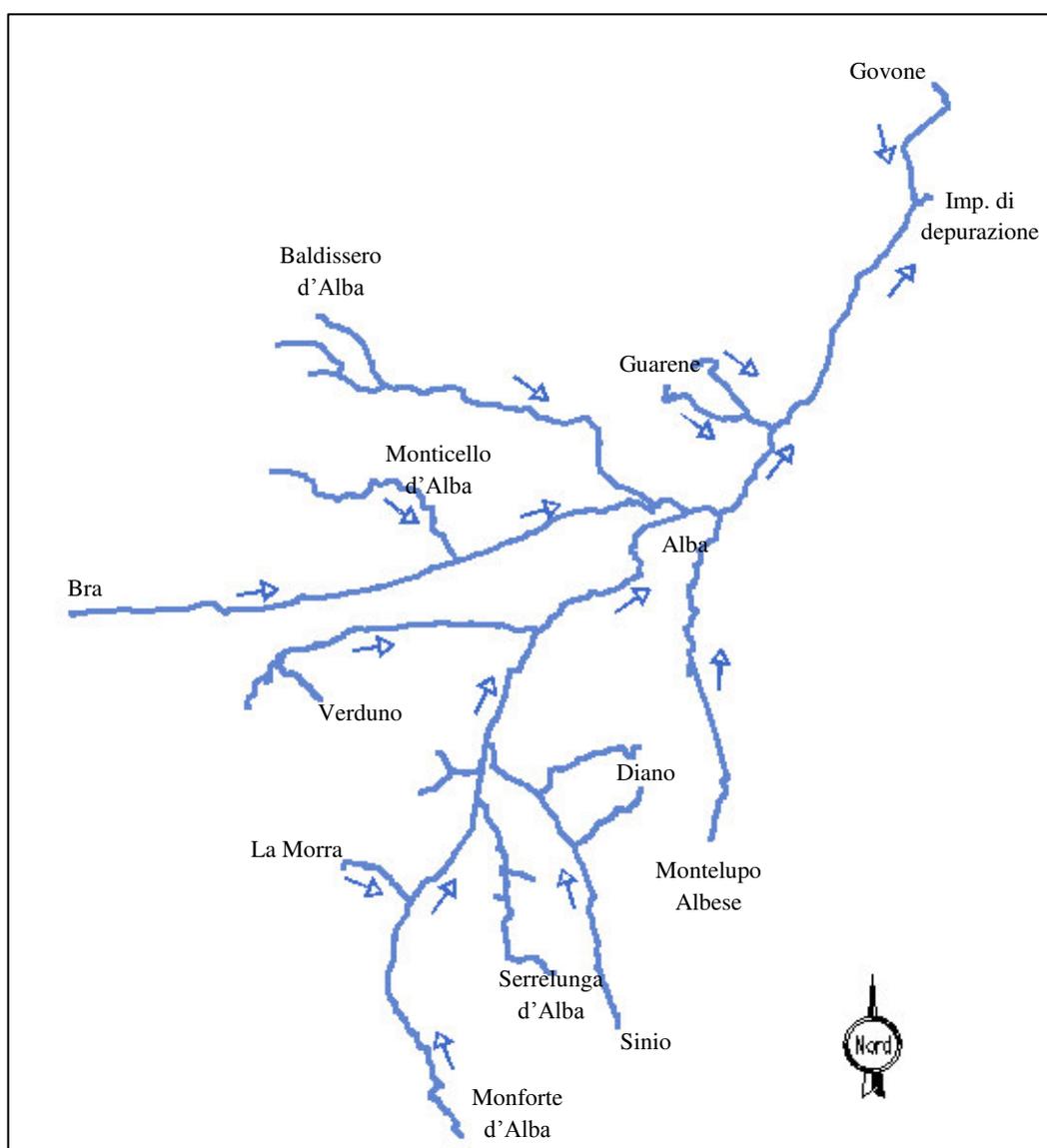


Figura 6.1- Modello della rete allestito mediante il software Mike Urban.

## 6.2 I pozzetti / nodi

Nel modello sono presenti alcuni dei principali pozzetti della rete consortile, dei quali è stato possibile ricavare la posizione ed elevazione. Tali punti sono definiti come nodi e sono associati alle estremità dei vari tratti ed in corrispondenza delle confluenze, dove possono essere connessi due o più collettori.

Ciascun nodo è identificato univocamente attraverso una coppia di coordinate  $x$  ed  $y$ , corrispondenti nel caso in esame, alle coordinate cartografiche Gauss-Boaga, relativamente al fuso ovest.

I pozzetti sono rappresentati come dei cilindri verticali (Figura 6.2), ciascuno dei quali è caratterizzato dal diametro interno  $D$ , dalla quota superiore ossia la quota terreno, e dalla quota di fondo.

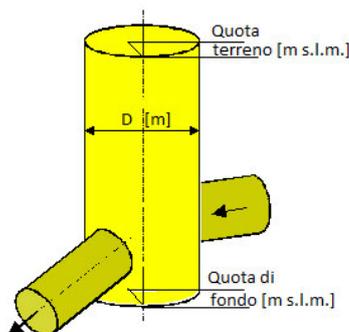


Figura 6.2- Configurazione tipo di un pozzetto d'ispezione.

Tale rappresentazione risulta decisamente diversa dall'effettiva forma dei pozzetti, i quali in genere sono dotati sul fondo di un invito che, fino ad un certo grado di riempimento, convoglia al suo interno la corrente, senza interromperne il flusso. L'adozione della forma cilindrica invece, causa la dispersione della corrente all'interno del pozzetto per qualsiasi valore del tirante idrico, provocando dunque una perdita di carico maggiore rispetto alle condizioni effettive.

In generale il software consente di inserire una configurazione più dettagliata della geometria dell'elemento, mediante la definizione della curva di riempimento (in cui si mette in relazione il volume d'acqua contenuto nel nodo con il tirante idrico), ma ciò comporta un eccessivo appesantimento del carico computazionale, senza che sia controbilanciato da risultati significativamente più accurati.

Si è quindi preferito rinunciare ad una descrizione geometrica più dettagliata dei pozzetti, per tempi di calcolo più rapidi che permettono comunque di ottenere risultati sufficientemente accurati. Nella definizione dei diametri dei pozzetti però non sono state utilizzate le dimensioni che meglio approssimano la forma effettiva degli elementi, ma sono state assunte dimensioni ridotte, adottando diametri inferiori del 30% o al minimo pari ad una volta e mezzo del maggiore diametro dei tubi afferenti al nodo. Tale scelta è nata dalla necessità di contenere la sovrastima dell'area di flusso all'interno dei pozzetti, che è a sua volta causa della sovrastima delle perdite di carico concentrate.

Ad ogni nodo il codice *MOUSE* associa un unico punto della griglia di calcolo, in corrispondenza del quale viene stimato il livello idrico e quindi, una volta assegnata la geometria del pozzetto, il volume accumulato all'interno. In particolare il livello idrico dei nodi viene calcolato sulla base del livello relativo al passo temporale precedente e del contributo, durante l'intervallo  $\Delta t$ , delle portate di tutti i tubi afferenti al pozzetto.

Secondo le impostazioni di default, il software considera i pozzetti aperti e ciò implica che nel momento in cui il livello idrico nel nodo raggiunge la quota terreno, il fluido fuoriesce dalla fognatura, riversandosi sulla superficie esterna.

Per rendere la simulazione più affine al comportamento reale della fognatura, è stato riprodotto l'effetto del chiusino mediante l'introduzione al livello del suolo della *buffer pressure*, ossia l'altezza di un cilindro d'acqua equivalente al peso del chiusino stesso. Con questa impostazione il fluido fuoriesce dal sistema soltanto quando il livello idrico supera tale altezza oltre la quota terreno, producendo un ulteriore incremento della pressione all'interno delle condotte.

In mancanza di dati relativi alle tipologie di chiusini effettivamente presenti, sono stati considerati in tutti i pozzetti tombini in ghisa sferoidale del tipo UNI EN 124 classe D400 con luce di 600 mm, dal peso complessivo di 61 kg, a cui corrisponde un cilindro d'acqua alto circa 22 cm.

### 6.3 I collettori / link

I collettori che compongono la rete, come già accennato in precedenza, vengono discretizzati dal codice numerico in diversi punti di calcolo  $Q$  ed  $h$ , e sono definiti come collegamento tra due diversi nodi. Il verso di percorrenza del tratto, a partire dal quale viene attribuito il segno dei valori di portata e velocità, viene individuato in base alla definizione di nodo di monte e di valle.

L'andamento del profilo longitudinale è definito dall'elevazione del fondo dei pozzetti adiacenti al *link*. In particolare la quota di scorrimento nel punto iniziale del collettore coincide sempre con la quota di fondo del pozzetto, mentre nel punto finale è possibile definire come quota di arrivo un valore diverso, in modo da inserire un eventuale salto. La pendenza longitudinale viene dunque assunta come costante per ciascun tratto ed è calcolata utilizzando la lunghezza complessiva e le quote di scorrimento di inizio e fine.

Ciascun collettore è geometricamente definito da una dimensione caratteristica costante (il diametro per le sezioni circolari, l'altezza massima per le sezioni ovoidali) e da un valore di scabrezza distribuita su tutta la lunghezza del tratto. Quest'ultima, espressa secondo Gauckler-Strickler ( $m^{1/3}/s$ ), viene definita a partire dal materiale di cui è costituito il collettore e dallo stato di manutenzione (nel caso in studio sono stati considerati i valori corrispondenti alle condizioni di tubazioni usate).

Nella Tabella 6.1 si riportano i coefficienti di scabrezza utilizzati nelle simulazioni, in relazione ai diversi materiali.

Materiale	Scabrezza [ $m^{1/3}/s$ ]
GRES	75
CLS	70
FIBROCEMENTO	70
ACCIAIO	100
GHISA	90
PEAD	90
PVC	90

Tabella 6.1 Coefficienti di scabrezza di Strickler per tubazioni fognarie, nella condizione di tubi usati.

## 6.4 L'impianto di sollevamento

All'interno del sistema fognario in esame sono presenti due impianti di sollevamento, uno nei pressi di Santa Vittoria d'Alba, l'altro in corrispondenza dell'attraversamento del Tanaro ad est di Alba. Di questi soltanto il primo è stato inserito nel modello, mentre il secondo è stato sostituito mediante un opportuno sifone. Tale approssimazione è dovuta alla necessità di sopperire alla mancanza di informazioni più precise in merito al sistema in quel tratto ed anche alla necessità di alleggerire il carico computazionale, che altrimenti avrebbe comportato eccessivi tempi di simulazione.

Dal punto di vista computazionale, lo schema numerico d'integrazione delle equazioni di flusso considera tali dispositivi non come degli elementi puntuali, ma piuttosto come delle funzioni che connettono due nodi della griglia, ed in corrispondenza delle quali il codice stima la sola portata sollevata.

All'interno del codice *MOUSE* è possibile definire la specifica funzione caratteristica della pompa ( $Q;dH$ ), che lega la portata sollevata alla differenza di quota piezometrica che si instaura tra il nodo di mandata e quello di ricezione. In mancanza di informazioni sull'effettive caratteristiche dell'impianto installato, nel caso in esame è stata utilizzata la funzione costante, dove al variare del livello idrico, l'impianto pompa una portata costante, il cui valore è stato posto pari all'intera portata proveniente da monte, o al massimo pari a 5 volte la portata media nera, ossia la massima portata che deve essere collettata a trattamento.

## 6.5 Condizioni al contorno

Le portate di pioggia, così come le portate di acqua nera, sono state direttamente immesse nel modello della rete sotto forma di condizioni al contorno, in corrispondenza dei pozzetti di allaccio delle fognature urbane nelle adduttrici principali. Ciò è dovuto al fatto che il modello allestito è composto unicamente dall'insieme di pozzetti e collettori consortili, corredato da impianti di sollevamento e sifoni, mentre non è presente un modello del terreno che rappresenti la morfologia del territorio e attraverso il quale sarebbe stato possibile studiare le dinamiche di trasferimento delle acque meteoriche in fognatura.

Per le diverse portate si è fatto riferimento alle determinazioni perpetrate dagli studi di *Hydrodata S.p.a.* in occasione della verifica dell'adeguatezza idraulica della rete in oggetto, su incarico della *S.I.S.I.* . L'utilizzo degli stessi valori è motivato dalla necessità di rendere confrontabili i risultati ottenuti dal modello in moto uniforme di *Hydrodata* e dal modello allestito.

Per quanto riguarda la sezione di valle corrispondente all'impianto di depurazione, è stata considerata la condizione di sbocco libero, da dove la portata defluisce liberamente, uscendo definitivamente dal modello.

## **6.6 Metodologia di analisi idraulica e presentazione delle simulazioni**

Nell'analisi si è assunto che l'intero sistema sia in condizioni stazionarie, le quali corrispondono alle condizioni cautelative di massimo riempimento della rete. Non è stato quindi eseguito uno studio dinamico di propagazione delle diverse onde di piena lungo le condotte, ma comunque sono stati considerati gli effetti del moto non uniforme, nonché quelli derivanti dall'instaurarsi di correnti in pressione o profili di rigurgito.

Il programma però, non permette in pratica di scegliere se effettuare l'analisi in condizioni stazionarie o meno, ma richiede soltanto che vengano definite le funzioni di immissione delle portate durante il periodo di simulazione. In generale tali funzioni possono variare nel tempo secondo le diverse forme dell'idrogramma, ma nel caso in esame per tutte le portate, sia nere che meteoriche, è stato adottato l'idrogramma costante per tutta la durata della simulazione.

Nel momento in cui le portate vengono immesse nei diversi punti del modello, il software simula la propagazione delle onde di piena, le quali si diffondono con una certa velocità da monte verso valle, raggiungendo in tempi diversi la sezione finale. Si ha dunque una prima fase in cui, in tutte le sezioni del modello, si registra una certa variazione nel tempo delle portate e dei tiranti idrici, variazione che tende però col tempo a diminuire fino ad annullarsi, man mano che le diverse onde si sovrappongono, riempiendo progressivamente la fognatura.

Da una simulazione preliminare, si è osservato che l'intero sistema entra in pieno regime dopo poco meno di 8 ore. Nella scelta dell'intervallo temporale di simulazione, è stato adottato un periodo di studio molto lungo (30 giorni), registrando i valori dei vari

parametri idraulici ogni 8 ore, in modo da saltare tutta la fase transitoria iniziale. L'ampiezza del periodo di simulazione è dovuta al fatto che il programma registra comunque i valori iniziali relativi alla fase transitoria, ma avendo diversi valori relativi alle condizioni stazionarie, questi ultimi hanno maggior peso al momento dell'estrazione dei dati necessari per l'analisi.

Le simulazioni sono state condotte in differenti scenari, al fine di analizzare l'assetto idraulico della rete sia nelle condizioni di ordinario funzionamento, sia in quelle più gravose, che siano però di riferimento per la capacità della rete. In affinità con le verifiche condotte con il modello in moto uniforme da *Hydrodata*, sono stati presi in esame seguenti scenari:

- deflusso della portata massima, pari a 5 volte la portata media nera;
- deflusso della sola portata media di acque nere.

## 6.7 Verifica di calibrazione del modello

Per una verifica di consistenza del modello allestito e della congruenza delle ipotesi adottate nel definire le caratteristiche idrauliche dei vari elementi, sono state prese a riferimento alcune misure di campo eseguite dall'azienda *Hydrodata*, presso nodi idraulici significativi, ossia in corrispondenza della sezione terminale o della confluenza dei rami principali.

Tali rilievi, utilizzati anche per la taratura del modello *HYDren*, consistono in misure di livello e velocità all'interno dei collettori, in condizioni di tempo asciutto, effettuate attraverso un correntometro a induzione magnetica, dai quali si è ricavato il valore di deflusso; dove concesso dall'accessibilità del collettore è stata eseguita una vera e propria misura di portata.

Le misure sono state eseguite in data 05/12/2016 presso i seguenti nodi:

- località Mogliasso (Figura 6.3), in corrispondenza dei pozzetti denominati POZa0385 (sul ramo in arrivo dalla Langa albese), C1009 (a valle della confluenza dei rami in arrivo da Pollenzo e Piobesi d'Alba) e POZa0389 (localizzato a valle della confluenza dei rami provenienti dal Mussotto e dalla Langa albese, lungo il collettore che indirizza i deflussi all'impianto di Govone);

- località Gallo d'Alba (Figura 6.4) sul POZa0405 (localizzato nel tratto terminale del ramo che colletta i deflussi proveniente da Diano d'Alba e Sinio) e sul C\_Roddi\_C030 (POZa0683 secondo il codice S.I.S.I.) (localizzato sul ramo di collettore di Langa albese in arrivo da Monforte d'Alba e Barolo e a valle dell'immissione La Morra Serra dei Turchi e Santa Maria).

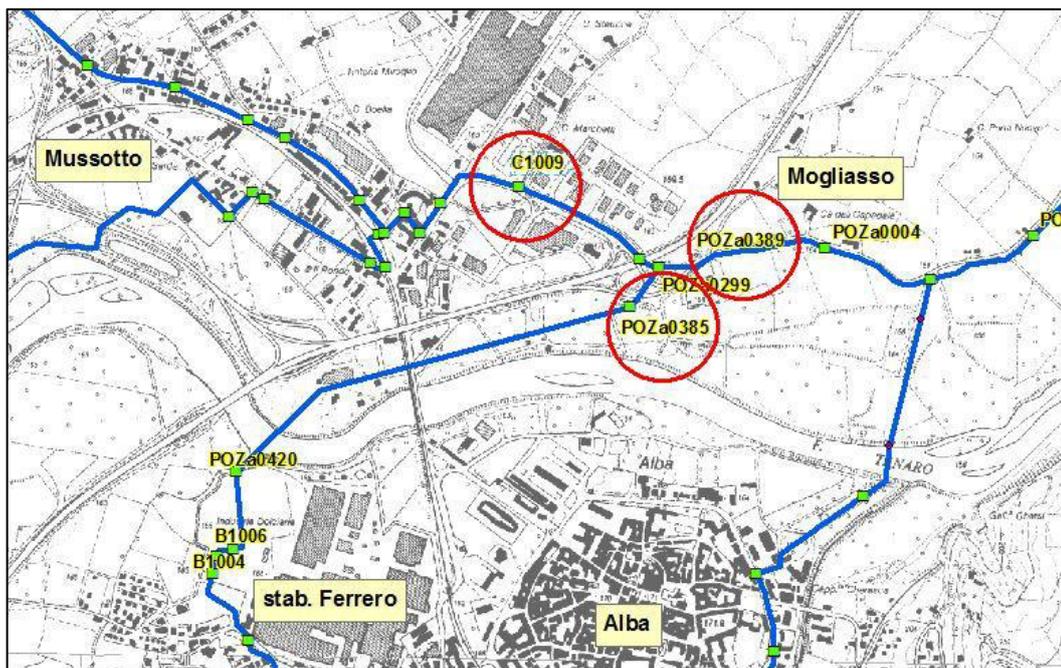


Figura 6.3- Siti di misura in località Mogliasso

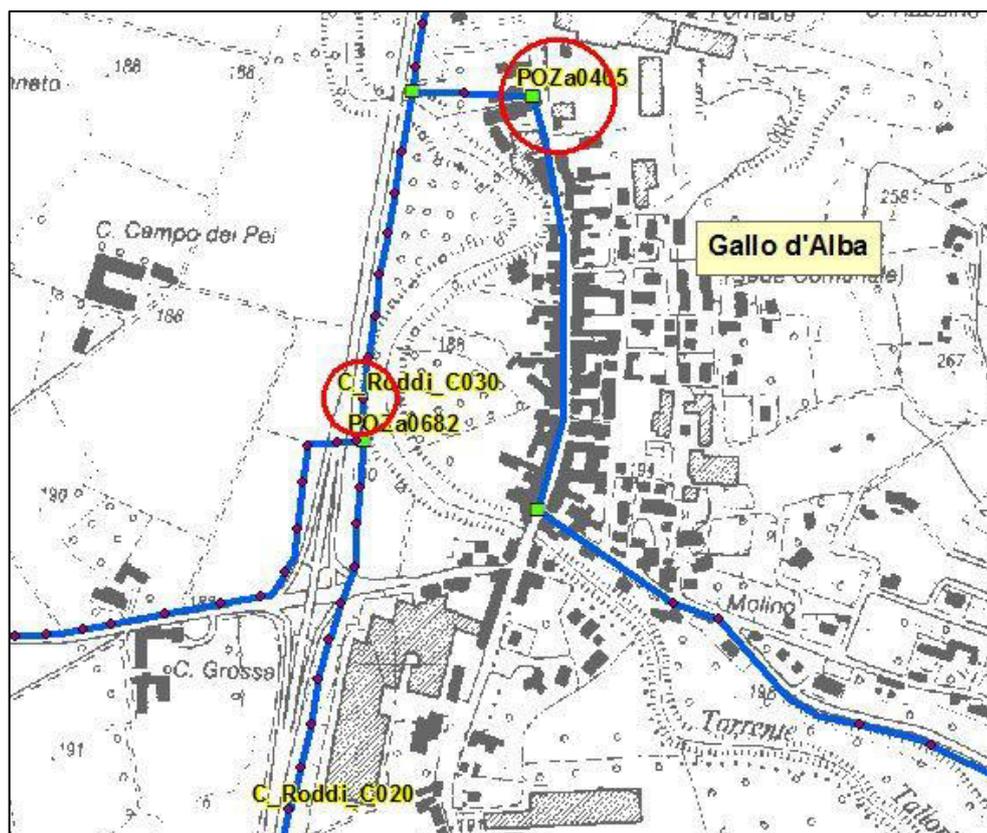


Figura 6.4- Siti di misura in località Gallo d'Alba

Dati di misura					Dati da output modello					
Codice pozzetto	Livello (m)	Velocità misurata (m/s)	Area (m <sup>2</sup> )	Q misurata (m <sup>3</sup> /s)	Materiale tubazione	Diametro tub. (mm)	Livello (m)	Velocità media (m/s)	Area (m <sup>2</sup> )	Q simulata (m <sup>3</sup> /s)
C1009	~0.18	0.28	0.14	0.040	CLS	2200	0.17	0.74	0.14	0.104
POZa0385	~0.55	0.20	0.43	0.210	CLS	1500	0.29	0.43	0.24	0.103
POZa0389	~0.50	0.84	0.33	0.280	CLS	1000	0.40	0.71	0.29	0.207
POZa0405	~0.10	0.43	0.03	0.013	PVC	600	0.08	0.95	0.02	0.017
C_Roddi_C030	~0.11	1.00	0.04	0.040	PVC	630	0.09	0.57	0.03	0.015

Tabella 6.2- Confronto fra i risultati misurati e quelli calcolati dal modello Mike Urban.

Nella Tabella 6.2 è riportato il confronto tra i dati misurati e quelli di calcolo, derivanti dal modello; si può osservare che i dati misurati confermano con buona approssimazione i valori ottenuti dalla simulazione.

Si riscontra quindi che il modello numerico allestito abbia complessivamente una accettabile congruenza, in termini di confrontabilità tra le relazioni portata-livello, che conferma l'adeguatezza delle assunzioni condotte in termini di parametri assegnati al modello.



Figura 6.5- Siti di misura: POZa0385 (sx) e pozzetto POZa0405 (dx) (Foto fornite da Hydrodata).



Figura 6.6- - Siti di misura: C\_Roddi\_C30 (POZa0683) (Foto fornita da Hydrodata).

Quale ulteriore elemento di verifica dei risultati delle analisi condotte si è fatto riferimento alle serie di osservazioni fornite a *Hydrodata* da *S.I.S.I.*, relativamente ad un sensore idrometrico installato nel pozzetto *POZa0299*, posto a monte del sito di misura sul pozzetto *POZa0389*, alla confluenza dei due rami di monte (Figura 6.3).

Le registrazioni dei livelli idrici rese disponibili sono comprese tra il 22/09/2015 ed il 24/10/2016, di cui in Figura 6.7 se ne riporta una rappresentazione esemplificativa dell'intera serie e di uno zoom relativo a un periodo asciutto. Per quest'ultimo è ben visibile l'escursione quotidiana dei picchi di portata scaricata.

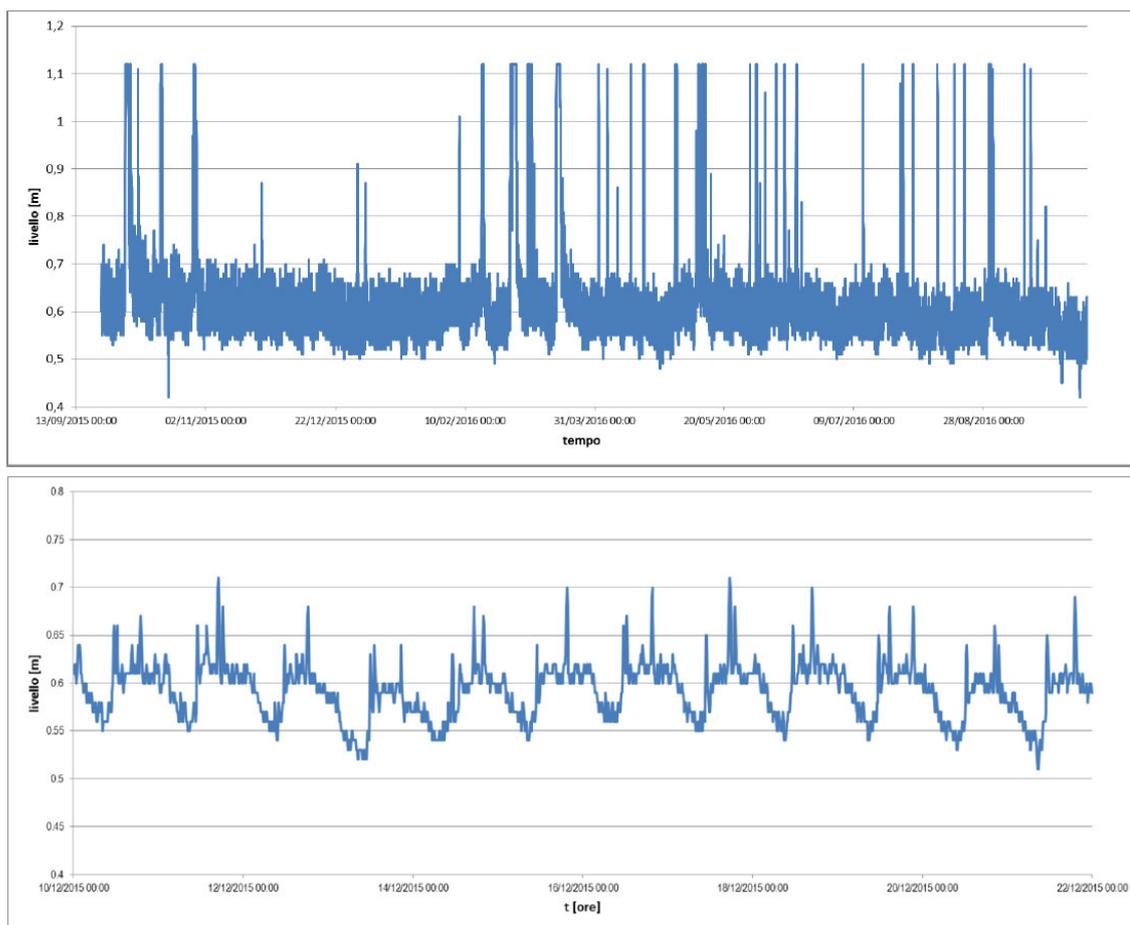


Figura 6.7- Rappresentazione complessiva delle registrazioni analizzate in POZa0299 (22/09/2015-24/10/2016) e zoom esemplificativo per il periodo 10-22/12/2015 (diagrammi forniti da Hydrodata).

Dallo zoom esemplificativo delle variazioni di portata scaricata in fognatura in periodo asciutto (Figura 6.7), si può osservare come il valore di livello medio si aggiri intorno a 0,6 m, che sarebbe corrispondente ad una portata pari a circa  $0,28 \text{ m}^3/\text{s}$ , valore del tutto congruente con la misura effettuata nel POZa0389 in data 5/12/2016 (vedi Tabella 6.2). Esso risulta di poco superiore alla portata teorica di acque nere utilizzata per il modello e pari a circa  $0,21 \text{ m}^3/\text{s}$ , scostamento che risulta comunque del tutto accettabile.

Da tali misurazioni risulta inoltre che il valore di picco della portata è inferiore al doppio del valore medio, dunque ben inferiore alla massima portata considerata nelle simulazioni, pari a 5 volte la portata media nera. Ciò conferma quindi che nell'analisi si è adottato un buon grado di cautela.

## 7 SCENARIO CON PORTATA PARI A $5Q_{NERA}$

Si analizza ora il comportamento idraulico della rete consortile considerando un deflusso pari alla massima portata che deve essere veicolata al trattamento nell'impianto di depurazione finale e a cui si fa riferimento, nella pratica corrente, per il dimensionamento idraulico delle reti di fognatura.

### 7.1 Portate immesse

Le portate immesse nello scenario in esame sono relative alle condizioni di contemporaneità degli scarichi in fognatura, applicando alla portata media nera  $Q_{nera}$  un fattore di punta pari a 5. Quest'ultima è stata stimata facendo riferimento alla dotazione idrica giornaliera media per abitante, come descritto in maggior dettaglio precedentemente.

I diversi deflussi sono stati immessi con valore costante per tutta la durata della simulazione, in corrispondenza dei pozzetti di allaccio delle fognature urbane nella rete consortile. Nella Tabella 7.1 si riportano le portate complessive immesse nei diversi pozzetti:

Tabella 7.1- Portate immesse in corrispondenza dei vari punti del modello, pari a 5 volte la portata media nera.

Ramo	Pozzetto d'immissione	$5Q_{nera}$ [m <sup>3</sup> /s]
Alba cimitero - Ferrero	POZa0420	0.2798
Alba città	A01003	0.04638
Alba città	A01004	0.01527
Alba città	A01005	0.01069
Alba città	A01006	0.00355
Alba città	A01007	0.00282
Alba città	A01008	0.00511
Alba città	A01009	0.00597
Alba città	A01010	0.01476
Alba città	A01011	0.00653
Alba città	A01012	0.0138
Alba città	A01013	0.00746
Alba città	A01014	0.01257
Alba città	A01015	0.01478
Alba città	A01016	0.02058
Alba città	A01017	0.00897
Alba città	A01018	0.01706

Ramo	Pozzetto d'immissione	5Q <sub>nera</sub> [m <sup>3</sup> /s]
Alba città	A01019	0.01838
Alba città	A01020	0.00724
Alba città	A01022	0.13527
Alba città	A01023	0.01213
Alba città	A01024	0.03803
Baldissero - Corneliano cimitero	POZa0240	0.0142
Baldissero - Corneliano cimitero	POZa0253	0.0058
Barolo Ribattino- Cantina Terre del Barolo	POZa0341	0.0018
Barolo Ribattino- Cantina Terre del Barolo	POZa0343	0.0091
Bra loc. La Bassa	L2_p423	0.0926
Bra loc. Pollenzo	L3_C570	0.1695
Cantina Roddi - Alba cimitero	POZa0416	0.04785
Castiglione Falletto	SerraLunga_B01	0.00665
Corneliano cimitero- Alba	da POZa216 a POZa210	0.0068
Corneliano cimitero- Alba	POZa0225	0.01365
Diano d'Alba- Grinzane Cavour	POZa0297	0.02655
Diano d'Alba- Grinzane Cavour	POZa0306	0.00175
Diano d'Alba loc. Tezzo	Diano_C45	0.0002
Diano d'Alba- loc. Tezzo	POZa0296	0.0266
Govone	POZa0363	0.027
Guarene - Imp. Govone	POZa0402	0.05395
Guarene - Imp. Govone	POZa0403	0.0165
Guarene est- confl. Piedelmonte	POZa0272	0.02755
Guarene Piedelmonte	POZa0409	0.02755
La Morra Boiolo - Ribattino	LMor_Rib_A01	0.00025
La Morra loc. Torrigione	POZa0371	0.0007
La Morra Santa Maria	POZa0577	0.00265
La Morra- Serra dei Turchi	POZa0298	0.0018
Mogliasso- Imp. Govone	POZa0068	0.033
Monforte	concentrico Monforte	0.02825
Monforte d'Alba - Barolo	POZa0787	0.0129
Montelupo D'Alba	POZa0327	0.00815
Montelupo D'Alba Ricca	MLupo_37	0.01525
Montelupo D'Alba Ricca	MLupo_04	0.0147
Monticello d'Alba-Piana Biglini	POZa0274	0.00745
Monticello d'Alba-Piana Biglini	POZa0275	0.0114
Monticello d'Alba-Piana Biglini	POZa0279	0.0311
Monticello d'Alba-Piana Biglini	POZa0280	0.003
Pollenzo (Bra)- Alba	POZa0137	0.0058
Pollenzo (Bra)- Alba	POZa0158	0.00175
Pollenzo (Bra)- Alba	POZa0171	0.0052
Roddi	V_ROD_106	0.02355
San Giuseppe Sommariva Perno- Corneliano cimitero	POZa0292	0.0036
SerraLunga-Castiglione Falletto	SerraLunga_A11	0.00045
Serralunga-Monforte	POZa0288	0.00765
Sinio	POZa0300	0.0081
Sinio loc. Bertinetti	Sinio_48	0.00075
Sinio-Diano d'Alba	POZa0305	0.00175
Sinio-Diano d'Alba	POZa0305_1	0.01735
Sommariva Perno-Innesto San Giuseppe Corneliano	POZa0291	0.0574
Sorano- innesto in ramo Monforte	POZa0286	0.00195
Verduno	VERD109/POZa0460	0.000275

Ramo	Pozzetto d'immissione	5Q <sub>nera</sub> [m <sup>3</sup> /s]
Verduno c. Astegiani	POZa312	0.000025
Verduno c. Nuova	POZa0314	0.000025
Verduno loc. Garassini	POZa0310	0.00005
Verduno Ospedale	V_ROD_581	0.0082751
<b>TOT.</b>		<b>1.64885</b>

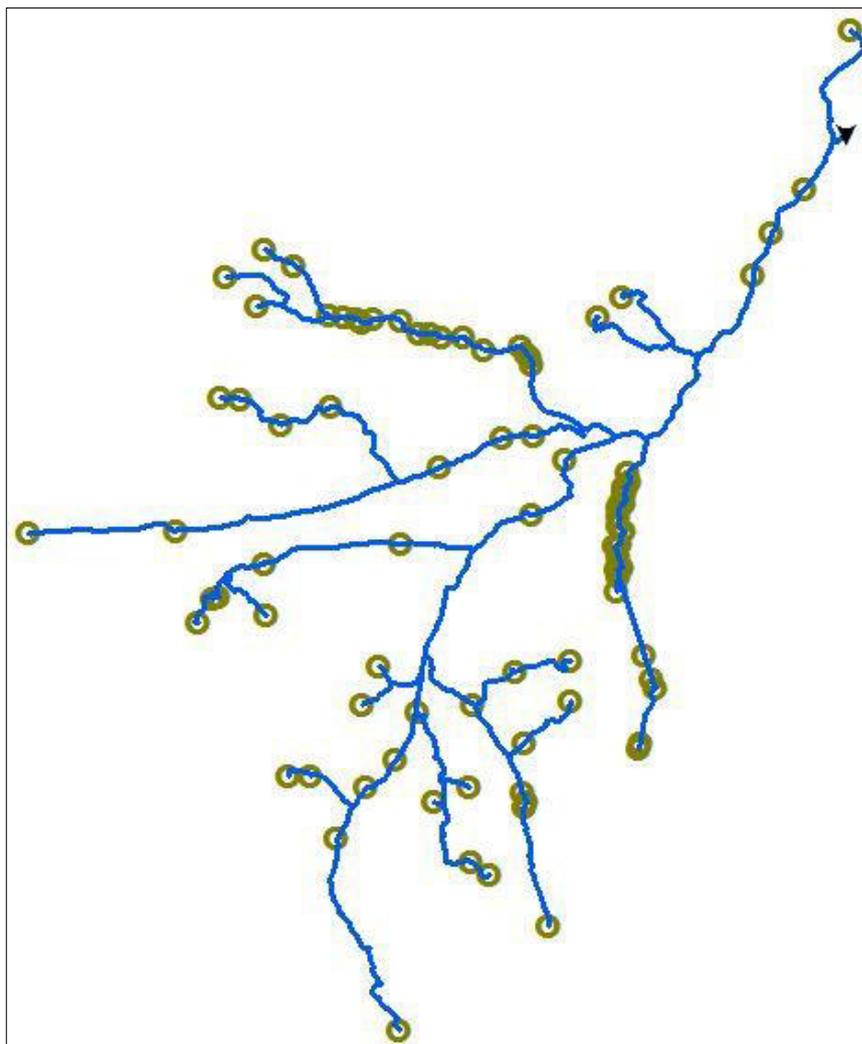


Figura 7.1- Modello della rete con evidenziati i punti d'inserimento delle portate.

## 7.2 Analisi delle criticità

Al termine della simulazione, il codice numerico *MOUSE* stima nei punti della griglia di calcolo i parametri idraulici quali la portata ed il livello idrico, secondo lo schema numerico illustrato in maggior dettaglio nei capitoli precedenti. Da tali parametri sono state poi ricavate le altre grandezze fondamentali della corrente, attraverso cui è stato possibile caratterizzare il funzionamento idraulico delle condotte, individuando le potenziali criticità.

L'analisi dell'adeguatezza idraulica della rete *S.I.S.I.* è stata condotta sulla base del grado di riempimento delle sezioni trasversali delle tubazioni, considerando come valore di soglia un riempimento pari all'80%.

Nella planimetria della rete raffigurata in Figura 7.2 e riportata in maggior dettaglio nelle tavole in allegato (Scenario 1: Cinque volte la portata nera, elaborati 1.1, 1.2, 1.3 Planimetria generale), sono rappresentati i vari collettori, suddivisi in quattro differenti classi colorimetriche in funzione dei risultati ottenuti dal modello allestito, confrontati con quelli relativi al modello in moto uniforme elaborato da *Hydrodata*. In particolare i tratti sono stati così differenziati:

- I tratti in cui in entrambi i modelli il deflusso della portata  $5Q_{nera}$  avviene generando un riempimento medio inferiore o uguale all'80%, sono rappresentati in colore verde (collettori adeguati in entrambi i modelli);
- I tratti che risultano essere non adeguati in entrambi i modelli, in quanto il riempimento medio supera il limite dell'80%, sono rappresentati in colore rosso;
- I tratti che risultano non adeguati idraulicamente solo nel modello in moto permanente, mentre nel modello in moto uniforme il loro grado di riempimento è inferiore all'80%, sono rappresentati in colore arancione (collettori non adeguati nel modello permanente, ma adeguati in quello uniforme);
- Infine, i tratti dove nello studio in moto non uniforme il riempimento è inferiore all'80%, mentre in moto uniforme tale limite viene superato, sono rappresentati in colore blu (collettori adeguati nel modello permanente, ma non adeguati nel modello uniforme).

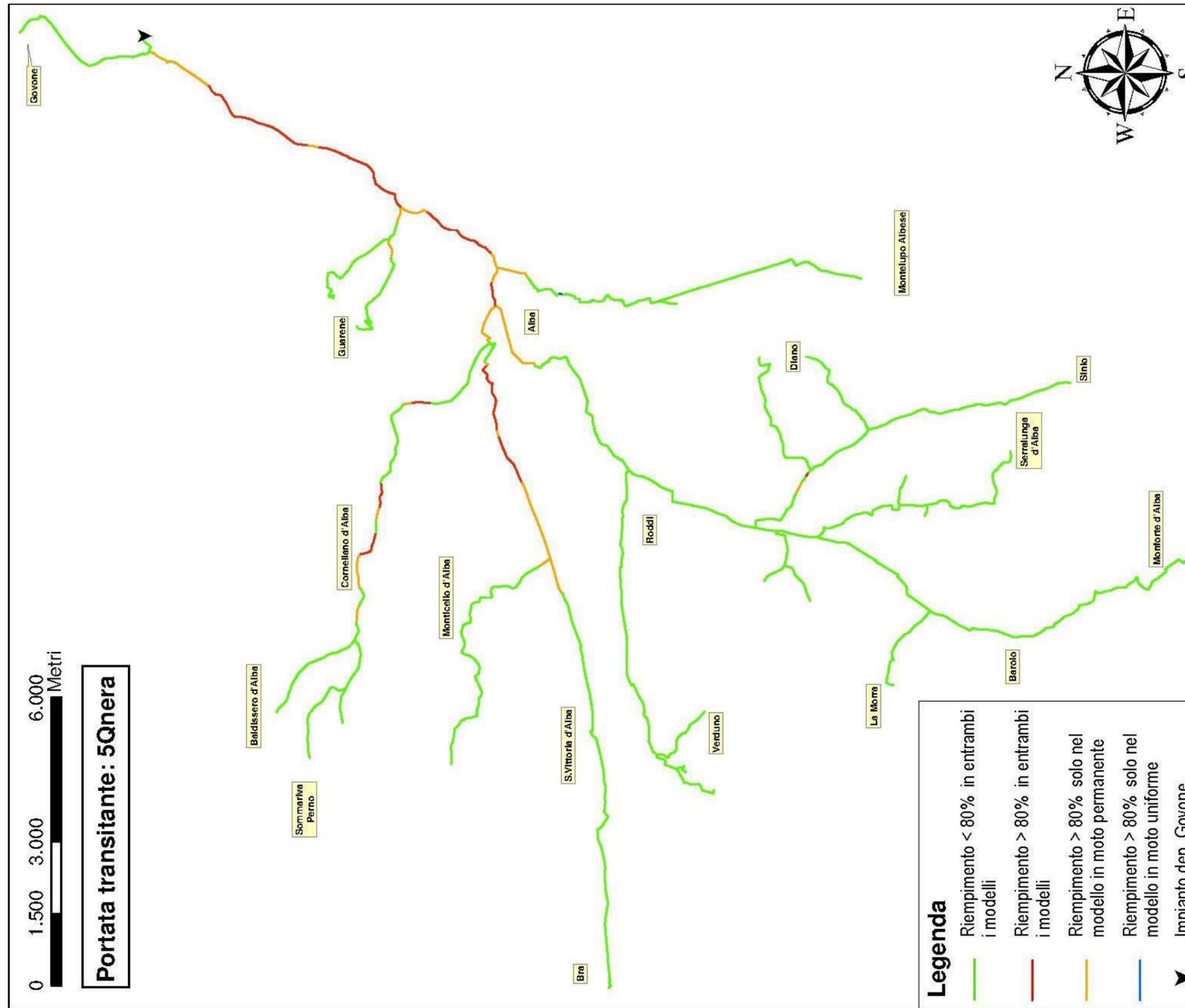


Figura 7.2- Planimetria della rete S.I.S.I. con i collettori distinti in funzione dei risultati relativi al modello in moto permanente e quello in moto uniforme (deflusso pari a 5 volte la portata media nera).

Dai risultati si evince che i tratti con potenziali criticità in entrambi i modelli (tratti in rosso), sono prevalentemente rappresentati dai collettori che si sviluppano lungo la valle del Tanaro, dove il sommarsi delle portate provenienti da monte e le pendenze ridotte fanno sì che il grado di riempimento superi la soglia di adeguatezza dell'80%.

Negli altri rami, salvo alcuni tratti isolati, i collettori risultano complessivamente adeguati, in quanto caratterizzati da deflussi inferiori e pendenze in genere elevate. Tra questi fa però eccezione uno dei rami del Roero, ossia i collettori a valle di Corneliano d'Alba, dove sono presenti diversi tratti non adeguati, in quanto interessati da deflussi in ordine di grandezza maggiori rispetto a quelli presenti nelle altre ramificazioni della rete.

Da una prima analisi dei risultati relativi ai due modelli, risulta evidente l'effetto prodotto dalla presa in considerazione nel modello allestito della presenza dei rigurgiti e delle interferenze dei rami confluenti, fenomeni che sono stati invece trascurati nel modello in moto uniforme. Ciò è osservabile dall'estensione dei tratti critici per il solo modello permanente (tratti arancioni), a monte di quelli critici anche secondo l'analisi in moto uniforme (tratti rossi) e a partire dai punti di confluenza con altri rami. Tale particolarità è appunto frutto della propagazione verso monte dei profili di rigurgito, che producono l'aumento del grado di riempimento nei collettori adiacenti, con tiranti idrici che assumono in alcuni casi valori molto diversi da quelli individuati dalla scala di deflusso per lo specifico collettore.

Di seguito si analizzano in maggior dettaglio alcuni tratti della rete, soffermandosi in particolare ai collettori che sono risultati non adeguati idraulicamente. Di questi si riportano i profili idraulici ricavati dal codice di simulazione *MOUSE* e le tabelle con i valori ottenuti per i medesimi tratti rappresentati e relativi ai due differenti modelli di calcolo.



Nello scenario considerato il ramo è interessato da elevati deflussi che generano gradi di riempimento in genere superiori al 50%, ma che solo laddove si verificano delle cospicue riduzioni di pendenza, comportano il manifestarsi delle condizioni di non adeguatezza idraulica, con il superamento del valore limite dell'80%.

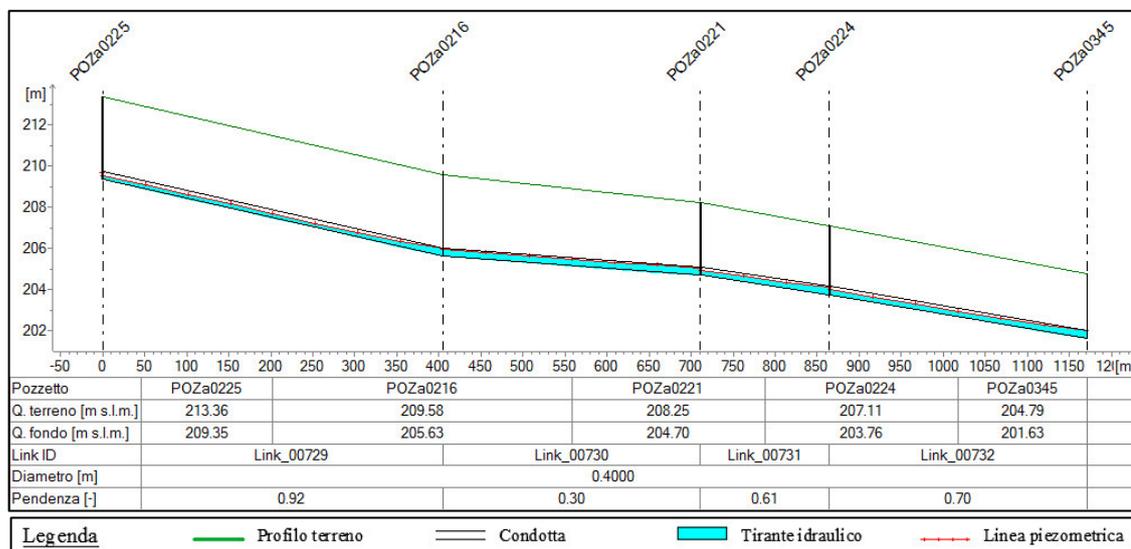


Figura 7.5- Particolare del profilo longitudinale Corneliano-Mussotto tra le sezioni POZa0225 e POZa0345.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Mate-riale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00729	POZa0225-POZa0216	405.08	0.92	circolare	400	cls	70	0.0947	223	55.70%	1.32	0.99	207.80	Non uniforme
								0.0946	192	48.0%	1.59	1.30	N.R.	Uniforme
Link_00730	POZa0216-POZa0221	306.11	0.30	circolare	400	cls	70	0.1015	322	80.40%	0.94	0.51	205.53	Non uniforme
								0.1014	312	78.0%	0.96	0.54	N.R.	Uniforme
Link_00731	POZa0221-POZa0224	153.38	0.61	circolare	400	cls	70	0.1083	290	72.40%	1.11	0.68	204.58	Non uniforme
								0.1083	252	63.0%	1.30	0.88	N.R.	Uniforme
Link_00732	POZa0224-POZa0345	306.34	0.70	circolare	400	cls	70	0.1151	271	67.70%	1.27	0.82	203.05	Non uniforme
								0.1151	244	61.0%	1.43	1.00	N.R.	Uniforme

Tabella 7.2- Estratto dei risultati ottenuti per i tratti compresi tra POZa0225 e POZa0345.

Dal confronto dei risultati ottenuti con le due diverse tipologie di approccio (Tabella 7.2), si osserva che le differenze sono in genere contenute, anche nel tratto POZa0216-POZa0221 dove solo nel modello permanente viene leggermente superata la soglia limite dell'80% di riempimento medio.

In corrispondenza dell'abitato di Piobesi d'Alba, gli apporti in rete superano la capacità di portata nei tratti POZa0172-POZa0185 e POZa0284-POZa0197, come testimoniato anche dai risultati in moto uniforme (Tabella 7.3), generando delle correnti in pressione. Da questi si formano dei profili di rigurgito che risalgono verso monte, mandando in crisi i collettori precedenti, anche se caratterizzati da capacità di deflusso adeguate secondo lo schema numerico in moto uniforme, date le maggiori inclinazioni (Tabella 7.3). L'innalzamento della quota piezometrica determina inoltre un parziale riempimento dei pozzetti; tuttavia i livelli idrici non raggiungono la quota del terreno, per cui non si hanno fuoriuscite di reflui verso l'esterno.

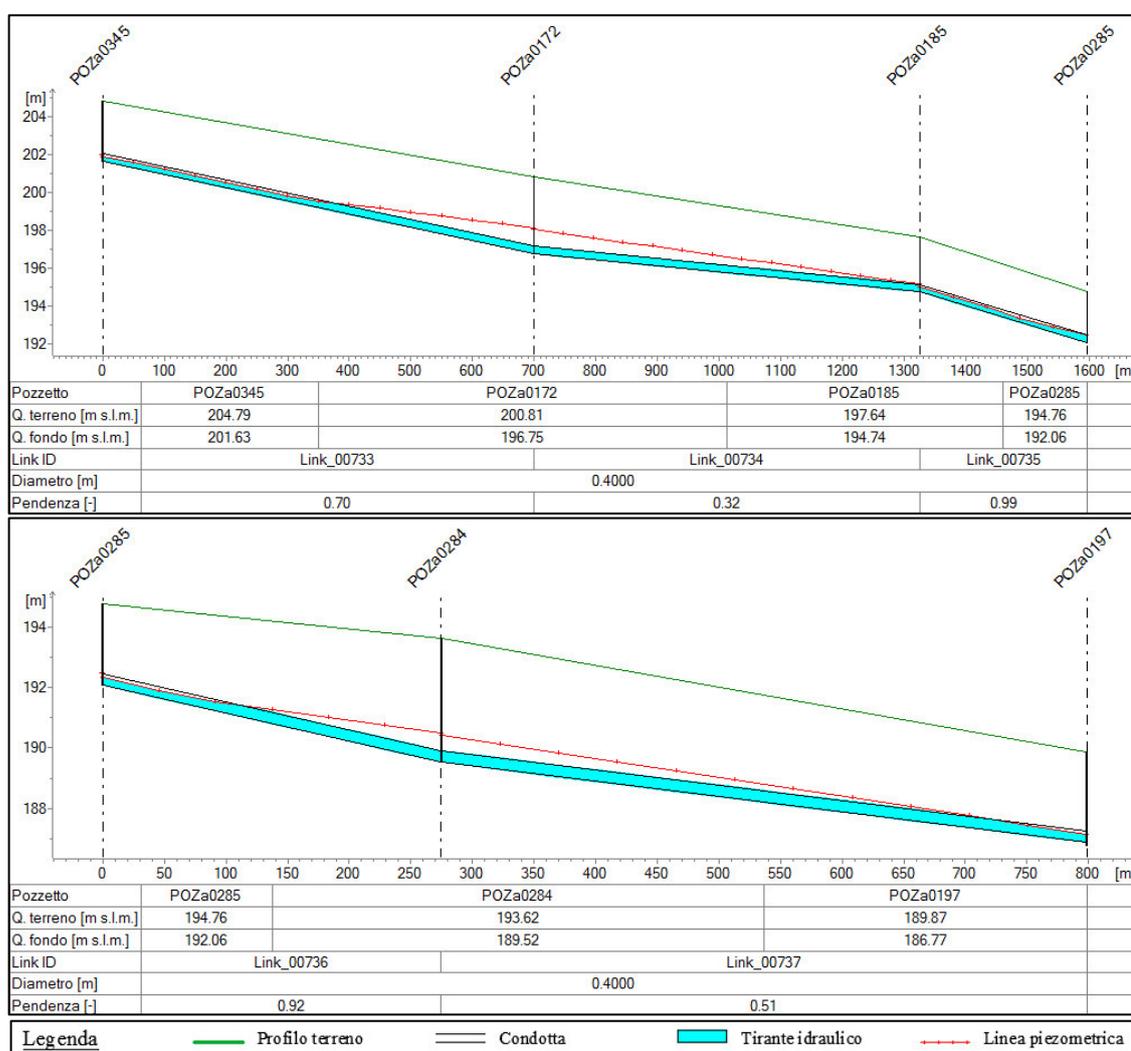


Figura 7.6- Particolari del profilo longitudinale Corneliano-Mussotto in prossimità dell'abitato di Piobesi d'Alba, tra i punti POZa0345 e POZa0197.

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00733	POZa0345-POZa0172	699.23	0.70	circolare	400	cls	70	0.1219	400	100%	0.97	-	199.82	Non uniforme
								0.1219	256	64%	1.43	0.95	N.R.	Uniforme
Link_00734	POZa0172-POZa0185	626.02	0.32	circolare	400	cls	70	0.1287	400	100%	1.02	-	196.64	Non uniforme
								0.1287	400	100%	1.02	-	N.R.	Uniforme
Link_00735	POZa0185-POZa0285	271.00	0.99	circolare	400	cls	70	0.1355	279	70%	1.45	0.92	193.79	Non uniforme
								0.1355	248	62%	1.66	1.13	N.R.	Uniforme
Link_00736	POZa0285-POZa0284	274.74	0.92	circolare	400	cls	70	0.1423	400	100%	1.13	-	191.39	Non uniforme
								0.1423	264	66%	1.62	1.06	N.R.	Uniforme
Link_00737	POZa0284-POZa0197	523.94	0.51	circolare	400	cls	70	0.1491	400	100%	1.19	-	188.85	Non uniforme
								0.1491	400	100%	1.19	-	N.R.	Uniforme

Tabella 7.3- Estratto dei risultati ottenuti per i tratti compresi tra POZa0345 e POZa0197.

A valle del pozzetto POZa0197 l'incremento del diametro e delle pendenze determinano un abbassamento complessivo del tirante idraulico, salvo in prossimità delle sezioni finali delle condotte, dove si registra un innalzamento del profilo dovuto al rallentamento della corrente e dall'immissione dei reflui in corrispondenza dei pozzetti (Figura 7.7 e Figura 7.8).

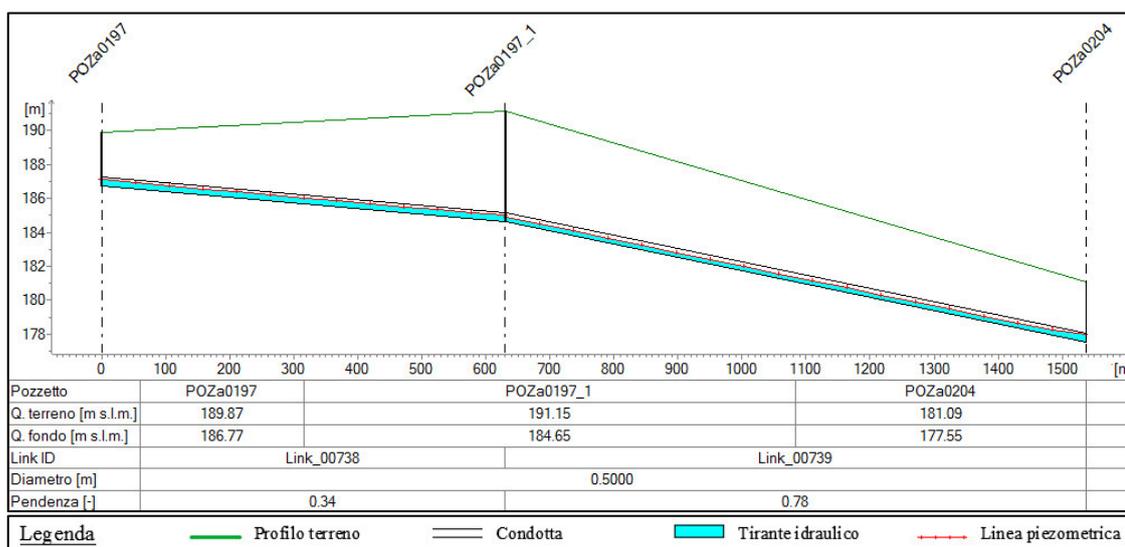


Figura 7.7- Particolari del profilo longitudinale Corneliano-Mussotto tra i punti POZa0197 e POZa0204

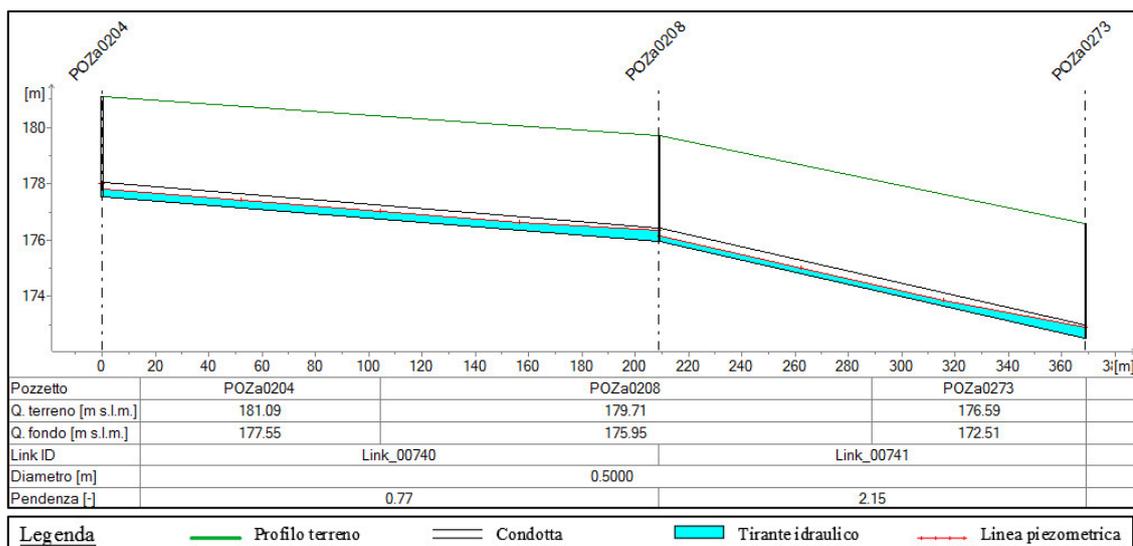


Figura 7.8- Particolari del profilo longitudinale Corneliano-Mussotto tra i punti POZa0204 e POZa0273.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Mate-riale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00738	POZa0197-POZa0197_1	630.33	0.34	circolare	500	cls	70	0.1559	337	68%	1.11	0.65	186.11	Non uniforme
								0.1559	320	64%	1.18	0.70	N.R.	Uniforme
Link_00739	POZa0197_1-POZa0204	906.94	0.78	circolare	500	cls	70	0.1628	270	54%	1.51	1.03	181.49	Non uniforme
								0.1628	255	51%	1.62	1.14	N.R.	Uniforme
Link_00740	POZa0204-POZa0208	208.96	0.77	circolare	500	cls	70	0.1696	300	60%	1.38	0.88	177.15	Non uniforme
								0.1696	265	53%	1.60	1.09	N.R.	Uniforme
Link_00741	POZa0208-POZa0273	160.02	2.15	circolare	500	cls	70	0.1764	257	51%	1.73	1.23	174.64	Non uniforme
								0.1764	200	40%	2.40	1.93	N.R.	Uniforme

Tabella 7.4- Estratto dei risultati ottenuti per i tratti compresi tra POZa0197 e POZa0273.

A causa di queste variazioni del profilo idraulico all'interno dei collettori, nascono delle differenze tra i risultati dei due modelli, anche di 10 punti percentuali sul grado di riempimento, ma queste complessivamente sono contenute (Tabella 7.4).

Da Piobesi alla località Mussotto, i collettori entrano nell'area di fondovalle del Tanaro (Figura 7.9). La brusca riduzione della pendenza longitudinale causa la formazione di corrente in pressione per un breve tratto, secondo entrambi i modelli (Tabella 7.5), con propagazione di un rigurgito che risale parzialmente nel collettore di monte (tratto POZa273-POZa0210). L'effetto del rigurgito emerge soltanto nel modello

di calcolo con moto uniforme, secondo il quale il grado di riempimento medio del tratto supera il limite di idoneità dell'80%.

In prossimità dell'abitato del Mussotto i collettori tornano ad essere idonei, per effetto dell'aumento del diametro da 500 a 900 mm, in corrispondenza del punto D002. Dalla Tabella 7.5 si può osservare come per il tratto D001-D002 i risultati relativi al modello permanente siano di poco superiori; viceversa nell'ultimo tratto (D002-D003), dove sulla corrente sub-critica si instaura un profilo di richiamo, per effetto della presenza del salto finale. Tuttavia in entrambi i collettori, i risultati sono praticamente paragonabili.

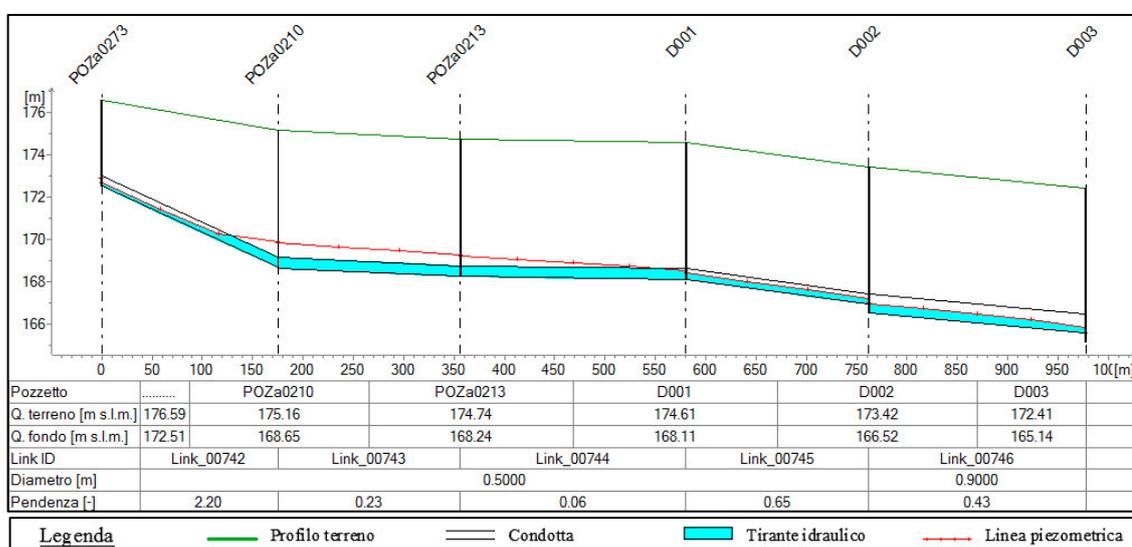


Figura 7.9 - Particolare del profilo longitudinale Corneliano-Mussotto tra i punti POZa0273 e D003.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00742	POZa0273-POZa0210	175.07	2.20	circolare	500	cls	70	0.1832	482	96%	0.94	0.30	171.11	Non uniforme
								0.1832	205	41%	2.42	1.93	N.R.	Uniforme
Link_00743	POZa0210-POZa0213	181.26	0.23	circolare	500	cls	70	0.1900	500	100%	0.97	-	169.59	Non uniforme
								0.1900	500	100%	0.97	-	N.R.	Uniforme
Link_00744	POZa0213-D001	223.84	0.06	circolare	500	cls	70	0.1900	500	100%	0.97	-	168.93	Non uniforme
								0.1900	500	100%	0.97	-	N.R.	Uniforme
Link_00745	D001-D002	181.88	0.65	circolare	500	cls	70	0.1900	297	59%	1.56	1.00	167.94	Non uniforme
								0.1900	270	54%	1.76	1.17	N.R.	Uniforme
Link_00746	D002-D003	215.47	0.43	ovoidale	900	cls	60	0.1900	373	42%	1.35	0.85	166.52	Non uniforme
								0.1900	396	44%	1.24	0.73	N.R.	Uniforme

Tabella 7.5- Estratto dei risultati ottenuti per i tratti compresi tra POZa0273 e D003.

7.2.2 Tratto Grinzane Cavour-Gallo d'Alba

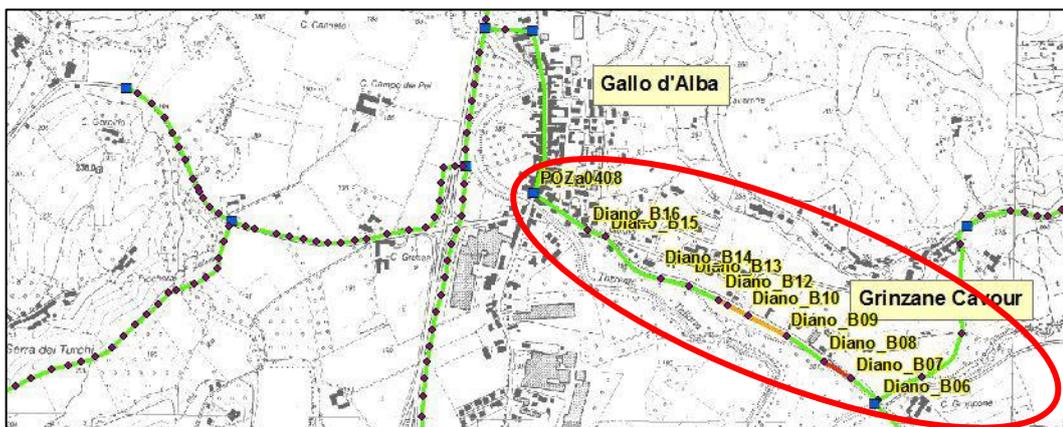


Figura 7.10 - Particolare della rete, nel ramo Grinzane Cavour-Gallo d'Alba con deflusso pari a 5Q<sub>NERA</sub>.

Si analizza il tratto di fognatura in prossimità di Grinzane Cavour, a valle del ramo che collette i reflui dei comuni della Bassa Langa compresi tra Sinio e Gallo d'Alba.

Il ramo in generale risulta adeguato idraulicamente, ma a valle dell'innesto delle tubazioni provenienti dalla località Farinetti (Diano d'Alba), si ha un tratto, avente un'estensione di circa 890 m, in cui la pendenza longitudinale diminuisce considerevolmente ed il profilo idraulico supera la soglia dell'80% del grado di riempimento soltanto in alcuni collettori, rimanendo comunque elevato.

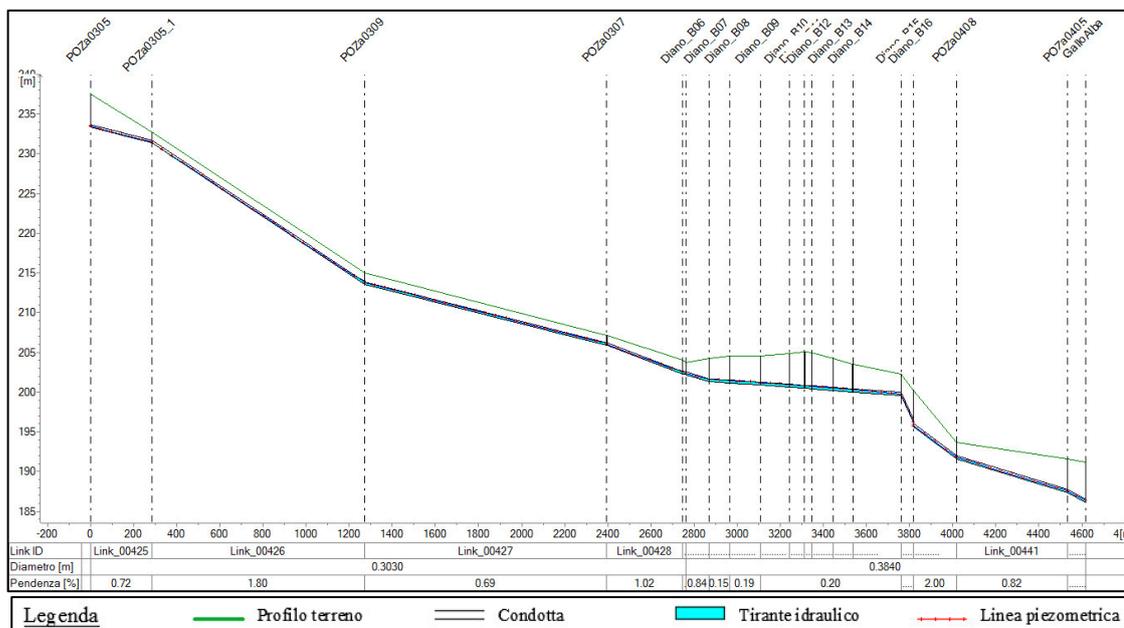


Figura 7.11 – Profilo longitudinale della parte finale del ramo Sinio-Gallo d'Alba. Tra i punti Diano\_B07 e Diano\_B15 si può notare una considerevole riduzione della pendenza longitudinale, in cui vengono a localizzarsi le criticità.

Dai profili idraulici riportati in Figura 7.12, si può infatti notare come a valle della riduzione della pendenza longitudinale, l'altezza idrica cresce in modo considerevole, causando un elevato grado di riempimento, con valori mediamente dell'ordine dell'80% nello schema in moto permanente, del 70% in quello in moto uniforme (Tabella 7.6). Tale innalzamento del profilo inoltre si ripercuote anche a monte della variazione di pendenza, riempiendo parzialmente il tratto *Diano\_B06-Diano\_B07*, per il quale quindi si ottengono risultati maggiori rispetto a quelli relativi al modello in moto uniforme.

Nel collettore finale del tratto pianeggiante (*Diano\_B14-Diano\_B15*), l'approccio in moto non uniforme individua invece valori di tirante idrico leggermente inferiori, per via del profilo di richiamo che si instaura a monte dell'incremento d'inclinazione.

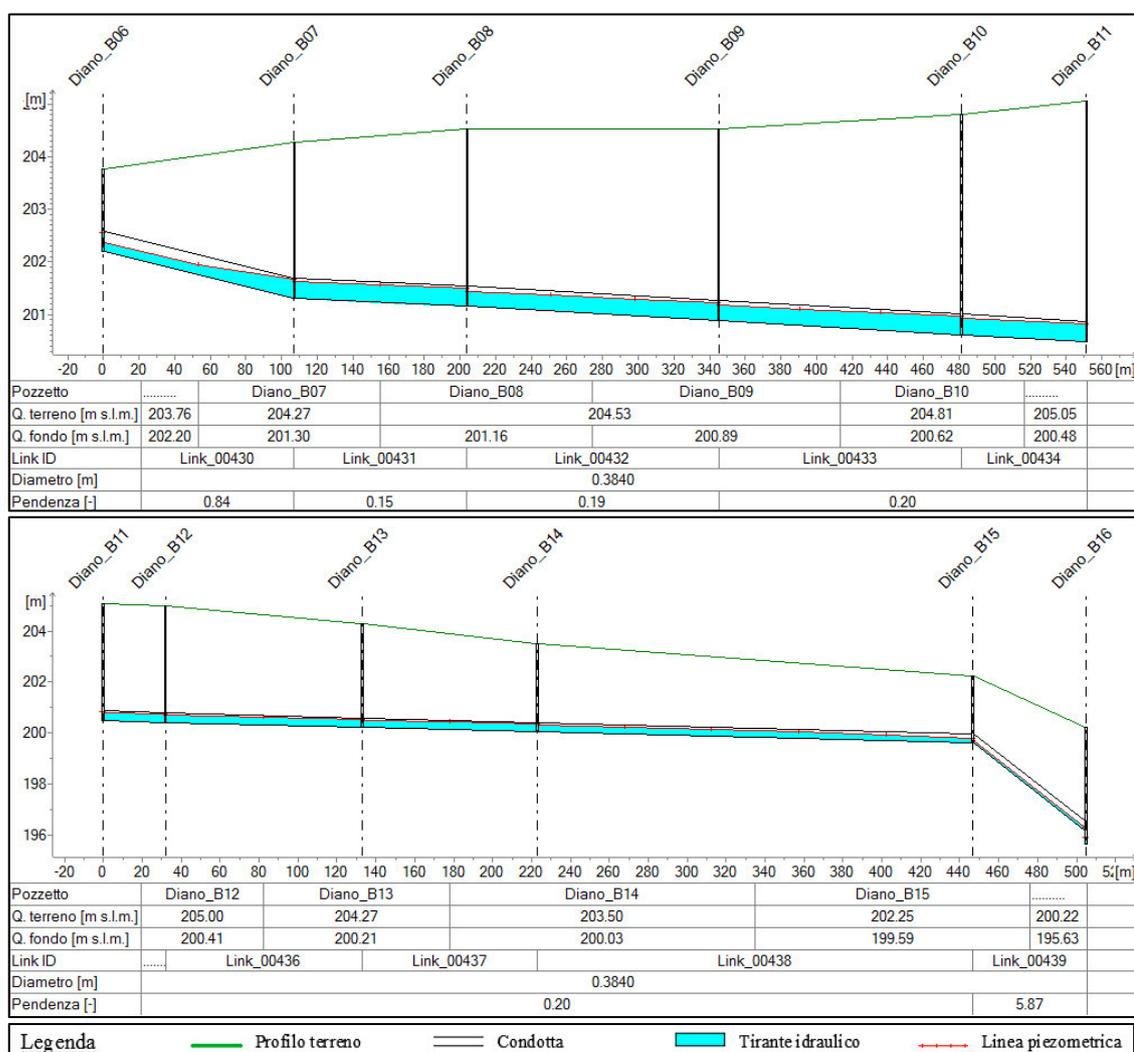


Figura 7.12- Particolari del profilo longitudinale in corrispondenza del tratto pianeggiante compreso tra i punti *Diano\_B06* e *Diano\_B16*.

*SCENARIO CON PORTATA PARI A 5Q<sub>NERA</sub>*

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00430	Diano_B06-Diano_B07	107.04	0.84	circolare	384	PVC	90	0.0830	242	63%	1.08	0.76	202.05	Non uniforme
								0.0831	169	44%	1.69	1.50	N.R.	Uniforme
Link_00431	Diano_B07-Diano_B08	96.89	0.15	circolare	384	PVC	90	0.0830	324	84%	0.80	0.42	201.59	Non uniforme
								0.0831	334	87%	0.78	0.38	N.R.	Uniforme
Link_00432	Diano_B08-Diano_B09	141.16	0.19	circolare	384	PVC	90	0.0830	299	78%	0.86	0.50	201.36	Non uniforme
								0.0831	269	70%	0.96	0.61	N.R.	Uniforme
Link_00433	Diano_B09-Diano_B10	136.03	0.20	circolare	384	PVC	90	0.0830	311	81%	0.83	0.46	201.10	Non uniforme
								0.0831	269	70%	0.96	0.61	N.R.	Uniforme
Link_00434	Diano_B10-Diano_B11	70.19	0.20	circolare	384	PVC	90	0.0830	329	86%	0.79	0.40	200.91	Non uniforme
								0.0831	269	70%	0.96	0.61	N.R.	Uniforme
Link_00435	Diano_B11-Diano_B12	31.83	0.20	circolare	384	PVC	90	0.0830	319	83%	0.81	0.43	200.80	Non uniforme
								0.0831	269	70%	0.96	0.61	N.R.	Uniforme
Link_00436	Diano_B12-Diano_B13	101.36	0.20	circolare	384	PVC	90	0.0830	305	80%	0.84	0.48	200.65	Non uniforme
								0.0831	269	70%	0.96	0.61	N.R.	Uniforme
Link_00437	Diano_B13-Diano_B14	89.83	0.20	circolare	384	PVC	90	0.0830	303	79%	0.85	0.48	200.46	Non uniforme
								0.0831	269	70%	0.96	0.61	N.R.	Uniforme
Link_00438	Diano_B14-Diano_B15	223.83	0.20	circolare	384	PVC	90	0.0830	252	66%	1.03	0.70	200.12	Non uniforme
								0.0831	269	70%	0.96	0.61	N.R.	Uniforme
Link_00439	Diano_B15-Diano_B16	58.19	5.87	circolare	384	PVC	90	0.0830	102	27%	3.37	3.99	198.56	Non uniforme
								0.0831	100	26%	3.47	3.92	N.R.	Uniforme

Tabella 7.6- Estratto dei risultati ottenuti per i tratti compresi tra Diano\_B06-Diano\_B13.

## 7.2.3 Tratto Guarene - innesto collettore principale

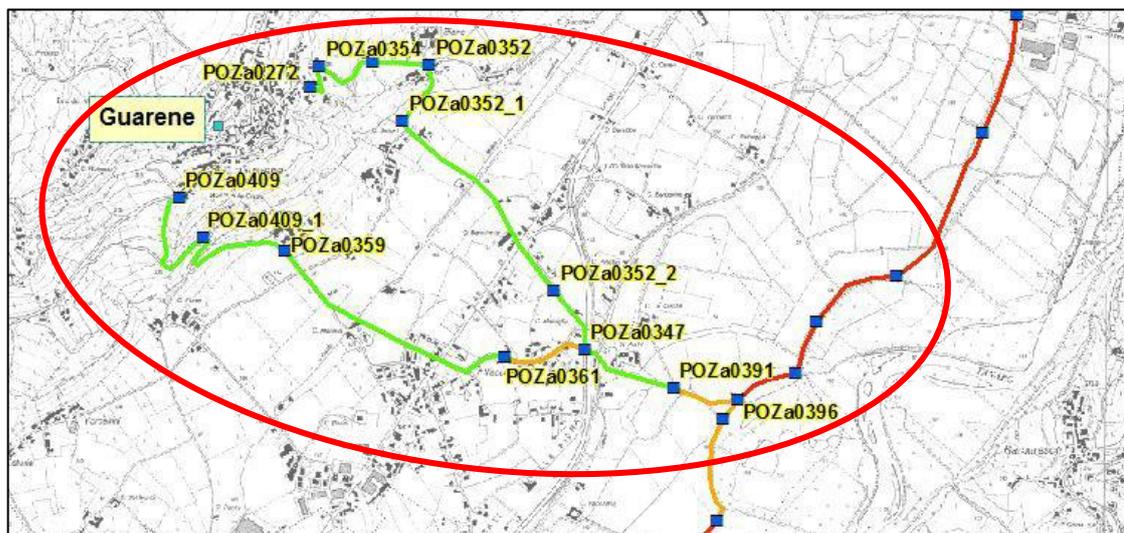


Figura 7.13 – Particolare della planimetria della rete relativamente al ramo di Guarene.

L'abitato di Guarene viene servito da due collettori consortili che si sviluppano dalle località Piedelmonte e Guarene Est per poi confluire nella frazione Vaccheria e innestarsi successivamente nel collettore principale.

Nella parte iniziale i due rami risultano adeguati idraulicamente, per effetto delle elevate pendenze longitudinali della porzione collinare lungo la quale si sviluppano. Non appena si immettono nel territorio di pianura della frazione Vaccheria, le tubazioni diminuiscono drasticamente la loro pendenza, registrando un aumento complessivo del tirante idrico.

In particolare nel ramo Guarene Est-Vaccheria (Figura 7.14) l'incremento di altezza idrica nel tratto a ridosso della confluenza *POZa0352\_2-POZa0347* (Figura 7.15) produce un grado di riempimento superiore al 50% in entrambi i modelli, rimanendo tuttavia al di sotto del valore di soglia dell'80% (Tabella 7.7).

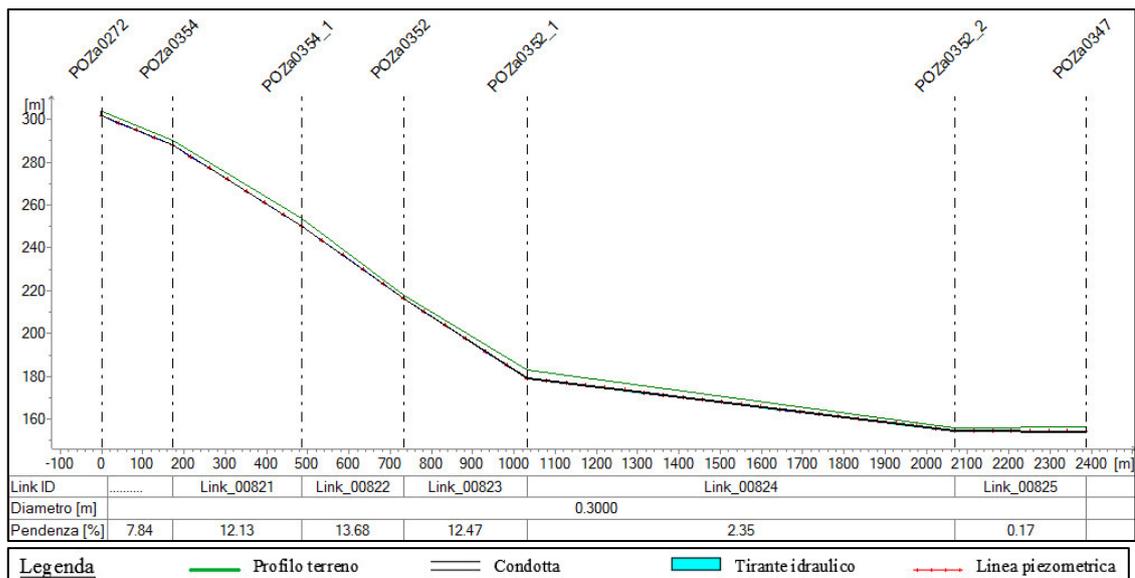


Figura 7.14- Profilo longitudinale ramo Guarene Est-Vaccheria.

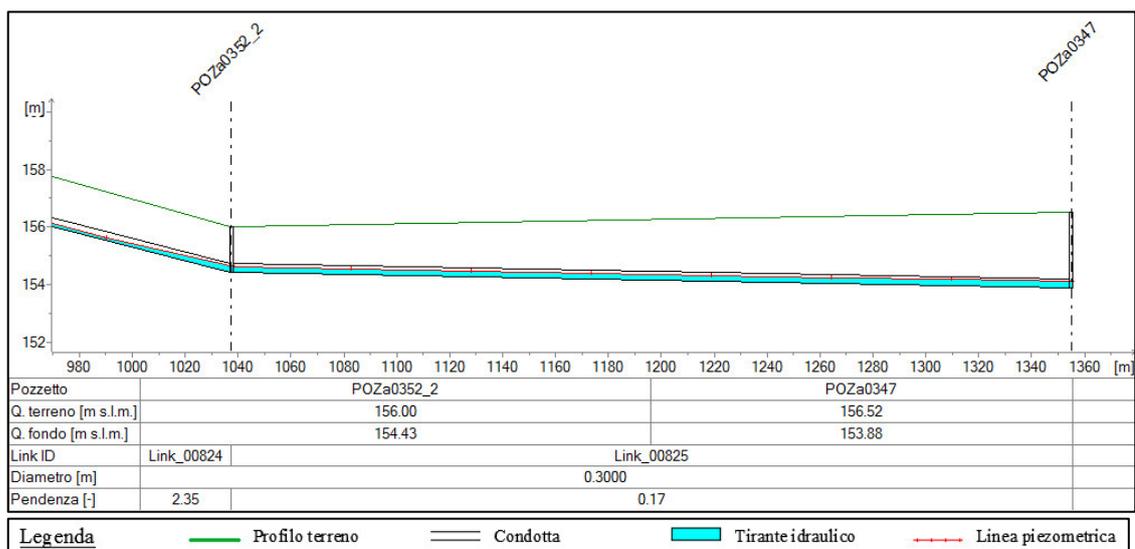


Figura 7.15- Particolare del profilo longitudinale del tratto finale del ramo Guarene Est-Vaccheria tra i punti POZa0352\_2 e POZa0347.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00820	POZa0272-POZa0354	172.23	7.84	circolare	300	cls	70	0.0276	78	26%	1.89	2.56	295.01	Non uniforme
								0.0276	60	20%	2.74	4.15	N.R.	Uniforme
Link_00821	POZa0354-POZa0354_1	313.55	12.13	circolare	300	cls	70	0.0276	67	22%	2.34	3.45	269.33	Non uniforme
								0.0276	57	19%	2.95	4.70	N.R.	Uniforme
Link_00822	POZa0354_1-POZa0352	247.25	13.68	circolare	300	cls	70	0.0276	69	23%	2.25	3.25	233.38	Non uniforme
								0.0276	57	19%	2.95	4.41	N.R.	Uniforme
Link_00823	POZa0352-POZa0352_1	298.98	12.47	circolare	300	cls	70	0.0276	77	26%	1.92	2.63	197.76	Non uniforme
								0.0276	57	19%	2.95	4.52	N.R.	Uniforme
Link_00824	POZa0352_1-POZa0352_2	1037.51	2.35	circolare	300	cls	70	0.0276	96	32%	1.42	1.71	166.84	Non uniforme
								0.0276	90	30%	1.54	1.88	N.R.	Uniforme
Link_00825	POZa0352_2-POZa0347	317.40	0.17	circolare	300	cls	70	0.0276	204	68%	0.54	0.40	154.37	Non uniforme
								0.0276	189	63%	0.59	0.46	N.R.	Uniforme

Tabella 7.7- Estratto dei risultati ottenuti per il ramo Guarene Est-Vaccheria.

Nel ramo Guarene Piedelmonte-Vaccheria (Figura 7.16) la riduzione di pendenza longitudinale è talmente brusca da mandare localmente la corrente in pressione (Figura 7.17), che riesce per un certo tratto a risalire verso monte, mentre verso valle la corrente accelera, ristabilendo nuovamente le condizioni di deflusso a pelo libero. Ovviamente tale fenomeno non viene individuato nello schema numerico in moto uniforme, per via delle ipotesi di base con cui è stato elaborato (Tabella 7.8).

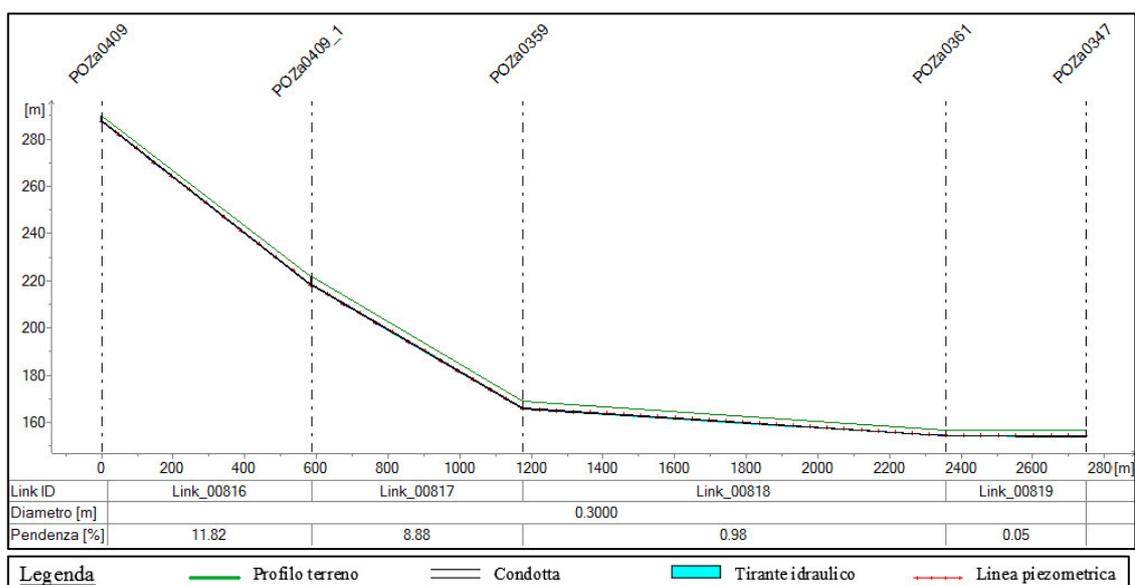


Figura 7.16- Profilo longitudinale Guarene Piedelmonte-Vaccheria.

SCENARIO CON PORTATA PARI A 5QNERA

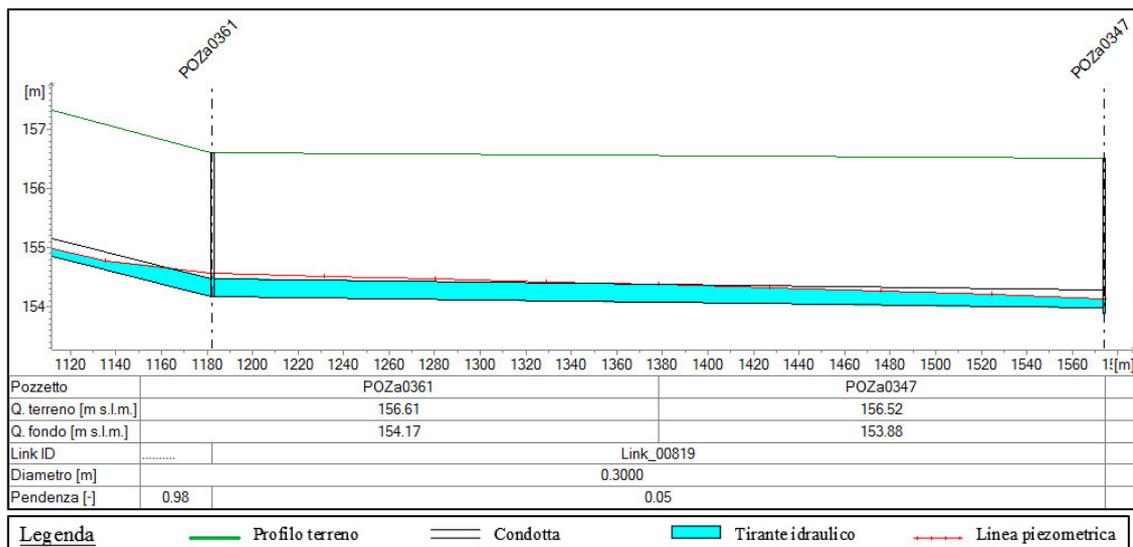


Figura 7.17- Particolare del profilo longitudinale del tratto finale del ramo Guarene Piedemonte -Vaccheria tra i punti POZa0361 e POZa0347.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Mate-riale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00816	POZa0409-POZa0409_1	585.49	11.82	circolare	300	cls	70	0.0276	66	22%	2.39	3.55	253.05	Non uniforme
								0.0276	45	15%	4.14	6.86	N.R.	Uniforme
Link_00817	POZa0409_1-POZa0359	589.60	8.88	circolare	300	cls	70	0.0276	74	25%	2.04	2.84	192.20	Non uniforme
								0.0276	57	19%	2.95	4.48	N.R.	Uniforme
Link_00818	POZa0359-POZa0361	1182.42	0.98	circolare	300	cls	70	0.0276	127	42%	0.97	1.00	160.13	Non uniforme
								0.0276	111	37%	1.16	1.24	N.R.	Uniforme
Link_00819	POZa0361-POZa0347	391.42	0.05	circolare	300	cls	70	0.0276	282	94%	0.40	0.18	154.37	Non uniforme
								0.0276	243	80%	0.45	0.28	N.R.	Uniforme

Tabella 7.8- Estratto dei risultati ottenuti per il ramo Guarene Piedemonte-Vaccheria.

Il tratto che si sviluppa a valle della confluenza dei due rami di Guarene nei pressi della località Vaccheria fino al punto d'immissione nel collettore principale che convoglia i deflussi verso l'impianto di depurazione, risulta non adeguato per effetto del profilo di rigurgito che risale dal punto d'innesto, coinvolgendo parzialmente anche il tratto POZa0347-POZa0391.

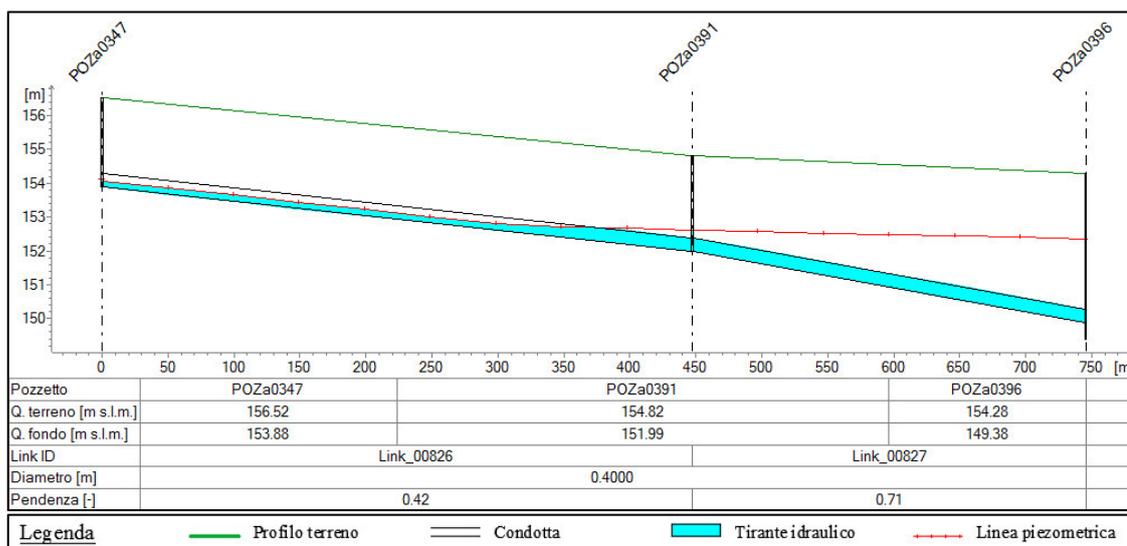


Figura 7.18- Profilo longitudinale tratto compreso tra Vaccheria-innesto collettore principale.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]									
Link_00826	POZa0347-POZa0391	447.33	0.42	circolare	400	cls	70	0.0551	267	67%	0.62	0.41	153.22	Non uniforme
								0.0551	160	40%	1.17	1.07	N.R.	Uniforme
Link_00827	POZa0391-POZa0396	298.13	0.71	circolare	400	cls	70	0.0551	400	100%	0.44	-	152.48	Non uniforme
								-	-	-	-	-	-	Uniforme

Tabella 7.9- Estratto dei risultati ottenuti per il tratto Vaccheria-innesto collettore principale.

#### 7.2.4 Tratto Bra-Monticello d'Alba-Mussotto (Alba).

I collettori che si sviluppano da Bra fino all'impianto di sollevamento in prossimità di Santa Vittoria d'Alba, a monte della confluenza del ramo di Monticello d'Alba, fanno parte dei recenti interventi di razionalizzazione del sistema di collettamento e depurazione dei reflui del comune di Bra e dei comuni limitrofi, il cui adeguamento è stato suddiviso in 2° Lotto Bra-Pollenzo e 3° Lotto Pollenzo-Santa Vittoria d'Alba.

Per tali collettori, sono stati utilizzati i dati relativi al loro assetto definitivo secondo gli elaborati progettuali approvati dall'ATO 4 cuneese, i quali prevedono l'adozione di tubazioni circolari in gres con dimensioni che progressivamente variano da 800 a 1000 mm.

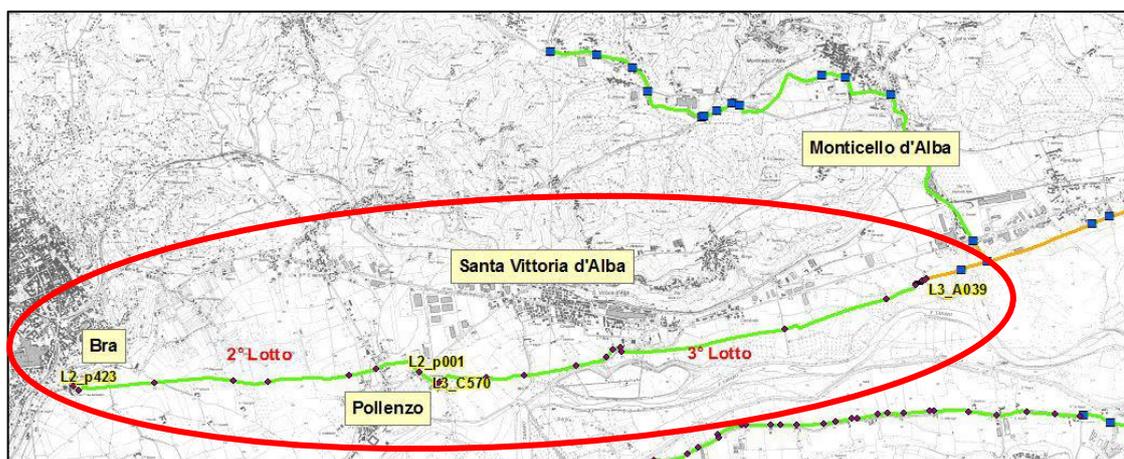


Figura 7.19 Particolare della planimetria della rete ai rami 2° Lotto Bra-Pollenzo e 3° Lotto Pollenzo-S. Vittoria.

Dalle analisi effettuate le condotte risultano essere ampiamente adeguate per entrambi i modelli, con deflussi che non superano il 50% del grado di riempimento per tutta la lunghezza del ramo. Come si può osservare dalle tabelle Tabella 7.10 e Tabella 7.11, i valori ricavati dai due differenti approcci, sono praticamente uguali, ad eccezione dei tratti finali del 3° Lotto Pollenzo-Santa Vittoria d'Alba (Tabella 7.11), per effetto della presenza dell'impianto di sollevamento nel modello allestito, che è stato invece trascurato nello schema in moto uniforme.

SCENARIO CON PORTATA PARI A 5QNERA

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00646	L2_p423-L2_p414	62.00	2.75	circolare	800	GRES	85	0.0926	112	14%	2.16	2.49	216.84	Non uniforme
								0.0926	112	14%	2.16	2.42	N.R.	Uniforme
Link_00647	L2_p414-L2_p334	754.29	0.60	circolare	800	GRES	75	0.0926	170	21%	1.19	1.10	213.41	Non uniforme
								0.0926	160	20%	1.29	1.17	N.R.	Uniforme
Link_00648	L2_p334-L2_p249	784.52	0.60	circolare	800	GRES	75	0.0926	163	20%	1.26	1.19	208.79	Non uniforme
								0.0926	160	20%	1.29	1.17	N.R.	Uniforme
Link_00649	L2_p249-L2_p212	333.66	0.40	circolare	900	GRES	75	0.0926	173	19%	1.08	0.99	205.36	Non uniforme
								0.0926	171	19%	1.10	0.97	N.R.	Uniforme
Link_00650	L2_p212-L2_p117	801.04	0.40	circolare	900	GRES	75	0.0926	179	20%	1.03	0.93	202.30	Non uniforme
								0.0926	171	19%	1.10	0.97	N.R.	Uniforme
Link_00651	L2_p117-L2_p084	274.48	0.40	circolare	900	GRES	75	0.0926	174	19%	1.07	0.98	200.15	Non uniforme
								0.0926	171	19%	1.10	0.97	N.R.	Uniforme
Link_00652	L2_p084-L2_p023	483.99	0.25	circolare	900	GRES	75	0.0926	192	21%	0.93	0.81	198.20	Non uniforme
								0.0926	189	21%	0.95	0.77	N.R.	Uniforme
Link_00653	L2_p023-L2_p001	212.99	0.60	circolare	900	GRES	75	0.0926	177	20%	1.05	0.95	195.76	Non uniforme
								0.0926	153	17%	1.29	1.18	N.R.	Uniforme

Tabella 7.10- Estratto dei risultati ottenuti per 2° Lotto Bra-Pollenzo.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00654	L3_C570-L3_C566	35.53	2.53	circolare	1000	GRES	75	0.2621	178	18%	2.77	2.52	194.61	Non uniforme
								-	-	-	-	-	-	-
Link_00655	L3_C566-L3_C511	474.52	0.60	circolare	1000	GRES	75	0.2621	254	25%	1.67	1.25	192.14	Non uniforme
								0.2621	250	25%	1.71	1.22	N.R.	Uniforme
Link_00656	L3_C511-L3_C468	381.85	0.30	circolare	1000	GRES	75	0.2621	300	30%	1.32	0.91	189.74	Non uniforme
								0.2621	300	30%	1.32	0.87	N.R.	Uniforme
Link_00657	L3_C468-L3_C413	510.10	0.25	circolare	1000	GRES	75	0.2621	332	33%	1.15	0.75	186.89	Non uniforme
								0.2621	320	32%	1.21	0.79	N.R.	Uniforme
Link_00658	L3_C413-L3_C380	312.02	0.55	circolare	1000	GRES	75	0.2621	293	29%	1.37	0.95	185.38	Non uniforme
								0.2621	260	26%	1.62	1.17	N.R.	Uniforme
Link_00659	L3_C380-L3_C369	96.00	0.55	circolare	1000	GRES	75	0.2621	260	26%	1.62	1.20	184.27	Non uniforme
								0.2621	260	26%	1.62	1.17	N.R.	Uniforme
Link_00660	L3_C369-L3_C310	81.00	1.79	circolare	1000	GRES	75	0.2621	194	19%	2.45	2.12	181.36	Non uniforme
								0.2621	300	30%	1.32	0.87	N.R.	Uniforme
Link_00661	L3_C310-L3_C300	42.14	0.23	circolare	1000	GRES	75	0.2621	437	44%	0.79	0.44	178.67	Non uniforme
								0.2621	340	34%	1.11	0.71	N.R.	Uniforme

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00662	L3_C300-L3_C165	1622.77	0.18	circolare	1000	GRES	75	0.2621	353	35%	1.06	0.66	177.14	Non uniforme
								0.2621	340	34%	1.11	0.71	N.R.	Uniforme
Link_00664	L3_C165-L3_C043	1060.94	0.20	circolare	1000	GRES	75	0.2621	334	33%	1.14	0.74	174.64	Non uniforme
								0.2621	340	34%	1.11	0.71	N.R.	Uniforme
Link_00665	L3_C043-L3_C002	328.01	0.20	circolare	1000	GRES	75	0.2622	439	44%	0.79	0.44	173.07	Non uniforme
								0.2621	340	34%	1.11	0.71	N.R.	Uniforme
Link_00666	L3_C002-L3_C001	6.00	0.20	circolare	1000	GRES	75	0.2621	864	86%	0.36	0.11	172.94	Non uniforme
								0.2621	340	34%	1.11	0.71	N.R.	Uniforme

Tabella 7.11- Estratto dei risultati ottenuti per 3° Lotto Pollenzo-Santa Vittoria d'Alba fino al pozzetto di mandata dell'impianto di sollevamento (punto L3\_C001).

A valle dell'impianto di sollevamento (punto L3\_B01), il 3° lotto continua con un sifone composto da due condotte in PEAD di 315 mm ciascuna, che confluiscono poi nel pozzetto L3\_A039. Tale sifone è previsto per consentire l'attraversamento dei reflui sulla Baelera del Molino, in zona Mellea, ed è caratterizzato ovviamente da condizioni di deflusso in pressione. In Tabella 7.12 si riportano i risultati ottenuti per le due condotte che compongono il sifone e relativi al solo modello in moto permanente, poiché non è stato analizzato nel modello *Hydren*.

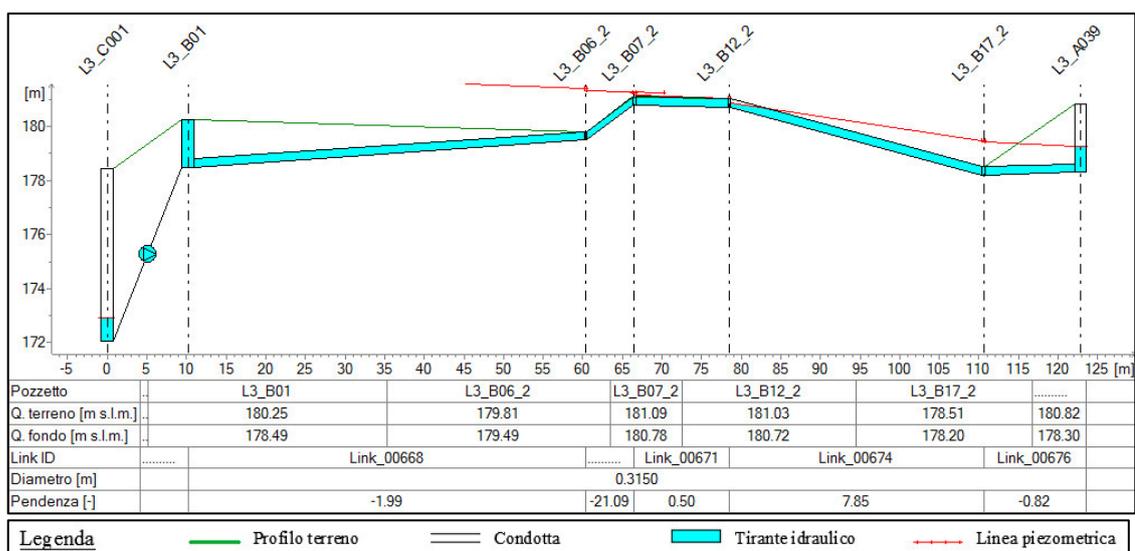


Figura 7.20- Profilo longitudinale del sifone posto a valle dell'impianto di sollevamento.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00667	L3_B01- L3_B06_1	50.20	-1.99	circolare	315	PEAD	90	0.131	315	100.0%	1.68	-	181.77	Non uniforme
Link_00668	L3_B01- L3_B06_2	50.21	-1.99	circolare	315	PEAD	90	0.1311	315	100.0%	1.68	-	181.76	Non uniforme
Link_00669	L3_B06_1- L3_B07_1	6.04	-21.34	circolare	315	PEAD	90	0.131	315	100.0%	1.68	-	181.40	Non uniforme
Link_00670	L3_B06_2- L3_B07_2	6.12	-21.09	circolare	315	PEAD	90	0.1311	315	100.0%	1.68	-	181.40	Non uniforme
Link_00671	L3_B07_2- L3_B12_2	11.96	0.5	circolare	315	PEAD	90	0.1311	315	100.0%	1.68	-	181.23	Non uniforme
Link_00672	L3_B07_1- L3_B12_1	12.03	0.5	circolare	315	PEAD	90	0.131	315	100.0%	1.68	-	181.23	Non uniforme
Link_00673	L3_B12_1- L3_B17_1	32.23	7.82	circolare	315	PEAD	90	0.131	315	100.0%	1.68	-	180.31	Non uniforme
Link_00674	L3_B12_2- L3_B17_2	32.09	7.85	circolare	315	PEAD	90	0.1311	315	100.0%	1.68	-	180.31	Non uniforme
Link_00675	L3_B17_1- L3_A039	12.21	-0.82	circolare	315	PEAD	90	0.131	315	100.0%	1.68	-	179.48	Non uniforme
Link_00676	L3_B17_2- L3_A039	12.23	-0.82	circolare	315	PEAD	90	0.1311	315	100.0%	1.68	-	179.48	Non uniforme

Tabella 7.12- Estratto risultati ottenuti dal solo modello permanente relativamente al sifone a valle dell'impianto di sollevamento.

A valle del sifone i defluissi confluiscono nel pozzetto L3\_A039 in un collettore in gres di 1000 mm, che prosegue per una lunghezza di circa 340 m, fino ad immettersi nella rete già esistente in corrispondenza del pozzetto denominato POZa0118, posto a monte della confluenza con il ramo di Monticello d'Alba. In corrispondenza di tale pozzetto si verifica un restringimento di sezione, con il passaggio verso tubazioni circolari in cemento di 600 mm, le quali proseguono con diametro costante per circa 5 km fino in prossimità del Mussotto (Alba) nel pozzetto C1001, dove la sezione aumenta nuovamente.

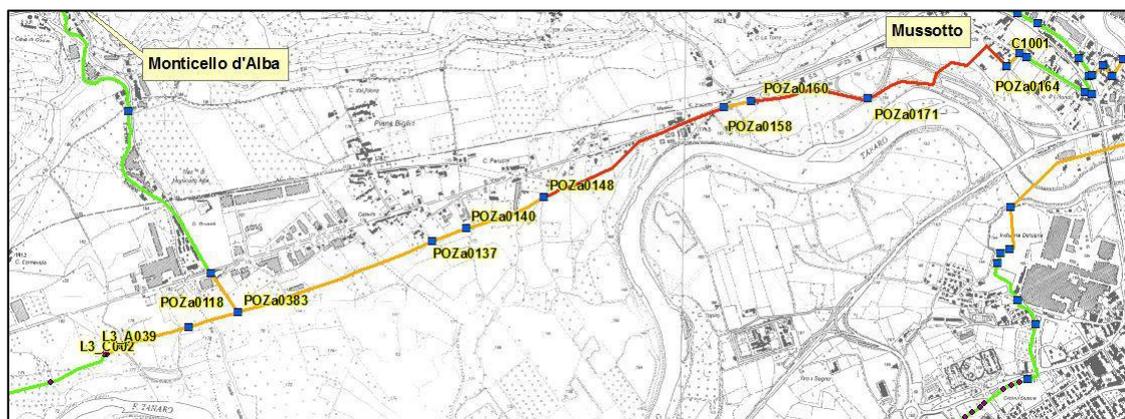


Figura 7.21- Particolare della planimetria della rete relativamente al tratto Monticello-Mussotto (Alba) dal punto L3\_A039 a C1001.

Per l'intero tratto i risultati ottenuti dai due modelli sono sensibilmente differenti. Dalla Figura 7.21 e dalla Tabella 7.13 si può notare che, mentre il modello *Hydren* individua come non adeguati soltanto i collettori posti più a valle, con un deflusso che occupa l'intera sezione trasversale delle tubazioni, l'analisi effettuata in moto non uniforme estende tali criticità più a monte, a causa dell'influenza della propagazione dei rigurgiti a partire dalle correnti in pressione di valle.

In particolare dai profili longitudinali riportati in Figura 7.22, Figura 7.23 e Figura 7.24 si può osservare come l'intero tratto sia fortemente in crisi per tutta la sua lunghezza, con quote piezometriche che sovrastano le tubazioni.

I pozzetti vengono quindi parzialmente riempiti e nel solo caso del *POZa0148*, dove si realizza una riduzione di pendenza, il tirante idrico è tale da raggiungere la quota del chiusino, con possibile fuoriuscita di portata verso l'esterno (Figura 7.23), che comporta una differenza di portata nei corrispondenti tratti tra i due diversi modelli a valle del suddetto pozzetto (Tabella 7.13).

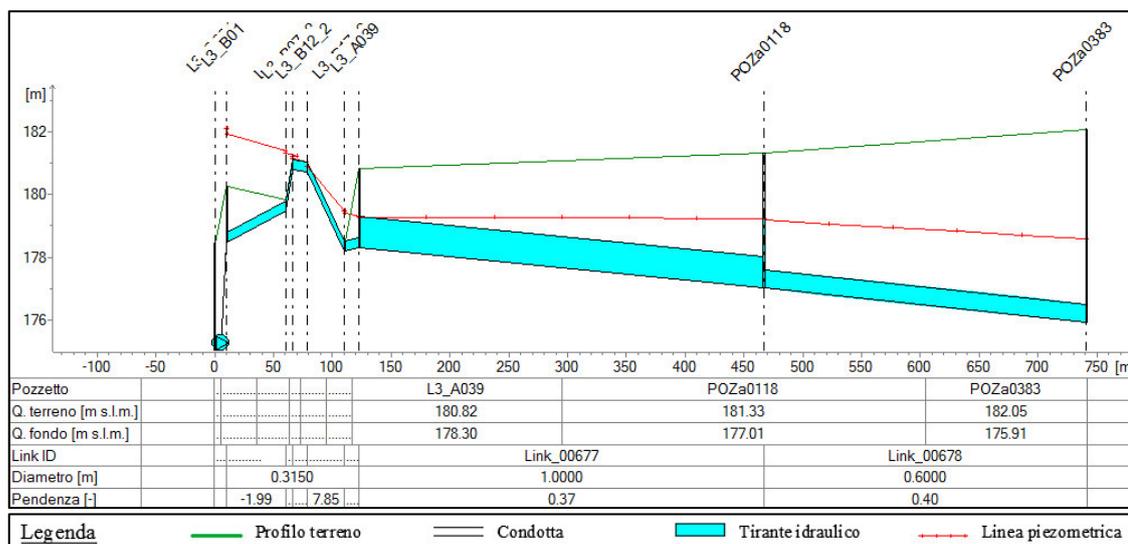


Figura 7.22- Particolare del profilo longitudinale dell'immissione del tratto finale del 3° Lotto Pollenzo-S.Vittoria nella rete già esistente, in cui si verifica il restringimento della sezione trasversale in corrispondenza *POZa0118*.

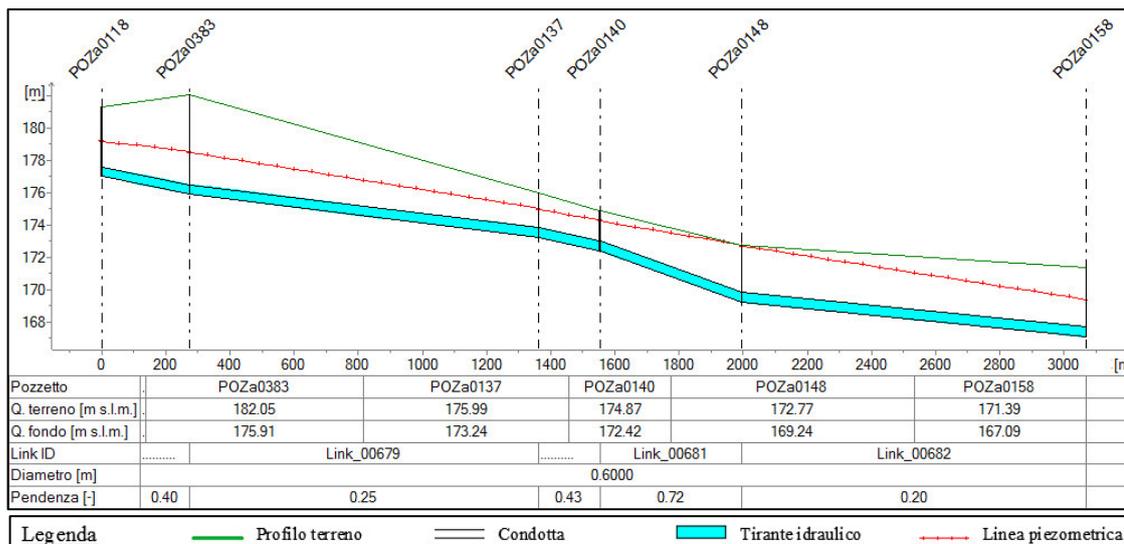


Figura 7.23- Profilo longitudinale della rete già esistente da POZa0118 a POZa0158.

La corrente ritorna a superficie libera solo nell'ultimo tratto, dove accelera a seguito della presenza di un salto altimetrico in corrispondenza del pozzetto C1001, a valle del quale la sezione aumenta nuovamente con tubazioni ovoidali in cemento delle dimensioni 700x1050 mm.

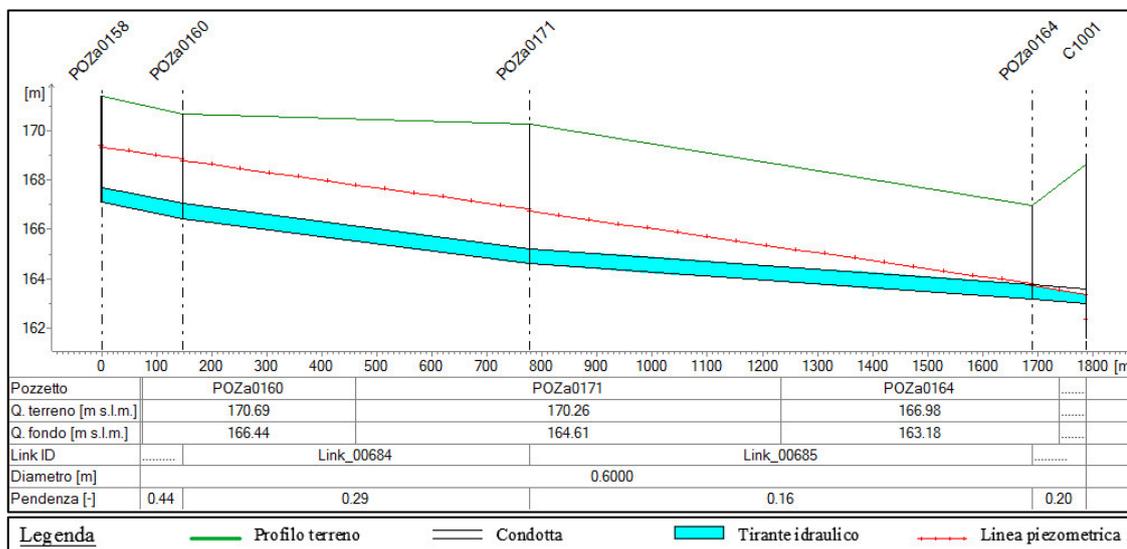


Figura 7.24- Particolare del profilo longitudinale del tratto finale del ramo Monticello d'Alba-Mussotto, tra i punti POZa0158 e C1001.

SCENARIO CON PORTATA PARI A 5Q<sub>NERA</sub>

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00677	L3_A039-POZa0118	344.30	0.37	circolare	1000	GRES	75	0.2621	1000	100%	0.33	-	179.24	Non uniforme
								-	-	-	-	-	-	Uniforme
Link_00678	POZa0118-POZa0383	273.97	0.40	circolare	600	cls	70	0.2621	600	100%	0.93	-	178.90	Non uniforme
								0.2621	354	59%	1.51	0.88	N.R.	Uniforme
Link_00679	POZa0383-POZa0137	1088.01	0.25	circolare	600	cls	70	0.3151	600	100%	1.11	-	176.80	Non uniforme
								0.3151	414	69%	1.51	0.78	N.R.	Uniforme
Link_00680	POZa0137-POZa0140	190.97	0.43	circolare	600	cls	70	0.3209	600	100%	1.13	-	174.69	Non uniforme
								0.3209	432	72%	1.47	0.74	N.R.	Uniforme
Link_00681	POZa0140-POZa0148	443.32	0.72	circolare	600	cls	70	0.3209	600	100%	1.13	-	173.55	Non uniforme
								0.3209	360	60%	1.81	1.05	N.R.	Uniforme
Link_00682	POZa0148-POZa0158	1073.05	0.20	circolare	600	cls	70	0.3105	600	100%	1.10	-	171.09	Non uniforme
								0.3209	600	100%	1.13	-	N.R.	Uniforme
Link_00683	POZa0158-POZa0160	146.98	0.44	circolare	600	cls	70	0.3123	600	100%	1.10	-	169.13	Non uniforme
								0.3226	426	71%	1.50	0.75	N.R.	Uniforme
Link_00684	POZa0160-POZa0171	629.90	0.29	circolare	600	cls	70	0.3123	600	100%	1.10	-	167.84	Non uniforme
								0.3226	528	88%	1.22	0.47	N.R.	Uniforme
Link_00685	POZa0171-POZa0164	912.70	0.16	circolare	600	cls	70	0.3175	600	100%	1.12	-	165.32	Non uniforme
								0.3278	600	100%	1.16	-	N.R.	Uniforme
Link_00686	POZa0164-C1001	97.95	0.20	circolare	600	cls	70	0.3175	444	74%	1.42	0.69	163.63	Non uniforme
								0.3278	600	100%	1.16	-	N.R.	Uniforme
Link_00701	C1001-C1002	41.75	0.39	ovoidale	1050	cls	60	0.3175	452	43%	1.57	0.90	162.08	Non uniforme
								0.3278	536	51%	1.28	0.64	N.R.	Uniforme

Tabella 7.13- Estratto dei risultati ottenuti per il tratto Monticello d'Alba Mussotto (Alba).

In corrispondenza della confluenza del ramo proveniente da Monticello d'Alba l'innalzamento della quota piezometrica al di sopra della condotta, manda in crisi il collettore terminale della ramificazione, riempiendolo parzialmente in prossimità del pozzetto POZa0383 (Figura 7.25). Tale fenomeno non è ovviamente contemplato nel modello *Hydren*, per cui i risultati ottenuti relativamente allo stesso tratto sono notevolmente differenti (Tabella 7.14)

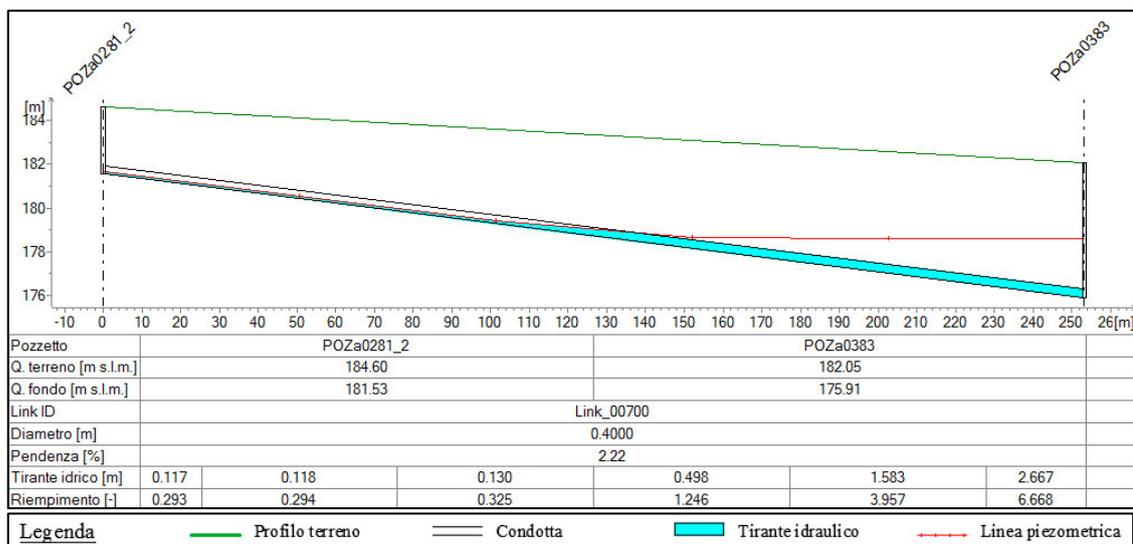


Figura 7.25- Particolare del profilo longitudinale del tratto finale del ramo Monticello d'Alba-Mussotto (Alba).

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00700	POZa0281_2	253.24	2.22	circolare	400	cls	70	0.0530	400	100%	0.42	-	179.57	Non uniforme
	POZa0383							0.0530	148	37%	1.25	1.18	N.R.	Uniforme

Tabella 7.14- Estratto dei risultati ottenuti per il tratto finale del ramo Monticello d'Alba-Mussotto (Alba).

### 7.2.5 Confluenze dei rami nel fondovalle del Tanaro (località Mogliasso)

Si analizzano i risultati ottenuti nella zona di confluenza dei rami nel fondovalle del Tanaro, in prossimità della località Mogliasso.

In questa zona i rami provenienti da Mussotto e dalla zona degli stabilimenti Ferrero confluiscono nel collettore principale che trasferisce l'intera portata all'impianto di depurazione di Govone in direzione nord-est (Figura 7.26).

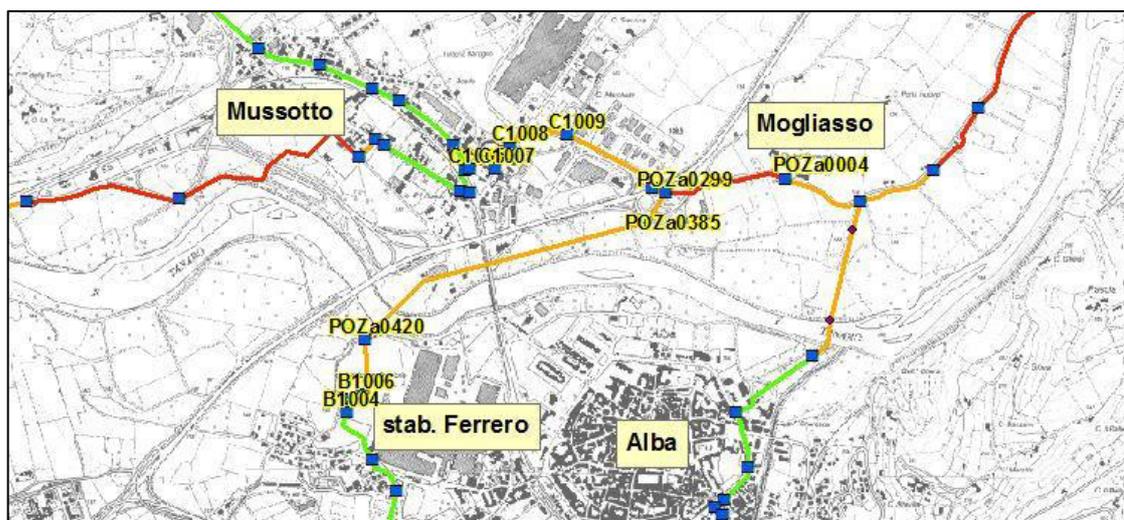


Figura 7.26-Particolare della planimetria della rete relativamente alla confluenza nella zona del Mogliasso (Alba).

In corrispondenza del pozzetto di confluenza *POZa0299*, si verifica un restringimento della sezione, con il passaggio da tubazioni in cemento di 1500 mm per il ramo proveniente da sud e di 2200 mm per il ramo proveniente da ovest, verso tubazioni circolari in cemento di 1000 mm.

In particolare si constata che il collettore principale a valle del pozzetto di confluenza *POZa0299* ha una capacità nettamente inferiore rispetto alle portate raccolte dalla rete di monte. Nel suddetto collettore il deflusso è dunque tale da instaurare le condizioni di corrente in pressione, con innalzamento della quota piezometrica che si ripercuote anche nei tratti immediatamente a monte (Figura 7.27 e Figura 7.28), mandando in crisi tali collettori, sebbene questi abbiano dimensioni geometriche idonee. Infatti dalla Tabella 7.15 e Tabella 7.16 si può notare che per i collettori a monte del pozzetto *POZa0299*, il modello di calcolo con moto uniforme ricava valori del grado di riempimento nettamente inferiori al 50%.

SCENARIO CON PORTATA PARI A 5Q<sub>NERA</sub>

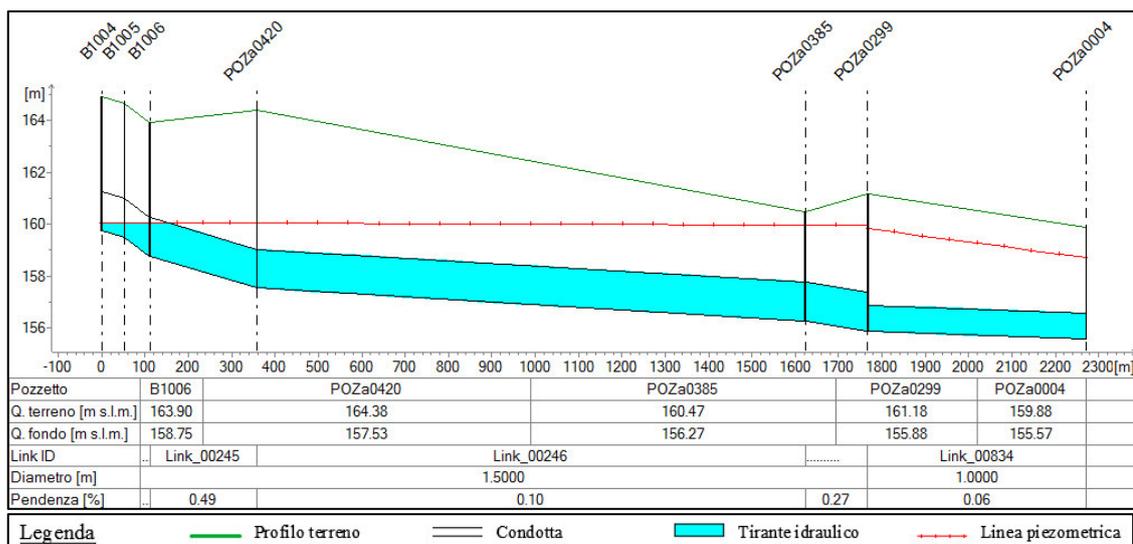


Figura 7.27- Particolare del profilo longitudinale tra i punti B1004 e POZa0004, in corrispondenza dell'innesto del ramo proveniente da sud (stabilimenti Ferrero) nel collettore principale.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Mate-riale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		$c$ [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00243	B1004-B1005	52.49	0.48	circolare	1500	cls	70	0.2373	423	28%	0.58	0.34	160.07	Non uniforme
								0.2373	225	15%	1.43	1.06	N.R.	Uniforme
Link_00244	B1005-B1006	58.69	1.28	circolare	1500	cls	70	0.2373	914	61%	0.21	0.08	160.04	Non uniforme
								0.2373	180	12%	1.98	1.66	N.R.	Uniforme
Link_00245	B1006-POZa0420	246.83	0.49	circolare	1500	cls	70	0.2373	1500	100%	0.13	-	160.03	Non uniforme
								0.2373	225	15%	1.43	1.13	N.R.	Uniforme
Link_00246	POZa0420-POZa0385	1264.63	0.10	circolare	1500	cls	70	0.5171	1500	100%	0.29	-	159.97	Non uniforme
								-	-	-	-	-	-	Uniforme
Link_00247	POZa0385-POZa0299	143.89	0.27	circolare	1500	cls	70	0.5171	1500	100%	0.29	-	159.91	Non uniforme
								-	-	-	-	-	-	Uniforme
Link_00834	POZa0299-POZa0004	504.27	0.06	circolare	1000	cls	70	1.0245	1000	100%	1.30	-	159.32	Non uniforme
								1.0349	1000	100%	1.32	-	N.R.	Uniforme

Tabella 7.15- Estratto dei risultati ottenuti per il tratto stabilimenti Ferrero-Mogliasso, tra i punti B1004-POZa0004.

SCENARIO CON PORTATA PARI A 5Q<sub>NERA</sub>

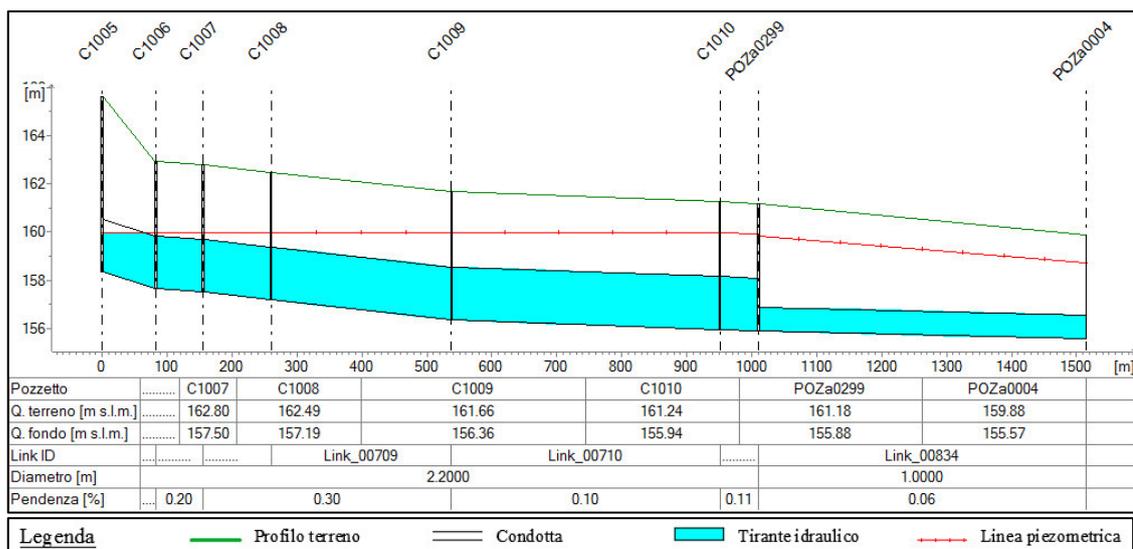


Figura 7.28- Particolare del profilo longitudinale tra i punti C1005 e POZa0004, in corrispondenza dell'innesto del ramo proveniente da ovest (Mussotto) nel collettore principale.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]									
Link_00706	C1005-C1006	82.72	0.83	circolare	2200	cls	70	0.5075	1947	89%	0.14	0.03	159.94	Non uniforme
								0.5178	242	11%	2.28	1.63	N.R.	Uniforme
Link_00707	C1006-C1007	72.66	0.20	circolare	2200	cls	70	0.5075	2200	100%	0.13	-	159.93	Non uniforme
								0.5178	352	16%	1.32	0.82	N.R.	Uniforme
Link_00708	C1007-C1008	104.84	0.30	circolare	2200	cls	70	0.5075	2200	100%	0.13	-	159.93	Non uniforme
								0.5178	308	14%	1.60	0.98	N.R.	Uniforme
Link_00709	C1008-C1009	277.06	0.30	circolare	2200	cls	70	0.5075	2200	100%	0.13	-	159.92	Non uniforme
								0.5178	308	14%	1.60	0.96	N.R.	Uniforme
Link_00710	C1009-C1010	413.96	0.10	circolare	2200	cls	70	0.5075	2200	100%	0.13	-	159.91	Non uniforme
								0.5178	440	20%	0.96	0.53	N.R.	Uniforme
Link_00711	C1010-POZa0299	58.98	0.11	circolare	2200	cls	70	0.5075	2200	100%	0.13	-	159.90	Non uniforme
								0.5178	418	19%	1.03	0.55	N.R.	Uniforme
Link_00834	POZa0299-POZa0004	504.27	0.06	circolare	1000	cls	70	1.0245	1000	100%	1.30	-	159.32	Non uniforme
								1.0349	1000	100%	1.32	-	N.R.	Uniforme

Tabella 7.16- Estratto dei risultati ottenuti per il tratto Mussotto-Mogliasso, tra i punti C1005-POZa0004.

### 7.2.6 Tratto Mogliasso (Alba) - impianto di depurazione di Govone

Si analizza il collettore principale che trasferisce l'intera portata reflua dalla località Mogliasso all'impianto di depurazione di Govone.

In particolare questo tratto prende origine dalla confluenza dei rami in arrivo dal Mussotto e dalla Langa albese, prosegue poi fino a Cà dell'Ospedale dove riceve gli apporti della città di Alba e quindi si sviluppa piegando a nord in direzione dell'impianto di depurazione di Govone ricevendo ancora gli apporti degli abitati di Guarene, Castagnito, Baraccone, Magliano Alfieri, Canove e Govone.

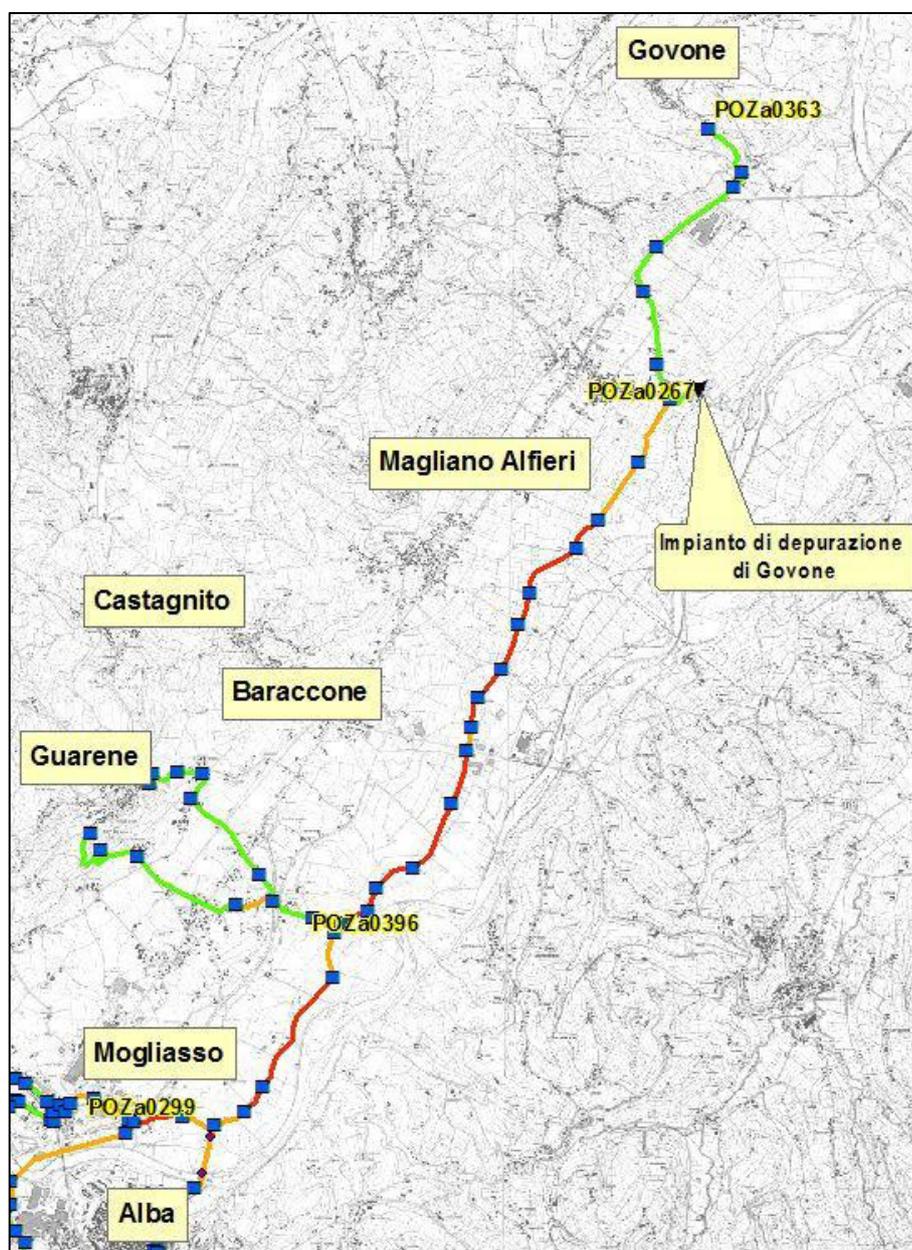


Figura 7.29- Particolare della planimetria della rete relativamente al collettore principale che trasferisce l'intera portata del comprensorio S.I.S.I. all'impianto di Govone.



La quota piezometrica sovrasta le tubazioni per quasi tutto lo sviluppo del tratto in esame ed in particolare a livello del pozzetto *POZa0017*, posto a monte della confluenza del ramo proveniente da Guarene, questa è tale da raggiungere la quota del chiusino, con probabile fuoriuscita di acque di fognatura in superficie (Figura 7.32 e Figura 7.33).

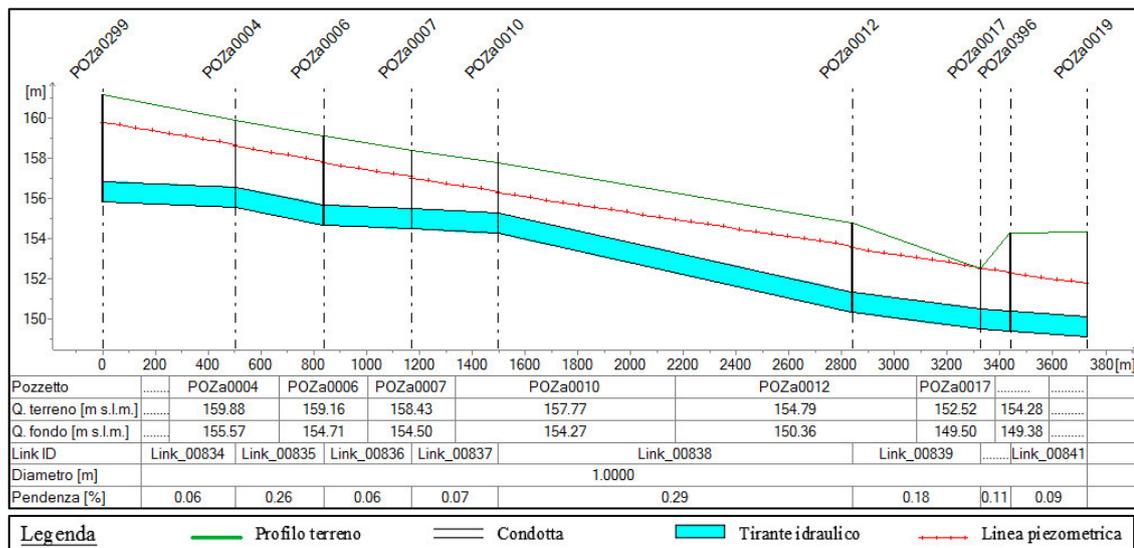


Figura 7.32 – Particolare del profilo longitudinale del collettore principale nel tratto tra i punti *POZa0299* (Mogliasso/ svincolo strada Goretti) e *POZa0019* (a valle della confluenza con Guarene).

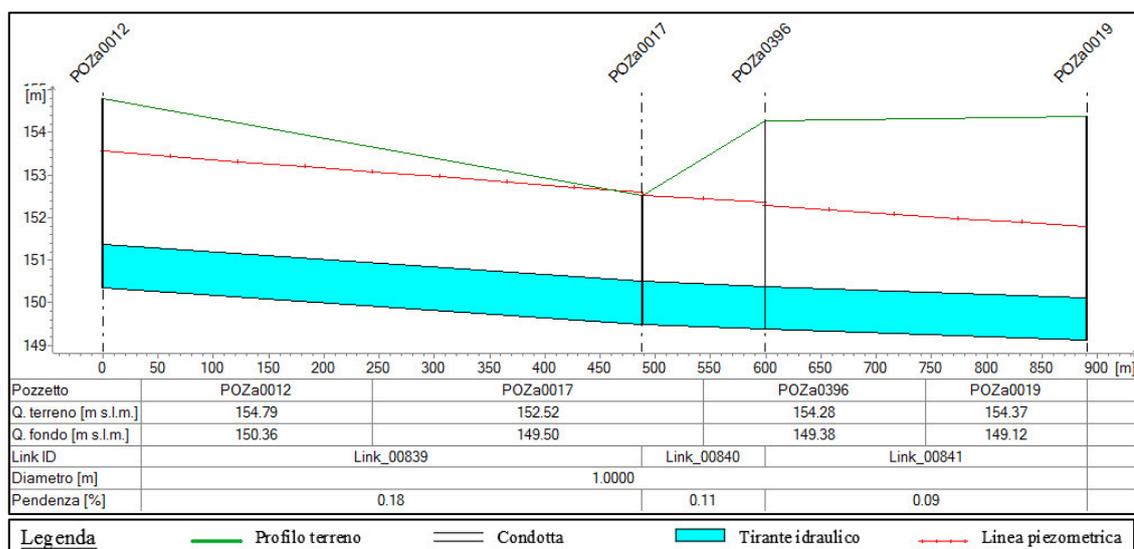


Figura 7.33- Particolare del profilo longitudinale in corrispondenza del pozzetto *POZa0017* immediatamente a monte della confluenza con Guarene, dove si verifica una fuoriuscita di portata.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00834	POZa0299-POZa0004	504.27	0.06	circolare	1000	cls	70	1.0245	1000	100%	1.30	-	159.32	Non uniforme
								1.0349	1000	100%	1.32	-	N.R.	Uniforme
Link_00835	POZa0004-POZa0006	332.53	0.26	circolare	1000	cls	70	1.0245	1000	100%	1.30	-	158.29	Non uniforme
								1.0349	730	73%	1.68	0.64	N.R.	Uniforme
Link_00836	POZa0006-POZa0007	333.68	0.06	circolare	1000	cls	70	0.9692	1000	100%	1.23	-	157.49	Non uniforme
								1.0349	730	73%	1.68	0.64	N.R.	Uniforme
Link_00837	POZa0007-POZa0010	328.25	0.07	circolare	1000	cls	70	0.9692	1000	100%	1.23	-	156.75	Non uniforme
								1.4903	1000	100%	1.90	-	N.R.	Uniforme
Link_00838	POZa0010-POZa0012	1340.71	0.29	circolare	1000	cls	70	0.9692	1000	100%	1.23	-	155.02	Non uniforme
								1.4903	1000	100%	1.90	-	N.R.	Uniforme
Link_00839	POZa0012-POZa0017	487.86	0.18	circolare	1000	cls	70	0.9692	1000	100%	1.23	-	153.12	Non uniforme
								1.4903	710	71%	2.50	0.97	N.R.	Uniforme
Link_00840	POZa0017-POZa0396	111.41	0.11	circolare	1000	cls	70	0.8384	1000	100%	1.07	-	152.47	Non uniforme
								1.5454	820	82%	2.24	0.75	N.R.	Uniforme
Link_00841	POZa0396-POZa0019	291.11	0.09	circolare	1000	cls	70	0.8935	1000	100%	1.14	-	152.07	Non uniforme
								1.5454	820	82%	2.24	0.75	N.R.	Uniforme

Tabella 7.17- Estratto dei risultati ottenuti per il tratto Mogliasso-impianto Govone, tra i punti POZa0299 (Mogliasso) e POZa0019 (a valle della confluenza con Guarene).

Le condizioni di corrente in pressione continuano fino alla confluenza del ramo proveniente dall'abitato di Govone, in prossimità dell'impianto di depurazione (Figura 7.35 e Figura 7.36). Negli ultimi due tratti (POZa0068-POZa0078 e POZa0078-POZa0267) tali criticità sono state individuate dal solo modello non uniforme, mentre per gli stessi tratti il modello *Hydren* stima valori del grado di riempimento dell'ordine del 70%, nonostante sia caratterizzato da portate superiori a causa delle fuoriuscite che si verificano a monte nel modello in moto permanente (Tabella 7.18). Tale differenze sono legate al fatto che nel modello allestito la corrente risente del disturbo del deflusso proveniente da Govone, il quale occlude parzialmente la sezione finale del collettore principale inducendo appunto all'innalzamento del tirante idrico nelle tubazioni a monte, fino al completo riempimento.

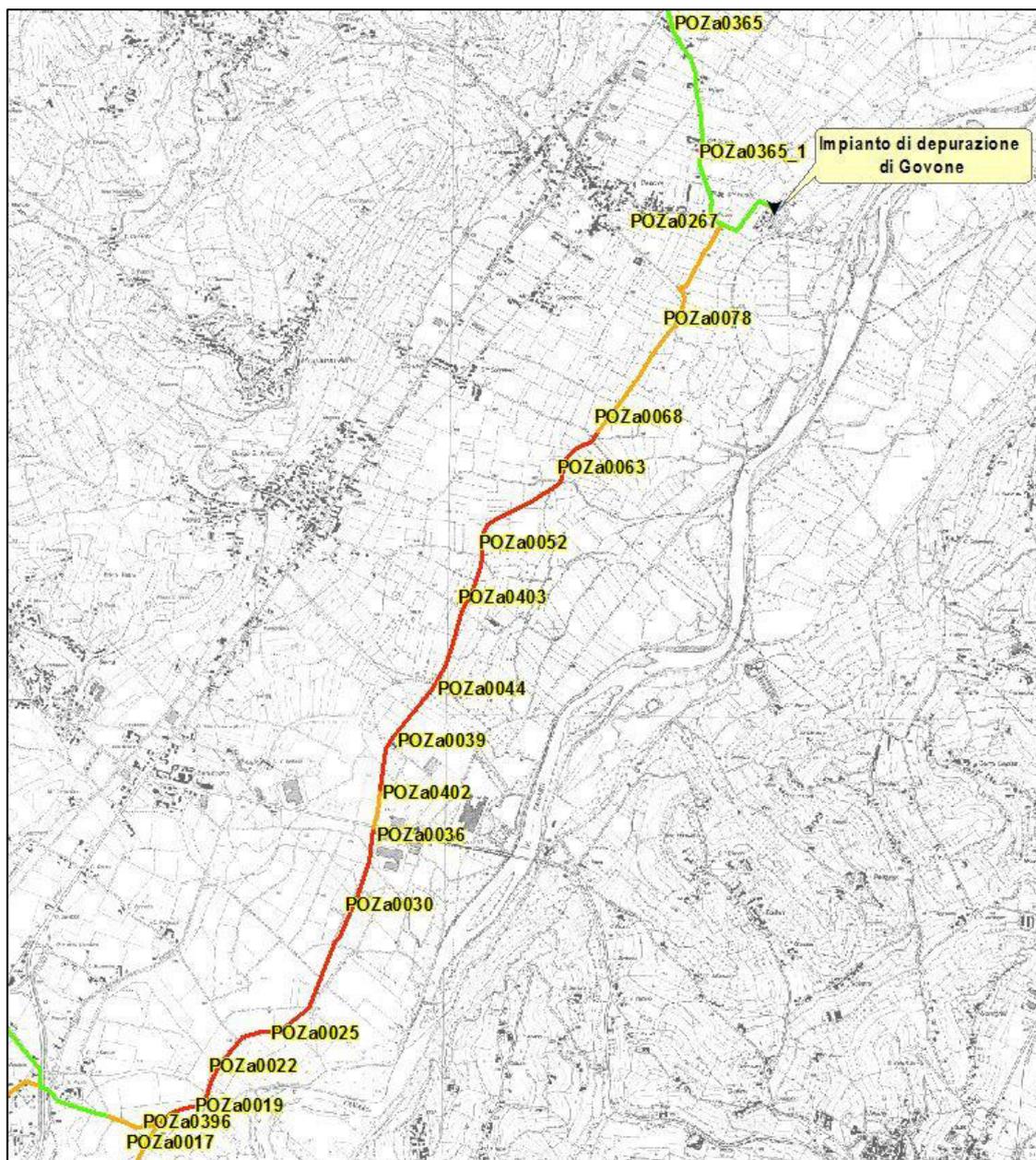


Figura 7.34- Particolare della planimetria della rete relativamente al collettore principale tra la zona di Guarene e il depuratore di Govone.

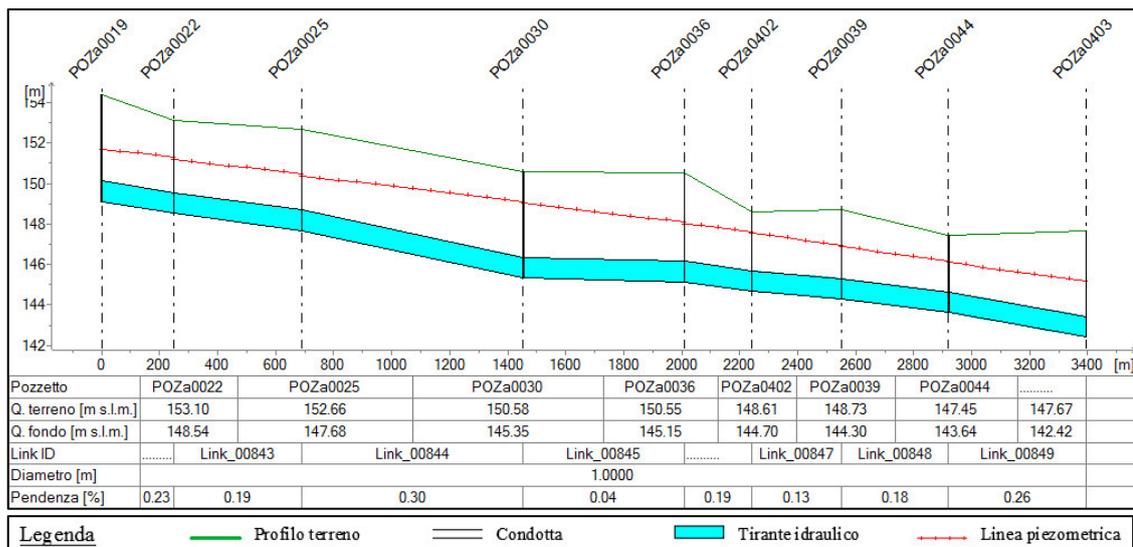


Figura 7.35- Particolare del profilo longitudinale del collettore principale nel tratto tra i punti POZa0019 (a valle della confluenza con Guarene) e POZa0403 (Borgo S.Antonio).

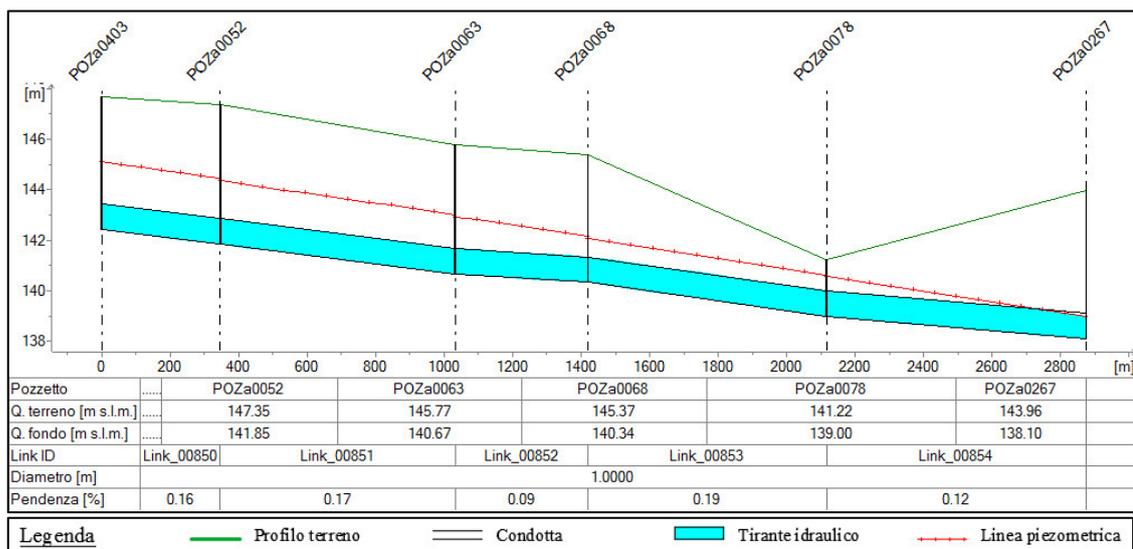


Figura 7.36- Particolare del profilo longitudinale del collettore principale nel tratto tra i punti POZa0403 (Borgo S.Antonio) e POZa0267 (frazione Canove di Govone).

Il collettore immediatamente a monte del depuratore, risulta idraulicamente adeguato, in quanto caratterizzato da un profilo di corrente con grado di riempimento della sezione di poco inferiori all'80%. Tale tratto non è stato oggetto di analisi nel modello *Hydren*.

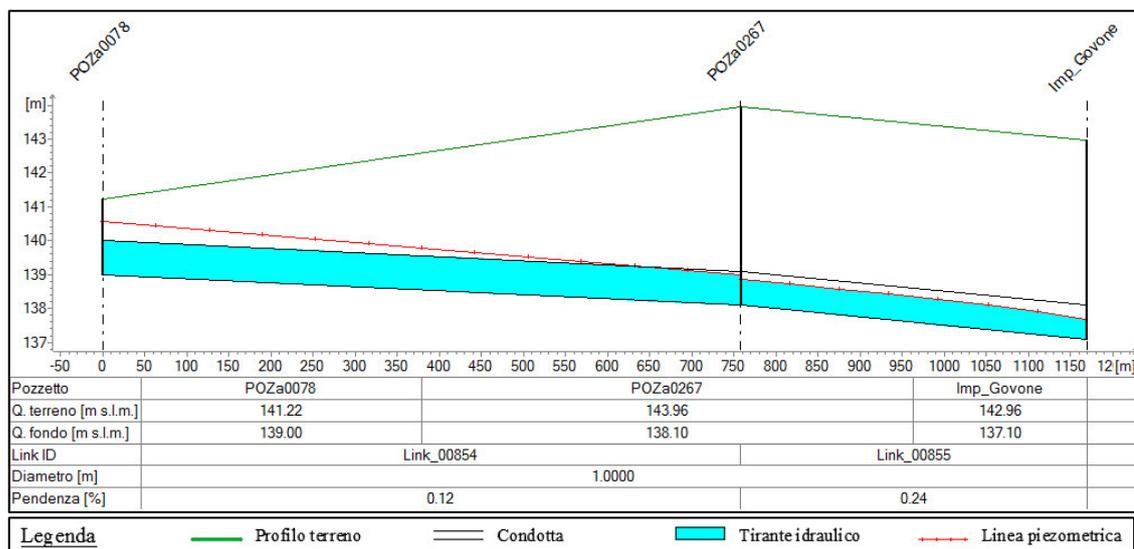


Figura 7.37- Particolare del profilo longitudinale del collettore principale in prossimità dell'imbocco al depuratore.

SCENARIO CON PORTATA PARI A 5QNERA

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00842	POZa0019-POZa0022	248.54	0.23	circolare	1000	cls	70	0.8935	1000	100%	1.14	-	151.53	Non uniforme
								1.5454	1000	100%	1.97	-	N.R.	Uniforme
Link_00843	POZa0022-POZa0025	441.47	0.19	circolare	1000	cls	70	0.8935	1000	100%	1.14	-	150.86	Non uniforme
								1.5454	1000	100%	1.97	-	N.R.	Uniforme
Link_00844	POZa0025-POZa0030	764.05	0.30	circolare	1000	cls	70	0.8935	1000	100%	1.14	-	149.77	Non uniforme
								1.5454	1000	100%	1.97	-	N.R.	Uniforme
Link_00845	POZa0030-POZa0036	556.60	0.04	circolare	1000	cls	70	0.8935	1000	100%	1.14	-	148.58	Non uniforme
								1.5454	1000	100%	1.97	-	N.R.	Uniforme
Link_00846	POZa0036-POZa0042	230.89	0.19	circolare	1000	cls	70	0.8935	1000	100%	1.14	-	147.85	Non uniforme
								1.5454	630	63%	2.96	1.27	N.R.	Uniforme
Link_00847	POZa0402-POZa0039	310.65	0.13	circolare	1000	cls	70	0.9474	1000	100%	1.21	-	147.29	Non uniforme
								1.5994	850	85%	2.25	0.71	N.R.	Uniforme
Link_00848	POZa0039-POZa0044	368.12	0.18	circolare	1000	cls	70	0.9474	1000	100%	1.21	-	146.57	Non uniforme
								1.5994	1000	100%	2.04	-	N.R.	Uniforme
Link_00849	POZa0044-POZa0403	473.93	0.26	circolare	1000	cls	70	0.9474	1000	100%	1.21	-	145.69	Non uniforme
								1.5994	1000	100%	2.04	-	N.R.	Uniforme
Link_00850	POZa0403-POZa0052	346.51	0.16	circolare	1000	cls	70	0.9639	1000	100%	1.23	-	144.83	Non uniforme
								1.6159	1000	100%	2.06	-	N.R.	Uniforme
Link_00851	POZa0052-POZa0063	685.10	0.17	circolare	1000	cls	70	0.9639	1000	100%	1.23	-	143.73	Non uniforme
								1.6159	1000	100%	2.06	-	N.R.	Uniforme
Link_00852	POZa0063-POZa0068	387.48	0.09	circolare	1000	cls	70	0.9639	1000	100%	1.23	-	142.61	Non uniforme
								1.6159	1000	100%	2.06	-	N.R.	Uniforme
Link_00853	POZa0068-POZa0078	696.71	0.19	circolare	1000	cls	70	0.9969	1000	100%	1.27	-	141.43	Non uniforme
								1.6489	730	73%	2.68	1.01	N.R.	Uniforme
Link_00854	POZa0078-POZa0267	758.24	0.12	circolare	1000	cls	70	0.9969	1000	100%	1.27	-	139.84	Non uniforme
								1.6489	740	74%	2.65	1.00	N.R.	Uniforme
Link_00855	POZa0267-Imp_Govone	411.04	0.24	circolare	1000	cls	70	1.0239	711	71%	1.71	0.67	138.46	Non uniforme
								-	-	-	-	-	-	-

Tabella 7.18- Estratto dei risultati ottenuti per il tratto Mogliasso-impianto Govone, tra i punti POZa0019 (a valle della confluenza con Guarene) e sezione di sbocco nell'impianto di depurazione di Govone.

Il tratto finale del ramo proveniente da Govone risente anch'esso dell'influenza del flusso in arrivo dal collettore principale, subendo un parziale riempimento della tubazione in prossimità della confluenza.

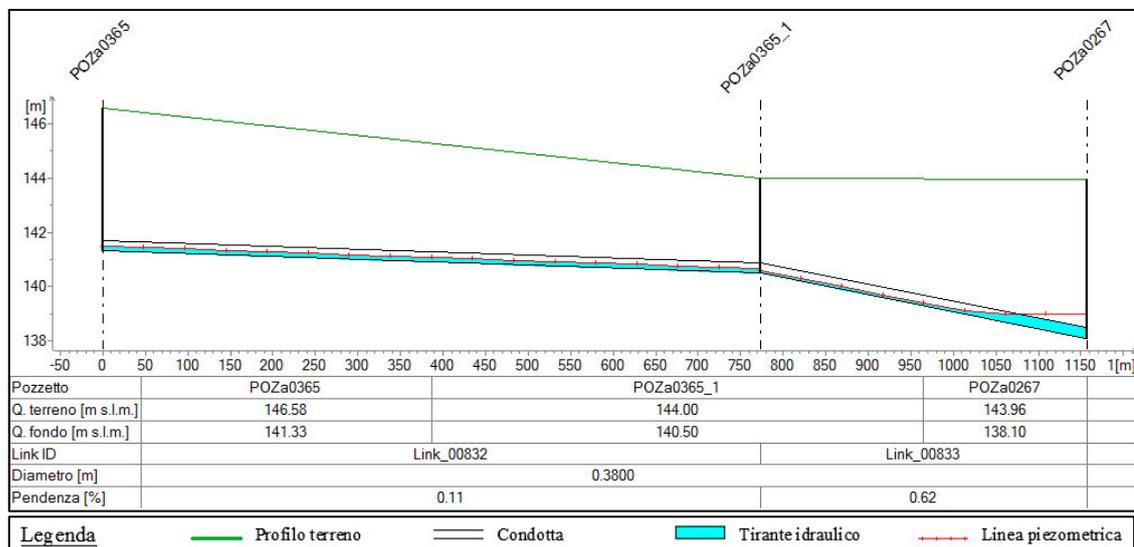


Figura 7.38- Particolare del profilo longitudinale del tratto terminale del ramo proveniente da Govone, tra i punti POZa0365 e POZa0267 (confluenza con collettore principale).

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	γ [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00832	POZa0365-POZa0365_1	772.78	0.11	circolare	380	PVC	90	0.0270	164	43%	0.58	0.52	141.10	Non uniforme
								0.0270	167.2	44%	0.56	0.50	N.R.	Uniforme
Link_00833	POZa0365_1-POZa0267	384.20	0.62	circolare	380	PVC	90	0.0270	260	68%	0.33	0.22	139.57	Non uniforme
								-	-	-	-	-	-	Uniforme

Tabella 7.19- Estratto dei risultati ottenuti per il tratto finale del ramo di Govone dai punti POZa0365 a POZa0267 (confluenza con collettore principale).

### 7.3 Confronto tra i risultati relativi ai due modelli

Complessivamente lo studio della rete in condizioni di moto permanente conferma quanto rilevato dallo schema numerico in moto uniforme *Hydren*; vengono però individuati ulteriori tratti in cui si evidenzia l'insorgere di potenziali criticità.

In particolare dal confronto dei risultati relativi ai due modelli, si evince come questi divergano prevalentemente nelle porzioni di rete che si sviluppano lungo i territori pianeggianti nel fondovalle del Tanaro. In quest'area infatti le correnti sono caratterizzate da valori del numero di Froude inferiori all'unità e perciò sono fortemente influenzate dalle condizioni di valle, per via della propagazione dei profili di rigurgito, che sono stati invece trascurati nell'analisi effettuata sotto le ipotesi di moto uniforme.

Quanto detto è riscontrabile nella planimetria della rete riportata in allegato (Scenario 1: Cinque volte la portata nera, elaborati 1.1, 1.2, 1.3 Planimetria generale), dove appunto sono stati messi a confronto i risultati dei due differenti modelli. Si può infatti notare l'influenza dei fenomeni di rigurgito sulle prestazioni della rete, dall'estensione delle criticità individuate soltanto mediante l'analisi in moto non uniforme (tratti arancioni), a monte dei tratti critici anche secondo lo studio in moto uniforme (tratti rossi) e a partire dai punti di confluenza con altri rami.

Lo studio discretizzato della rete nelle condizioni di moto non uniforme, consente inoltre di effettuare un'analisi più approfondita sull'andamento del profilo idraulico della corrente all'interno di ciascun collettore, permettendo quindi di evidenziare anche la presenza di eventuali criticità localizzate. Queste si verificano principalmente a ridosso di alcuni pozzetti di disconnessione, i quali in generale disturbano la corrente, provocando un brusco allargamento della sezione trasversale che rallenta il flusso e innalza il tirante idrico nella porzione finale di tubazione in prossimità del pozzetto.

Ulteriori differenze sono riscontrabili in corrispondenza delle variazioni di pendenza, nelle confluenze e nei punti di immissione delle reti urbane nel sistema consortile, in quanto l'evoluzione del profilo idraulico risente fortemente degli effetti prodotti dalle variazioni di conformazione delle condotte e della portata, nonché dei disturbi generati dalla presenza di flussi secondari che ostruiscono parzialmente le sezioni finali di sbocco.

Nei rami di monte, salvo alcune eccezioni già accennate, l'analisi in moto permanente conferma globalmente i risultati dell'analisi in moto uniforme, con valori medi che si scostano di poco da quelli stimati dal modello *Hydren*.

In totale attraverso l'analisi effettuata sono stati evidenziati ulteriori 12 km circa di rete non idraulicamente adeguata, che si aggiungono agli 11 km determinati dallo schema in moto uniforme; complessivamente vengono dunque individuati 23 km di collettori non adeguati su 119 dell'intera rete di collettamento.

Nel prosieguo si descrivono nel dettaglio le principali casistiche che si sono riscontrate nell'analisi effettuata e nel confronto fra i due modelli numerici, che possono così riassumersi:

- tratti con elevata pendenza con e senza salto finale;
- tratti con brusca riduzione di pendenza;
- tratti con pendenza ridotta;
- tratti con brusco incremento di pendenza.

### 7.3.1 *Tratti con elevata pendenza*

Dal confronto dei risultati ottenuti nei due modelli, si evince in generale che quando i collettori sono caratterizzati da inclinazioni pressoché elevate e da correnti supercritiche, i risultati ottenuti sono paragonabili. Tali casi si riscontrano prevalentemente nelle ramificazioni di monte, dove appunto le due differenti verifiche sono sostanzialmente in accordo.

In particolare si possono distinguere due differenti casi, in funzione della presenza o meno del pozzetto di salto al termine delle tubazioni.

7.3.1.1 Con pozzetto di salto

Nei casi in cui è presente un salto altimetrico a valle delle correnti super-critiche (Figura 7.39), i valori dei parametri idraulici ricavati dai due differenti approcci di studio della corrente sono praticamente uguali (Tabella 7.20).

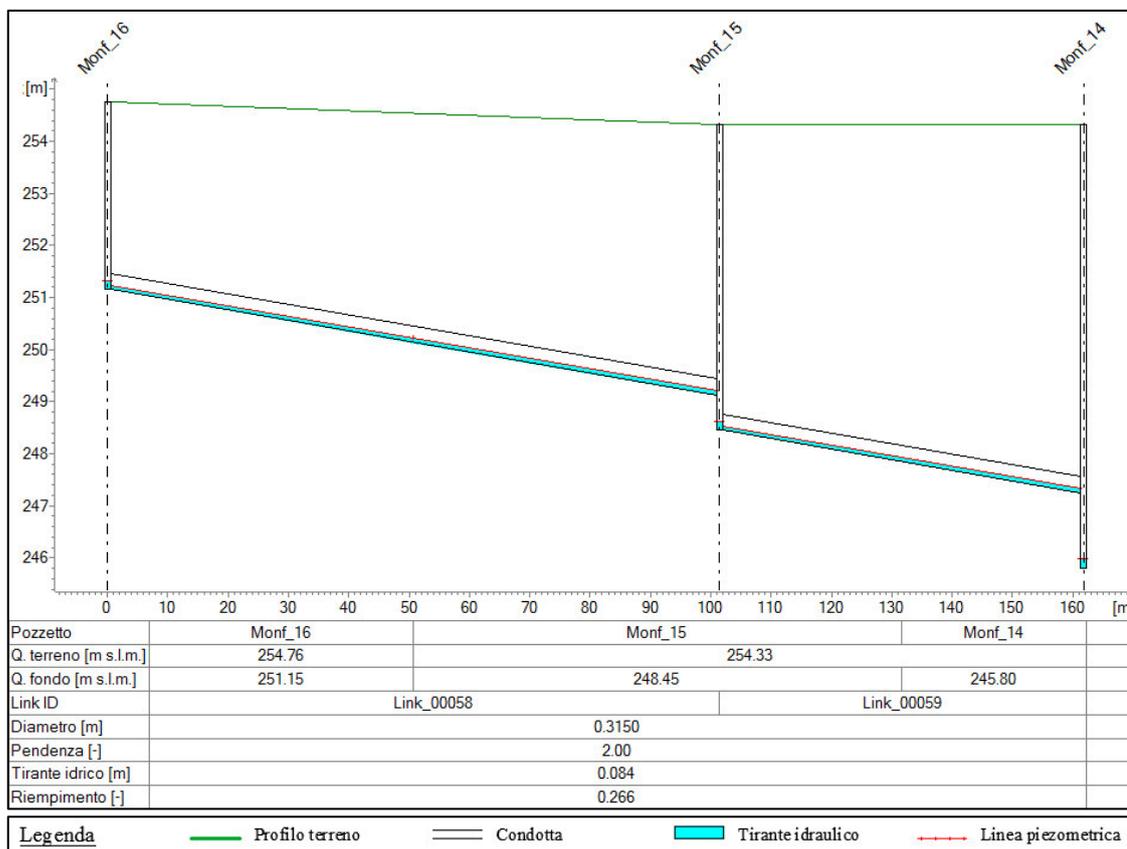


Figura 7.39- Particolare del profilo longitudinale di tratti ad elevata pendenza con pozzetto di salto.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr. c	Portata Q	Tirante idrico medio y	Grado di riemp. R	Velocità media V	Num. di Froude Fr	Carico totale medio H	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]									
Link_00058	Monf_16-Monf_15	101.40	2.00	circolare	315	PVC	90	0.0283	84.00	26%	1.73	2.27	250.37	Non uniforme
								0.0283	81.90	26%	1.75	2.22	N.R.	Uniforme
Link_00059	Monf_15-Monf_14	60.35	2.00	circolare	315	PVC	90	0.0283	84.00	26%	1.73	2.27	248.08	Non uniforme
								0.0283	81.90	26%	1.75	2.22	N.R.	Uniforme

Tabella 7.20- Confronto fra i valori medi ottenuti per gli stessi tratti con salto finale, calcolati con i due differenti modelli.

Come si può osservare dal profilo idraulico rappresentato in Figura 7.39, il codice numerico *MOUSE* assume per l'intero profilo delle correnti super-critiche un tirante idrico costante e pari all'altezza di moto uniforme, in quanto tali valori sono praticamente uguali a quelli stimati dal modello uniforme, riportati in Tabella 7.20. Dunque il modello allestito non rappresenta il profilo di accelerazione della corrente veloce dall'altezza critica, che si instaura all'interno del pozzetto di monte, a quella di moto uniforme, ma parte direttamente da quest'ultima. Tale non corretta rappresentazione del profilo idraulico tuttavia non compromette la funzionalità generale del codice di simulazione, nonché i risultati da esso ottenuti.

#### 7.3.1.2 Con pozzetto di disconnessione

In presenza di pozzetto di disconnessione i valori medi ottenuti dai due modelli di calcolo per gli stessi tratti, sono marcatamente differenti. Ciò è dovuto al fatto che il codice di simulazione *MOUSE* individua un innalzamento finale del profilo idraulico in ogni tratto, per effetto del rallentamento della corrente in corrispondenza del pozzetto, senza però riuscire a determinare dettagliatamente il risalto idraulico attraverso cui avviene tale rallentamento.

Come si può notare dai profili longitudinali ricavati dal modello allestito e di cui se ne riporta un esempio nella Figura 7.40, l'innalzamento del tirante non compromette la capacità complessiva dei collettori, ma rimane circoscritto alle sole sezioni finali senza risalire la corrente; allontanandosi però dall'elemento di disturbo, i valori puntuali del tirante e del riempimento sono molto simili a quelli relativi al moto uniforme, i cui valori sono riportati in Tabella 7.21.

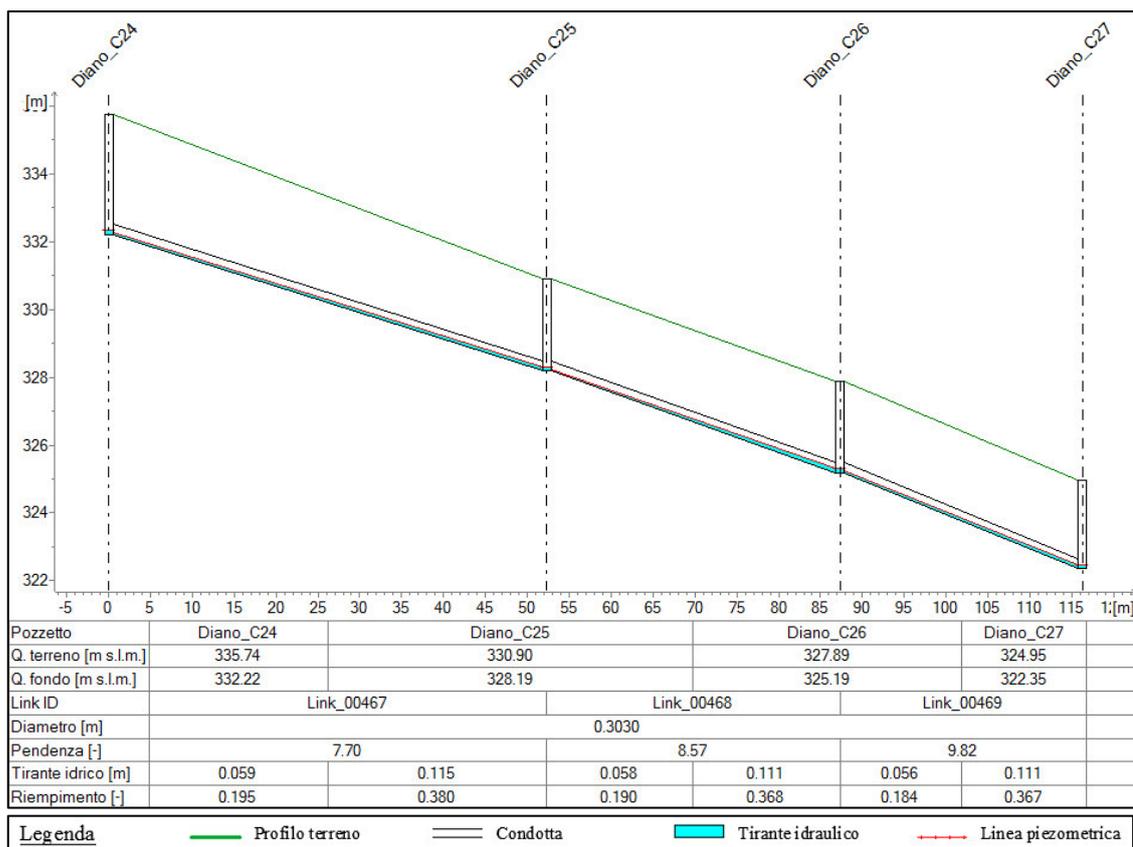


Figura 7.40- Particolare del profilo longitudinale di tratti ad elevata pendenza con pozzetto di disconnessione, dove si può osservare l'innalzamento finale del tirante idraulico in ogni tratto.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]											
Link_00467	Diano_C24-Diano_C25	52.29	7.70	circolare	303	PVC	90	0.0266	86.00	28%	1.58	2.03	330.42	Non uniforme
								0.0266	57.57	19%	2.79	4.25	N.R.	Uniforme
Link_00468	Diano_C25-Diano_C26	35.02	8.57	circolare	303	PVC	90	0.0266	84.00	28%	1.63	2.13	326.91	Non uniforme
								0.0266	54.54	18%	3.01	4.47	N.R.	Uniforme
Link_00469	Diano_C26-Diano_C27	28.93	9.82	circolare	303	PVC	90	0.0266	83.00	27%	1.66	2.18	323.99	Non uniforme
								0.0266	54.54	18%	3.01	4.78	N.R.	Uniforme

Tabella 7.21- Confronto fra i valori medi ottenuti per gli stessi tratti con pozzetto di disconnessione, calcolati con i due differenti modelli.

L'entità dell'innalzamento finale del profilo idraulico è legata al metodo con cui lo schema di calcolo *MOUSE* stima le perdite di carico concentrate in ingresso al pozzetto. Infatti il software impone che il tirante idrico della sezione finale del tratto, sia uguale quello del nodo, attribuendo la perdita di energia in ingresso alla differenza di altezza cinetica tra la corrente in ingresso e quella contenuta nel pozzetto. L'altezza cinetica nel nodo però, viene calcolata assumendo come area di flusso nel pozzetto un valore approssimato che è maggiore rispetto all'area effettiva, comportando una sovrastima della perdita di carico in ingresso e dunque livelli idrici nei nodi e nella sezione finale di ogni tratto, più alti rispetto a quelli che si possono osservare nella realtà.

Al fine di contenere la sovrastima dell'area di flusso nei pozzetti ed il loro effetto sul calcolo dei profili idraulici, per i pozzetti si sono assunte dimensioni ridotte rispetto a quelle effettive, adottando diametri del 30% inferiori alle dimensioni effettive o al minimo pari ad una volta e mezzo del maggiore diametro dei tubi afferenti al nodo.

Da uno studio di dettaglio dei risultati ottenuti dal modello allestito, si è osservato inoltre che per queste tipologie di corrente, caratterizzate da elevati livelli di energia, spesso si verifica una crescita del carico totale nelle sezioni immediatamente a valle dei pozzetti di disconnessione. Un esempio di tale fenomeno è riportato in Figura 7.41, dove è raffigurato lo stesso profilo di Figura 7.40 con l'aggiunta dell'andamento del carico totale della corrente, mentre in Tabella 7.22 si riportano i risultati ottenuti dal codice numerico *MOUSE* relativamente ai punti in cui sono stati discretizzati gli stessi tratti.

Tale particolarità è attribuibile ad un'inesatta valutazione delle perdite di carico in uscita dal pozzetto, a sua volta causata dalle già citate limitazioni imposte dal codice numerico sul massimo valore della perdita di energia in uscita dal nodo.

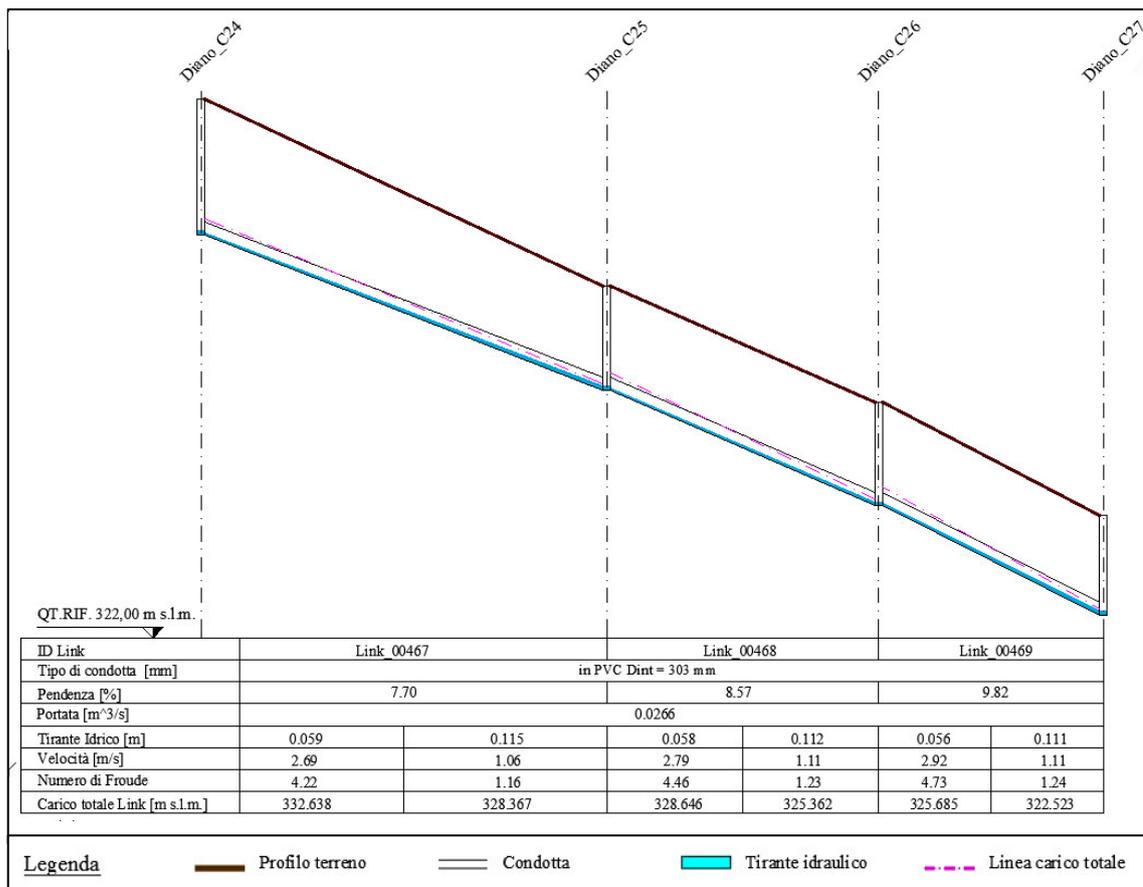


Figura 7.41- Profilo longitudinale in cui si può osservare la crescita anomala del carico totale a valle dei pozzetti.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Dist. parziali	Quota piez.	Tirante idr.	Grado di riemp.	Velocità	Num. di Froude	Carico totale	Perdita carico tot.
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m s.l.m.]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	ΔH [m]
Link_00467	Diano_C24-Diano_C25	52.29	7.70	circolare	303	PVC	90	0.0266	0	332.27	59.09	20%	2.69	4.22	332.64	-0.573
									52.29	328.31	115.1	38%	1.06	1.16	328.37	-4.271
Link_00468	Diano_C25-Diano_C26	35.02	8.57	circolare	303	PVC	90	0.0266	0	328.25	57.57	19%	2.79	4.44	328.65	0.279
									35.02	325.3	111.5	37%	1.10	1.23	325.36	-3.284
Link_00469	Diano_C26-Diano_C27	28.93	9.82	circolare	303	PVC	90	0.0266	0	325.25	55.75	18%	2.92	4.73	325.68	0.322
									28.93	322.46	111.2	37%	1.11	1.24	322.52	-3.162

Tabella 7.22- Estratto dei risultati ottenuti con MOUSE per i diversi punti in cui sono discretizzati i collettori illustrati.

7.3.2 Tratti con brusca riduzione di pendenza

Nei tratti in cui si registra una forte riduzione di pendenza il codice numerico *MOUSE* riesce a rappresentare meglio la formazione del rigurgito in corrispondenza del cambio di inclinazione, che talvolta, come nel caso illustrato in Figura 7.42, possono far nascere delle criticità localizzate, con il superamento dell'80% del riempimento. In questi casi i valori stimati dai due modelli presentano dunque notevoli differenze.

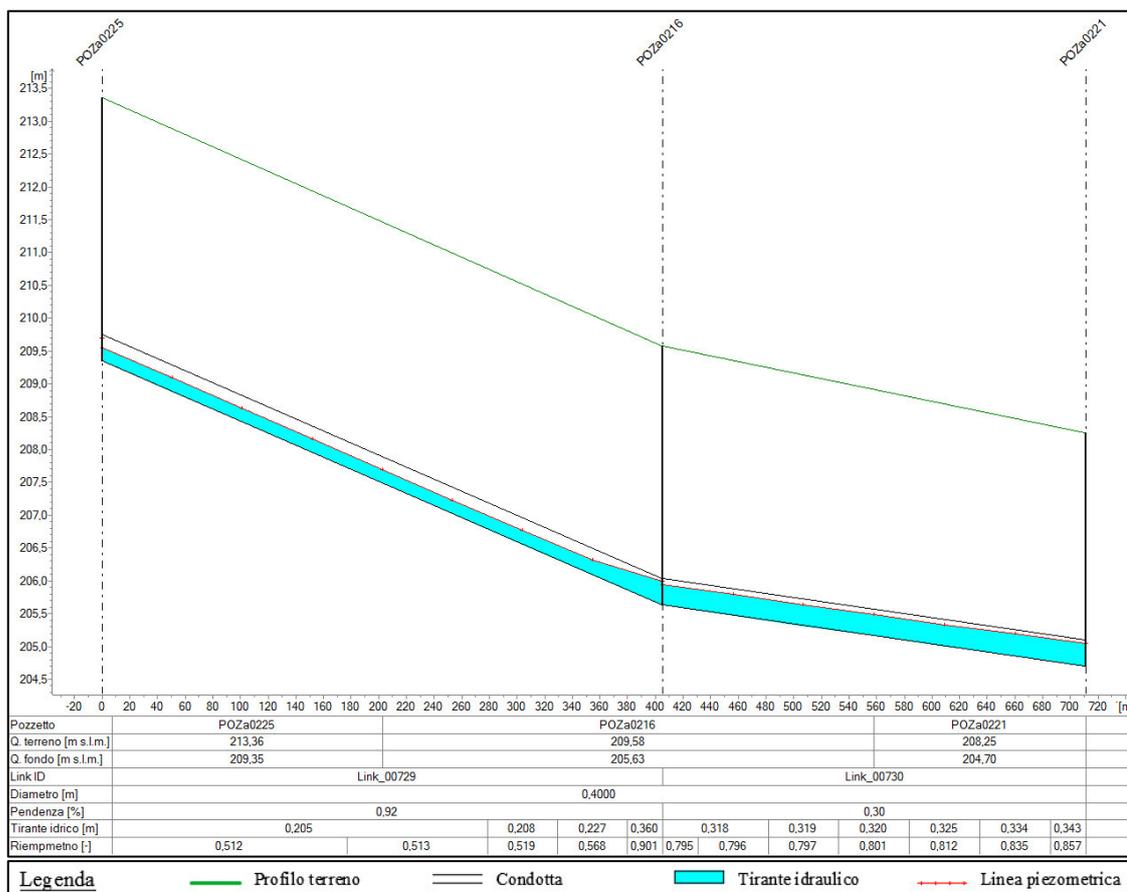


Figura 7.42 Profilo longitudinale con brusca variazione di pendenza con superamento dell'80% del riempimento nella sezione immediatamente a monte del pozzetto POZa0216.

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00729	POZa0225-POZa0216	405.083	0.92	circolare	400	cls	70	0.0947	223	55.70%	1.32	0.99	207.80	Non uniforme
								0.0946	192	48.0%	1.59	1.30	N.R.	Uniforme
Link_00730	POZa0216-POZa0221	306.109	0.3	circolare	400	cls	70	0.1015	322	80%	0.94	0.51	205.53	Non uniforme
								0.1014	312	78%	0.96	0.54	N.R.	Uniforme

Tabella 7.23- Confronto fra i valori medi ottenuti per gli stessi tratti calcolati con i due differenti modelli.

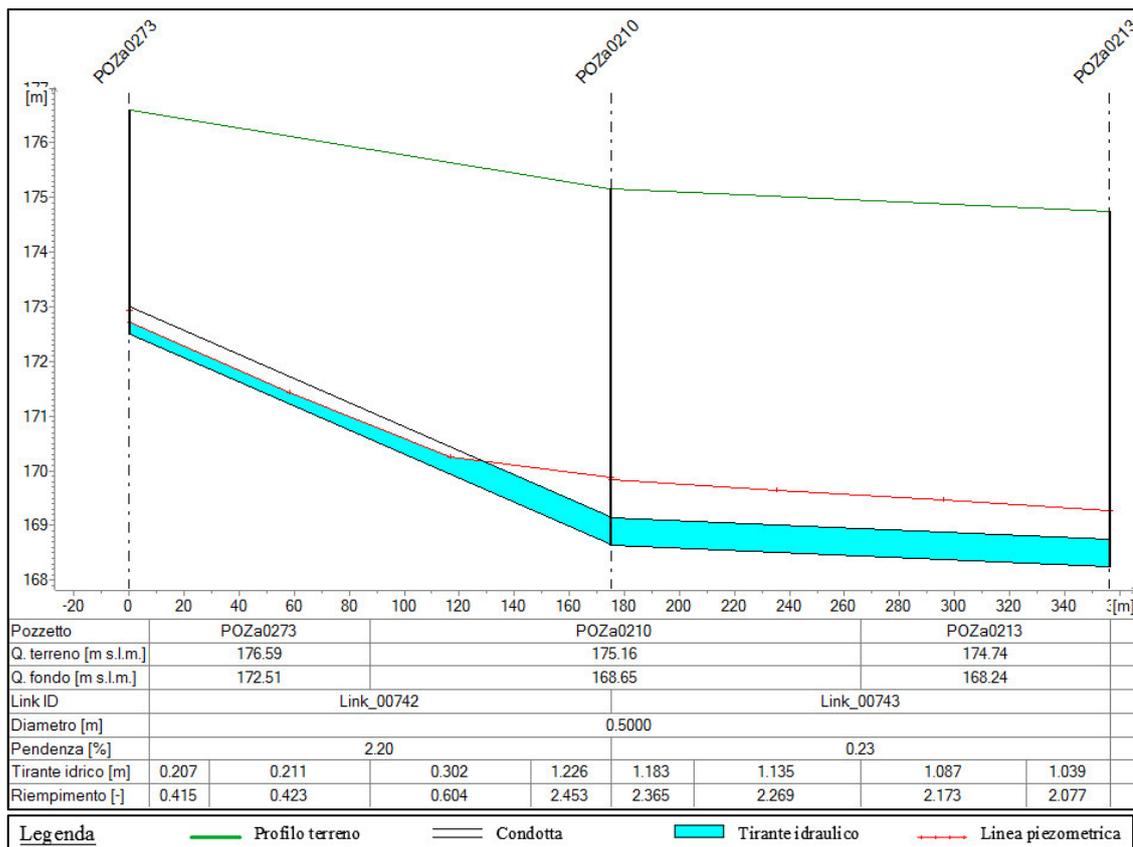


Figura 7.43- Particolare del profilo longitudinale di tratti con brusca riduzione di pendenza.

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]											
Link_00742	POZa0273-POZa0210	175.069	2.2	circolare	500	cls	70	0.1832	482	96.30%	0.94	0.30	171.11	Non uniforme
								0.1832	205	41.0%	2.42	1.93	N.R.	Uniforme
Link_00743	POZa0210-POZa0213	181.26	0.23	circolare	500	cls	70	0.1900	500	100%	0.97	-	169.59	Non uniforme
								0.1900	500	100%	0.97	-	N.R.	Uniforme

Tabella 7.24- - Confronto fra i valori medi ottenuti per gli stessi tratti calcolati con i due differenti modelli.

### 7.3.3 Tratti con pendenza ridotta

Nei tratti di valle caratterizzati da pendenze ridotte e correnti sub-critiche, le differenze tra i parametri idraulici stimati nei due modelli sono in generale più marcate. In questo caso le correnti oltre a risentire delle condizioni di valle, dove spesso si verificano correnti in pressione, risentono in misura maggiore rispetto alle correnti super-critiche, della presenza degli elementi di disconnessione, il cui disturbo si protrae per tutta la lunghezza dei collettori.

Dal profilo rappresentato in Figura 7.44 si può infatti osservare che l'innalzamento del tirante idraulico legato alle perdite di carico d'ingresso nei pozzetti, si diffonde su tutto il tratto, causando notevoli differenze tra i risultati relativi ai due modelli non solo sui valori medi (Tabella 7.25), ma anche sui valori puntuali della corrente, nelle sezioni lontane dagli elementi di disturbo.

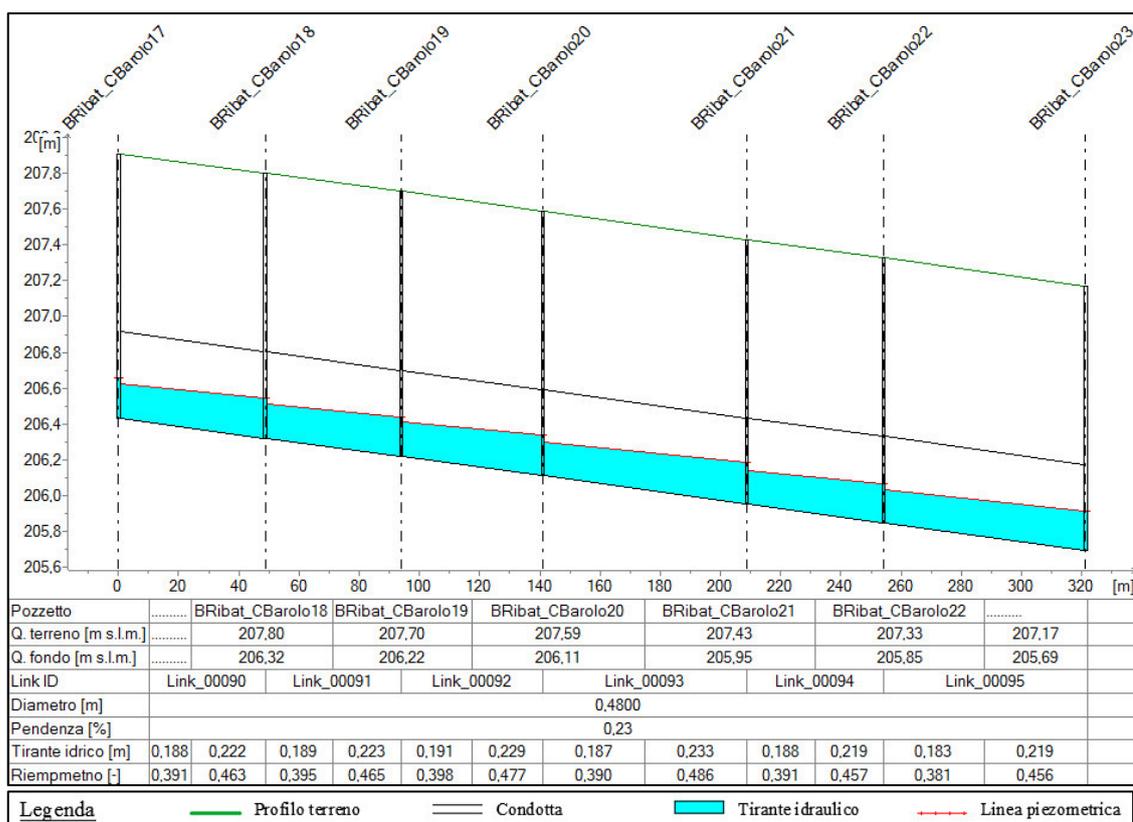


Figura 7.44- Particolare del profilo longitudinale di tratti con bassa pendenza.

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00090	BRibat_CBarolo17- BRibat_CBarolo18	48.769	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	203	42.3%	0.70	0.57	206.61	Non uniforme
								0.0512	168	35.0%	0.91	0.80	N.R.	Uniforme
Link_00091	BRibat_CBarolo18- BRibat_CBarolo19	45.084	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	204	42.5%	0.70	0.57	206.50	Non uniforme
								0.0512	168	35.0%	0.91	0.80	N.R.	Uniforme
Link_00092	BRibat_CBarolo19- BRibat_CBarolo20	47.179	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	208	43.3%	0.68	0.55	206.39	Non uniforme
								0.0512	168	35.0%	0.91	0.80	N.R.	Uniforme
Link_00093	BRibat_CBarolo20- BRibat_CBarolo21	67.756	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	208	43.3%	0.68	0.55	206.26	Non uniforme
								0.0512	168	35.0%	0.91	0.80	N.R.	Uniforme
Link_00094	BRibat_CBarolo21- BRibat_CBarolo22	45.375	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	201	41.9%	0.71	0.58	206.13	Non uniforme
								0.0512	168	35.0%	0.91	0.80	N.R.	Uniforme
Link_00095	BRibat_CBarolo22- BRibat_CBarolo23	67.07	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	199	41.4%	0.72	0.60	206.00	Non uniforme
								0.0512	168	35.0%	0.91	0.80	N.R.	Uniforme

Tabella 7.25- Confronto fra i valori medi ottenuti per gli stessi tratti calcolati con i due differenti modelli.

Nel caso in cui a valle delle correnti sub-critiche siano presenti dei pozzetti di salto (*Link\_00039* in Figura 7.45), ovviamente non si verifica alcun innalzamento finale del tirante idraulico, ma anzi il programma riesce a descrivere il profilo di richiamo della corrente, partendo dall'altezza di moto uniforme a valle del pozzetto di monte, fino ad assumere l'altezza critica nella sezione finale. In questi casi, che si verificano comunque raramente all'interno della rete in esame, i valori medi individuati dai due modelli sono paragonabili (Tabella 7.26).

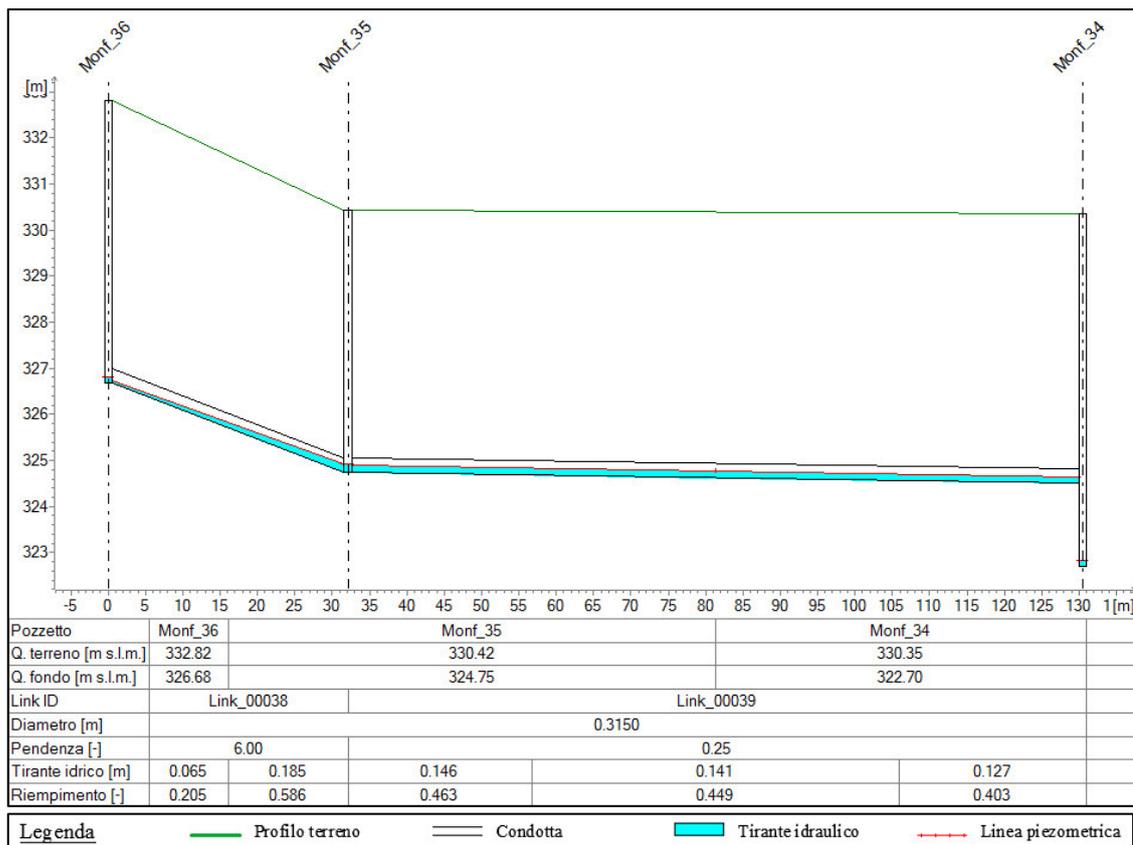


Figura 7.45- Particolare del profilo longitudinale di corrente sub-critica con pozzetto di salto.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr. c	Portata Q	Tirante idrico medio y	Grado di riemp. R	Velocità media V	Num. di Froude Fr	Carico totale medio H	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]									
Link_00038	Monf_36-Monf_35	32.11	6.00	circolare	315	PVC	90	0.0283	123.00	39%	1.00	1.06	325.89	Non uniforme
								0.0283	63.00	20%	2.54	3.79	N.R.	Uniforme
Link_00039	Monf_35-Monf_34	98.38	0.25	circolare	315	PVC	90	0.0283	137.00	43%	0.87	0.86	324.80	Non uniforme
								0.0283	144.90	46%	0.80	0.76	N.R.	Uniforme

Tabella 7.26- Confronto fra i valori medi ottenuti per gli stessi tratti calcolati con i due differenti modelli.

7.3.4 Tratti con brusco incremento di pendenza

In questo caso il modello numerico utilizzato riesce ad individuare un profilo di richiamo sulla corrente sub-critica a monte della variazione di pendenza, stimando un'accelerazione della corrente più o meno accentuata, che riduce complessivamente il tirante idraulico, inducendo a valori medi complessivamente inferiori a quelli ottenuti dal modello *Hydren*.

In Figura 7.46 si può infatti notare come la corrente sub-critica a monte della variazione di pendenza accelera, passando dall'altezza di moto uniforme (valore simile a quello individuato dal modello *Hydren*, riportato in Tabella 7.27), all'altezza critica. Ciò porta ad ottenere un valore di tirante idraulico medio e del grado di riempimento, complessivamente inferiore a quelli relativi al modello in moto uniforme.

Si osserva inoltre come anche in questo caso, il codice di simulazione non rappresenti l'accelerazione della corrente veloce di valle a partire dall'altezza critica a quella di moto uniforme, ma assume direttamente come tirante a valle della variazione di regime di corrente, l'altezza di moto uniforme relativa alla corrente super-critica.

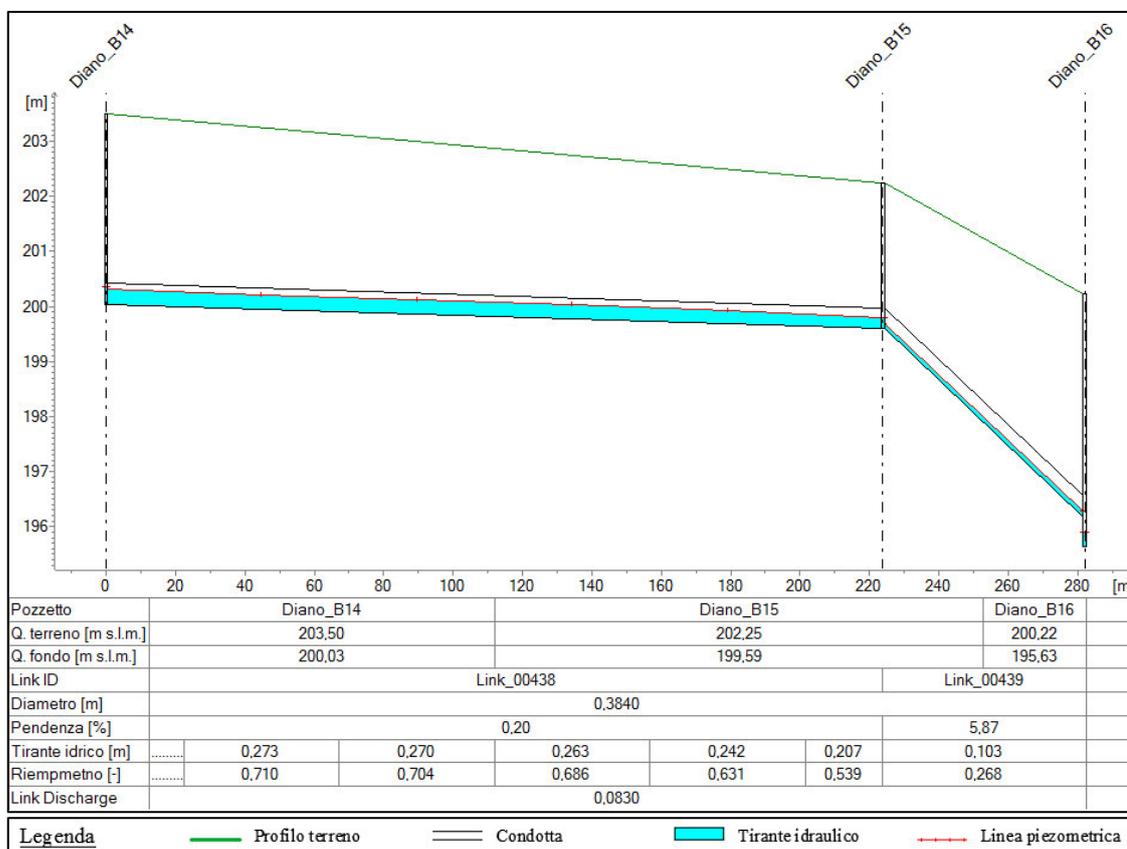


Figura 7.46- Particolare del profilo longitudinale di tratti con brusco incremento di pendenza.

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00438	Diano_B14-Diano_B15	223.832	0.2	circolare	384	PVC	90	0.083	252	65.7%	1.03	0.70	200.12	Non uniforme
								0.0831	269	70.0%	0.96	0.61	N.R.	Uniforme
Link_00439	Diano_B15-Diano_B16	58.185	5.87	circolare	384	PVC	90	0.0830	102	26.5%	3.37	3.99	198.56	Non uniforme
								0.0831	100	26.0%	3.47	3.92	N.R.	Uniforme

Tabella 7.27- Confronto fra i valori medi ottenuti per gli stessi tratti calcolati con i due differenti modelli.

Il caso illustrato nella successiva Figura 7.47, corrisponde all'unico tratto in cui la verifica di idoneità idraulica risulta superata secondo l'approccio in moto permanente, ma non secondo il modello *Hydren*, il quale invece individua un grado di riempimento superiore all'80% (Tabella 7.28); tale particolarità è appunto dovuta al fatto che il modello *MOUSE* riesce ad individuare il profilo di richiamo che si instaura a monte della variazione d'inclinazione. L'accelerazione della corrente, riscontrabile dalla leggera riduzione del tirante idraulico lungo il tragitto, è attenuata dalle perdite di carico nel pozzetto ed anche dall'immissione di ulteriore portata nel punto A01007; tuttavia il profilo della corrente sub-critica raggiunge a valle quella che per tali condizioni è l'altezza critica, mentre la corrente veloce di valle parte sempre dalla sua altezza di moto uniforme, così come è stato riscontrato in altri casi.

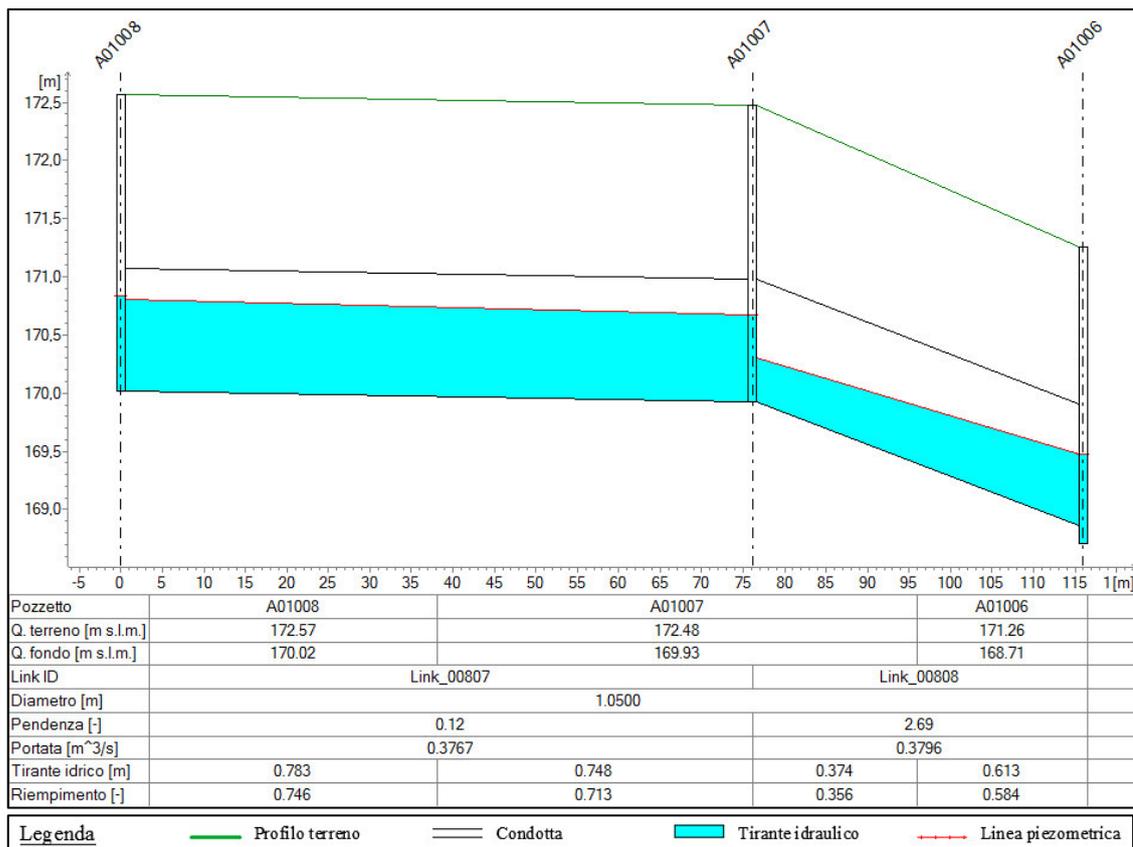


Figura 7.47- Particolare del profilo longitudinale di tratti con brusco incremento di pendenza.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	γ [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00807	A01008-A01007	76.14	0.12	ovoidale	1050	cls	60	0.3767	758.00	72%	0.92	0.38	170.78	Non uniforme
								0.3767	882.00	84%	0.77	0.27	N.R.	Uniforme
Link_00808	A01007-A01006	39.81	2.69	ovoidale	1050	cls	60	0.3796	488.00	47%	1.69	0.92	170.03	Non uniforme
								0.3796	346.50	33%	2.77	1.77	N.R.	Uniforme

Tabella 7.28- Confronto fra i valori medi ottenuti per gli stessi tratti calcolati con i due differenti modelli.

## 7.4 Considerazioni sulle perdite di carico concentrate

È stato osservato che l'andamento del profilo idraulico è influenzato dalle perdite di carico concentrate in ingresso al pozzetto, attraverso le dimensioni di quest'ultimo. È stato inoltre evidenziato che il metodo con cui il codice di simulazione calcola le perdite di energia localizzate, può risultare eccessivamente cautelativo, tanto da enfatizzare il rallentamento della corrente a ridosso del pozzetto di disconnessione e l'innalzamento finale del profilo idraulico, il quale viene limitato alle sole sezioni finali nelle correnti super-critiche, mentre in quelle sub-critiche si propaga sull'intero tratto.

Si è dunque studiato in che misura la sovrastima delle perdite di carico concentrate possa alterare il calcolo delle caratteristiche idrauliche della corrente, influenzando la valutazione complessiva delle prestazioni della rete in esame.

Per analizzare la sensibilità dei risultati alle dimensioni dei pozzetti, da cui dipendono a loro volta le perdite di energia in ingresso al nodo, sono stati confrontati i risultati relativi a due diverse simulazioni ottenute dallo modello *MOUSE*:

- In una simulazione sono stati considerati i pozzetti con le loro relative dimensioni;
- Nell'altra simulazione invece, gli elementi di disconnessione sono stati completamente trascurati. In questo caso quindi, la corrente continua a scorrere indisturbata all'interno dei pozzetti, senza subire alcuna variazione di sezione trasversale, a meno che non vi siano variazioni nei diametri delle condotte attraversate, variazioni di pendenza o altimetriche.

Dal confronto delle due simulazioni è emerso come l'influenza delle perdite di carico concentrate sui risultati, sia differente in base alla tipologia di corrente ed il valore del numero di Froude che le caratterizza.

### 7.4.1 Correnti super-critiche

Nelle correnti con numero di Froude superiore all'unità, che caratterizzano in genere le ramificazioni di monte della rete in esame, si osserva che in assenza delle perdite di carico concentrate (Figura 7.48) il profilo in generale non subisce alcun innalzamento a ridosso dei nodi, ma continua indisturbato con un'altezza costante e pari a quella di moto uniforme.

Si osserva inoltre che, anche in assenza delle perdite di carico concentrate in ingresso, in alcuni nodi continua a verificarsi una crescita del carico totale nelle sezioni immediatamente a valle dei pozzetti di disconnessione (Tabella 7.20), attribuibile sempre alle già citate limitazioni imposte dal codice numerico sulla valutazione dell'energia della corrente.

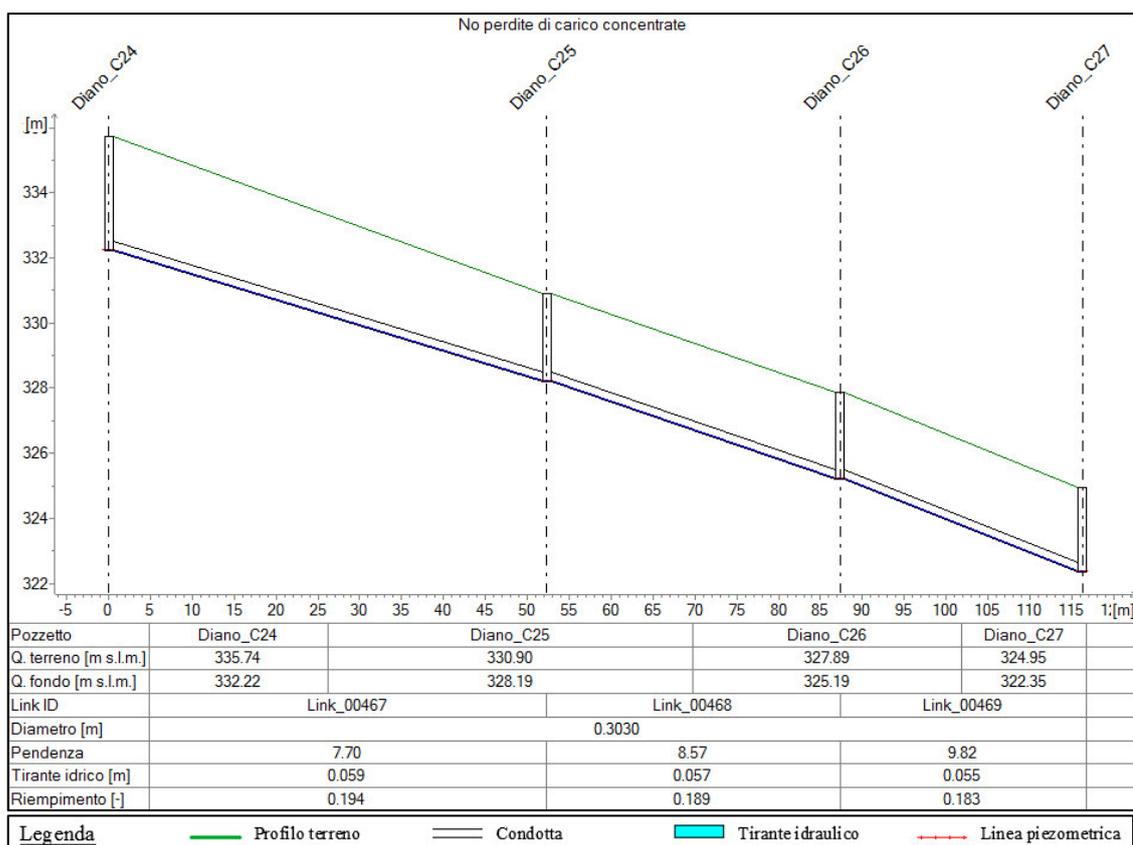


Figura 7.48- Profilo longitudinale di correnti super-critiche, senza perdite di carico concentrate.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Dist. parziale	Quota piez.	Tirante idr.	Grado di riemp.	Velocità	Num. di Froude	Carico totale	Perdita carico tot.
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m s.l.m.]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	ΔH [m]
Link_00467	Diano_C24-Diano_C25	52.29	7.70	circolare	303	PVC	90	0.0266	0	332.27	58.782	19%	2.71	4.27	332.64	-0.567
									52.29	328.25	58.782	19%	2.71	4.27	328.62	-4.020
Link_00468	Diano_C25-Diano_C26	35.02	8.57	circolare	303	PVC	90	0.0266	0	328.25	57.267	19%	2.81	4.49	328.65	0.029
									35.02	325.25	57.267	19%	2.81	4.49	325.65	-3.000
Link_00469	Diano_C26-Diano_C27	28.93	9.82	circolare	303	PVC	90	0.0266	0	325.25	55.449	18%	2.94	4.78	325.69	0.039
									28.93	322.4	55.449	18%	2.94	4.78	322.84	-2.850

Tabella 7.29- Risultati relativi al profilo illustrato in Figura 7.48, per i diversi punti in cui sono discretizzati i collettori (senza perdite di carico concentrate).

Confrontando tali risultati con quelli relativi al caso in cui si considerano gli effetti sovrastimati degli elementi di disconnessione (Figura 7.49 e Tabella 7.31), si osserva come le differenze siano limitate soltanto alle sezioni finali di ciascun tratto, portando in tali sezioni ad una differenza dei relativi valori del grado di riempimento pari a 20 punti percentuali circa, mentre sul grado di riempimento medio nel tratto (parametro sul quale è stata basata la verifica di idoneità idraulica delle condotte), la differenza si riduce a 10 punti percentuali (Tabella 7.30); simili ordini di grandezza sono stati riscontrati dal confronto dei risultati relativamente alle diverse correnti super-critiche che si instaurano all'interno della rete.

Le condizioni effettive sono dunque contenute all'interno della ristretta forchetta di valori individuati nei due casi estremi, per cui se ne deduce che, nelle correnti super-critiche, gli errori sulla valutazione del profilo idraulico, legati alle dimensioni dei pozzetti e quindi alle perdite di carico concentrate, si possono considerare trascurabili, dato anche il fatto che questo siano limitati alle sole sezioni finali dei tratti.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Riemp. medio	Velocità media	Num. di Froude	Perdite di carico conc.
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	
Link_00467	Diano_C24-Diano_C25	52.29	7.7	circolare	303	PVC	90	0.0266	86	28.40%	1.58	2.03	si
									58	19.20%	2.76	4.38	no
Link_00468	Diano_C25-Diano_C26	35.02	8.57	circolare	303	PVC	90	0.0266	84	27.60%	1.63	2.13	si
									57	18.70%	2.83	4.53	no
Link_00469	Diano_C26-Diano_C27	28.93	9.82	circolare	303	PVC	90	0.0266	83	27.30%	1.66	2.18	si
									55	18.10%	2.98	4.86	no

Tabella 7.30- Confronto dei risultati medi ottenuti con e senza perdite di carico concentrate.

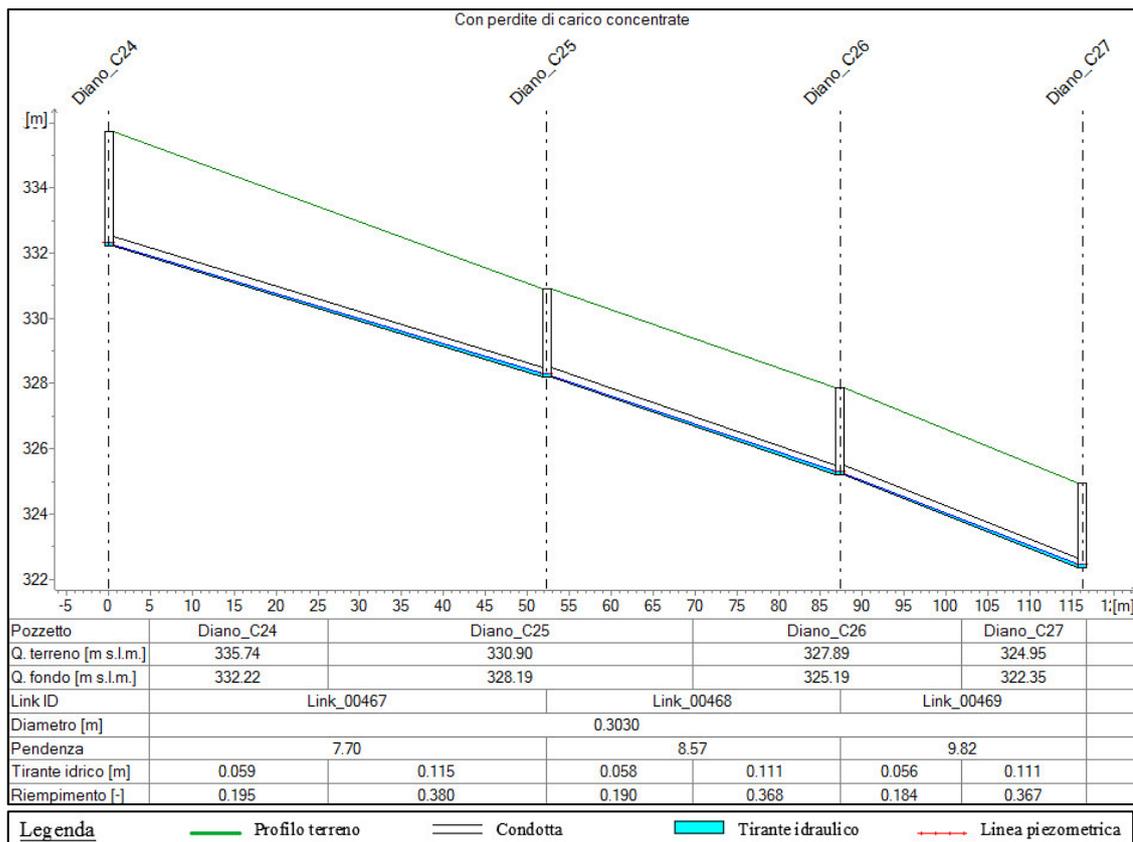


Figura 7.49- Profilo longitudinale di correnti supercritiche, tenendo conto delle perdite di carico concentrate.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Dist. parziali	Quota piez.	Tirante idr.	Grado di riemp.	Velocità	Num. di Froude	Carico totale	Perdita carico tot.
ID	Tratto	L [m]	i [%]													
Link_00467	Diano_C24-Diano_C25	52.29	7.70	circolare	303	PVC	90	0.0266	0	332.27	59.09	20%	2.69	4.22	332.64	-0.573
									52.29	328.31	115.1	38%	1.06	1.16	328.37	-4.271
Link_00468	Diano_C25-Diano_C26	35.02	8.57	circolare	303	PVC	90	0.0266	0	328.25	57.57	19%	2.79	4.44	328.65	0.279
									35.02	325.3	111.5	37%	1.10	1.23	325.36	-3.284
Link_00469	Diano_C26-Diano_C27	28.93	9.82	circolare	303	PVC	90	0.0266	0	325.25	55.75	18%	2.92	4.73	325.68	0.322
									28.93	322.46	111.2	37%	1.11	1.24	322.52	-3.162

Tabella 7.31- Risultati relativi al profilo illustrato in Figura 7.49, per i diversi punti in cui sono discretizzati i collettori (con perdite di carico concentrate).

### 7.4.2 Correnti sub-critiche

Anche nel caso di correnti sub-critiche si osserva che in assenza delle perdite di carico concentrate, l'innalzamento del profilo idraulico in prossimità dei nodi si annulla (Figura 7.50 e Tabella 7.32), assumendo nel caso specifico un'altezza pari a quella di moto uniforme.

Confrontando i risultati con quelli relativi al caso in cui si considerano i pozzetti (Figura 7.51 e Tabella 7.34), si può notare come le correnti lente risentano in maniera più diffusa dell'influenza degli elementi di disconnessione, con differenze sul grado di riempimento non solo a ridosso dei pozzetti, ma anche lontano da essi. Tali differenze però rimangono piuttosto contenute, rimanendo sempre nell'ordine di 10 punti percentuali relativamente ai valori medi (Tabella 7.33).

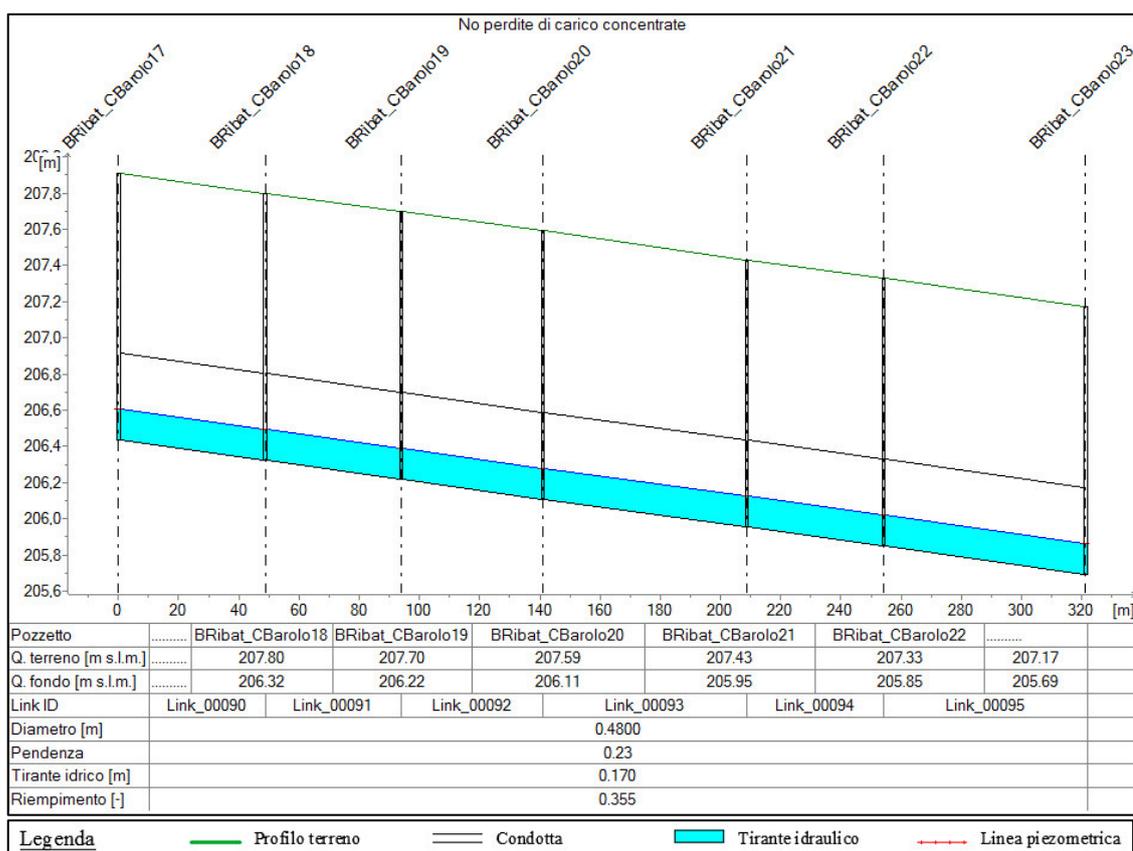


Figura 7.50- Profilo longitudinale di correnti sub-critiche, senza perdite di carico concentrate.

SCENARIO CON PORTATA PARI A 5QNERA

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Dist. parziale	Quota piez.	Tirante idr.	Grado di riemp.	Velocità	Num. di Froude	Carico totale	Perdita carico tot.
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	[m]	[m s.l.m.]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	ΔH [m]
Link_00090	BRibat_CBaro17-BRibat_CBaro18	48.77	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	0	206.6	170.4	36%	0.89	0.80	206.64	0.000
									48.77	206.49	170.4	36%	0.89	0.80	206.53	-0.110
Link_00091	BRibat_CBaro18-BRibat_CBaro19	45.08	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	0	206.49	170.4	36%	0.89	0.80	206.53	0.000
									45.08	206.39	170.4	36%	0.89	0.80	206.43	-0.100
Link_00092	BRibat_CBaro19-BRibat_CBaro20	47.18	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	0	206.39	170.4	36%	0.89	0.80	206.43	0.000
									47.18	206.28	170.4	36%	0.89	0.80	206.32	-0.110
Link_00093	BRibat_CBaro20-BRibat_CBaro21	67.76	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	0	206.28	170.4	36%	0.89	0.80	206.32	0.000
									67.76	206.12	170.4	36%	0.89	0.80	206.16	-0.160
Link_00094	BRibat_CBaro21-BRibat_CBaro22	45.38	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	0	206.12	170.4	36%	0.89	0.80	206.16	0.000
									45.38	206.02	170.4	36%	0.89	0.80	206.06	-0.100
Link_00095	BRibat_CBaro22-BRibat_CBaro23	67.07	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	0	206.02	170.4	36%	0.89	0.80	206.06	0.000
									67.07	205.86	170.4	36%	0.89	0.80	205.9	-0.160

Tabella 7.32- Risultati relativi al profilo illustrato in Figura 7.50, per i diversi punti in cui sono discretizzati i collettori (senza perdite di carico concentrate).

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Riemp. medio	Velocità media	Num. di Froude	Perdite di carico conc.
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	
Link_00090	BRibat_CBaro17-BRibat_CBaro18	48.77	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	203	42.30%	0.70	0.57	si
									168	35.10%	0.91	0.82	no
Link_00091	BRibat_CBaro18-BRibat_CBaro19	45.08	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	204	42.50%	0.70	0.57	si
									168	35.10%	0.91	0.82	no
Link_00092	BRibat_CBaro19-BRibat_CBaro20	47.18	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	208	43.30%	0.68	0.55	si
									168	35.10%	0.91	0.82	no
Link_00093	BRibat_CBaro20-BRibat_CBaro21	67.76	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	208	43.30%	0.68	0.55	si
									168	35.10%	0.91	0.82	no
Link_00094	BRibat_CBaro21-BRibat_CBaro22	45.38	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	201	41.90%	0.71	0.58	si
									168	35.10%	0.91	0.82	no
Link_00095	BRibat_CBaro22-BRibat_CBaro23	67.07	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	199	41.40%	0.72	0.60	si
									168	35.10%	0.91	0.82	no

Tabella 7.33- Confronto dei risultati medi ottenuti con e senza perdite di carico concentrate.

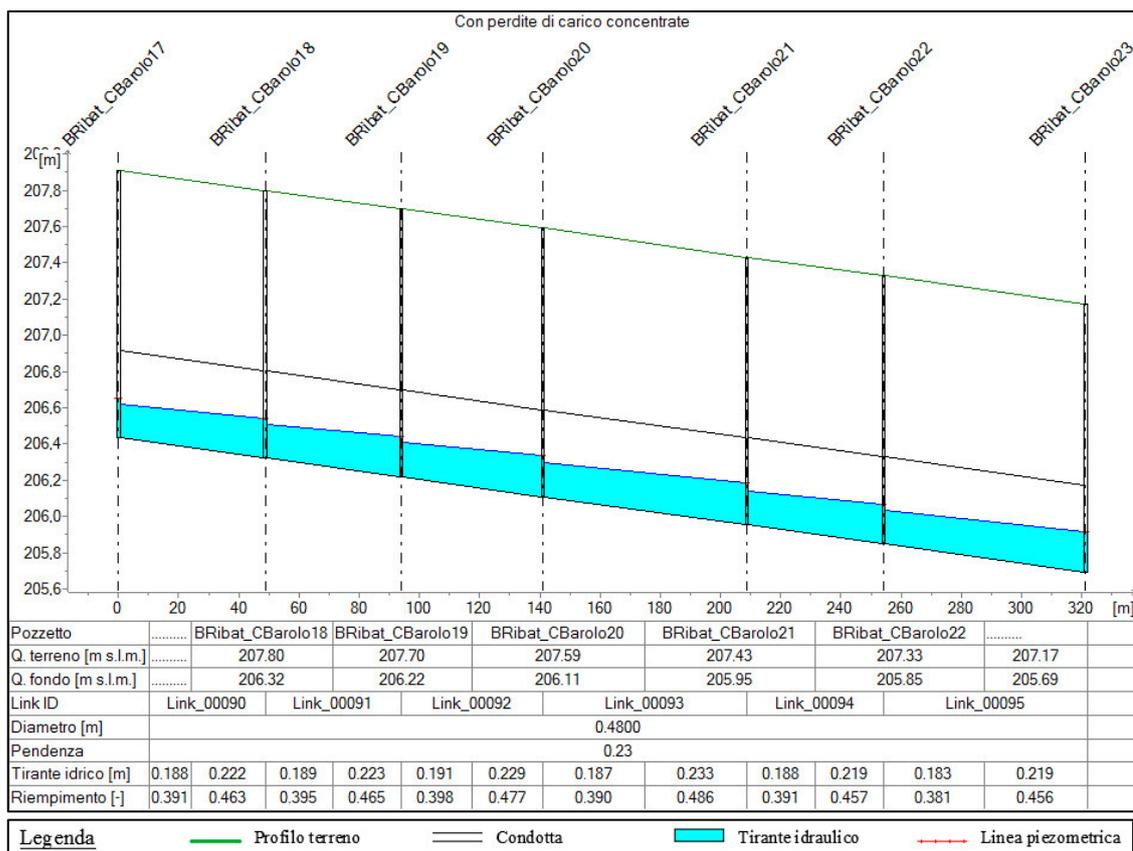


Figura 7.51- Profilo longitudinale di correnti sub-critiche, con perdite di carico concentrate.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr. c	Portata Q	Dist. parziali	Quota piez. [m s.l.m.]	Tirante idr. y [mm]	Grado di riemp. R [%]	Velocità V [m/s]	Num. di Froude Fr [-]	Carico totale H [m s.l.m.]	Perdita carico tot. ΔH [m]
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]											
Link_00090	BRibat_CBarolo17- BRibat_CBarolo18	48.77	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	0	206.62	187.68	39%	0.78	0.67	206.65	-0.029
									48.77	206.54	222.24	46%	0.62	0.48	206.56	-0.091
Link_00091	BRibat_CBarolo18- BRibat_CBarolo19	45.08	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	0	206.51	189.6	40%	0.77	0.65	206.54	-0.020
									45.08	206.44	223.2	47%	0.62	0.48	206.46	-0.081
Link_00092	BRibat_CBarolo19- BRibat_CBarolo20	47.18	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	0	206.41	191.04	40%	0.76	0.64	206.44	-0.020
									47.18	206.34	228.96	48%	0.60	0.46	206.36	-0.081
Link_00093	BRibat_CBarolo20- BRibat_CBarolo21	67.76	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	0	206.3	187.2	39%	0.78	0.67	206.33	-0.027
									67.76	206.19	233.28	49%	0.59	0.44	206.21	-0.124
Link_00094	BRibat_CBarolo21- BRibat_CBarolo22	45.38	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	0	206.14	187.68	39%	0.78	0.67	206.17	-0.036
									45.38	206.07	219.36	46%	0.64	0.49	206.09	-0.081
Link_00095	BRibat_CBarolo22- BRibat_CBarolo23	67.07	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	0	206.03	182.88	38%	0.81	0.70	206.06	-0.027
									67.07	205.91	218.88	46%	0.64	0.50	205.93	-0.133

Tabella 7.34- Risultati relativi al profilo illustrato in Figura 7.51 e Figura 7.50, per i diversi punti in cui sono discretizzati i collettori (con perdite di carico concentrate).

Si osserva però che in alcuni casi dove si presentano delle riduzioni di pendenza, le perdite di carico sono tali da far rigurgitare il profilo a monte del pozzetto (Figura 7.52), senza quindi descrivere il profilo di richiamo che invece viene individuato in assenza di disconnessioni (Figura 7.53). Tuttavia l'eventuale errore a cui si potrebbe andare incontro a seguito della mancata individuazione dell'accelerazione finale del profilo, rimane comunque contenuto, come si può riscontrare in Tabella 7.35.

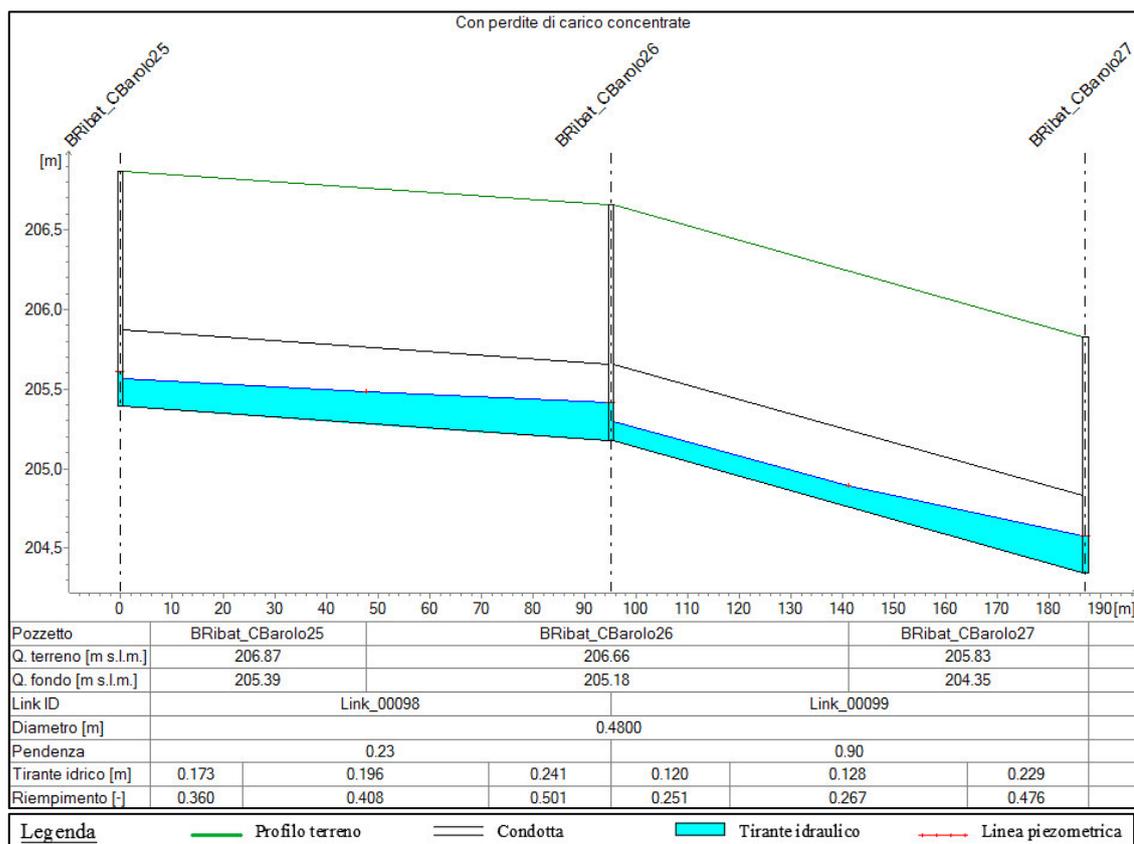


Figura 7.52- Profilo longitudinale di correnti con passaggio lenta/veloce, con perdite di carico concentrate.

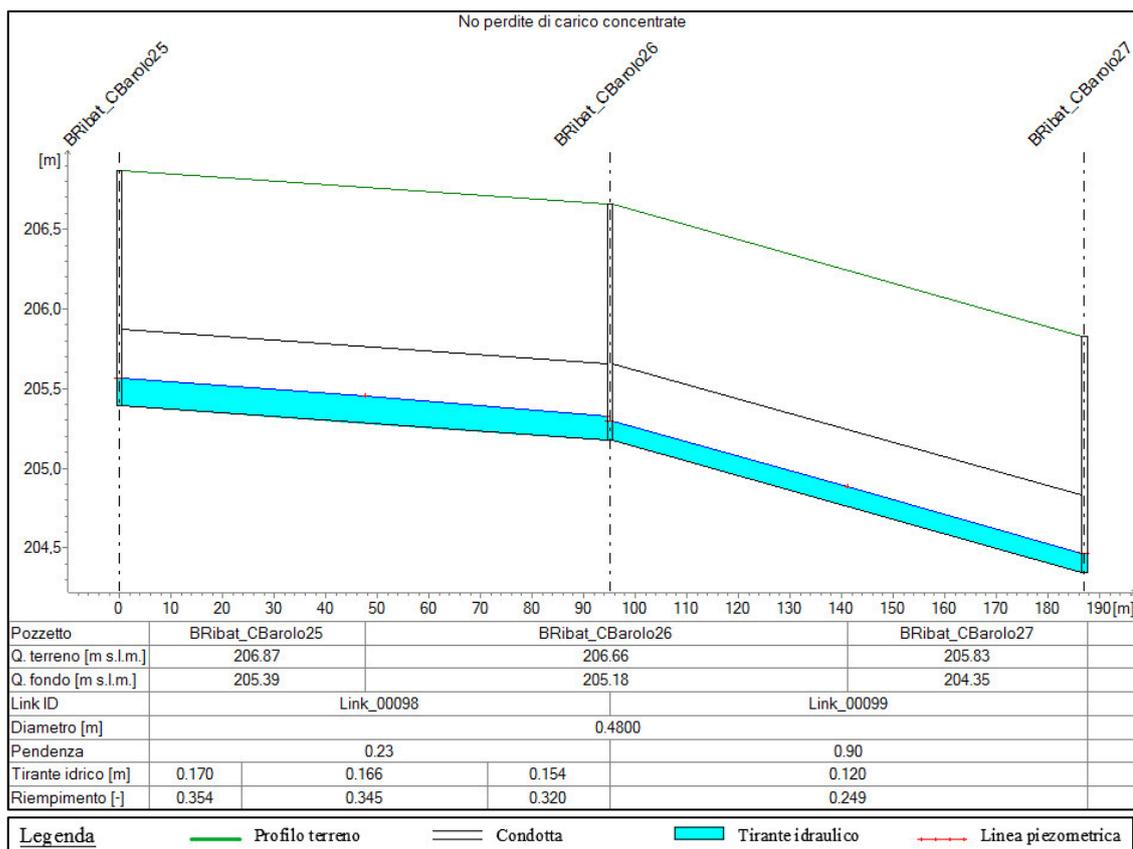


Figura 7.53- Profilo longitudinale di correnti con passaggio lento/veloce, senza perdite di carico concentrate.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Riemp. medio	Velocità media	Num. di Froude	Perdite di carico conc.
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	
Link_00098	BRibat_CBarolo25-	95.17	0.23	circolare	480	PVC	90	0.0512	201	41.90%	0.71	0.58	si
	BRibat_CBarolo26								161	33.60%	0.96	0.90	no
Link_00099	BRibat_CBarolo26-	91.91	0.9	circolare	480	PVC	90	0.0512	157	32.80%	1.00	0.94	si
	BRibat_CBarolo27								118	24.70%	1.48	1.64	no

Tabella 7.35- Confronto dei risultati medi ottenuti con e senza perdite di carico concentrate.



- Soluzione individuata: si è previsto di sostituire la tubazione in cemento esistente del diametro nominale di 1000 mm, con un'altra tubazione circolare in cemento con un diametro nominale di 2200 mm, per una lunghezza totale di 10 km circa. Dalle condizioni di calcolo si è verificato che sarebbe stato sufficiente una condotta del diametro nominale 2000 mm. Si è scelto invece di utilizzare quella con diametro 2200 mm per uniformare il tratto a quello immediatamente a monte proveniente dalla località Mussotto (corso Bra nell'abitato di Alba), del diametro 2200 mm recentemente ammodernato, ed al fine anche di tenere conto di prevedibili futuri sviluppi delle aree servite dalla rete consortile in esame.

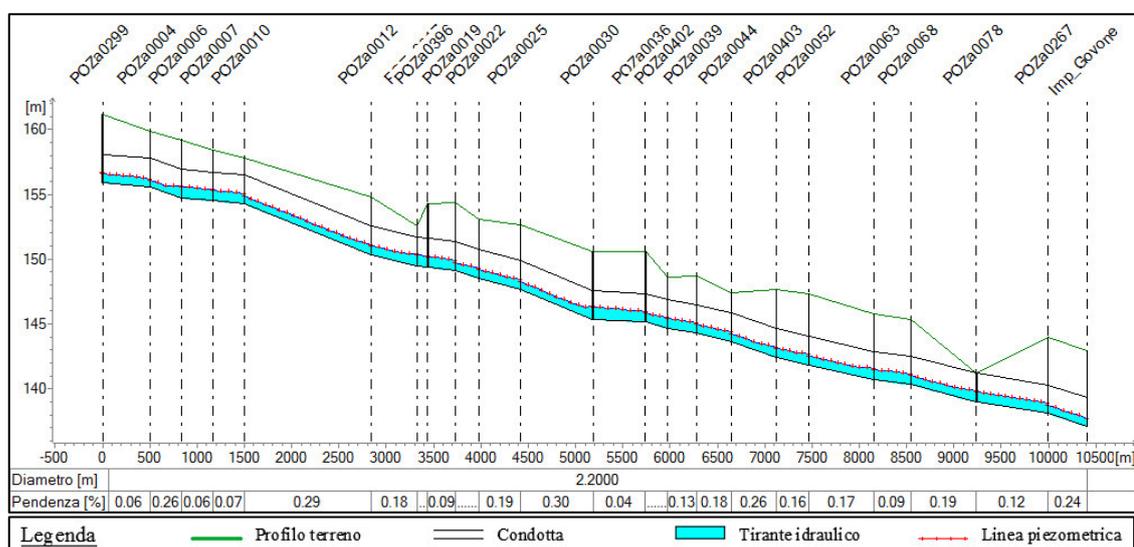


Figura 8.2- Soluzione proposta- Profilo longitudinale del collettore Mogliasso - impianto di depurazione di Govone.

Di seguito si riportano gli stralci dei profili longitudinali relativi allo stato attuale e alla soluzione proposta. In merito a quest'ultimi si riportano anche le tabelle con i relativi parametri idraulici ottenuti.

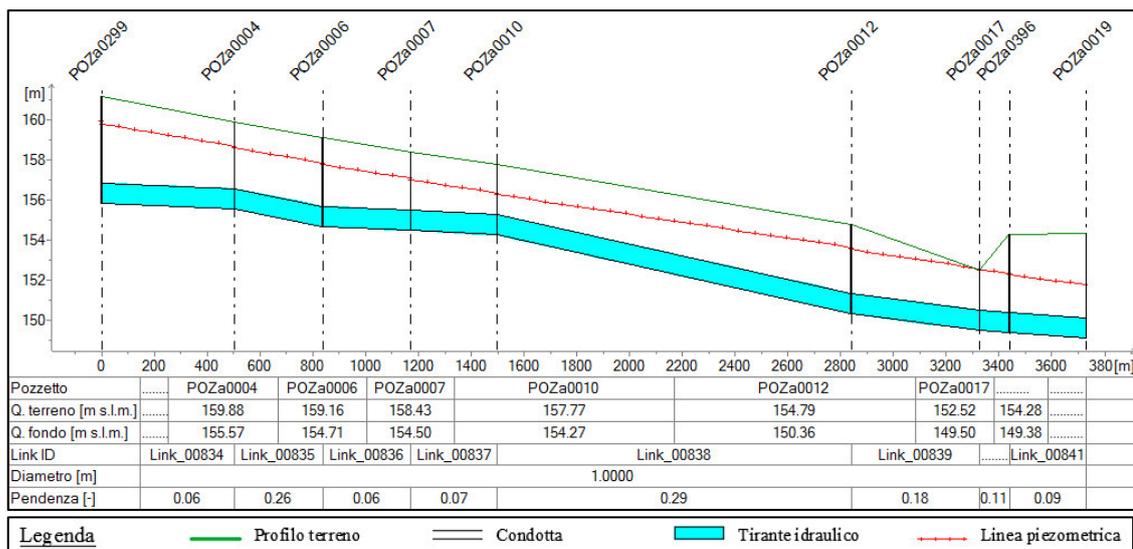


Figura 8.3 Stato attuale: profilo longitudinale nel tratto tra i punti POZa0299 e POZa0019.

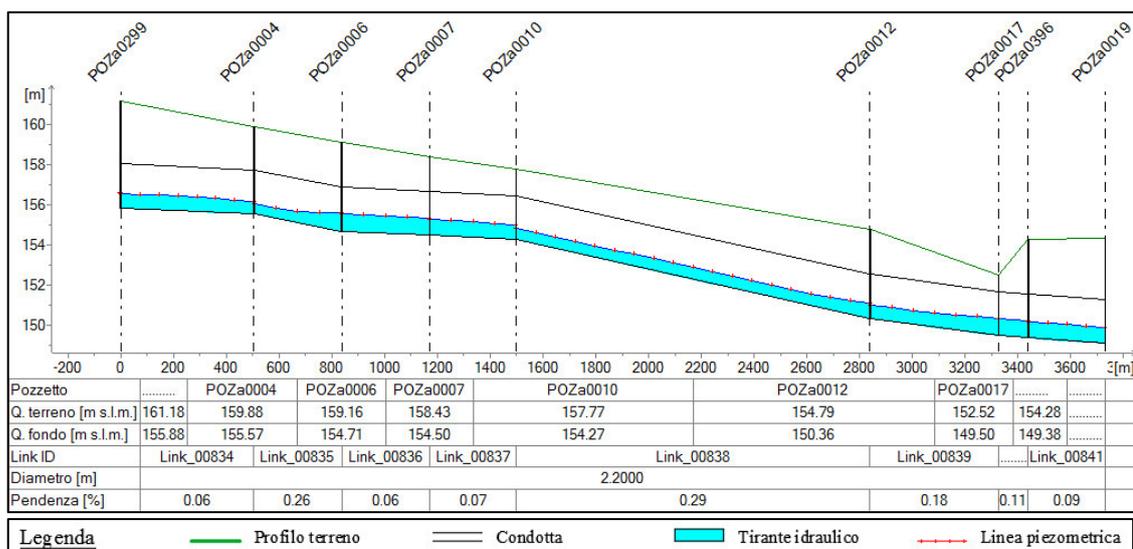


Figura 8.4- Soluzione proposta: profilo longitudinale nel tratto tra i punti POZa0299 e POZa0019.

PROPOSTE DI RISOLUZIONE DELLE CRITICITÀ

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp. medio	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]
Link_00834	POZa0299-POZa0004	504.27	0.06	circolare	2200	cls	70	1.035	676	30.73%	1.04	0.48	156.46
Link_00835	POZa0004-POZa0006	332.53	0.26	circolare	2200	cls	70	1.035	630	28.64%	1.15	0.55	155.84
Link_00836	POZa0006-POZa0007	333.68	0.06	circolare	2200	cls	70	1.490	863	39.23%	1.08	0.43	155.53
Link_00837	POZa0007-POZa0010	328.25	0.07	circolare	2200	cls	70	1.490	776	35.27%	1.24	0.53	155.24
Link_00838	POZa0010-POZa0012	1340.71	0.29	circolare	2200	cls	70	1.490	594	27.00%	1.80	0.88	153.07
Link_00839	POZa0012-POZa0017	487.86	0.18	circolare	2200	cls	70	1.490	720	32.73%	1.38	0.61	150.75
Link_00840	POZa0017-POZa0396	111.41	0.11	circolare	2200	cls	70	1.490	839	38.14%	1.12	0.45	150.34
Link_00841	POZa0396-POZa0019	291.11	0.09	circolare	2200	cls	70	1.545	794	36.09%	1.25	0.52	150.12

Tabella 8.1- Soluzione proposta: risultati ottenuti per il tratto tra i punti POZa0299 e POZa0019.

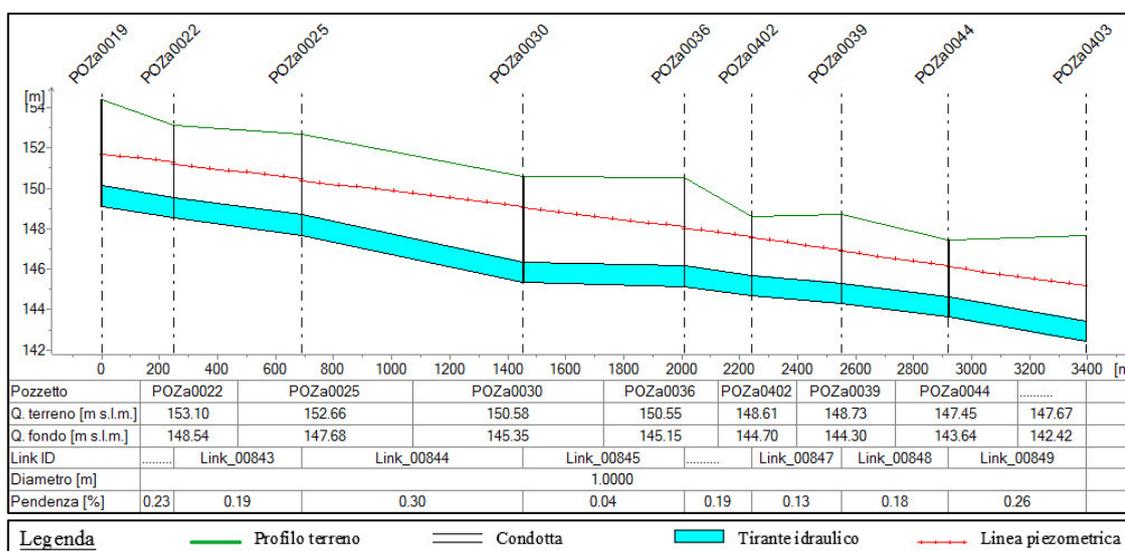


Figura 8.5- Stato attuale- profilo longitudinale nel tratto tra i punti POZa0019 e POZa0403.

PROPOSTE DI RISOLUZIONE DELLE CRITICITÀ

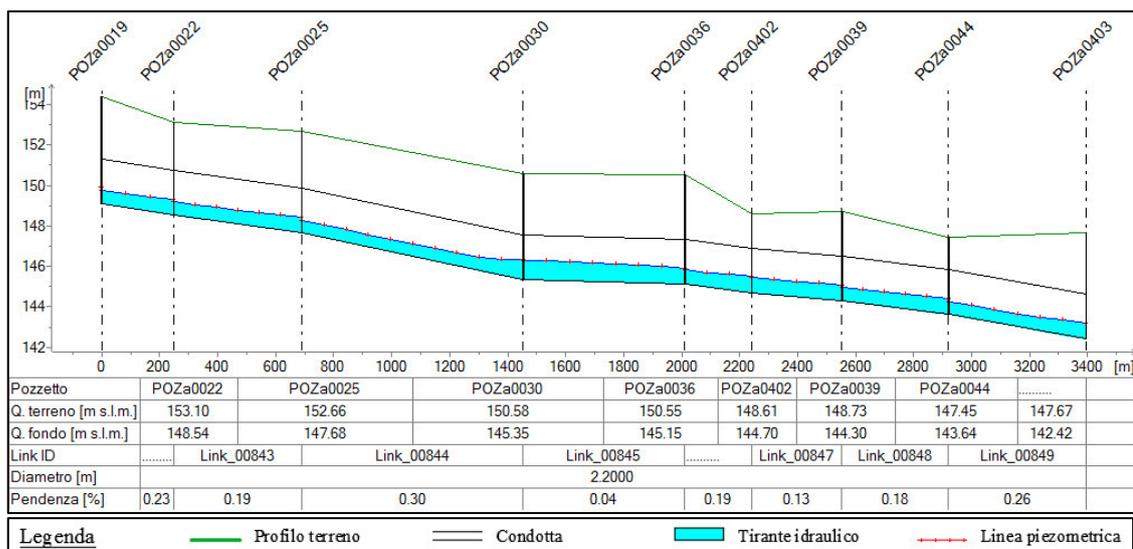


Figura 8.6- Soluzione proposta- profilo longitudinale nel tratto tra i punti POZa0019 e POZa0403.

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp. medio	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]
Link_00842	POZa0019-POZa0022	248.54	0.23	circolare	2200	cls	70	1.545	692	31.45%	1.51	0.68	149.64
Link_00843	POZa0022-POZa0025	441.47	0.19	circolare	2200	cls	70	1.545	683	31.05%	1.54	0.70	148.91
Link_00844	POZa0025-POZa0030	764.05	0.3	circolare	2200	cls	70	1.545	637	28.95%	1.69	0.80	147.30
Link_00845	POZa0030-POZa0036	556.60	0.04	circolare	2200	cls	70	1.545	875	39.77%	1.10	0.43	146.19
Link_00846	POZa0036-POZa0402	230.89	0.19	circolare	2200	cls	70	1.545	731	33.23%	1.40	0.61	145.76
Link_00847	POZa0402-POZa0039	310.65	0.13	circolare	2200	cls	70	1.599	761	34.59%	1.37	0.59	145.36
Link_00848	POZa0039-POZa0044	368.12	0.18	circolare	2200	cls	70	1.599	707	32.14%	1.52	0.68	144.79
Link_00849	POZa0044-POZa0403	473.93	0.26	circolare	2200	cls	70	1.599	660	30.00%	1.67	0.77	143.83

Tabella 8.2- Soluzione proposta: risultati ottenuti per il tratto tra i punti POZa0019 e POZa0403.

PROPOSTE DI RISOLUZIONE DELLE CRITICITÀ

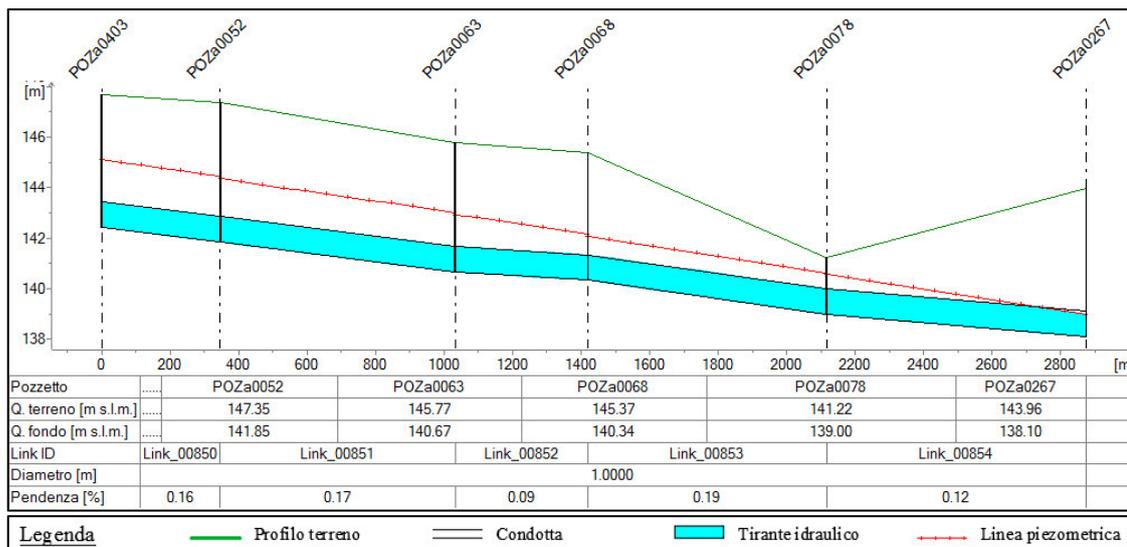


Figura 8.7- Stato attuale- profilo longitudinale nel tratto tra i punti POZa0403 e POZa0267.

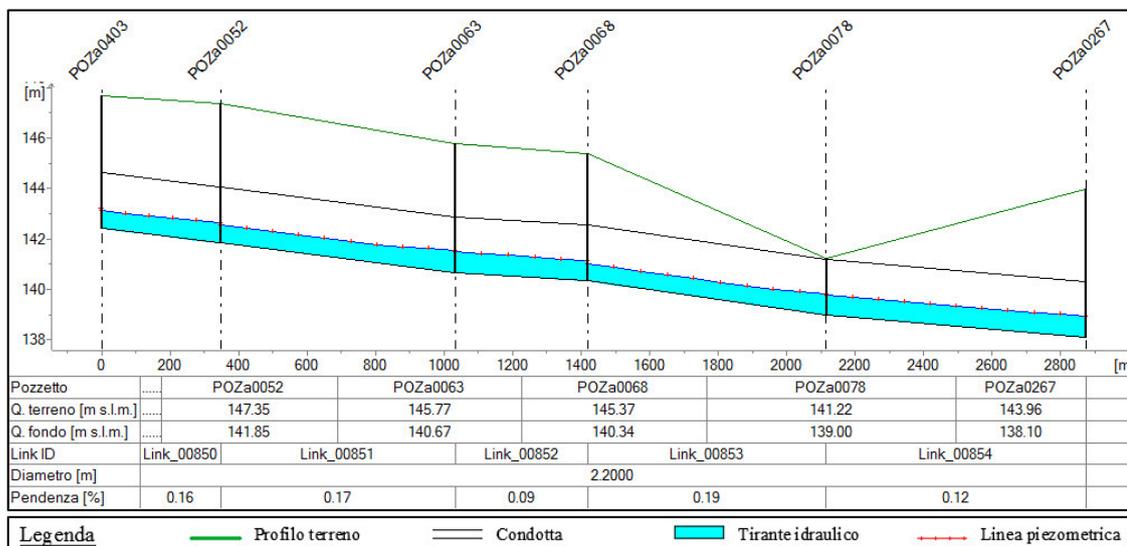


Figura 8.8- Soluzione proposta - profilo longitudinale nel tratto tra i punti POZa0403 e POZa0267.

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp. medio	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio
ID	Tratto	L [m]	i [%]				c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]
Link_00850	POZa0403-POZa0052	346.51	0.16	circolare	2200	cls	70	1.616	734	33.36%	1.46	0.63	142.98
Link_00851	POZa0052-POZa0063	685.10	0.17	circolare	2200	cls	70	1.616	730	33.18%	1.47	0.64	142.10
Link_00852	POZa0063-POZa0068	387.48	0.09	circolare	2200	cls	70	1.617	808	36.73%	1.28	0.53	141.40
Link_00853	POZa0068-POZa0078	696.71	0.19	circolare	2200	cls	70	1.653	709	32.23%	1.56	0.69	140.50
Link_00854	POZa0078-POZa0267	758.24	0.12	circolare	2200	cls	70	1.655	784	35.64%	1.36	0.57	139.43

Tabella 8.3- Soluzione proposta: risultati ottenuti per il tratto tra i punti POZa0403 e POZa0267.

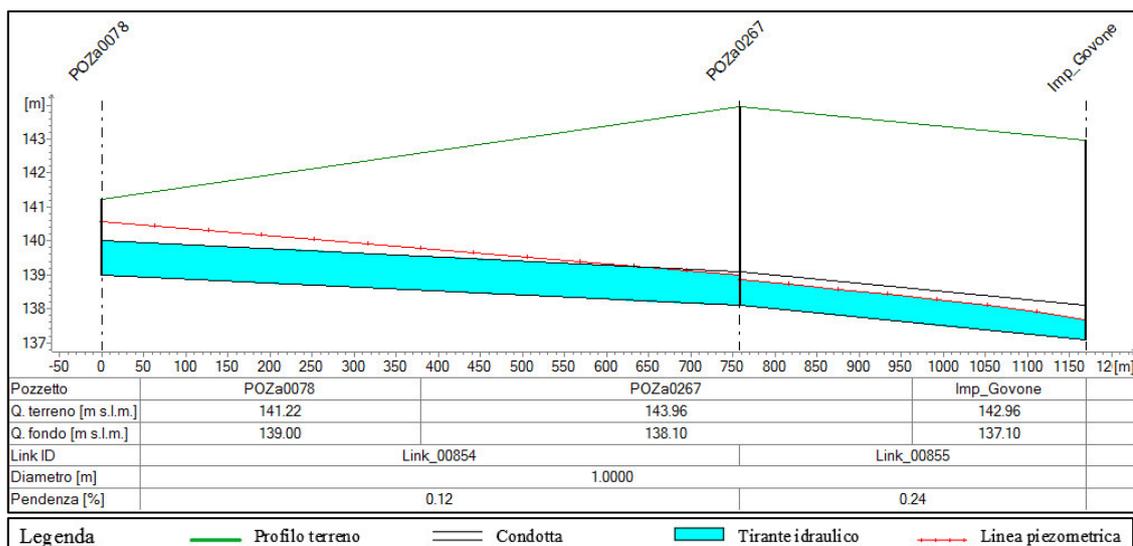


Figura 8.9- Stato attuale- profilo longitudinale nel tratto tra i punti POZa0078 e la sezione di sbocco nell'impianto.

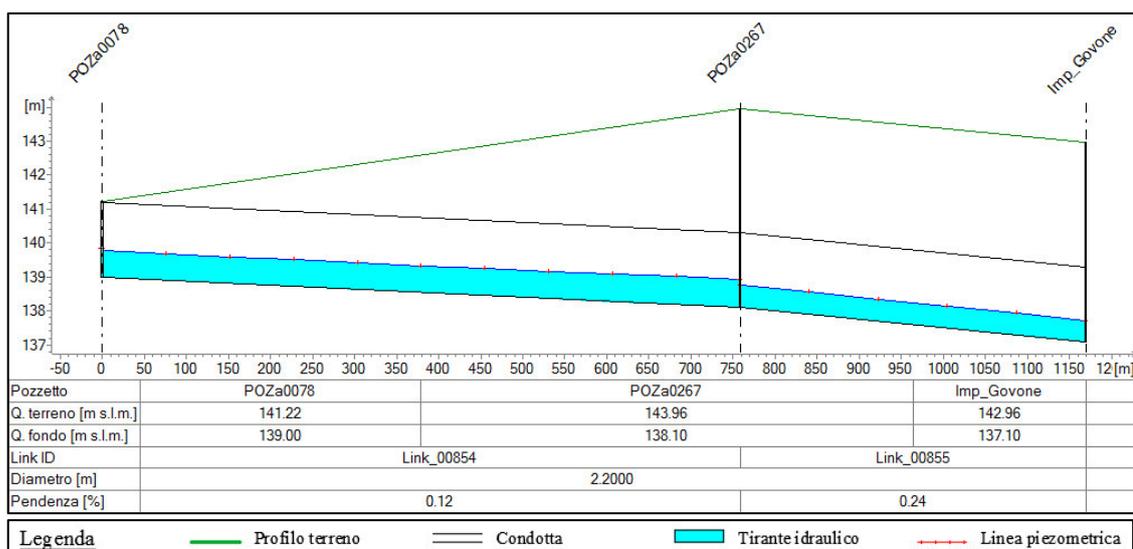


Figura 8.10- Soluzione proposta- profilo longitudinale nel tratto tra i punti POZa0078 e la sezione di sbocco nell'impianto.

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp. medio	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio
ID	Tratto	L [m]	i [%]										
Link_00854	POZa0078-POZa0267	758.24	0.12	circolare	2200	cls	70	1.655	784	35.64%	1.36	0.57	139.43
Link_00855	POZa0267-Imp_Govone	411.04	0.24	circolare	2200	cls	70	1.682	631	28.68%	1.87	0.89	138.41

Tabella 8.4- Soluzione proposta: risultati ottenuti per il tratto tra i punti POZa0078 e la sezione di sbocco nell'impianto.

Si osserva inoltre come la soluzione adottata abbia alleggerito anche i rami confluenti nella località del Mogliasso in corrispondenza del *POZa0299* per i quali era stata rilevata l'insorgenza di criticità a causa del restringimento della sezione nel suddetto pozzetto di confluenza e della propagazione dei rigurgiti da valle, dove si instaurano flussi in pressione. Anche le criticità rilevate in corrispondenza degli innesti del ramo di Guarene e di Govone risultano in tal modo risolte.

## 8.2 Tratto Grinzane Cavour-Gallo d'Alba

- Criticità rilevate: il tratto tra i punti *Diano\_B06* e *Diano\_B15* posto in prossimità dell'abitato di Grinzane Cavour risulta idraulicamente non adeguato con gradi di riempimento superiori all'80%, a causa di inclinazioni ridotte che ne riducono la capacità.

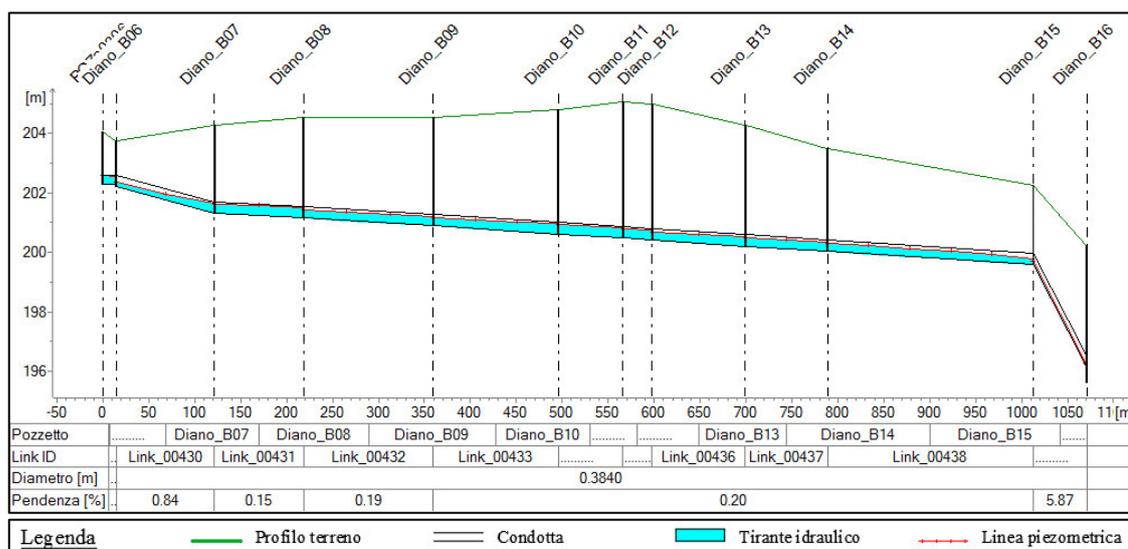


Figura 8.11- Stato attuale: profilo longitudinale nel tratto Grinzane Cavour -Gallo d'Ala tra i punti *POZa0306* e *Diano\_B16*.

- **Soluzioni individuate:** si è previsto di sostituire la tubazione esistente composta da tubazioni in PVC DN 400, con tubazioni HDPE corrugate con diametro nominale di 500 mm (diametro interno pari a 433 mm), per una lunghezza complessiva di circa 1 km. Il diametro è stato verificato per assicurare un grado di riempimento intorno al 60% per un deflusso pari a 5 volte la portata media nera; inoltre la scelta di tale tubazione è stata fatta in funzione ai nuovi materiali a disposizione e alle nuove tecnologie relativamente alle tubazioni in materie plastiche, che assicurano una maggiore flessibilità longitudinale e migliore resistenza all'ovalizzazione.

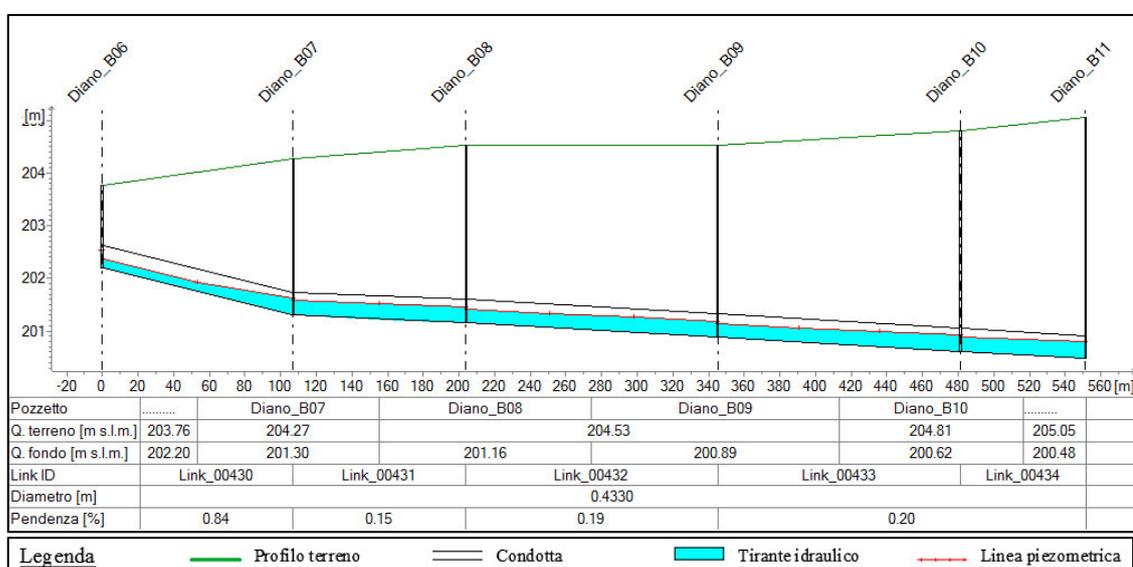


Figura 8.12- Soluzione proposta: profilo nel tratto Grinzane Cavour -Gallo d'Ala tra i punti Diano\_B06 e Diano\_B11.

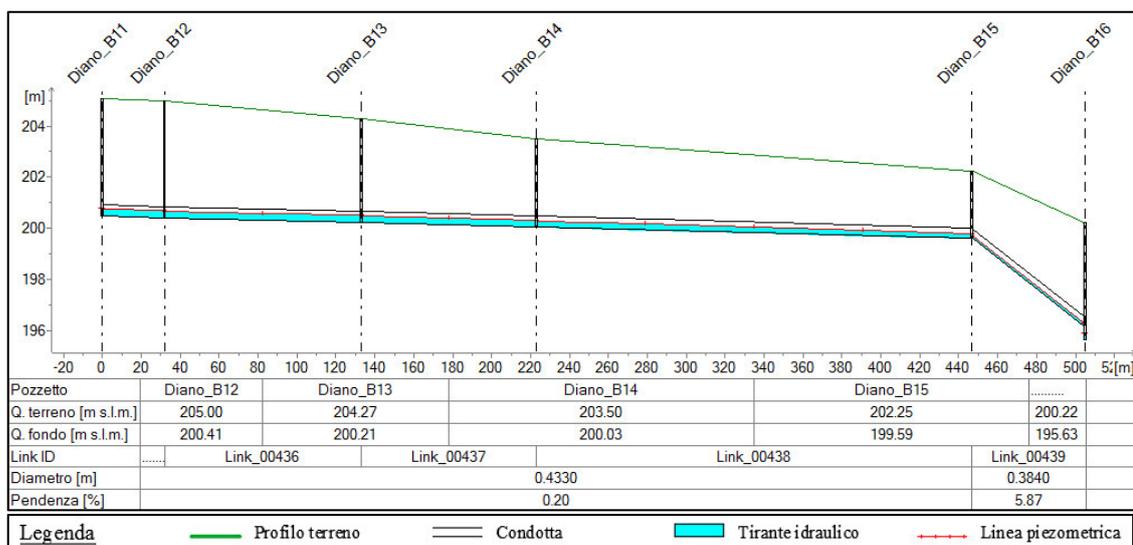


Figura 8.13- Soluzione proposta: profilo nel tratto Grinzane Cavour -Gallo d'Ala tra i punti Diano\_B11 e Diano\_B16.

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp. medio	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]
Link_00430	Diano_B06-Diano_B07	107.04	0.84	circolare	433	HDPE	90	0.083	218	50.3%	1.12	0.86	202.03
Link_00431	Diano_B07-Diano_B08	96.89	0.15	circolare	433	HDPE	90	0.083	286	66.1%	0.80	0.51	201.55
Link_00432	Diano_B08-Diano_B09	141.16	0.19	circolare	433	HDPE	90	0.083	267	61.7%	0.87	0.58	201.33
Link_00433	Diano_B09-Diano_B10	136.03	0.2	circolare	433	HDPE	90	0.083	273	63.0%	0.85	0.56	201.06
Link_00434	Diano_B10-Diano_B11	70.19	0.2	circolare	433	HDPE	90	0.083	293	67.7%	0.78	0.49	200.87
Link_00435	Diano_B11-Diano_B12	31.83	0.2	circolare	433	HDPE	90	0.083	288	66.5%	0.80	0.51	200.76
Link_00436	Diano_B12-Diano_B13	101.36	0.2	circolare	433	HDPE	90	0.083	274	63.3%	0.84	0.56	200.62
Link_00437	Diano_B13-Diano_B14	89.83	0.2	circolare	433	HDPE	90	0.083	274	63.3%	0.84	0.56	200.43
Link_00438	Diano_B14-Diano_B15	223.83	0.2	circolare	433	HDPE	90	0.083	233	53.8%	1.03	0.76	200.10
Link_00439	Diano_B15-Diano_B16	58.19	5.87	circolare	384	PVC	90	0.083	102	26.6%	3.37	3.99	198.56

Tabella 8.5- Soluzione proposta: risultati ottenuti per il tratto Grinzane Cavour-Gallo d'Alba.

### 8.3 Tratto Guarene Piedemonte-località Vaccheria

- Criticità rilevate: per lo scenario considerato è stato rilevato nel tratto terminale del ramo di Guarene Piedemonte, immediatamente a monte della confluenza con il ramo Est presso la località Vaccheria, l'insorgenza di flusso in pressione.

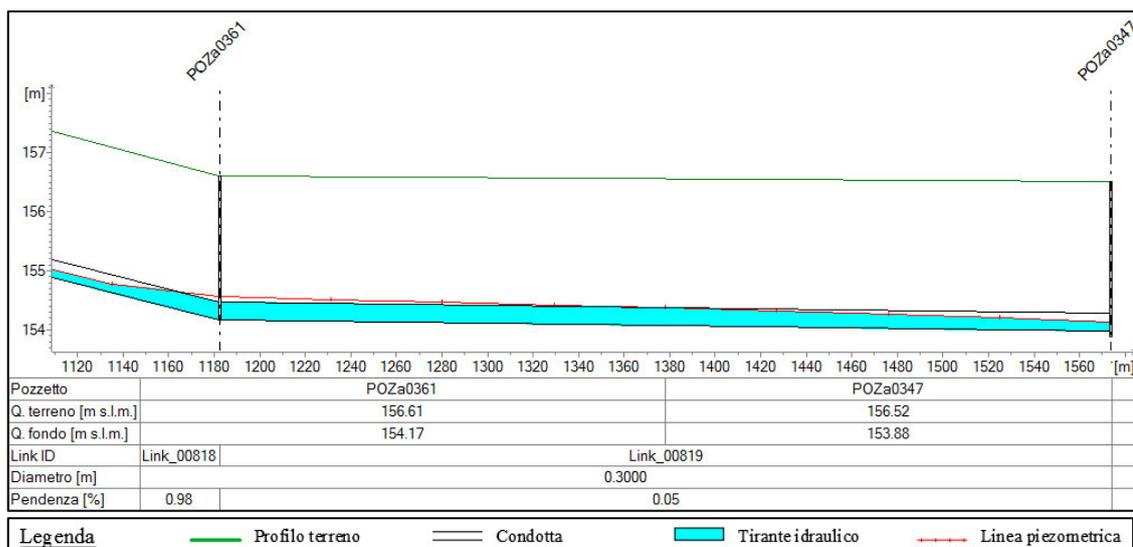


Figura 8.14- Stato attuale: profilo longitudinale nel tratto finale del ramo Guarene Piedemonte -Vaccheria tra i punti POZa0361 e POZa0347.

- Soluzione individuata: si è previsto di sostituire la tubazione in cemento esistente del diametro nominale di 300 mm, con un'altra tubazione circolare in cemento con un diametro nominale di 400 mm, per una lunghezza totale di 400 m circa. La scelta della tubazione in cemento è stata dettata dalla continuità della tipologia di materiale con i collettori attigui.

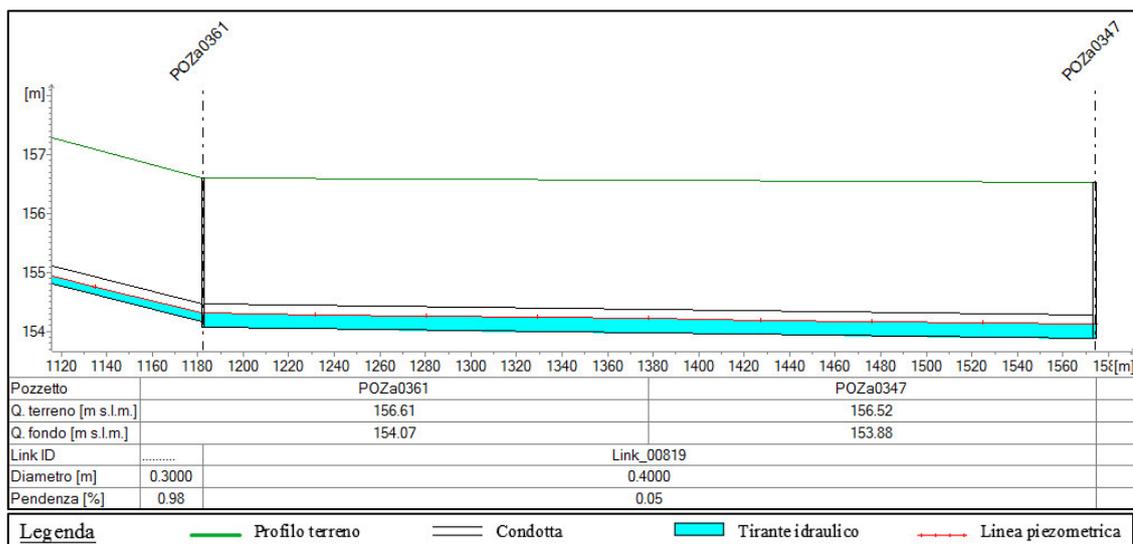


Figura 8.15- Soluzione proposta: profilo longitudinale nel tratto finale del ramo Guarene Piedelmente - Vaccheria tra i punti POZa0361 e POZa0347.

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp. medio	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]
Link_00816	POZa0409-POZa0409_1	585.49	11.82	circolare	300	cls	70	0.028	66	22.00%	2.43	3.60	253.06
Link_00817	POZa0409_1-POZa0359	589.60	8.88	circolare	300	cls	70	0.028	74	24.67%	2.06	2.88	192.20
Link_00818	POZa0359-POZa0361	1182.42	0.98	circolare	300	cls	70	0.028	116	38.67%	1.11	1.21	160.13
Link_00819	POZa0361-POZa0347	391.42	0.05	circolare	400	cls	70	0.028	238	59.50%	0.36	0.26	154.22

Tabella 8.6- Soluzione proposta: risultati ottenuti per il tratto il ramo Guarene Piedelmente-Vaccheria.

## 8.4 Tratto Corneliano d'Alba-Mussotto

- Criticità rilevate: nel collettore sono state individuate alcune tubazioni non adeguate, localizzate soprattutto in corrispondenza di diminuzioni di pendenza longitudinale.

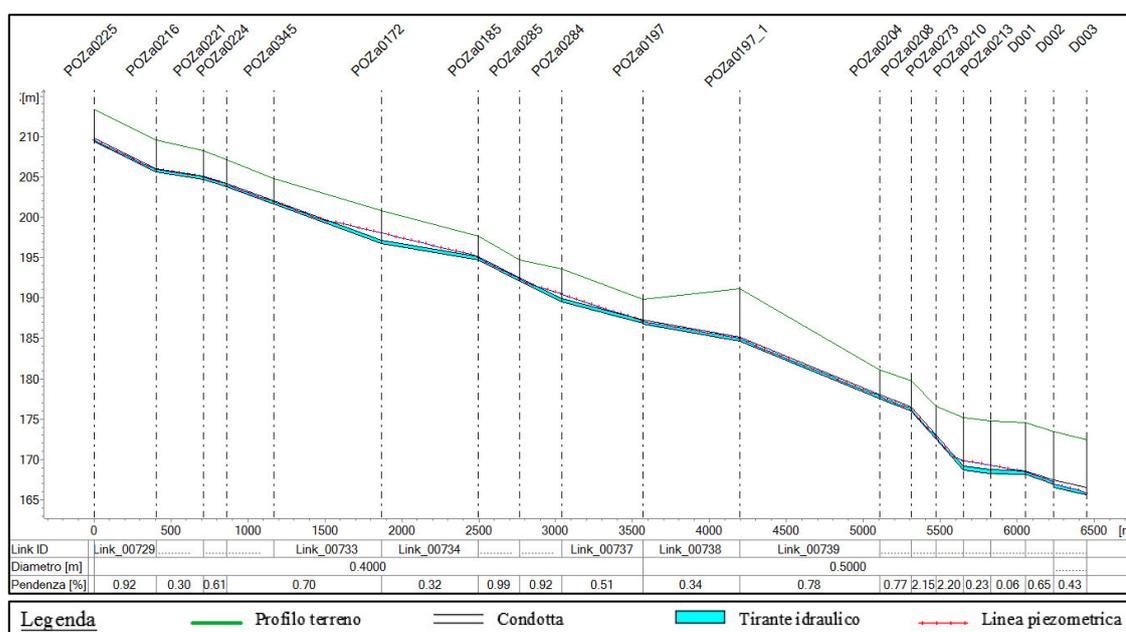


Figura 8.16- Stato attuale: profilo longitudinale nel tratto Corneliano d'Alba-Mussotto.

- Soluzioni individuate: si è previsto di sostituire le tubazioni esistenti, agendo in particolare laddove si è rilevata la formazione di corrente in pressione. Nello specifico:
  - per il tratto in corrispondenza di Piobesi d'Alba, compreso tra i pozzi *POZa0172* e *POZa0197*, di lunghezza complessiva pari a 1,7 km, si propone di sostituire le attuali tubazioni circolari in cemento con diametro nominale di 400 mm, con tubazioni di analogo materiale internamente rivestite con polietilene e diametro nominale di 500 mm;
  - per il tratto tra Piobesi e la località Mussotto, compreso tra i pozzi *POZa0210* e *D002* si propone la sostituzione delle attuali tubazioni circolari in cemento con diametro nominale di 500 mm, con tubazioni ovoidali 600x900 mm in cemento, per una lunghezza complessiva di 600 m, al fine di garantire continuità con il collettore a valle.

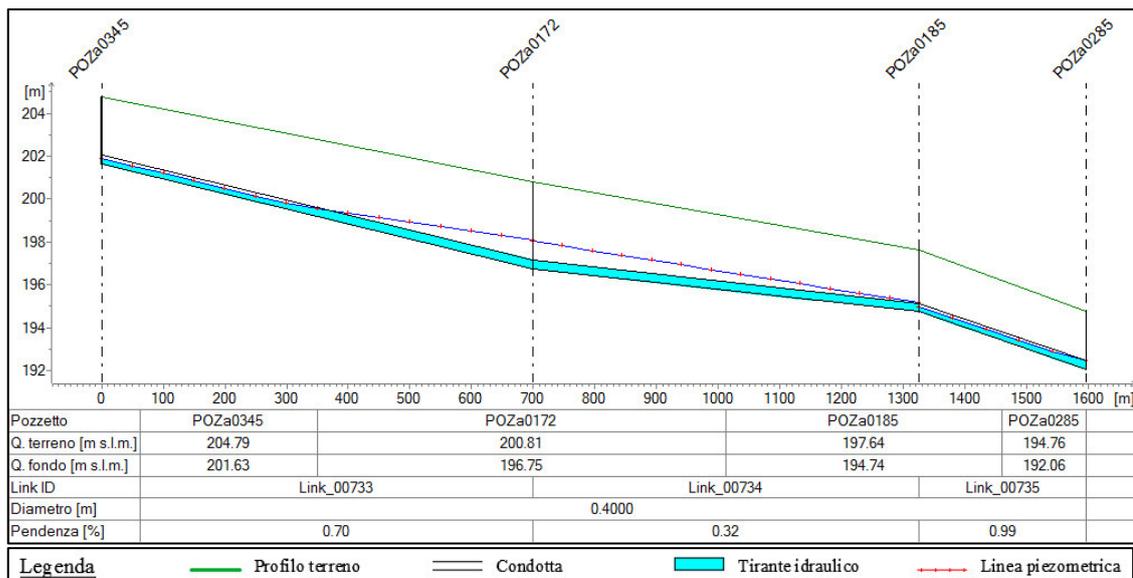


Figura 8.17- Stato attuale: profilo longitudinale nel tratto tra i pozzetti POZa0345 e POZa0285.

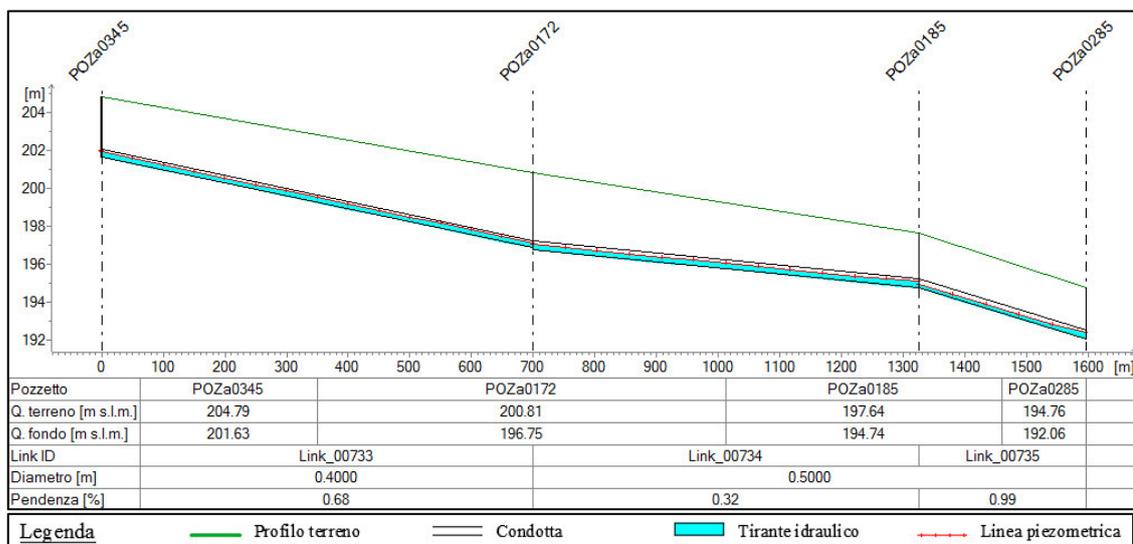


Figura 8.18- Soluzione proposta: profilo longitudinale nel tratto tra i pozzetti POZa0345 e POZa0285.

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp. medio	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]
Link_00733	POZa0345-POZa0172	699.23	0.68	circolare	400	cls	70	0.122	261	65.3%	1.40	0.94	199.60
Link_00734	POZa0172-POZa0185	626.02	0.32	circolare	500	cls	70	0.129	303	60.6%	1.04	0.66	196.10
Link_00735	POZa0185-POZa0285	271.00	0.99	circolare	500	cls	70	0.136	244	48.8%	1.43	1.05	193.75

Tabella 8.7- Soluzione proposta: risultati ottenuti per il tratto Corneliano-Mussotto tra i punti POZa0345 e POZa0285.

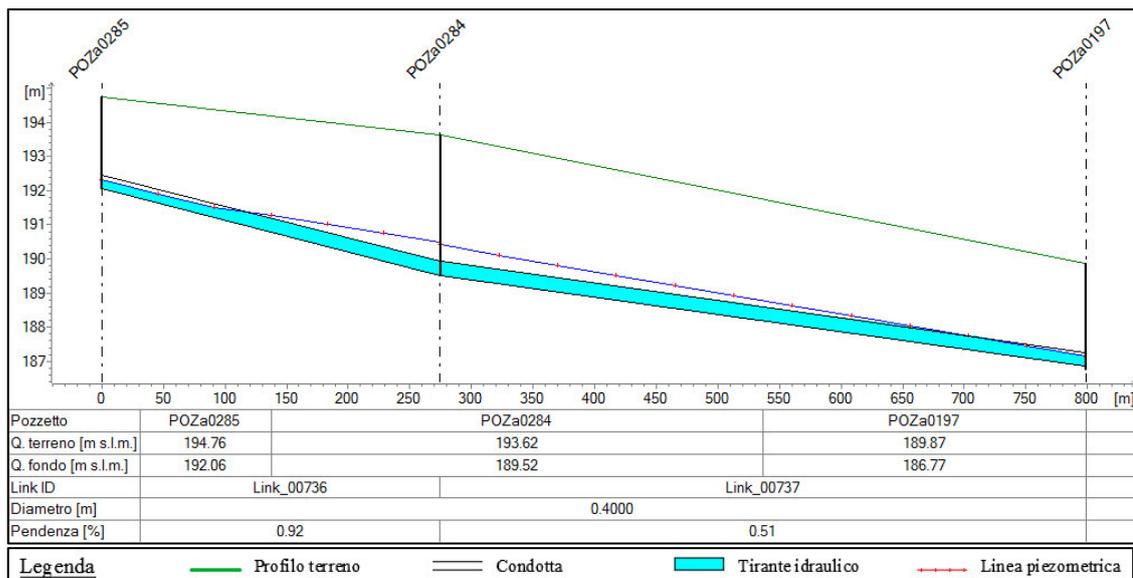


Figura 8.19- Stato attuale: profilo longitudinale nel tratto tra i pozzetti POZa0285 e POZa0197.

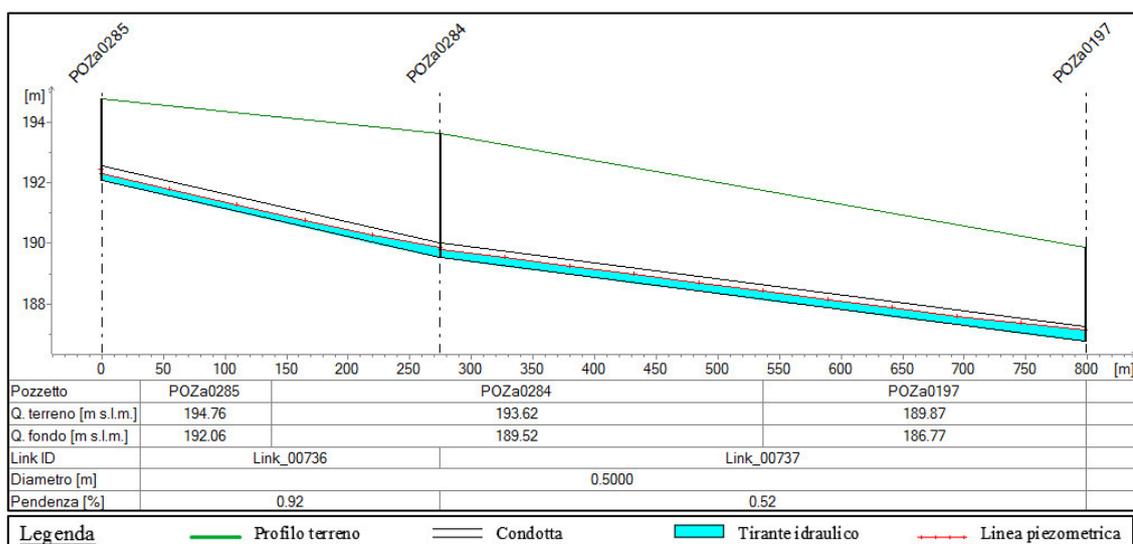


Figura 8.20- Soluzione proposta: profilo longitudinale nel tratto tra i pozzetti POZa0285 e POZa0197.

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp. medio	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]
Link_00736	POZa0285-POZa0284	274.74	0.92	circolare	500	cls	70	0.142	252	50.4%	1.43	1.03	191.15
Link_00737	POZa0284-POZa0197	523.94	0.52	circolare	500	cls	70	0.149	289	57.8%	1.27	0.83	188.52

Tabella 8.8- Soluzione proposta: risultati ottenuti per il tratto Corneliano-Mussotto tra i punti POZa0285 e POZa0197.

PROPOSTE DI RISOLUZIONE DELLE CRITICITÀ

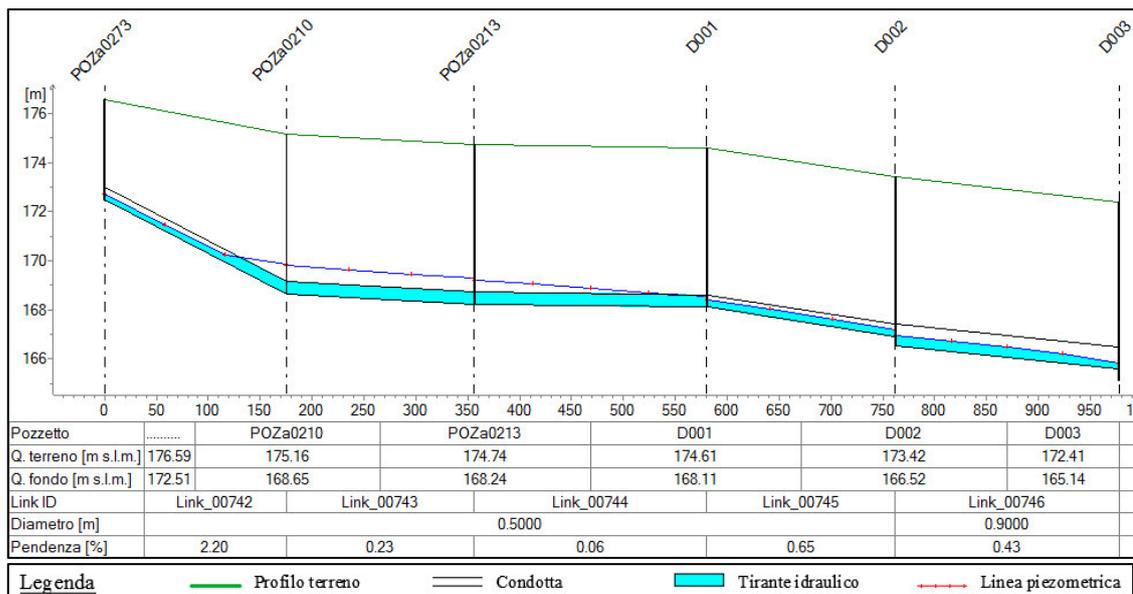


Figura 8.21- Stato attuale: profilo longitudinale nel tratto tra i pozzetti POZa0273 e D003.

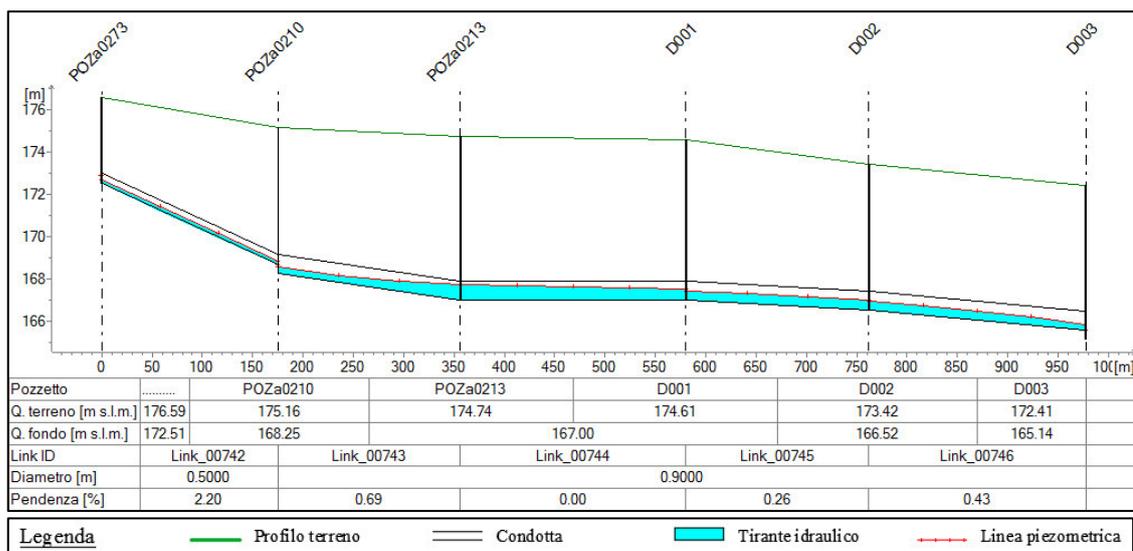


Figura 8.22- Soluzione proposta: profilo longitudinale nel tratto tra i pozzetti POZa0273 e D003.

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp. medio	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	γ [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]
Link_00741	POZa0208-POZa0273	160.02	2.15	circolare	500	cls	70	0.176	257	51.4%	1.73	1.23	174.64
Link_00742	POZa0273-POZa0210	175.07	2.2	circolare	500	cls	70	0.183	205	41.0%	2.41	1.96	171.09
Link_00743	POZa0210-POZa0213	181.26	0.69	ovoidale	900	cls	70	0.19	460	51.1%	0.58	0.31	168.10
Link_00744	POZa0213-D001	223.84	0	ovoidale	900	cls	70	0.19	610	67.8%	0.41	0.18	167.62
Link_00745	D001-D002	181.88	0.26	ovoidale	900	cls	70	0.19	456	50.7%	0.59	0.31	167.23
Link_00746	D002-D003	215.47	0.43	ovoidale	900	cls	60	0.19	373	41.4%	0.76	0.46	166.46

Tabella 8.9- - Soluzione proposta: risultati ottenuti per il tratto Corneliano-Mussotto tra i punti POZa0273 e D003.

### 8.5 Tratto Monticello d’Alba- Mussotto (Alba)

- Criticità rilevate: il tratto in oggetto fa parte dei collettori da ammodernare. Il collettore esistente in cemento del diametro nominale di 600 mm, che collega il POZa0118 fino alla confluenza con il ramo di Corneliano in località Mussotto (C1001), determina una riduzione di sezione tra il collettore di monte (gres DN 1000 mm) e quello di valle (cls sezione ovoidale 700x1050 mm). Il tratto risultata inadeguato per l’intera estensione, tanto da provocare una corrente in pressione.

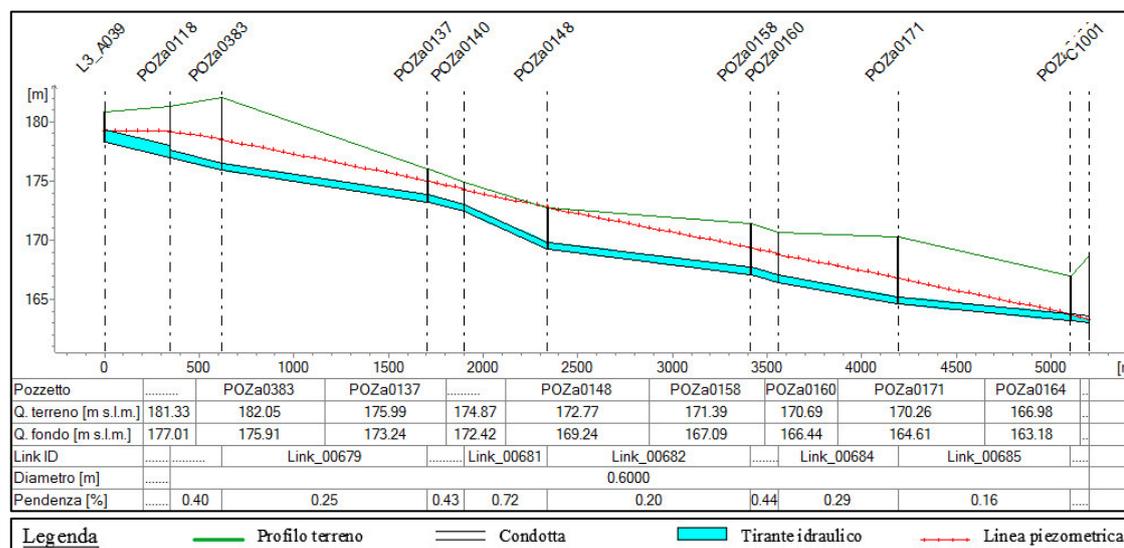


Figura 8.23- Stato attuale: profilo longitudinale nel ramo Monticello-Mussotto.

- Soluzioni individuate: per l'adeguamento della capacità di deflusso si è scelto di uniformare il diametro a quello immediatamente a monte e cioè di sostituire il diametro esistente (cls DN 600 mm) con una tubazione in gres DN 1000 mm, per lunghezza complessiva di circa 5 km.

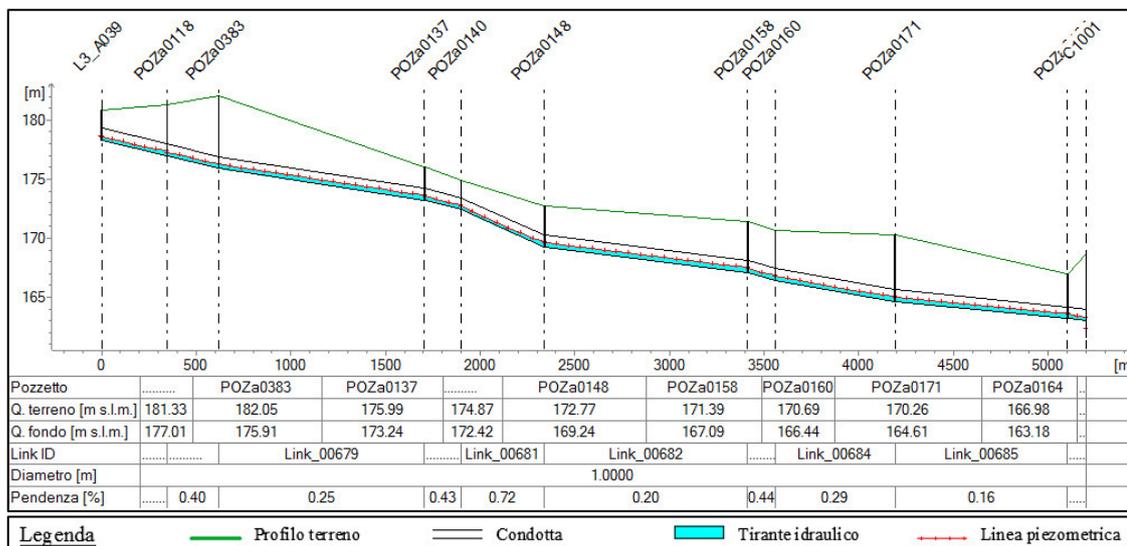


Figura 8.24- Soluzione proposta: profilo longitudinale nel ramo Monticello-Mussotto.

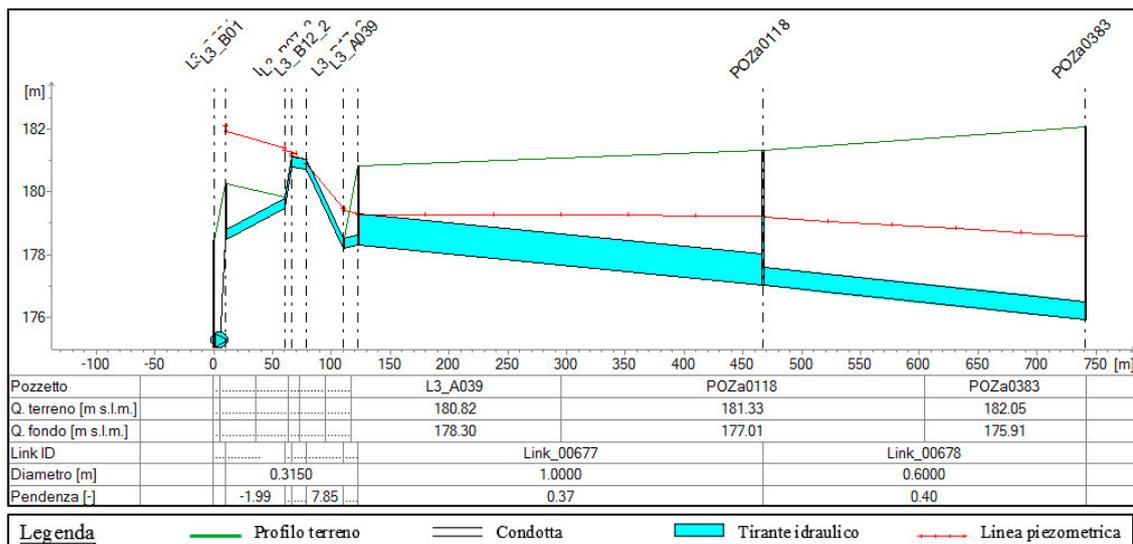


Figura 8.25- Stato attuale: profilo longitudinale del ramo Monticello-Mussotto (immissione Pollenzo-S.Vittoria).

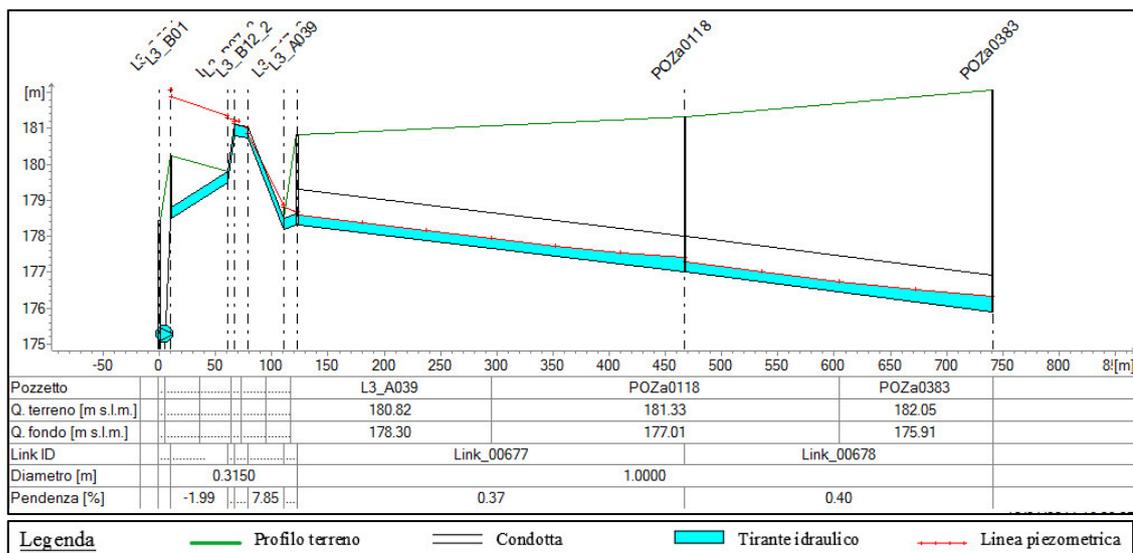


Figura 8.26- Soluzione proposta: profilo longitudinale del ramo Monticello-Mussotto (immissione Pollenzo-S.Vittoria)

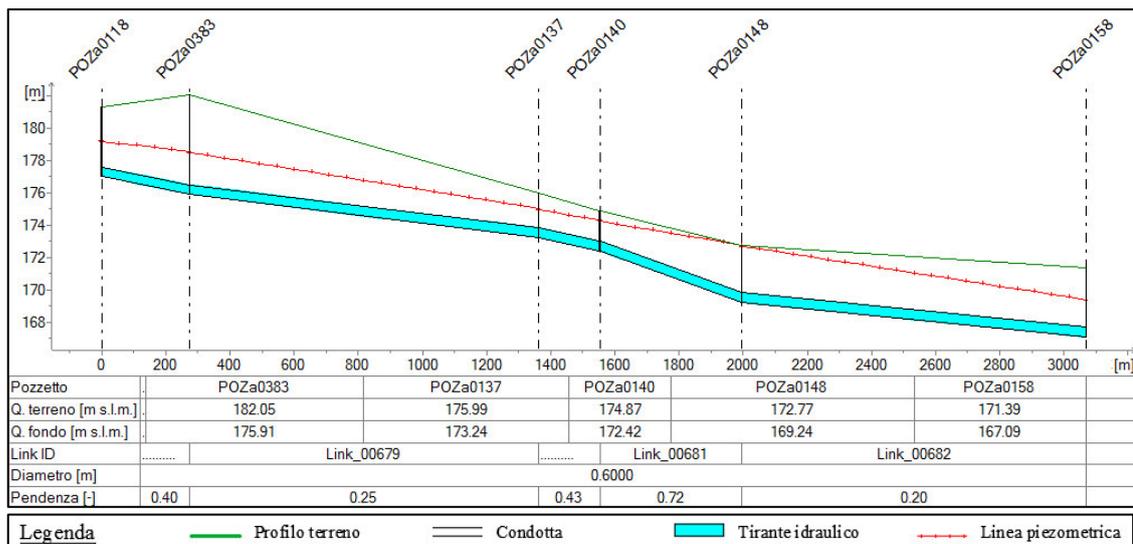


Figura 8.27- Stato attuale: profilo longitudinale del ramo Monticello-Mussotto tra POZA0118 a POZA0158.

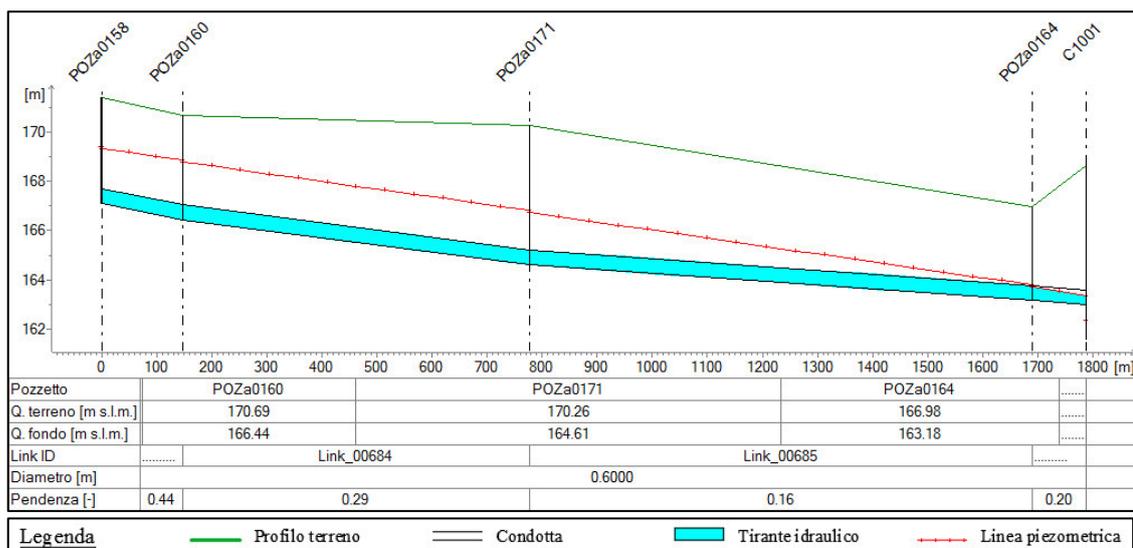


Figura 8.28- Stato attuale: profilo longitudinale del ramo Monticello-Mussotto tra POZA0158 a C1001.

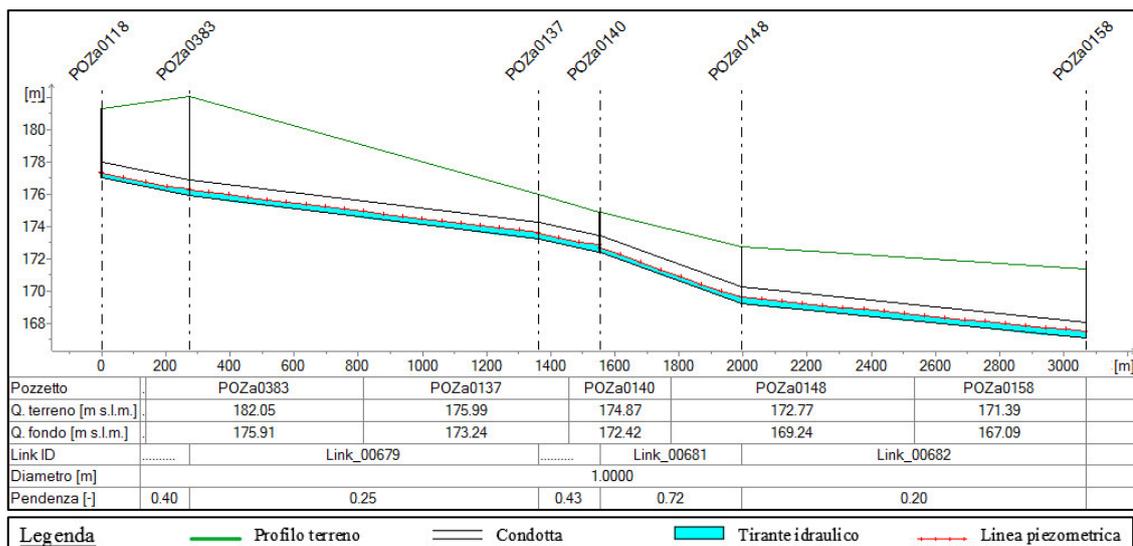


Figura 8.29- Soluzione proposta: profilo longitudinale del ramo Monticello-Mussotto tra POZa0118 a POZa0158.

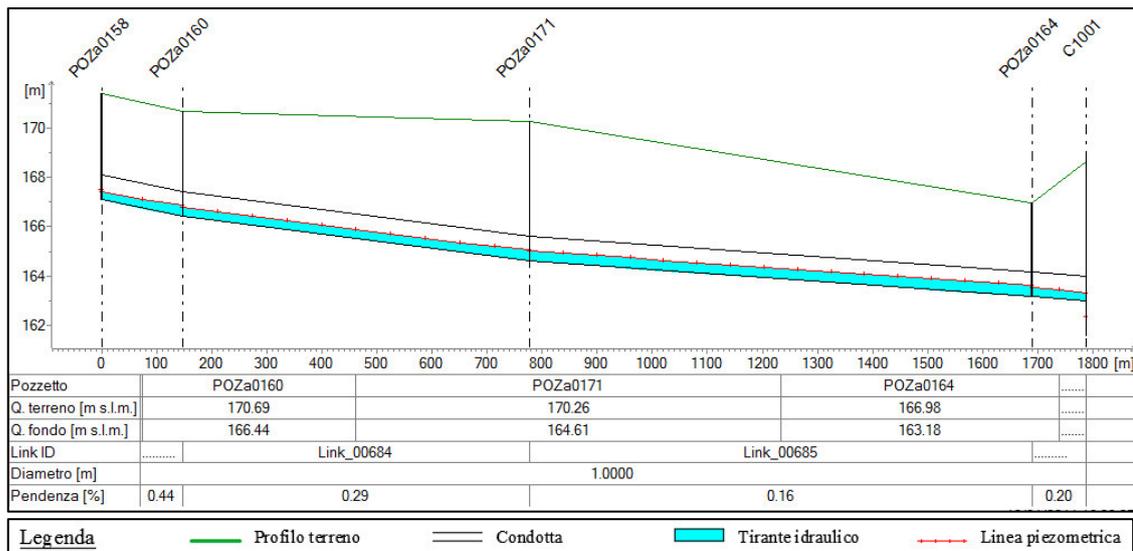


Figura 8.30- Soluzione proposta: profilo longitudinale del ramo Monticello-Mussotto tra POZa0158 a C1001.

PROPOSTE DI RISOLUZIONE DELLE CRITICITÀ

Rami della rete di drenaggio		Lunghezza tratto	Pendenza long.	Sezione	Dimensione principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp. medio	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]
Link_00677	L3_A039-POZa0118	344.30	0.37	circolare	1000	GRES	75	0.262	307	30.70%	1.28	0.87	178.05
Link_00678	POZa0118-POZa0383	273.97	0.4	circolare	1000	GRES	70	0.262	318	31.80%	1.22	0.81	176.85
Link_00679	POZa0383-POZa0137	1088.01	0.25	circolare	1000	GRES	70	0.315	359	35.90%	1.24	0.77	175.01
Link_00680	POZa0137-POZa0140	190.97	0.43	circolare	1000	GRES	70	0.321	352	35.20%	1.30	0.82	173.27
Link_00681	POZa0140-POZa0148	443.32	0.72	circolare	1000	GRES	70	0.321	292	29.20%	1.68	1.17	171.27
Link_00682	POZa0148-POZa0158	1073.05	0.2	circolare	1000	GRES	70	0.321	381	38.10%	1.17	0.70	168.62
Link_00683	POZa0158-POZa0160	146.98	0.44	circolare	1000	GRES	70	0.323	351	35.10%	1.31	0.83	167.20
Link_00684	POZa0160-POZa0171	629.90	0.29	circolare	1000	GRES	70	0.323	357	35.70%	1.28	0.80	165.97
Link_00685	POZa0171-POZa0164	912.70	0.16	circolare	1000	GRES	70	0.328	412	41.20%	1.07	0.62	164.37
Link_00686	POZa0164-C1001	97.95	0.2	circolare	1000	GRES	70	0.328	348	34.80%	1.35	0.85	163.52

Tabella 8.10- Soluzione proposta: risultati ottenuti per il tratto Monticello d'Alba-Mussotto.

## 9 SCENARIO CON PORTATA MEDIA NERA

Si analizza ora il comportamento idraulico della rete consortile considerando un deflusso pari alla portata media nera, con lo scopo di caratterizzare l'assetto idraulico della rete in una condizione rappresentativa del suo ordinario funzionamento.

### 9.1 Portate immesse

I valori delle portate sono stati stimati facendo riferimento alla dotazione idrica giornaliera media per abitante, come descritto in maggior dettaglio precedentemente, e sono stati immessi come apporti costanti in corrispondenza dei pozzetti di allaccio delle fognature urbane nella rete consortile. Nella Tabella 9.1 si riportano le portate nere complessive (civili ed industriali) immesse nei diversi pozzetti:

Tabella 9.1- Portate reflue medie immesse nel modello

Ramo	Pozzetto d'immissione	Portata media nera [m <sup>3</sup> /s]
Alba cimitero - Ferrero	POZa0420	0.05596
Alba città	A01003	0.00928
Alba città	A01004	0.00305
Alba città	A01005	0.00214
Alba città	A01006	0.00071
Alba città	A01007	0.00056
Alba città	A01008	0.00102
Alba città	A01009	0.0012
Alba città	A01010	0.00295
Alba città	A01011	0.00131
Alba città	A01012	0.00276
Alba città	A01013	0.00149
Alba città	A01014	0.00251
Alba città	A01015	0.00296
Alba città	A01016	0.00411
Alba città	A01017	0.0018
Alba città	A01018	0.00341
Alba città	A01019	0.00368
Alba città	A01020	0.00144
Alba città	A01022	0.02705
Alba città	A01023	0.00243
Alba città	A01024	0.00761
Baldissero - Corneliano cimitero	POZa0240	0.00284
Baldissero - Corneliano cimitero	POZa0253	0.00116
Barolo Ribattino- Cantina Terre del Barolo	POZa0341	0.00036
Barolo Ribattino- Cantina Terre del Barolo	POZa0343	0.00182

SCENARIO CON PORTATA MEDIA NERA

Ramo	Pozzetto d'immissione	Portata media nera [m <sup>3</sup> /s]
Bra loc. La Bassa	L2_p423	0.01852
Bra loc. Pollenzo	L3_C570	0.0339
Cantina Roddi - Alba cimitero	POZa0416	0.00957
Castiglione Falletto	SerraLunga_B01	0.00133
Corneliano cimitero- Alba	da POZa216 a POZa210	0.00136
Corneliano cimitero- Alba	POZa0225	0.00273
Diano d'Alba- Grinzane Cavour	POZa0297	0.00531
Diano d'Alba- Grinzane Cavour	POZa0306	0.00035
Diano d'Alba loc. Tezzo	Diano_C45	0.00004
Diano d'Alba- loc. Tezzo	POZa0296	0.00532
Govone	POZa0363	0.0054
Guarene - Imp. Govone	POZa0402	0.01079
Guarene - Imp. Govone	POZa0403	0.0033
Guarene est- confl. Piedelmonte	POZa0272	0.00551
Guarene Piedelmonte	POZa0409	0.00551
La Morra Boiolo - Ribattino	LMor_Rib_A01	0.00005
La Morra loc. Torriglione	POZa0371	0.00014
La Morra Santa Maria	POZa0577	0.00053
La Morra- Serra dei Turchi	POZa0298	0.00036
Mogliasso- Imp. Govone	POZa0068	0.0066
Monforte	concentrico Monforte	0.00565
Monforte d'Alba - Barolo	POZa0787	0.00258
Montelupo D'Alba	POZa0327	0.00163
Montelupo D'Alba Ricca	MLupo_37	0.00305
Montelupo D'Alba Ricca	MLupo_04	0.00294
Monticello d'Alba-Piana Biglini	POZa0274	0.00149
Monticello d'Alba-Piana Biglini	POZa0275	0.00228
Monticello d'Alba-Piana Biglini	POZa0279	0.00622
Monticello d'Alba-Piana Biglini	POZa0280	0.0006
Pollenzo (Bra)- Alba	POZa0137	0.00116
Pollenzo (Bra)- Alba	POZa0158	0.00035
Pollenzo (Bra)- Alba	POZa0171	0.00104
Roddi	V_ROD_106	0.00471
San Giuseppe Sommariva Perno- Corneliano cimitero	POZa0292	0.00072
SerraLunga-Castiglione Falletto	SerraLunga_A11	0.00009
Serralunga-Monforte	POZa0288	0.00153
Sinio	POZa0300	0.00162
Sinio loc. Bertinetti	Sinio_48	0.00015
Sinio-Diano d'Alba	POZa0305	0.00035
Sinio-Diano d'Alba	POZa0305_1	0.00347
Sommariva Perno-Innesto San Giuseppe Corneliano	POZa0291	0.01148
Sorano- innesto in ramo Monforte	POZa0286	0.00039
Verduno	POZa0460	0.000055
Verduno c. Astegiani	POZa0312	0.000005
Verduno c. Nuova	POZa0314	0.000005
Verduno loc. Garassini	POZa0310	0.00001
Verduno Ospedale	V_ROD_581	0.00165
<b>TOT.</b>		<b>0.317455</b>

## 9.2 Analisi dei risultati

Al termine della simulazione, il codice numerico *MOUSE* stima nei punti della griglia di calcolo, i parametri idraulici quali la portata ed il livello idrico, secondo lo schema illustrato in maggior dettaglio nei capitoli precedenti. Da tali parametri sono state ricavate le altre grandezze fondamentali della corrente come il tirante idrico, il grado di riempimento delle condotte, la velocità media, il numero di Froude ed il carico totale.

Di seguito si riportano:

- la planimetria dello schema della rete in esame, dove i collettori sono stati classificati in funzione del grado di riempimento ottenuto secondo i due approcci, quello in moto permanente e quello in moto uniforme, suddividendo i vari tratti in quattro classi colorimetriche:
  - Deflusso con grado di riempimento medio inferiore o uguale all'80% in entrambi i modelli (colore verde);
  - Deflusso con grado di riempimento medio superiore all'80% in entrambi i modelli (colore rosso);
  - Deflusso con grado di riempimento medio superiore all'80% solo nel modello in moto permanente, mentre nel modello in moto uniforme è inferiore all'80% (colore arancione);
  - Deflusso con grado di riempimento medio inferiore all'80% nel modello in moto permanente, mentre in moto uniforme sono superiori all'80% (in colore blu).
- I profili idraulici di alcuni tratti caratteristici della rete, in cui sono state evidenziate criticità relativamente alla portata massima pari a  $5Q_{\text{nera}}$ ;
- Tabelle di confronto dei risultati ottenuti fra i due modelli;

Da una valutazione complessiva dei risultati ottenuti, si è riscontrato che la rete consortile non presenta in entrambi i modelli (*MOUSE* ed *Hydren*) collettori con grado di riempimento superiore all'80%, fatta eccezione di alcuni tratti, quali i sifoni e le condotte a valle dell'impianto di sollevamento, dove è previsto un flusso in pressione anche in condizioni ordinarie.

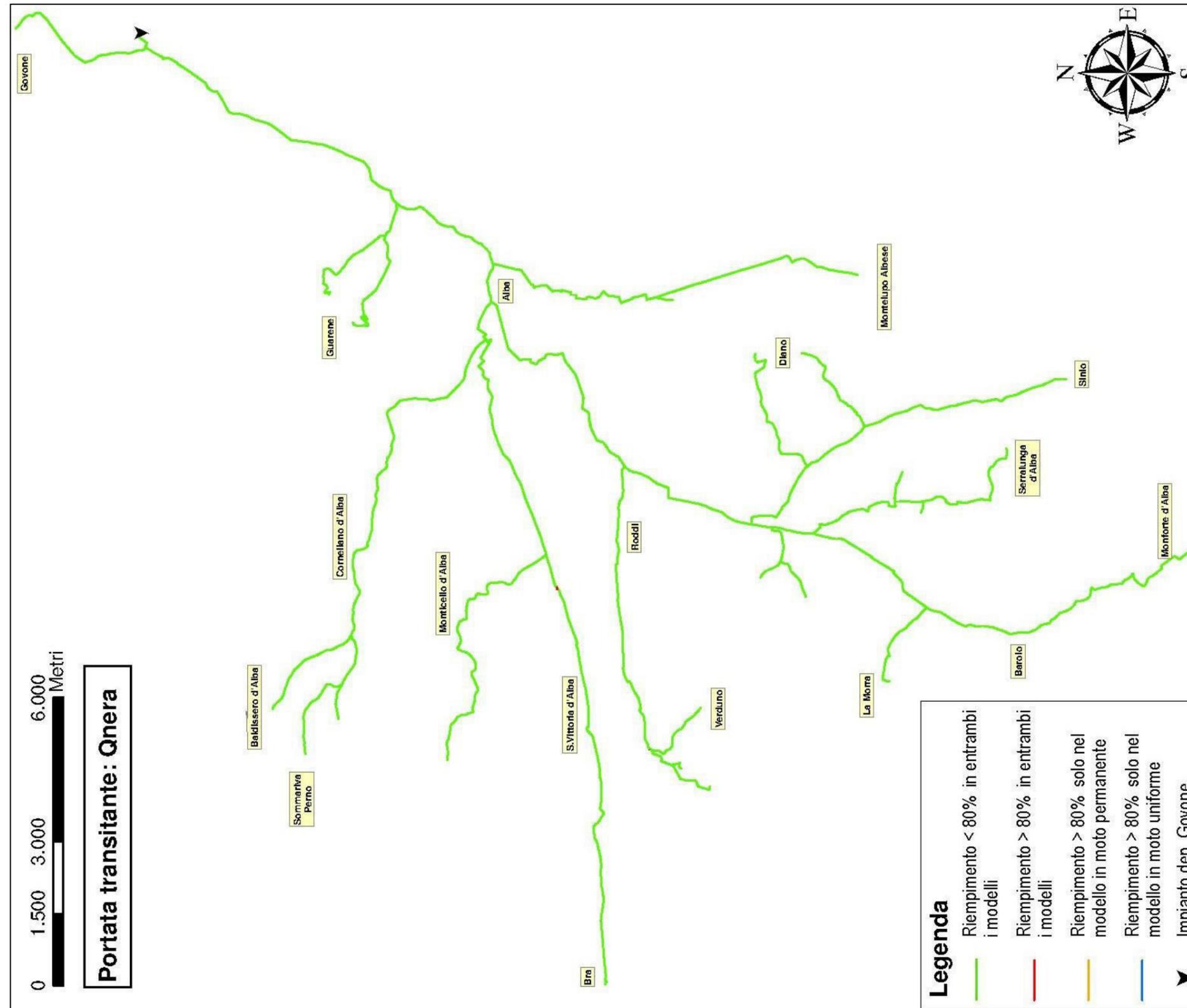


Figura 9.1: Planimetria della rete S.I.S.I. con i collettori distinti in funzione dei risultati relativi al modello in moto permanente e quello in moto uniforme (deflusso pari alla portata media nera).

9.2.1 Tratto Corneliano d'Alba-Mussotto (Alba)

Dai risultati ottenuti si può osservare che per lo scenario considerato con deflussi pari alla portata media nera, i collettori compresi fra Corneliano d'Alba e la località Mussotto (Alba) sono interessati da un grado di riempimento mediamente inferiore al 40%. Ne emerge dunque che i collettori presentano diametri sufficienti allo smaltimento di portate transittanti pari alla portata media nera.

Inoltre dal confronto si può osservare che i risultati ricavati dai due differenti modelli sono dello stesso ordine di grandezza.

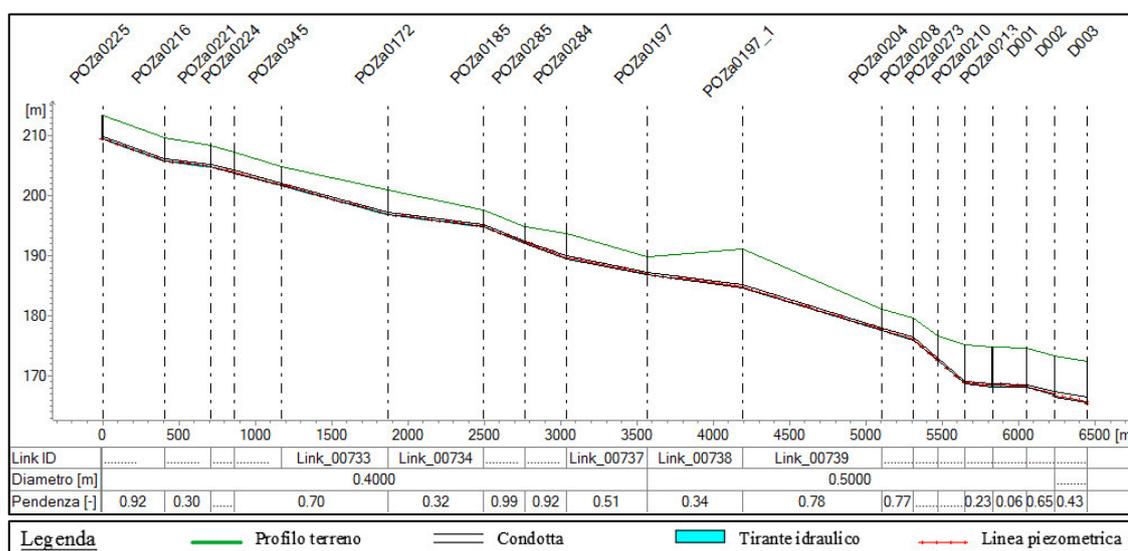


Figura 9.2- Deflusso portata media nera: Profilo longitudinale del ramo Corneliano d'Alba-Mussotto (Alba).

SCENARIO CON PORTATA MEDIA NERA

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00729	POZa0225- POZa0216	405.08	0.92	circolare	400	cls	70	0.0189	93	23.20%	0.85	1.06	207.62	Non uniforme
								0.0189	80	20.0%	1.06	1.33	N.R.	Uniforme
Link_00730	POZa0216- POZa0221	306.11	0.30	circolare	400	cls	70	0.0203	123	30.60%	0.62	0.66	205.31	Non uniforme
								0.0203	116	29.0%	0.67	0.71	N.R.	Uniforme
Link_00731	POZa0221- POZa0224	153.38	0.61	circolare	400	cls	70	0.0217	117	29.20%	0.71	0.78	204.37	Non uniforme
								0.0217	100	25.0%	0.88	0.99	N.R.	Uniforme
Link_00732	POZa0224- POZa0345	306.34	0.70	circolare	400	cls	70	0.0230	110	27.50%	0.82	0.93	202.84	Non uniforme
								0.0230	100	25.0%	0.94	1.10	N.R.	Uniforme
Link_00733	POZa0345- POZa0172	699.23	0.70	circolare	400	cls	70	0.0244	109	27.20%	0.88	1.01	199.34	Non uniforme
								0.0244	104	26.0%	0.94	1.08	N.R.	Uniforme
Link_00734	POZa0172- POZa0185	626.02	0.32	circolare	400	cls	70	0.0257	136	33.90%	0.68	0.69	195.90	Non uniforme
								0.0257	128	32.0%	0.74	0.77	N.R.	Uniforme
Link_00735	POZa0185- POZa0285	271.00	0.99	circolare	400	cls	70	0.0271	113	28.40%	0.93	1.04	193.56	Non uniforme
								0.0271	100	25.0%	1.10	1.26	N.R.	Uniforme
Link_00736	POZa0285- POZa0284	274.74	0.92	circolare	400	cls	70	0.0285	115	28.80%	0.95	1.06	190.95	Non uniforme
								0.0285	104	26.0%	1.10	1.22	N.R.	Uniforme
Link_00737	POZa0284- POZa0197	523.94	0.51	circolare	400	cls	70	0.0298	126	31.50%	0.88	0.93	188.36	Non uniforme
								0.0298	124	31.0%	0.90	0.92	N.R.	Uniforme
Link_00738	POZa0197- POZa0197_1	630.33	0.34	circolare	500	cls	70	0.0312	136	27.20%	0.72	0.74	185.87	Non uniforme
								0.0312	130	26.0%	0.77	0.79	N.R.	Uniforme
Link_00739	POZa0197_1- POZa0204	906.94	0.78	circolare	500	cls	70	0.0325	114	22.80%	0.96	1.09	181.26	Non uniforme
								0.0326	105	21.0%	1.09	1.19	N.R.	Uniforme
Link_00740	POZa0204- POZa0208	208.96	0.77	circolare	500	cls	70	0.0339	126	25.20%	0.87	0.93	176.91	Non uniforme
								0.0339	110	22.0%	1.06	1.15	N.R.	Uniforme
Link_00741	POZa0208- POZa0273	160.02	2.15	circolare	500	cls	70	0.0353	112	22.40%	1.07	1.22	174.40	Non uniforme
								0.0353	85	17.0%	1.59	1.90	N.R.	Uniforme
Link_00742	POZa0273- POZa0210	175.07	2.20	circolare	500	cls	70	0.0366	111	22.20%	1.13	1.29	170.76	Non uniforme
								0.0366	90	18.0%	1.52	1.91	N.R.	Uniforme
Link_00743	POZa0210- POZa0213	181.26	0.23	circolare	500	cls	70	0.0380	186	37.30%	0.57	0.49	168.65	Non uniforme
								0.0380	160	32.0%	0.70	0.63	N.R.	Uniforme
Link_00744	POZa0213- D001	223.84	0.06	circolare	500	cls	70	0.0380	211	42.10%	0.48	0.39	168.40	Non uniforme
								0.0380	205	41.0%	0.50	0.39	N.R.	Uniforme
Link_00745	D001- D002	181.88	0.65	circolare	500	cls	70	0.0380	124	24.70%	1.00	1.08	167.69	Non uniforme
								0.0380	115	23.0%	1.11	1.24	N.R.	Uniforme
Link_00746	D002- D003	215.47	0.43	ovoidale	900	cls	60	0.0380	164	18.20%	0.48	0.45	166.23	Non uniforme
								0.0380	171	19.0%	0.84	0.75	N.R.	Uniforme

Tabella 9.2- Estratto risultati ottenuti per il tratto Corneliano-Mussotto e confronto fra i due modelli.

9.2.2 Tratto Grinzane Cavour-Gallo d'Alba

Dalle analisi svolte si rileva che nei tratti compresi tra Grinzane Cavour e Gallo d'Alba, i deflussi pari alla portata media nera generano un grado di riempimento del tutto accettabile, dell'ordine di grandezza del 30%. Si evidenzia inoltre che anche se le condotte sono caratterizzate da ridotte pendenze, i risultati tra i due modelli sono confrontabili.

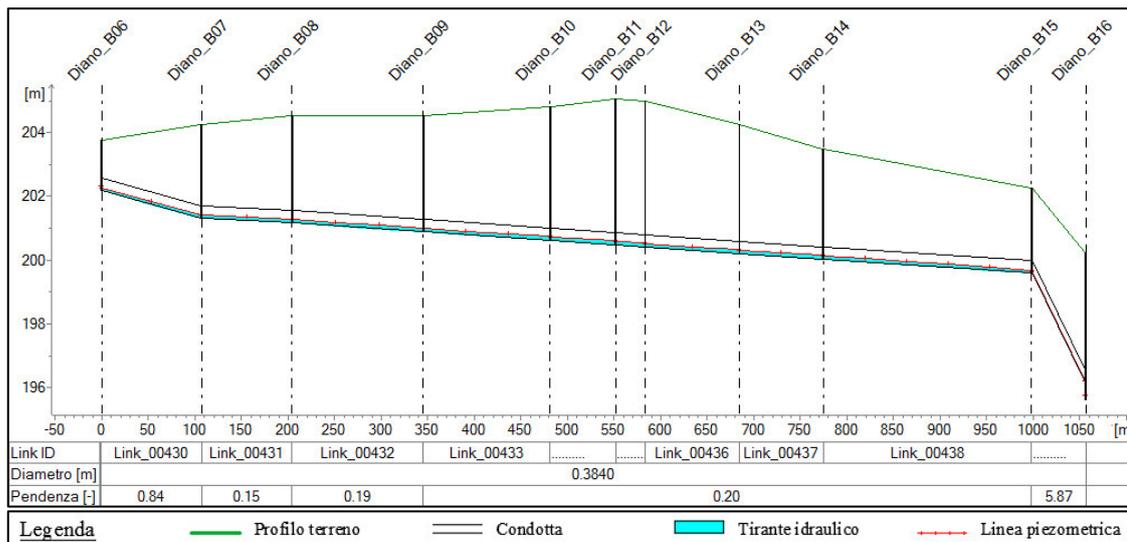


Figura 9.3- Deflusso portata media nera: Profilo longitudinale del ramo Grinzane Cavour-Gallo d'Alba.

*SCENARIO CON PORTATA MEDIA NERA*

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00430	Diano_B06-Diano_B07	107.04	0.84	circolare	384	PVC	90	0.0166	94	24.60%	0.76	0.93	201.88	Non uniforme
								0.0166	73	19.0%	1.08	1.51	N.R.	Uniforme
Link_00431	Diano_B07-Diano_B08	96.89	0.15	circolare	384	PVC	90	0.0166	121	31.50%	0.53	0.57	201.37	Non uniforme
								0.0166	119	31.0%	0.54	0.58	N.R.	Uniforme
Link_00432	Diano_B08-Diano_B09	141.16	0.19	circolare	384	PVC	90	0.0166	114	29.60%	0.58	0.64	201.16	Non uniforme
								0.0166	104	27.0%	0.66	0.73	N.R.	Uniforme
Link_00433	Diano_B09-Diano_B10	136.03	0.20	circolare	384	PVC	90	0.0166	114	29.60%	0.58	0.64	200.88	Non uniforme
								0.0166	104	27.0%	0.66	0.73	N.R.	Uniforme
Link_00434	Diano_B10-Diano_B11	70.19	0.20	circolare	384	PVC	90	0.0166	121	31.50%	0.53	0.57	200.68	Non uniforme
								0.0166	104	27.0%	0.66	0.73	N.R.	Uniforme
Link_00435	Diano_B11-Diano_B12	31.83	0.20	circolare	384	PVC	90	0.0166	121	31.50%	0.53	0.57	200.58	Non uniforme
								0.0166	104	27.0%	0.66	0.73	N.R.	Uniforme
Link_00436	Diano_B12-Diano_B13	101.36	0.20	circolare	384	PVC	90	0.0166	115	30.00%	0.57	0.63	200.44	Non uniforme
								0.0166	104	27.0%	0.66	0.73	N.R.	Uniforme
Link_00437	Diano_B13-Diano_B14	89.83	0.20	circolare	384	PVC	90	0.0166	116	30.20%	0.56	0.62	200.25	Non uniforme
								0.0166	104	27.0%	0.66	0.73	N.R.	Uniforme
Link_00438	Diano_B14-Diano_B15	223.83	0.20	circolare	384	PVC	90	0.0166	104	27.00%	0.66	0.77	199.94	Non uniforme
								0.0166	104	27.0%	0.66	0.73	N.R.	Uniforme

*Tabella 9.3- Estratto risultati ottenuti per il tratto Grinzane Cavour-Gallo d'Alba e confronto fra i due modelli.*

9.2.3 Tratto Guarene Piedelmonte-innesto collettore principale

Il tratto finale del ramo di Guarene Piedelmonte fino all'innesto nel collettore principale presentano in entrambi i modelli riempimenti inferiori al 40% nelle condizioni di deflusso pari alla portata media nera.

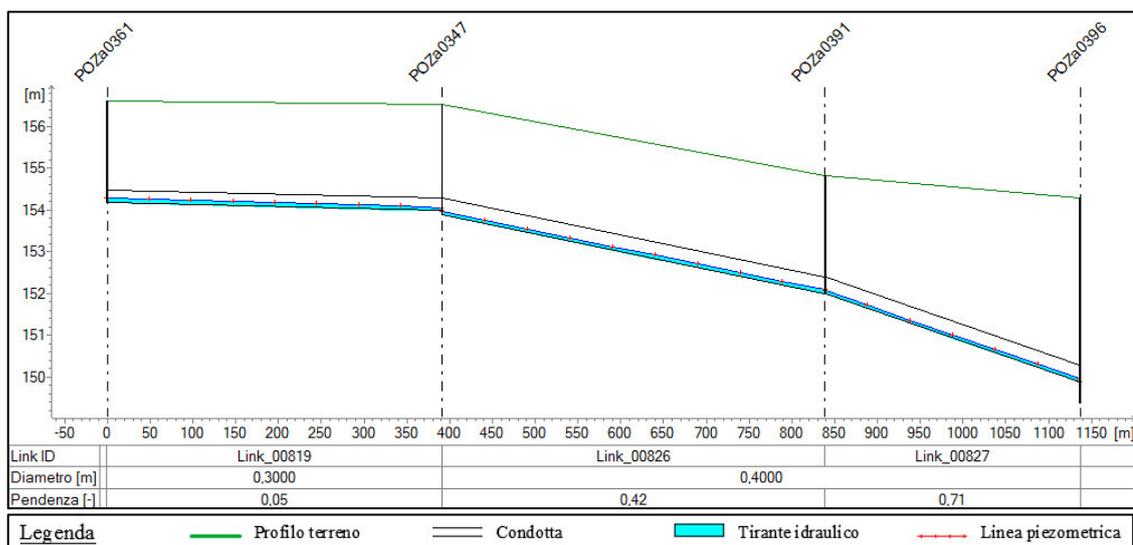


Figura 9.4- Deflusso portata media nera: Profilo longitudinale del ramo Guarene Piedelmonte-innesto collettore principale.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		$c$ [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00819	POZa0361-POZa0347	391.42	0.05	circolare	300	cls	70	0.0055	99	33.00%	0.27	0.32	154.18	Non uniforme
								0.0055	105	35.0%	0.25	0.28	N.R.	Uniforme
Link_00826	POZa0347-POZa0391	447.33	0.42	circolare	400	cls	70	0.0110	82	20.60%	0.59	0.79	153.03	Non uniforme
								0.0110	68	17.0%	0.78	1.06	N.R.	Uniforme
Link_00827	POZa0391-POZa0396	298.13	0.71	circolare	400	cls	70	0.0110	70	17.60%	0.74	1.08	151.03	Non uniforme
								-	-	-	-	-	-	Uniforme

Tabella 9.4- Estratto risultati ottenuti per il tratto Guarene Piedelmonte-innesto collettore principale e confronto fra i due modelli

9.2.4 Tratto Monticello d'Alba-Mussotto (Alba)

Per lo scenario considerato non si rilevano particolari criticità, neanche in prossimità del restringimento di sezione. In tutto il tratto il grado di riempimento è mediamente dell'ordine del 20%, mentre i risultati ottenuti nei due differenti approcci sono paragonabili.

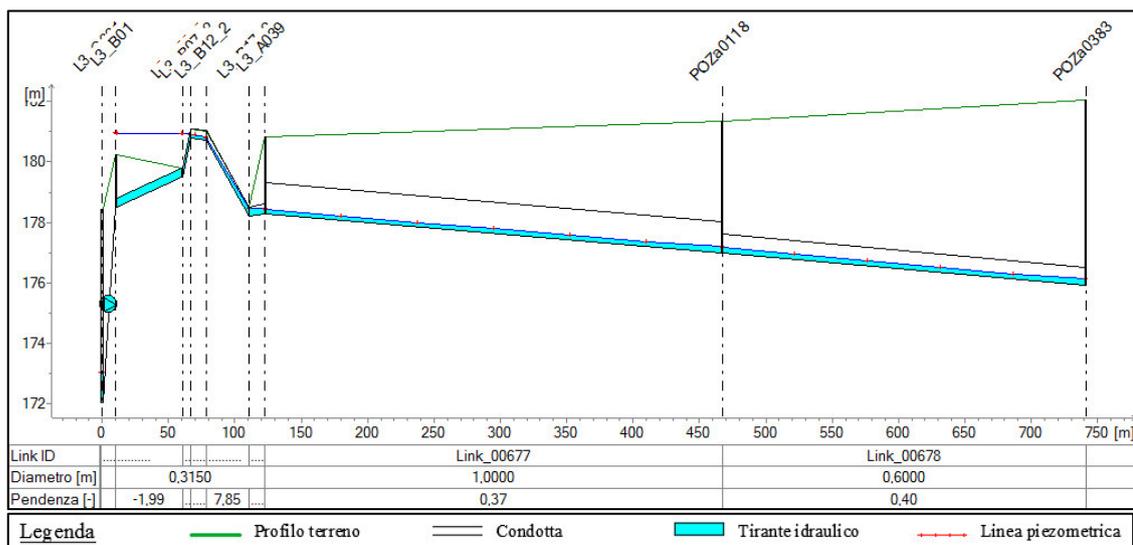


Figura 9.5- Deflusso portata media nera: Profilo longitudinale del tratto Monticello-Mussotto (particolare dell'immissione del tratto Pollenzo-S.Vittoria).

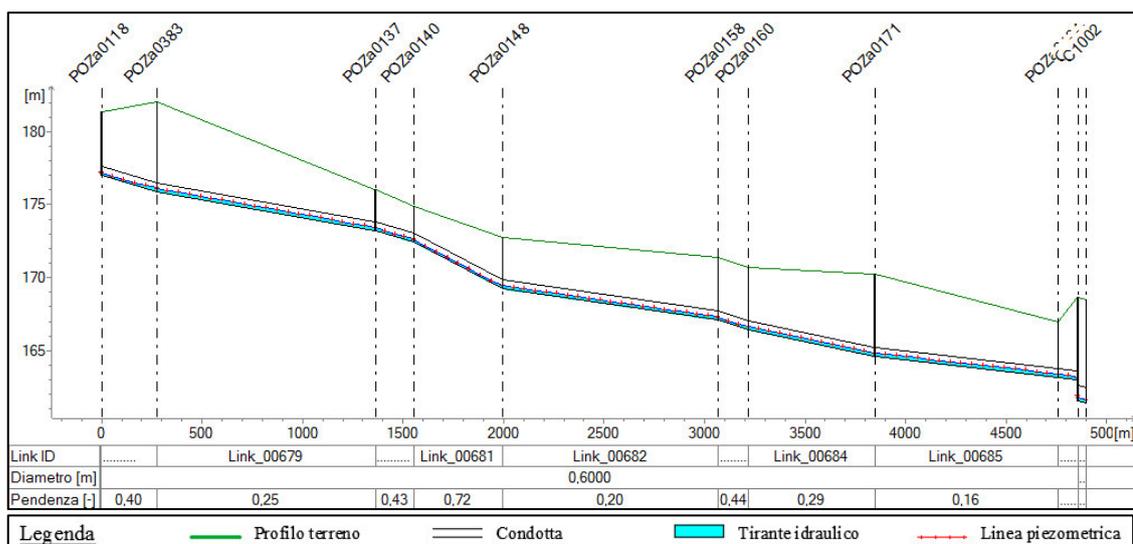


Figura 9.6- Deflusso portata media nera: Profilo longitudinale del tratto Monticello-Mussotto.

*SCENARIO CON PORTATA MEDIA NERA*

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00677	L3_A039-POZa0118	344.30	0.37	circolare	1000	GRES	75	0.0524	141	14.10%	0.78	0.80	177.83	Non uniforme
								0.0524	150	15.0%	0.71	0.68	N.R.	Uniforme
Link_00678	POZa0118-POZa0383	273.97	0.40	circolare	600	cls	70	0.0524	169	28.10%	0.80	0.74	176.66	Non uniforme
								0.0524	144	24.0%	1.00	0.96	N.R.	Uniforme
Link_00679	POZa0383-POZa0137	1088.01	0.25	circolare	600	cls	70	0.0630	194	32.40%	0.80	0.68	174.80	Non uniforme
								0.0630	162	27.0%	1.02	0.92	N.R.	Uniforme
Link_00680	POZa0137-POZa0140	190.97	0.43	circolare	600	cls	70	0.0642	181	30.20%	0.89	0.79	173.05	Non uniforme
								0.0642	168	28.0%	0.99	0.89	N.R.	Uniforme
Link_00681	POZa0140-POZa0148	443.32	0.72	circolare	600	cls	70	0.0642	158	26.30%	1.08	1.03	171.05	Non uniforme
								0.0642	144	24.0%	1.23	1.15	N.R.	Uniforme
Link_00682	POZa0148-POZa0158	1073.05	0.20	circolare	600	cls	70	0.0642	206	34.40%	0.75	0.61	168.40	Non uniforme
								0.0642	204	34.0%	0.76	0.61	N.R.	Uniforme
Link_00683	POZa0158-POZa0160	146.98	0.44	circolare	600	cls	70	0.0645	184	30.60%	0.88	0.77	166.99	Non uniforme
								0.0645	168	28.0%	1.00	0.91	N.R.	Uniforme
Link_00684	POZa0160-POZa0171	629.90	0.29	circolare	600	cls	70	0.0645	192	32.10%	0.83	0.71	165.75	Non uniforme
								0.0645	186	31.0%	0.86	0.74	N.R.	Uniforme
Link_00685	POZa0171-POZa0164	912.70	0.16	circolare	600	cls	70	0.0656	223	37.20%	0.69	0.54	164.14	Non uniforme
								0.0656	210	35.0%	0.74	0.59	N.R.	Uniforme
Link_00686	POZa0164-C1001	97.95	0.20	circolare	600	cls	70	0.0656	187	31.20%	0.87	0.76	163.31	Non uniforme
								0.0656	204	34.0%	0.77	0.61	N.R.	Uniforme
Link_00701	C1001-C1002	41.75	0.39	ovoidale	1050	cls	60	0.0656	206	19.60%	0.55	0.46	161.73	Non uniforme
								0.0656	231	22.0%	0.86	0.68	N.R.	Uniforme

*Tabella 9.5- Estratto risultati ottenuti per il tratto Monticello d'Alba-Mussotto e confronto fra i due modelli.*

9.2.5 Tratto Mogliasso (Alba)- impianto di depurazione

Il tratto tra la località Mogliasso fino allo sbocco finale nell'impianto di depurazione di Govone, per deflussi pari alla portata media nera, presenta mediamente un grado di riempimento dell'40%. Dal confronto dei risultati ottenuti mediante l'approccio in moto permanente e quello in moto uniforme, si rileva come questi siano paragonabili, nonostante lievi differenze dovute alla diversa precisione dei modelli.

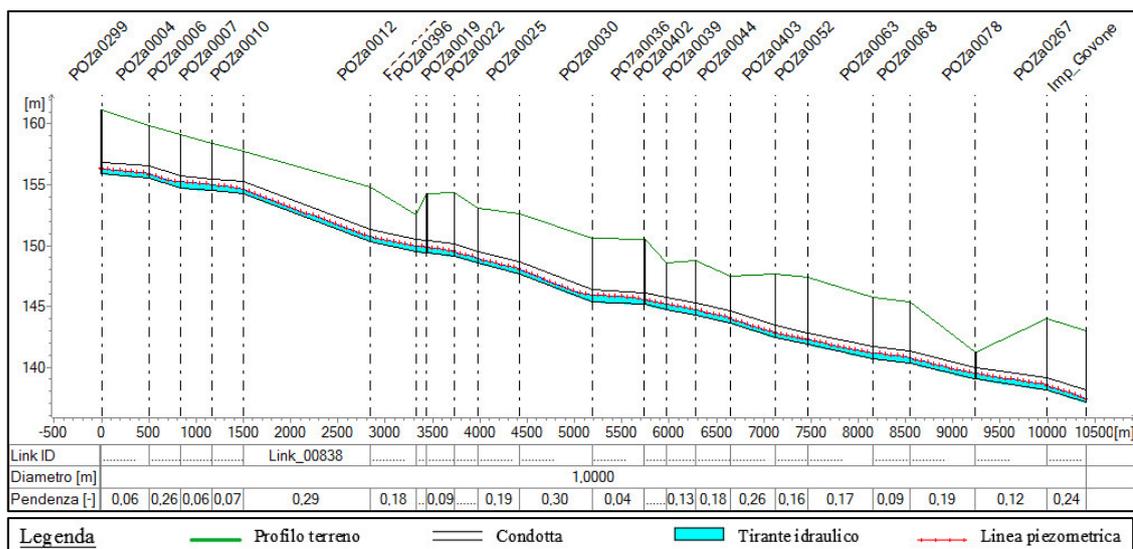


Figura 9.7- Deflusso portata media nera: Profilo longitudinale del tratto Mogliasso-impianto Govone.

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Mate-riale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00834	POZa0299-POZa0004	504.27	0.06	circolare	1000	cls	70	0.2069	399	39.90%	0.71	0.41	156.15	Non uniforme
								0.2070	420	42.0%	0.66	0.37	N.R.	Uniforme
Link_00835	POZa0004-POZa0006	332.53	0.26	circolare	1000	cls	70	0.2069	344	34.40%	0.86	0.55	155.52	Non uniforme
								0.2070	280	28.0%	1.15	0.79	N.R.	Uniforme
Link_00836	POZa0006-POZa0007	333.68	0.06	circolare	1000	cls	70	0.2980	514	51.40%	0.73	0.37	155.15	Non uniforme
								0.2070	280	28.0%	1.15	0.79	N.R.	Uniforme
Link_00837	POZa0007-POZa0010	328.25	0.07	circolare	1000	cls	70	0.2980	457	45.70%	0.85	0.46	154.88	Non uniforme
								0.2981	340	34.0%	1.27	0.81	N.R.	Uniforme
Link_00838	POZa0010-POZa0012	1340.71	0.29	circolare	1000	cls	70	0.2980	345	34.50%	1.24	0.79	152.74	Non uniforme
								0.2981	330	33.0%	1.32	0.82	N.R.	Uniforme
Link_00839	POZa0012-POZa0017	487.86	0.18	circolare	1000	cls	70	0.2980	409	40.90%	0.99	0.57	150.39	Non uniforme
								0.2981	280	28.0%	1.66	1.17	N.R.	Uniforme
Link_00840	POZa0017-POZa0396	111.41	0.11	circolare	1000	cls	70	0.2980	482	48.20%	0.80	0.41	149.95	Non uniforme
								0.3091	300	30.0%	1.56	1.05	N.R.	Uniforme

Tabella 9.6 - Estratto risultati ottenuti per il tratto Mogliasso-impianto Govone e confronto fra i due modelli.

SCENARIO CON PORTATA MEDIA NERA

Rami della rete di drenaggio		Lungh. tratto	Pendenza long.	Sezione	Dim. principale	Materiale	Coeff. Scabr.	Portata	Tirante idrico medio	Grado di riemp.	Velocità media	Num. di Froude	Carico totale medio	Modello di calcolo con moto
ID	Tratto	L [m]	i [%]		D [mm]		c [m <sup>1/3</sup> /s]	Q [m <sup>3</sup> /s]	y [mm]	R [%]	V [m/s]	Fr [-]	H [m s.l.m.]	
Link_00841	POZa0396-POZa0019	291.11	0.09	circolare	1000	cls	70	0.3091	460	46.00%	0.88	0.47	149.75	Non uniforme
								0.3091	300	30.0%	1.56	1.05	N.R.	Uniforme
Link_00842	POZa0019-POZa0022	248.54	0.23	circolare	1000	cls	70	0.3091	389	38.90%	1.09	0.65	149.28	Non uniforme
								0.3091	370	37.0%	1.17	0.71	N.R.	Uniforme
Link_00843	POZa0022-POZa0025	441.47	0.19	circolare	1000	cls	70	0.3091	392	39.20%	1.08	0.64	148.56	Non uniforme
								0.3091	380	38.0%	1.13	0.67	N.R.	Uniforme
Link_00844	POZa0025-POZa0030	764.05	0.30	circolare	1000	cls	70	0.3091	373	37.30%	1.16	0.70	146.96	Non uniforme
								0.3091	340	34.0%	1.31	0.83	N.R.	Uniforme
Link_00845	POZa0030-POZa0036	556.60	0.04	circolare	1000	cls	70	0.3091	535	53.50%	0.72	0.35	145.81	Non uniforme
								0.3091	630	63.0%	0.59	0.25	N.R.	Uniforme
Link_00846	POZa0036-POZa0042	230.89	0.19	circolare	1000	cls	70	0.3091	415	41.50%	1.00	0.57	145.39	Non uniforme
								0.3091	250	25.0%	2.01	1.42	N.R.	Uniforme
Link_00847	POZa0042-POZa0039	310.65	0.13	circolare	1000	cls	70	0.3198	441	44.10%	0.96	0.53	144.99	Non uniforme
								0.3199	300	30.0%	1.61	1.05	N.R.	Uniforme
Link_00848	POZa0039-POZa0044	368.12	0.18	circolare	1000	cls	70	0.3198	406	40.60%	1.07	0.62	144.43	Non uniforme
								0.3199	400	40.0%	1.09	0.62	N.R.	Uniforme
Link_00849	POZa0044-POZa0043	473.93	0.26	circolare	1000	cls	70	0.3198	378	37.80%	1.18	0.71	143.48	Non uniforme
								0.3199	360	36.0%	1.26	0.75	N.R.	Uniforme
Link_00850	POZa0043-POZa0052	346.51	0.16	circolare	1000	cls	70	0.3231	423	42.30%	1.02	0.58	142.61	Non uniforme
								0.3232	410	41.0%	1.07	0.59	N.R.	Uniforme
Link_00851	POZa0052-POZa0063	685.10	0.17	circolare	1000	cls	70	0.3231	425	42.50%	1.02	0.57	141.74	Non uniforme
								0.3232	400	40.0%	1.10	0.63	N.R.	Uniforme
Link_00852	POZa0063-POZa0068	387.48	0.09	circolare	1000	cls	70	0.3231	477	47.70%	0.87	0.46	141.02	Non uniforme
								0.3232	490	49.0%	0.84	0.43	N.R.	Uniforme
Link_00853	POZa0068-POZa0078	696.71	0.19	circolare	1000	cls	70	0.3297	412	41.20%	1.08	0.62	140.14	Non uniforme
								0.3298	280	28.0%	1.83	1.25	N.R.	Uniforme
Link_00854	POZa0078-POZa0267	758.24	0.12	circolare	1000	cls	70	0.3297	458	45.80%	0.94	0.51	139.05	Non uniforme
								0.3298	280	28.0%	1.83	1.24	N.R.	Uniforme
Link_00855	POZa0267-Imp_Govone	411.04	0.24	circolare	1000	cls	70	0.3351	369	36.90%	1.27	0.78	138.05	Non uniforme
								-	-	-	-	-	-	Uniforme

Tabella 9.7- Estratto risultati ottenuti per il tratto Mogliasso-impianto Govone e confronto fra i due modelli.

## 10 CONCLUSIONI

L'analisi eseguita attraverso il modello numerico nelle condizioni di moto stazionario non uniforme mette dunque in evidenza il fatto che la rete consortile oggetto di studio presenti alcuni collettori la cui capacità risulta limitata per deflussi pari a 5 volte la portata nera, condizione per la quale invece la rete deve essere in grado di collettare l'intera portata verso l'impianto di depurazione.

Dallo studio effettuato sono stati individuati complessivamente 23 km di collettori con potenziali criticità, sui 119 km dell'intera rete consortile esaminata. Tali criticità sono state rilevate principalmente nei collettori che si sviluppano lungo il fondovalle del Tanaro e che adducono i reflui dell'intero comprensorio servito all'impianto di depurazione di Govone, mentre nelle ramificazioni che servono le aree collinari sono state individuate soltanto in alcuni tratti isolati, in cui la capacità delle condotte viene limitata da riduzioni localizzate della pendenza longitudinale.

A fronte delle criticità individuate, si è prodotto un nuovo scenario in cui sono state proposte delle soluzioni di adeguamento dei tratti critici, applicando i seguenti criteri:

- Le nuove condotte sono state ipotizzate in affiancamento alla rete esistente, data la necessità di garantire il mantenimento del servizio di collettamento durante la fase costruttiva. Si è scelto inoltre di mantenere lo stesso corridoio infrastrutturale, al fine di ridurre al minimo l'impatto ambientale, nuove occupazioni di suolo, nuove aree di servitù o di espropriazione;
- Nella scelta dei diametri e della tipologia di materiale si è cercato di uniformare le tubazioni a quelle immediatamente a monte e/o a valle del tratto da ammodernare, al fine di una migliore gestione dei pezzi speciali da tenere in magazzino per le successive manutenzioni. Dove necessitava aumentare i diametri in discontinuità ai collettori concorrenti, sono stati introdotti materiali innovativi, quali ad esempio l'HDPE corrugato;
- Per le condotte principali che si sviluppano lungo il fondovalle del Tanaro (tratto Monticello d'Alba-Mussotto e tratto Mogliasso-impianto di Govone), sono stati ritenuti accettabili diametri per cui, nelle condizioni di portata massima (5Q<sub>nera</sub>), si hanno valori del grado di riempimento mediamente non superiori al 50%. Tale

scelta è stata adottata al fine di tenere conto di probabili ampliamenti delle aree servite dalla rete, di nuovi insediamenti civili ed industriali, ed anche delle nuove politiche gestionali del servizio idrico integrato, che tendono ad accentrare la depurazione in grossi impianti, come quello di Govone, anziché in piccoli depuratori sparsi nel territorio.

Dal confronto delle analisi della rete consortile eseguite con il modello *Mike Urban* e con il modello *HYDren*, è stato osservato che l'approccio in moto permanente conferma nella sostanza quanto individuato da quello in moto uniforme, con la differenza che i risultati relativi al nuovo modello allestito evidenziano, relativamente alla portata massima di progetto pari a  $5Q_{\text{nera}}$ , un aggravio delle potenziali criticità in alcuni tratti (per circa 12 km su 23 km totali potenzialmente critici). In tali tratti si riscontra prevalentemente una differenza nel valore del grado di riempimento massimo dei collettori entro i 10 punti percentuali, rimanendo comunque nell'ambito delle correnti a pelo libero, ma in alcuni casi la variazione risulta più marcata e porta al passaggio a corrente in pressione.

Si osserva come l'entità di tali variazioni, in particolare di quelle più marcate, possa essere influenzata:

- dalle ipotesi adottate nell'impostazione del modello, con particolare riferimento alla ricostruzione dell'andamento delle quote di fondo e alla rappresentazione delle strutture esistenti (pozzetti di salto, sifone e impianto di sollevamento);
- dalle perdite di carico definite automaticamente dal *Mike Urban* in corrispondenza dei pozzetti (in cui si riscontrano talvolta fenomeni di risalito), non calibrabili in funzione dell'effettivo comportamento idrodinamico.

Con questa debita premessa, si rileva comunque come l'analisi idraulica in moto permanente restituisca per i tratti di fondovalle, a ridotta pendenza, una condizione di verifica generalmente più cautelativa rispetto a quella in moto uniforme, con circa il 10% di estensione dei collettori (con riferimento dell'intera rete indagata) che mostrano livelli idrici superiori, ed un unico tratto in cui si riscontrano invece livelli inferiori.

Nello specifico le principali differenze tra le analisi ricavate dai due modelli, sono state rilevate in corrispondenza di:

- Tratti con pendenza longitudinale ridotta, caratterizzati da correnti con valori del numero di Froude inferiori all'unità e che dunque risentono fortemente delle condizioni di valle, in cui spesso si instaurano flussi in pressione, a causa della limitata capacità dei collettori. Questi sono localizzati prevalentemente nella porzione di rete che si sviluppa lungo la valle del Tanaro;
- Tratti a ridosso delle confluenze con i rami principali, dove la sezione di sbocco risulta parzialmente ostruita dalla presenza dei flussi secondari;
- Tratti a ridosso di brusche riduzioni di pendenza longitudinale, dove vengono a formarsi dei rigurgiti che risalgono parzialmente verso monte.

Queste differenze sono dovute principalmente al fatto che il modello *Mike Urban* considera gli effetti prodotti dalla presenza di rigurgiti e dalle interferenze tra rami confluenti, che possono essere amplificati dalle ipotesi di massimo riempimento della rete, mentre tali fenomeni vengono in prima battuta trascurati nel modello *HYDren*.

Tuttavia si tenga presente che le informazioni aggiuntive introdotte dal modello in moto permanente sono deducibili a grande scala anche dal modello in moto uniforme, in considerazione del fatto che in quest'ultimo si stiano trascurando le influenze delle condizioni di valle e del disturbo prodotto da flussi secondari. Dunque l'utilità dell'approccio in moto permanente per la verifica di idoneità idraulica di una rete di tale ampiezza risulta complessivamente limitata, d'interesse più che altro per l'analisi di tratti rigurgitati a bassa pendenza e per l'individuazione della loro potenziale estensione (peraltro, frequentemente l'innalzamento del livello non è esteso per l'intera lunghezza del collettore –da pozzetto a pozzetto– in quanto trattandosi di un modello in moto permanente si ha una variazione del profilo di pelo libero che tende gradualmente al moto uniforme).

Una comparazione di maggior dettaglio dei due modelli di simulazione numerica dell'idrodinamica della rete, uno secondo l'approccio in moto permanente (*Mike Urban*), l'altro sulla base delle ipotesi di moto uniforme (*HYDren*), è esplicitata nella seguente tabella, in cui si effettua un confronto diretto per i diversi elementi di interesse:

<b>Elemento</b>	<b>HYDREN (moto uniforme)</b>	<b>MIKE URBAN (moto permanente)</b>
Tipologia di modello	Concettuale; rete schematizzata in tratti omogenei collegati tra loro	Concettuale; rete schematizzata in tratti omogenei, da nodi e da funzioni che rappresentano strutture come le pompe
Dati fondamentali per la costruzione geometrica del modello	Lunghezza e pendenza longitudinale dei tratti. Non utilizza le quote	Il programma lavora fundamentalmente con le coordinate e le quote dei nodi; è dunque necessario che le diverse quote siano congruenti fra loro, cosa non banale da ottenere, poiché i dati da cui sono state ricavate, hanno formato e grado di dettaglio differenti
Valutazione degli effetti di rigurgito e delle interferenze dei rami confluenti (condizioni di valle)	No, ma una valutazione critica dei risultati permette comunque di individuare, in modo approssimato, la probabile estensione delle criticità verso monte	Si e l'estensione degli effetti di tali fenomeni vengono individuati con un certo dettaglio e rappresentati graficamente, sia in planimetria (con mappe tematiche), che nel profilo longitudinale
Valutazione del colmo di portata defluente in una determinata sezione	Calcola automaticamente la massima portata, tenendo conto degli effetti di laminazione per invaso proprio e dell'effetto di ritardo del colmo. Nel caso di portate meteoriche ricalcola, di volta in volta, il bacino contribuente ed il relativo colmo di piena	È necessario inserire nei punti di immissione valori costanti di portata e per lunghi tempi di simulazione, al fine di raggiungere le condizioni di regime della rete; non si considera quindi l'effetto di ritardo del colmo. Nel caso di portate meteoriche, l'intero bacino della rete risulta contemporaneamente contribuente.
Valutazione dell'interazione della rete con il territorio	No	Oltre ad individuare potenziali punti di sversamento dei reflui in superficie, il modello della rete può essere implementato con un modello del territorio, con il quale studiare in maggior dettaglio la loro interazione
Modalità di restituzione dei risultati	Tabelle	Tabelle, planimetrie tematiche, profili longitudinali
Implementazione e modifica dello schema di rete	Facilità di modifica dei tratti o di ulteriori integrazioni	Facilità di modifica dei tratti o di ulteriori integrazioni, anche per via grafica
Interazione con altri software	Microsoft Excel	Microsoft Excel, sistemi informatici territoriali (GIS), CAD, ecc.

Alla luce di tali considerazioni si evidenzia dunque che per uno studio di verifica di idoneità idraulica di una rete, specialmente se di grandi dimensioni come quella esaminata, il modello *HYDren* in moto uniforme risulta più che adeguato, a fronte della maggiore facilità e velocità di costruzione del modello stesso, ed anche per il fatto che considera l'effetto di ritardo del colmo di piena insieme alla laminazione per invaso proprio, mentre in *Mike Urban* la condizione di massimo riempimento contemporaneo dell'intera rete può risultare eccessivamente cautelativa.

Il modello redatto con il software *Mike Urban* risulta invece più idoneo per analisi di maggior dettaglio, con l'individuazione e risoluzione delle criticità, facilitata dalla immediata rappresentazione grafica e dalla visione d'insieme della rete, che consente di determinare i punti di insorgenza delle criticità ed il loro impatto sulle prestazioni dell'intero sistema. Dunque il modello risulterebbe particolarmente utile per verifiche di transitori e per analizzare le prestazioni della rete in relazione a fenomeni critici, quali ad esempio brusche variazioni di portata, crisi degli impianti di sollevamento, frane o interruzione di alcuni collettori, ecc.

Si sottolinea inoltre che il lavoro di costruzione del modello, ha consentito di definire un database georiferito della rete di collettamento in esame, utile non solo ai fini dell'analisi idraulica della rete stessa e di come questa interagisce con il territorio, ma anche in termini della gestione dell'infrastruttura, grazie alla possibilità di collegare il database allestito a sistemi informatici di gestione territoriale GIS.

## 11 BIBLIOGRAFIA

CARRARO F., BORTOLAMI G.C., CAMPANINO F., CLARI P.A., FORNO M.G., FERRERO E., GHIBAUDO G., MASO V. & RICCI B. (1978), *Dati preliminari sulla neotettonica dei Fogli 56 (Torino), 68 (Carmagnola) e 80 (Cuneo)*. Estratto da: Contributi preliminari per la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica;

COMUNE DI ALBA (CN), Ripartizione Urbanistica e Territorio, (2015), *Valutazione ambientale strategica (VAS) del Piano Regolatore Generale Comunale (PRGC)*, Alba (CN), Italia;

ENTE DI GOVERNO DELL'AMBITO n.4 CUNEESE, Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico (2015), *Relazione descrittiva del programma degli interventi*, Delibera 28 dicembre 2015 n.664/2015/R/IDR, Determina 31 marzo 2016 n. 2/2016-DSID, Cuneo, Italia;

GAZZATTA D'ALBA, *Un bel gruzzolo in arrivo per fogne e acquedotti che perdono*, 7 novembre 2017;

HYDRODATA S.pa, (2016), *Verifica idraulica dei collettori principali della rete consortile-Relazione tecnica*, Torino, Italia;

PROVINCIA DI CUNEO, Settore Tutela Ambiente e Risorse Idriche, *Studio e valutazione della vulnerabilità intrinseca delle acque sotterranee*, Gruppo di Lavoro in Idrogeologia Applicata del Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie, Politecnico di Torino (2003-2005), Torino, Italia;

REGIONE PIEMONTE, Assessorato Agricoltura e Foreste, (1976), *Carta ecologica della Povia di Cuneo*, Torino, Italia;

REGIONE PIEMONTE, Assessorato Urbanistica, Pianificazione Territoriale e dell'Area Metropolitana, Edilizia Residenziale, (1999), *Sistema delle colline centrali del Piemonte Langhe-Monferrato-Roero-Studio di inquadramento*, Torino, Italia;

SOCIETÀ INTERCOMUNALE SERVIZI IDRICI S.r.l. S.I.S.I., (2016), *Relazione sulla gestione*, Alba (CN), Italia.

## 12 ELENCO ALLEGATI

CODICE ELABORATO	TITOLO
<b>1 - Scenario 1: Cinque volte la portata nera</b>	
1.1	Planimetria generale Tav.1/3
1.2	Planimetria generale Tav.2/3
1.3	Planimetria generale Tav.3/3
2.1	Profilo Monticello-Alba Tav.1/3
2.2	Profilo Monticello-Alba Tav.2/3
2.3	Profilo Monticello-Alba Tav.3/3
3.1	Profilo Monforte-Barolo 1/3
3.2	Profilo Monforte-Barolo 2/3
3.3	Profilo Monforte-Barolo 3/3
4	Profilo Alba Ferrero
5	Profilo Alba Città
6.1	Profilo Mogliasso-impianto Govone Tav.1/3
6.2	Profilo Mogliasso-impianto Govone Tav.2/3
6.3	Profilo Mogliasso-impianto Govone Tav.3/3
<b>2 - Scenario 1: Cinque volte la portata nera SOLUZIONI PROPOSTE</b>	
1.1	Planimetria generale Tav.1/3
1.2	Planimetria generale Tav.2/3
1.3	Planimetria generale Tav.3/3
2.1	Profilo Monticello-Alba Tav.1/3
2.2	Profilo Monticello-Alba Tav.2/3
2.3	Profilo Monticello-Alba Tav.3/3
3.1	Profilo Mogliasso-impianto Govone Tav.1/3
3.2	Profilo Mogliasso-impianto Govone Tav.2/3
3.3	Profilo Mogliasso-impianto Govone Tav.3/3
<b>3 - Scenario 1: Cinque volte la portata nera NO PERDITE DI CARICO</b>	
1.1	Profilo Monforte-Barolo 1/3
1.2	Profilo Monforte-Barolo 2/3
1.3	Profilo Monforte-Barolo 3/3
2	Profilo Alba Ferrero
3	Profilo Alba Città
<b>4 - Scenario 2: Portata media nera</b>	
1.1	Planimetria generale Tav.1/3
1.2	Planimetria generale Tav.2/3
1.3	Planimetria generale Tav.3/3