

CONSORZIO BEALEROTTO MUSSI
DI MIGLIORAMENTO FONDIARIO
associato al
Consorzio di irrigazione di II° grado del Pesio

Delibera CIPE n. 25/2016 Fondo Sviluppo e Coesione
 Delibera CIPE n. 53/2016 Piano Operativo Agricoltura
 Sottopiano 2 "Interventi nel campo delle infrastrutture irrigue, bonifica idraulica, difesa delle
 esondazioni, bacini di accumulo e programmi collegati di assistenza tecnica e consulenza"
 Decreto Ministeriale di concessione n. 26314 del 19/06/2019

**INTERVENTI DI ADEGUAMENTO DELL'APPROVVIGIONAMENTO ED AMMODERNAMENTO
 DEL SISTEMA D'IRRIGAZIONE DELLE AREE IRRIGUE SOTTESE ALL'INVASO PIANFEI,
 VOLTI AL RISPARMIO DELLE RISORSE IDRICHE, NEI COMUNI DI PIANFEI E CHIUSA PESIO**

L'UFFICIO TECNICO CONSORTILE:



CONSORZIO DEL PESIO
 Consorzio di irrigazione di II° grado
 12084 MONDOVI - Via G. B. Cottolengo, 13
 Tel. +39(0174)42724 - email : info@consorziodelpesio.it
 pec : posta@pec.consorziodelpesio.it

**CONSORZIO IRRIGUO COMPENSORIO VALLI ELLERO,
 CORSAGLIA, CASOTTO**
 Consorzio di irrigazione di II° grado
 12084 MONDOVI - Via G. B. Cottolengo, 13
 Tel. +39(0174)42724 - email : el.cor.ca@tiscali.it / pec : elcorca@pec.it



ASSOCIAZIONE IRRIGAZIONE EST SESIA
 28100 NOVARA - Via Negrone, 7
 Tel. +39(0321)675211 - Fax +39(0321)398458
 email : estsesia.pec@legalmail.it



**CONSORZIO DI BONIFICA DELLA
 BARAGGIA BIELLESE E VERELLESE**
 13100 VERCELLI - Via Fratelli Bandiera, 16
 Tel. +39(0161)283811 - Fax +39(0161)257425
 email : segreteria@consorziobaraggia.it



(Dott. Ing. Domenico CASTELLI)

SERIE:

RELAZIONI SPECIALISTICHE

DATA

GENNAIO 2020

ELABORATO:

AGGIORNAMENTO

ELABORATO N°

RS 3.3

**RELAZIONE DI CALCOLO IDRAULICO
 DEL SISTEMA DI IRRIGAZIONE**

ATTIVITÀ SPECIALISTICHE:

PROGETTO ESECUTIVO

PRATICA 10443E

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
 DELLA FASE PROGETTUALE:

(Dott. Ing. Massimo DEL GAUDIO)

MODIFICHE

Aggiornamento

CONTROLLO

Firma

OPERATORE

MF

CONTROLLO

DC

APPROVAZIONE

DC

INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. APPROCCIO METODOLOGICO CALCOLI IDRAULICI.....	3
3. FABBISOGNI IDRICI, CORPI D'ACQUA E UNITÀ IRRIGUE	13
4. MODELLAZIONE DELLA CONDIZIONE DI PROGETTO.....	14
4.1 SCELTE DEL TIPO DI MATERIALE DELLE TUBAZIONI IN PROGETTO	14
4.2 SCHEMATIZZAZIONE DELLA RETE	15
4.3 ALTIMETRIA DEI NODI E DIAMETRO DELLE CONDOTTE.....	17
4.4 PUNTI DI PRELIEVO	22
4.5 DISTRIBUZIONE DELLE PRESSIONI AI NODI	25
4.6 DISTRIBUZIONE DELLE VELOCITÀ	39
5. CONCLUSIONI.....	51

1. PREMESSA

Con la presente Relazione di caratterizzazione idraulica si è proceduto allo studio e all'analisi del sistema di distribuzione della portata irrigua in progetto a servizio delle aree sottese all'invaso della diga del Pianfei mediante l'allestimento di un modello matematico di simulazione del funzionamento della rete nella condizione di esercizio irriguo di 15 ore su 24, prevedendo per le particolari condizioni socio-economiche locali che la distribuzione irrigua avvenga nelle ore diurne.

Il modello, come si vedrà nei prossimi capitoli, fornirà le indicazioni sul regime idraulico delle condotte di adduzione e di distribuzione in occasione del deflusso delle portate erogate consentendo di definire i parametri di funzionamento della rete nelle condizioni di progetto.

Il sistema irriguo in progetto è del tipo a goccia.

Tale sistema si propone oggi come la tecnica più bilanciata dal punto di vista della gestione delle variabili in campo, in quanto permette, insieme alla ottimale gestione irrigua, la migliore nutrizione grazie alla fertirrigazione, consentendo così di soddisfare la maggior parte dei fabbisogni della coltura. Inoltre il sistema di irrigazione a goccia raggiunge un valore di efficienza tra il 90 e il 95%, che stacca nettamente tutti gli altri sistemi di distribuzione dell'acqua esaltando quindi la resa della coltura con limitati consumi idrici ed energetici.

L'irrigazione a goccia, rispetto al sistema a pioggia, favorisce la concentrazione dello sviluppo radicale in un definito volume di suolo, e questo aspetto permette una maggiore capacità di assorbimento da parte delle piante e un ottimale equilibrio tra acqua, aria e nutrienti. L'apparato radicale compatto che si forma riduce il consumo di energia da parte della coltura, che la può riversare sull'attività fotosintetica e produttiva. Il sistema offre inoltre l'opportunità di effettuare la fertirrigazione, limitando così gli apporti di concimi minerali solidi e ottenendo anche in questo un'eccellente efficienza da ogni unità fertilizzante distribuita. La strategia nutrizionale abbinata all'irrigazione a goccia si basa su somministrazioni programmate tramite l'irrigazione e di una quantità mirata e frazionata nel tempo di nutrienti e acqua in accordo con i fabbisogni, dapprima crescenti e poi calanti nel corso del ciclo colturale primaverile-estivo. La solubilizzazione dei nutrienti, forniti quindi in forma prontamente assimilabile, garantisce un'alta velocità di assorbimento da parte della coltura. Inoltre la distribuzione è localizzata nel volume di terreno interessato dallo svi-

luppo dell'apparato radicale.

L'impianto di irrigazione a goccia richiede una corretta filtrazione per poter funzionare al meglio e in maniera affidabile. La qualità delle acque derivate dall'invaso determina il tipo di filtrazione adottata che è del tipo a dischi in modo tale da proteggere le parti dell'impianto a valle dalla presenza di eventuale materia organica o da particelle fini quali sabbia e soprattutto limi.

La presente relazione di calcolo analizza la distribuzione delle portate irrigue necessarie a soddisfare i fabbisogni lordi dei consorzi:

- Consorzio irriguo Bealerotto Mussi – codice SIBI 2606
- Consorzio irriguo Canale Mondina – codice SIBI 2612

cui sono destinate le opere previste in progetto.

2. APPROCCIO METODOLOGICO CALCOLI IDRAULICI

Il calcolo idraulico della rete irrigua è stato effettuato utilizzando un modello di simulazione idraulica in grado di calcolare, date geometria e caratteristiche delle tubazioni, le pressioni ai nodi e le portate in ciascun tratto, considerando diverse configurazioni di prelievo, variabili nel tempo, e la presenza eventuale di pompe con le proprie curve caratteristiche.

A questo scopo è stato utilizzato il software Epanet.

Epanet è un programma che realizza simulazioni estese al lungo periodo circa il comportamento idraulico e la qualità delle acque all'interno di un sistema di distribuzione di acqua in pressione.

Esso è in grado di dare informazioni sulla portata d'acqua in ogni tubo, sulla pressione in ogni punto di intersezione fra più tubi, il livello raggiunto dall'acqua in ogni serbatoio durante una simulazione.

Tecnicamente, il programma permette di strutturare file in ingresso che descrivono la rete idrica, di effettuare simulazioni, di osservare il comportamento del sistema ad intervalli prefissati su di una mappa e riassumere i risultati ottenuti su tabelle e grafici.

Da rilevare come sia possibile effettuare la simulazione completa del funzionamento relativo a periodi sufficientemente estesi di reti idriche anche complesse potendo introdurre nei calcoli le variazioni della portata erogata ai nodi di tempo in tempo e zona per zona ed anche le variazioni di tutti gli altri elementi di input. Si ottengono le serie complete dei dati di funzionamento delle strutture che compongono la rete ivi compresi la variazione di livello dei serbatoi e di consumo energetico per i pompaggi con i relativi costi.

Una rete può consistere in tronchi di condotte, nodi (giunti di collegamento), pompe, valvole, vasche di raccolta o serbatoi.

Epanet fornisce un ambiente integrato per l'edizione dei dati di input della rete, della simulazione del funzionamento idraulico con presentazione dei risultati in vari formati.

Sono incluse mappe con colori codificati, tabelle dati, serie di grafici temporali, disegno di profili.

Epanet è stato sviluppato da Water Supply and Water Resources Division (formerly the Drinking Water Research Division) of the U.S. Environmental Protection Agency's National Risk Management Research Laboratory ed è un programma "public domain software" che può essere liberamente scaricato, copiato e distribuito.

Epanet fornisce un pacchetto completo per analisi idraulica di periodi estesi con cui

si può:

- trattare sistemi di qualsiasi dimensione,
- calcolare le perdite di carico usando le formule di Hazen-Williams, Darcy-Weisbach, o Chezy-Manning,
- considerare le piccole perdite di carico dovute alle curve, strozzature ecc.,
- considerare pompe a giri fissi o a velocità variabile,
- calcolare l'energia consumata dalle pompe ed i costi,
- considerare vari tipi di valvole incluse quelle di ritegno, chiusura, regolazione della pressione e controllo della portata,
- permette di calcolare lo stoccaggio nei serbatoi aventi sezioni variegate (per esempio diametro variabile in funzione dell'altezza),
- considerare molteplici categorie di richiesta idrica ai nodi ciascuna con proprie modalità di variazione nel tempo, modello delle pressioni dovute alla portata degli idranti,
- viene assunto come base del sistema di calcolo il semplice livello dei serbatoi oppure tenendo conto del controllo dei tempi come pure di complessi schemi di base,
- l'interfaccia di utilizzazione di Epanet fornisce un editor di visualizzazione della rete che semplifica il processo di costruzione del modello di rete e di edizione delle sue proprietà,
- i rapporti dei vari dati e la visualizzazione degli strumenti sono usati in modo da assistere nell'interpretazione dei risultati o nell'analisi della rete,
- sono possibili delle viste grafiche (tracciamento di serie temporali, tracciamento dei profili, mappe delle zone a scala cromatica, ecc.), presentazioni.

Per poter avviare il programma è necessario possedere informazioni precise sulla rete di distribuzione in oggetto. Si è già detto come il modello suddivida i componenti del sistema in nodi (semplici giunzioni tra tubi, serbatoi o cisterne) e in archi (i tubi stessi, le pompe e le valvole). È quindi indispensabile possedere la descrizione di tutti questi componenti, che poi verrà inserita con un formato adeguato nel simulatore, il quale provvederà a risolvere idraulicamente la rete.

I dati necessari a modellare una rete sono:

- diametro, lunghezza e coefficiente di scabrezza dei tubi,
- particolarità che nei tubi possono causare perdite di carico concentrate (brusche

curvature non raccordate , asperità, setti),

- caratteristiche operative delle pompe che operano nel sistema (curve caratteristiche),
- presenza di valvole di controllo, diametro e livelli ammissibili dei serbatoi presenti,
- leggi di controllo che determinano come varia l'impostazione di pompe, valvole o collegamenti in base al passare del tempo o ai carichi massimi del sistema,
- domanda ad ogni nodo e variazione della domanda durante il periodo di simulazione.

L'acquedotto deve essere visto come composto da archi (LINKS), connessi tra di loro tramite nodi (NODES): gli archi possono essere di tre tipi (tubi, pompe, valvole) così come i nodi che, oltre ad essere semplici punti di giunzione tra tubi , possono essere punti di prelievo (nodi di domanda), di immissione (nodi sorgente) o di conservazione (nodi di deposito) dell'acqua.

Analizziamo ora i singoli componenti della rete:

tubi (PIPES): essi trasportano l'acqua da un nodo all'altro; la direzione di scorrimento del flusso va dall'estremità a carico maggiore a quello a minor carico; si esprime la perdita di carico dovuta all'attrito incontrato nel passaggio all'interno dei tubi tramite la relazione

$$h_L = A \cdot q^B$$

dove:

- h_L è la perdita di carico,
- q indica la portata,
- A è un coefficiente di resistenza
- B l'esponente della portata.

Epanet può utilizzare tre tipi di formule (cioè differenti coefficienti): la formula di Hazen-Williams, quella di Darcy-Weisbach, e quella di Chezy-Manning, comunemente usata in canali aperti.

Riportiamo qui i coefficienti relativi a ciascuna legge:

	Coefficiente di resistenza (A)	Esponente della portata (B)
Hazen-Williams	$4.727 \cdot C^{-1.852} \cdot d^{-4.871} \cdot L$	1.852
Darcy-Weisbach	$0.0252 \cdot f(\varepsilon, d, q) \cdot d^{-5} \cdot L$	2
Chezy-Manning	$4.66 \cdot n^2 \cdot d^{-5.33} \cdot L$	2

con:

- C : coefficiente di rugosità di Hazen-Williams
- ε : coefficiente di rugosità di Darcy-Weisbach
- n : coefficiente di rugosità di Chezy-Manning
- f = fattore d'attrito, dipendente da ε , d e q
- L = lunghezza del tubo
- d = diametro del tubo

Il calcolo idraulico delle tubazioni è stato effettuato secondo la formula di Darcy-Weisbach:

$$J = \frac{\lambda}{D} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

essendo λ la funzione di resistenza, ε la scabrezza assoluta e D il diametro della condotta.

Essa ha, secondo Colebrook-White, l'espressione:

$$\frac{1}{\lambda} = -2 \log \left(\frac{1}{3.715} \cdot \frac{\varepsilon}{D} + \frac{2.51}{Re \sqrt{\lambda}} \right)$$

dove

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

con ν viscosità cinematica (che vale $1,01 \times 10^{-6}$ m²/s per acqua alla temperatura di 20°).

Pompe (PUMPS): per pompa si deve intendere un componente atto ad alzare la pressione dell'acqua: si chiama "curva caratteristica" la relazione che lega la portata elaborata dalla pompa al carico fornito al fluido. Epanet rappresenta queste curve tramite una funzione del tipo:

$$h_G = h_0 - A \cdot q^B$$

dove:

h_G è il carico fornito dalla pompa al fluido,

h_0 è il carico a portata nulla,

A è un coefficiente di resistenza,

B è l'esponente della portata.

Fornendo al programma h_0 e altri due punti della curva caratteristica della pompa, questo è capace di stimare i valori di A e B. Nel caso in cui non sia nota la curva caratteristica, Epanet permette di assumere che la pompa fornisca energia costante all'acqua.

Il programma assume che il fluido possa scorrere all'intento delle pompe in una sola direzione e che queste operino entro i limiti di portata e carico stabiliti dalle loro curve caratteristiche: nel caso in cui il sistema richieda che una pompa fornisca al fluido più del carico a pressione nulla, Epanet tenterà di chiuderla ed emettere un messaggio di avviso.

È comunque anche possibile fare entrare in funzione le pompe (o arrestarle) ad orari prestabiliti o nel caso in cui vengano soddisfatte determinate condizioni (per esempio, quando il livello d'acqua nei serbatoi scende al di sotto di un valore fissato o quando la pressione ai nodi è maggiore o minore di valori consentiti).

Valvole (VALVES): oltre alle valvole di controllo situate all'interno dei tubi (che possono essere rappresentate come completamente aperte o chiuse) tramite Epanet è possibile rappresentare valvole che controllano la pressione o la portata in specifici punti della rete idrica: queste sono considerate come archi di lunghezza insignificante, dei quali devono essere specificati il nodo a monte e quello a valle.

Precisamente, è possibile rappresentare valvole che:

- riducono la pressione dell'estremità a valle (sono utilizzate per far rientrare il valore della pressione al di sotto dei livelli consentiti, nel caso vengano superati a monte: se, invece, la pressione a monte rispetta i livelli massimi, allora il flusso attraverso la valvola non subisce restrizioni; nel caso in cui la pressione nel nodo a valle sia maggiore di quella che si ha a monte, la valvola si chiude immediatamente per evitare che il flusso si inverta)
- mantengono un valore minimo di pressione nel nodo a monte quando la pressione del nodo a valle sia al di sotto di tale valore; anche in questo caso, se la pressione di valle è maggiore del valore fissato la valvola non entra in funzione, mentre impedisce che il fluido inverta la sua direzione di scorrimento chiudendosi, se la pressione a valle supera quella a monte:
 - provocano una prestabilita perdita di pressione
 - controllano la portata (limitano il flusso che scorre attraverso la valvola ad un quantitativo specifico : nel caso in cui questa portata non possa essere mantenuta senza aggiungere del carico addizionale alla valvola Epanet emette un messaggio di avviso)
- simulano una parziale chiusura regolando il coefficiente delle perdite di ca-

rico concentrate della valvola stessa (valvole a farfalla); la relazione tra il grado di chiusura e il corrispondente coefficiente di perdita di carico è generalmente disponibile presso il produttore.

Perdite di carico concentrate: questo tipo di perdite è dovuto alla turbolenza maggiore nei punti di giunzione, lungo le curve, presso valvole e contatori: Epanet permette di associare ad ogni tubo e valvola i coefficienti di perdite concentrate (ai quali si darà maggiore o minore importanza a seconda del grado di precisione richiesto), secondo la relazione:

$$h_L = 0.0252 \cdot K \cdot q^2 \cdot d^{-4}$$

dove :

K è il coefficiente di perdita di carico,

q è la portata,

d è il diametro dei tubi.

Nodi (NODES): è necessario fornire per ciascuno di essi la quota sul livello del mare. Affinché possa essere calcolato il contributo al valore della pressione dovuto all'altitudine devono essere inoltre fornite al programma tutte le informazioni riguardanti il consumo o l'immissione di nuova acqua per ogni nodo che non sia un serbatoio . Sono classificati come nodi anche i serbatoi (TANKS) e le cisterne (RESERVOIRES) (in entrambi esiste una superficie di pelo libero, tuttavia nelle seconde il livello dell'acqua rimane costante).

EPANET rappresenta la variazione nel livello dell'acqua di un serbatoio con la formula:

$$\Delta y = \frac{q}{A} \Delta t$$

dove :

Δy rappresenta la variazione nel livello d'acqua,

q è la portata che entra (+) o esce (-) dal serbatoio,

A indica l'area della sezione trasversale del serbatoio,

Δt rappresenta l'intervallo di tempo.

È inoltre necessario fornire al programma il valore minimo e massimo consentito per il livello d'acqua all'interno dei serbatoi. Notiamo infine che, per come sono stati de-

scritti, i "reservoirs" rappresentano fonti esterne d'acqua, cioè sono laghi o fiumi, pertanto non deve essere associato loro alcun consumo o immissione d'acqua stessa.

Time patterns: Epanet considera che il consumo, la fornitura esterna e la composizione dell'acqua rimangano costanti per un intervallo di tempo (detto hydraulic time-step, fissato per default ad un ora ma modificabile) potendo tuttavia mutare da un intervallo all'altro.

Dopo aver descritto il modo in cui è schematizzata la rete di distribuzione dell'acqua vengono risolte dal programma durante la simulazione le seguenti relazioni matematiche.

Simulazione idraulica: per ogni serbatoio viene risolto il seguente sistema di equazioni:

$$\frac{dy_s}{dt} = \frac{q_s}{A_s} \quad [1]$$

$$q_s = \sum_i q_{is} - \sum_j q_{js} \quad [2]$$

$$h_s = E_s + y_s \quad [3]$$

mentre per ogni arco che colleghi i nodi "i" e "j" ed ogni nodo "k" vengono risolte le:

$$h_i - h_j = f(q_{ij}) \quad [4]$$

$$\sum_i q_{ik} - \sum_j q_{kj} - Q_k = 0 \quad [5]$$

dove le quantità sopra elencate sono :

y_s : altezza del livello dell'acqua immagazzinata al. nodo "s",

q_s = portata entrante nel nodo "s",

q_{ij} = portata che passa nell'arco che unisce i .nodi "i" e "j",

h_i = quota piezometrica al nodo "i" (equivalente ad altitudine più carico di pressione)

A_s = area trasversale del serbatoio "s",

E_s = altitudine del nodo "s",

Q_k = portata fornita (-) o consumata (+) al nodo "s",

$f()$ relazione esistente tra la portata e le perdite di carico lungo un arco

L'equazione numero [1] esprime la conservazione del volume d'acqua in un serbatoio, la [2] e la [5] hanno la stessa funzione ma per i punti di giunzione tra tubi; la numero [4] dà, invece, la perdita o il guadagno di energia dovuta al passaggio dell'acqua lungo un arco. Noti i valori di y_s all'istante iniziale, si possono risolvere le equazioni [4] e [5] usando la [3] come condizione al contorno. Queste operazioni consistono in un "bilancio idraulico" della rete e sono realizzate dal programma tramite un metodo iterativo; dopo questa fase, Epanet passa a trovare la quantità q_s tramite la [2] per poterla poi inserire nella [1] al fine di trovare il nuovo livello d'acqua nel serbatoio dopo un tempo dt . Infine, i passaggi sopra elencati vengono ripetuti per tutti gli intervalli di tempo nei quali è stata divisa la simulazione (per default Epanet opera con intervalli di un'ora ma la loro durata può essere modificata a piacimento).

Metodo computazionale: Il metodo utilizzato da Epanet per risolvere le equazioni di continuità e di bilancio di energia che caratterizzano lo stato idraulico della rete ad un dato momento nel tempo è il metodo del gradiente.

Detto N il numero di nodi di una rete di irrigazione a pressione, e NF il numero di nodi a caratteristiche stabilite (serbatoi e bacini), la relazione tra le portate e la perdita di carico nel tratto tra il nodo i e il nodo j è data da:

$$H_i - H_j = h_{ij} = rQ_{ij}^n + mQ_{ij}^2$$

Ove, oltre al chiaro significato dei simboli, si sono indicate con r il coefficiente di resistenza per le perdite continue e con m il coefficiente di resistenza per le perdite concentrate. Il valore di r dipende dal tipo di formula utilizzato.

Per le pompe, la perdita di carico, negativa nel caso di incremento di pressione, può venire rappresentata tramite una legge esponenziale del tipo:

$$h_{ij} = -\omega^2 \left(h_0 - r \left(\frac{Q_{ij}}{\omega} \right)^n \right)$$

ove h_0 è la prevalenza della pompa a portata nulla, ω è la velocità angolare relativa e r e n sono i coefficienti della curva della pompa.

Oltre al bilancio di energia occorre soddisfare l'equazione di continuità al nodo k data da:

$$\sum_j q_{kj} - D_k = 0$$

ove D_k è il prelievo al nodo k , convenzionalmente, la portata entrante verso il nodo è positiva.

Entrambe le equazioni devono essere soddisfatte per ogni nodo.

Il metodo del gradiente presuppone inizialmente un valore di tentativo della portata in ogni tratto che non deve necessariamente soddisfare alla continuità dei nodi. Ad ogni iterazione del metodo, nuove pressioni ai nodi vengono determinate tramite la soluzione del sistema:

$$\mathbf{AH} = \mathbf{F}$$

ove A è una matrice $N \times N$ sparsa simmetrica definita positiva.

Gli elementi diagonali della matrice sono:

$$A_{ii} = \sum_j p_{ij}$$

mentre i coefficienti non-diagonali, quando non nulli, assumono la forma:

$$A_{ij} = -p_{ij}$$

Ove p_{ij} è l'inverso della derivata della perdita di carico nel tratto tra i nodi i e j .

Per i tubi:

$$p_{ij} = \frac{1}{nr|Q_{ij}|^{n-1} + 2m|Q_{ij}|}$$

mentre per le pompe:

$$p_{ij} = \frac{1}{n\omega^2 r \left(\frac{Q_{ij}}{\omega}\right)^{n-1}}$$

Ogni coefficiente del termine noto F invece è il bilancio tra la portata netta attraverso il nodo più un termine correttivo:

$$F_i = \left(\sum_j Q_{ij} - D_i \right) + \sum_j y_{ij} + \sum_f p_{if} H_{if}$$

ove l'ultimo termine si applica ad ogni nodo i connesso ad un nodo con livello di quota noto f come un bacino, mentre il termine correttivo y_{ij} è:

per i tubi:

$$y_{ij} = p_{ij} \left(r|Q_{ij}|^n + m|Q_{ij}|^2 \right) \text{sgn}(Q_{ij})$$

mentre per le pompe è:

$$y_{ij} = -p_{ij}\omega^2 \left(h_0 - r \left(\frac{Q_{ij}}{\omega} \right)^n \right)$$

la funzione $\text{sgn}(x)$ vale 1 se $x > 0$ e -1 altrimenti (Q_{ij} è sempre positivo per le pompe).

Finita ogni iterazione, i nuovi valori di tentativo della portata vengono calcolati tramite

$$Q_{ij}^H = Q_{ij}^L - \left(y_{ij} - p_{ij}(H_i - H_j) \right)$$

fino alla convergenza.

3. FABBISOGNI IDRICI, CORPI D'ACQUA E UNITÀ IRRIGUE

Nelle valutazioni complessive per il dimensionamento e lo studio di un impianto di irrigazione, riveste particolare importanza la definizione dei parametri irrigui ed in particolare delle portate e volumi di adacquamento, allo scopo di poter fronteggiare efficacemente i bisogni idrici delle colture.

Tali fabbisogni variano col tempo in funzione di diversi parametri climatologici, come temperatura, radiazione solare, durata del giorno, vento, umidità relativa dell'aria, ecc., ed inoltre in funzione della tipologia colturale in atto.

Tali dipendenze funzionali hanno pesi diversi ai fini di una quantificazione dei parametri; alcune infatti si possono trascurare poiché, dato l'ordine di grandezza dell'errore che mediamente si commette nella valutazione analitica del fenomeno, sarebbe quantomeno aleatorio spingersi ad ulteriori approssimazioni di calcolo.

Il parametro irriguo che si pone per importanza ad un livello prioritario nella determinazione del deficit, è l'evapotraspirazione della coltura, ovverosia la quantità d'acqua che la coltura deve assorbire per crescere e svilupparsi in condizioni ottimali.

Facendo riferimento alla Relazione sul fabbisogno irriguo le portate di calcolo assunte sono quelle corrispondenti ai valori massimo delle portate irrigue prelevabili:

- Consorzio irriguo Bealerotto Mussi – codice SIBI 2606
valore massimo della portata prelevabile: 75 l/s
- Consorzio irriguo Canale Mondina – codice SIBI 2612
valore massimo della portata prelevabile: 64 l/s

La somma delle portate massime prelevabili è pertanto pari a circa 140 l/s.

L'elasticità di funzionamento del sistema di distribuzione della portata irrigua sarà garantita utilizzando come parametro di progetto il valore della portata massima prelevabile incrementata del fattore di concentrazione delle portate irrigue nel caso in cui si verifichi un periodo siccitoso inducente un deficit del fabbisogno colturale del periodo pari a circa il 40% della portata calcolata, circa 56 l/s.

La somma della portata massima prelevabile incrementata del fattore di concentrazione è pari a 196 l/s. Tale valore arrotondato definisce la **portata di progetto del sistema di distribuzione che assume quindi il valore di 200 l/s.**

4. MODELLAZIONE DELLA CONDIZIONE DI PROGETTO

La modellazione della condizione di progetto è stata realizzata per analizzare ed ottimizzare l'efficienza del sistema di distribuzione delle portate irrigue nell'intero comprensorio. Sono stati analizzati diversi scenari per verificare la corretta erogazione alle prese comiziali in termini di portata e di pressione residua minima richieste per un corretto funzionamento del sistema di irrigazione a goccia previsto.

Gli scenari che evidenziano particolari situazioni di sollecitazione del sistema sono cinque: prevedono l'erogazione di una portata irrigua pari a 50 l/s contemporaneamente a 4 prese comiziali distinte. Gli scenari proposti consentono di dimensionare il sistema garantendo la possibilità di irrigazione con portate concentrate laddove si verificassero periodi di crisi idrica e di garantire una flessibilità gestionale in termini di turnazioni irrigue.

Gli scenari che maggiormente sollecitano il sistema di distribuzione sono i seguenti:

- *Scenario 1:* erogazione della portata irrigua alle prese comiziali N1, L1, Q1 e A2 pari a 50 l/s per ciascuna presa;
- *Scenario 2:* erogazione della portata irrigua alle prese comiziali N1, L1, I1 e H3 pari a 50 l/s per ciascuna presa;
- *Scenario 3:* erogazione della portata irrigua alle prese comiziali H3, G1, G3 e G4 pari a 50 l/s per ciascuna presa;
- *Scenario 4:* erogazione della portata irrigua alle prese comiziali A1, A2, C1 e B1 pari a 50 l/s per ciascuna presa;
- *Scenario 5:* erogazione della portata irrigua alle prese comiziali A2, Q1, M1 e N1 pari a 50 l/s per ciascuna presa.
- *Scenario 6:* erogazione della portata irrigua alle prese comiziali C1, Q1, L1 e N1 pari a 50 l/s per ciascuna presa.

Gli scenari sono stati analizzati riferendosi ad un livello nell'invaso pari a 225.30 m s.l.m.m.

4.1 Scelte del tipo di materiale delle tubazioni in progetto

Le condotte sono previste in acciaio e ghisa sferoidale.

Il tratto in acciaio è quello compreso tra la torre di derivazione ed il locale filtri. A valle del locale filtri le condotte del sistema di distribuzione nei vari diametri adottati sa-

ranno in ghisa sferoidale.

La scelta del tipo di materiale in ogni caso è determinata non solo dalla convenienza economica per diametro e pressione di esercizio, ma anche dalla durabilità, dall'affidabilità dei materiali e dall'omogeneità con gli impianti consortili esistenti.

Le condotte costituenti la rete irrigua in progetto nella modellazione idraulica sono riportate nella Tabella 1.

Materiale	DN [mm]
Acciaio	600
Ghisa sferoidale	200
Ghisa sferoidale	300
Ghisa sferoidale	400
Ghisa sferoidale	600

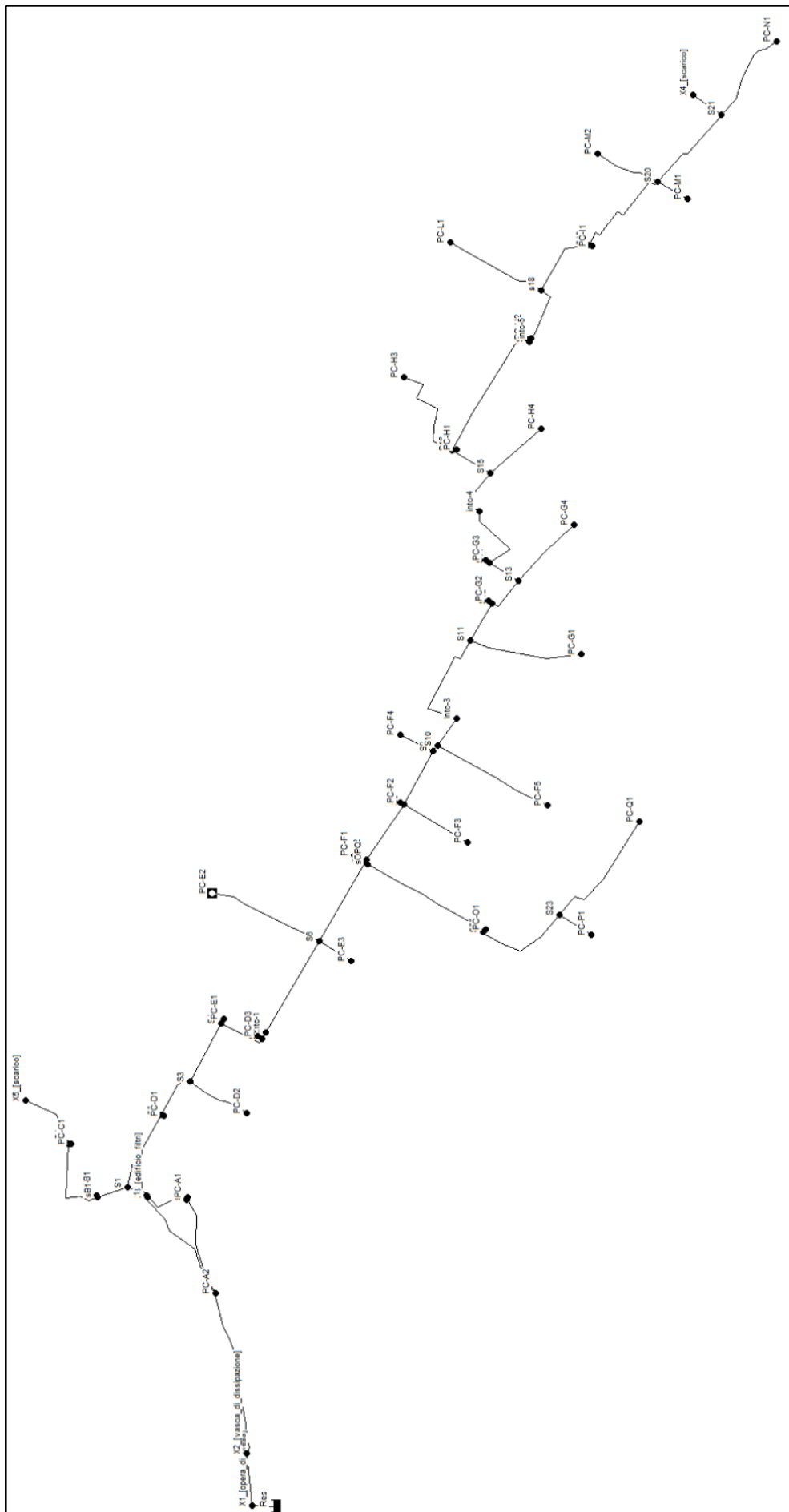
Tabella 1- Elenco dei diametri delle tubazioni previste in progetto.

4.2 Schematizzazione della rete

La rete è rappresentata da una serie di *link* che rappresentano le tubazioni caratterizzate dal diametro interno e dal materiale per mezzo del coefficiente di scabrezza. Ogni *link* è compreso tra due *node* successivi. I *node* assumono diversi significati in funzione del contesto, possono rappresentare i singoli gruppi di consegna comiziale o i punti notevoli della rete ossia ove si ha un cambio di diametro o di materiale della tubazione oppure un cambio di direzione o una derivazione.

I coefficienti di scabrezza utilizzati nella modellazione sono stati ricavati dalla consultazione delle tabelle proposte dalla letteratura tecnica in argomento. In particolare il coefficiente ϵ per le tubazioni in acciaio è stato assunto pari a 0.0160 mentre per le tubazioni in ghisa sferoidale 0.0135.

Nella figura seguente è rappresentata schematicamente la rete oggetto di modellazione.

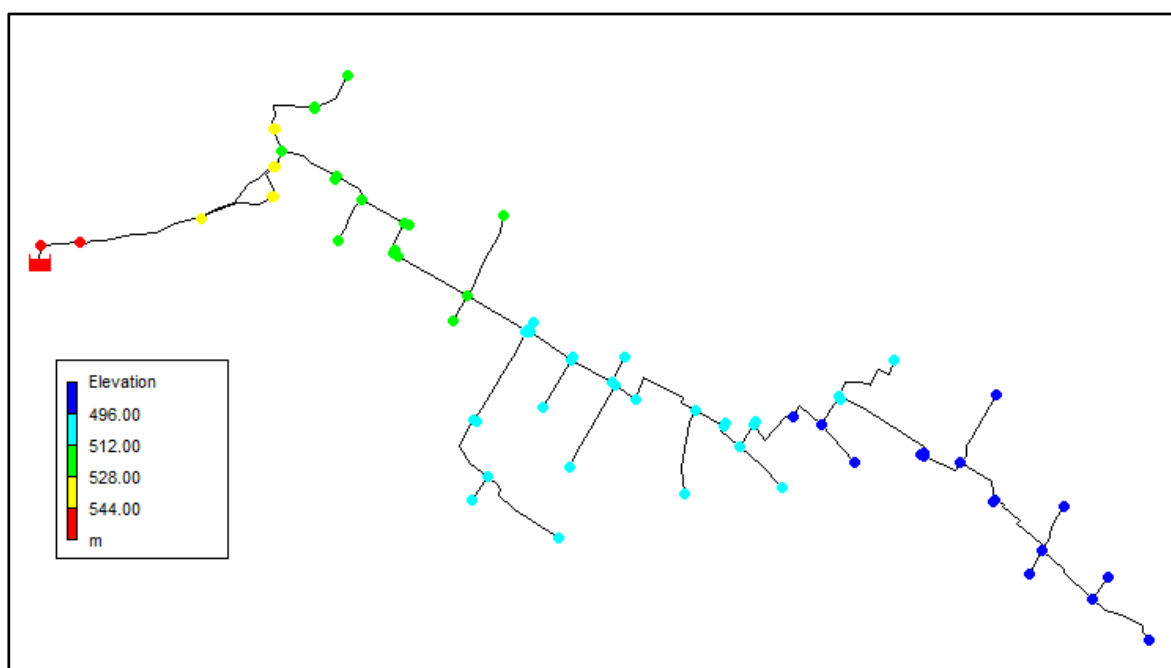


4.3 Altimetria dei nodi e diametro delle condotte

L'informazione altimetrica nel modello è associata ai *node* che in funzione del contesto assumono diversi significati in funzione del contesto, possono rappresentare i singoli gruppi di consegna comiziale o i punti notevoli della rete ossia ove si ha un cambio di diametro o di materiale della tubazione oppure un cambio di direzione o una derivazione.

Dall'esame della figura si osserva come le quote digradino progressivamente senza creare condizioni morfologiche complesse tali da condizionare la gestione della distribuzione in termini di pressione residua al singolo gruppo di consegna aziendale.

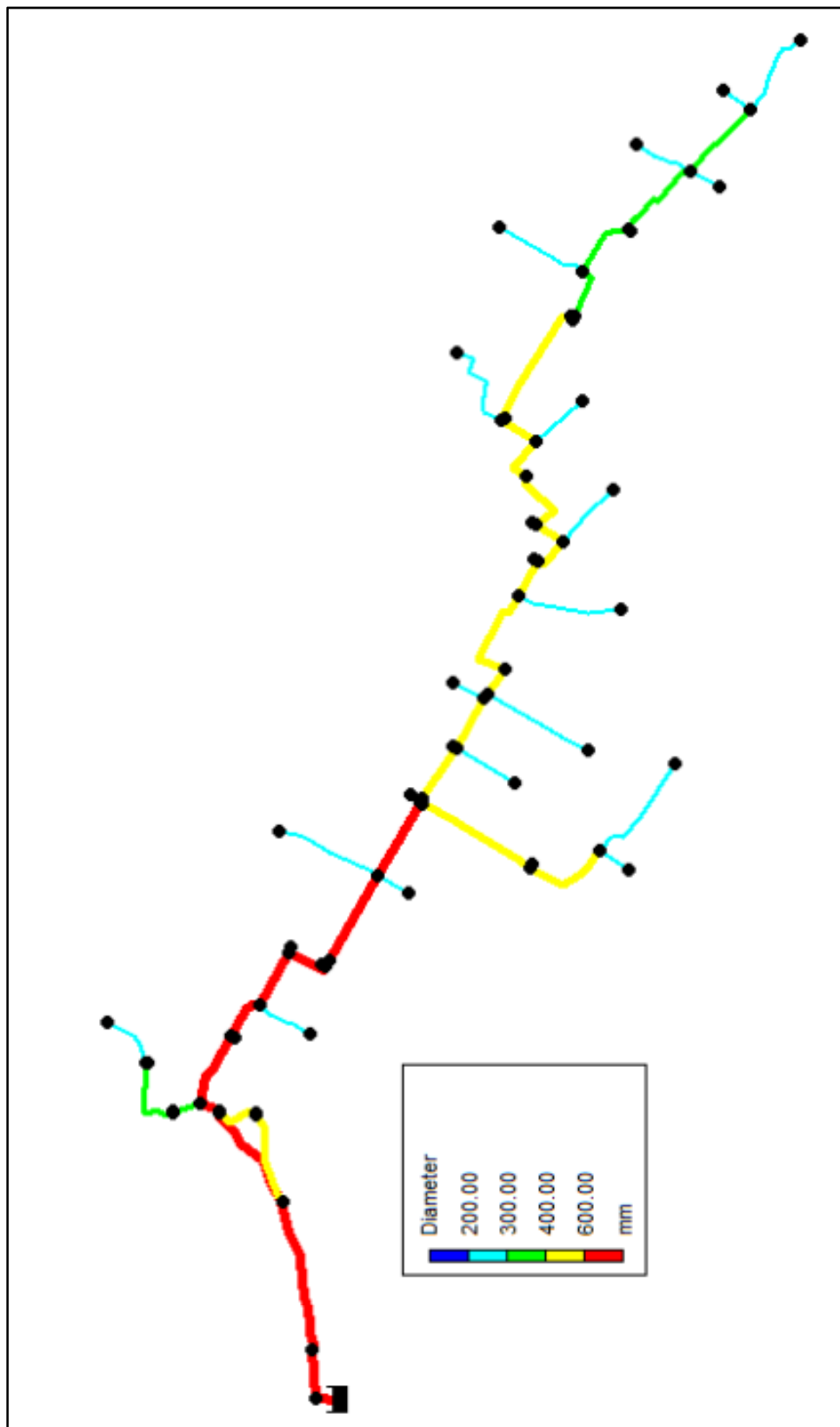
Le uniche prese comiziali che hanno una quota che può condizionare la gestione in relazione al livello dell'invaso sono le prese A1 ed A2 che hanno una differenza di quota rispetto al livello medio dell'invaso di 30 m circa.



Nella tabella seguente sono indicate le quote altimetriche dei *nodes* che definiscono il modello.

Identificativo nodo	Quota [m s.l.m.m.]	Identificativo nodo	Quota [m s.l.m.m.]
PC-E2	512.00	S5	517.50
X1_[opera_di_presa]	552.44	S4	517.50
X2_[vasca_di_dissipazione]	544.00	S2	524.00
S21	485.00	S1	527.00
X4_[scarico]	480.00	PC-F1	510.50
S3	522.50	X3_[edificio_filtri]	530.00
PC-D2	522.00	PC-F5	502.00
S15	495.00	PC-E3	515.00
PC-H4	494.00	sA1	530.00
S16	498.00	PC-A2	530.00
PC-H3	497.00	sOPQ	510.00
s18	493.00	S22	510.00
PC-L1	493.00	S23	510.00
PC-M2	488.00	PC-G1	500.50
S20	486.00	PC-P1	508.00
PC-M1	485.00	PC-Q1	505.00
S13	500.00	sC1	525.00
PC-G4	497.00	X5_[scarico]	513.00
S9	504.00	PC-B1	528.00
PC-F4	507.00	sB1	528.00
S8	505.60	PC-C1	525.00
PC-F3	508.00	PC-A1	530.00
PC-N1	483.00	PC-D1	524.00
S19	490.00	PC-E1	517.50
S17	492.00	PC-D3	517.50
intc-4	494.00	PC-O1	510.00
S14	496.00	PC-F2	505.60
S12	499.00	PC-G2	499.00
S11	502.00	PC-G3	496.00
intc-3	503.00	PC-H2	492.00
S10	504.00	intc-5	492.00
intc-2	510.50	PC-I1	490.00
S7	510.50	PC-H1	498.00
S6	515.00	1.00	530.00
intc-1	517.50	Resvr Res	558.30

Nella figura a seguire è rappresentata in scala cromatica la variabilità dei diametri delle condotte esistenti inserite nel modello.



La tabella a seguire riporta per ogni condotta, individuata dal nodo iniziale e da quello terminale, i corrispondenti valori di lunghezza, diametro e scabrezza.

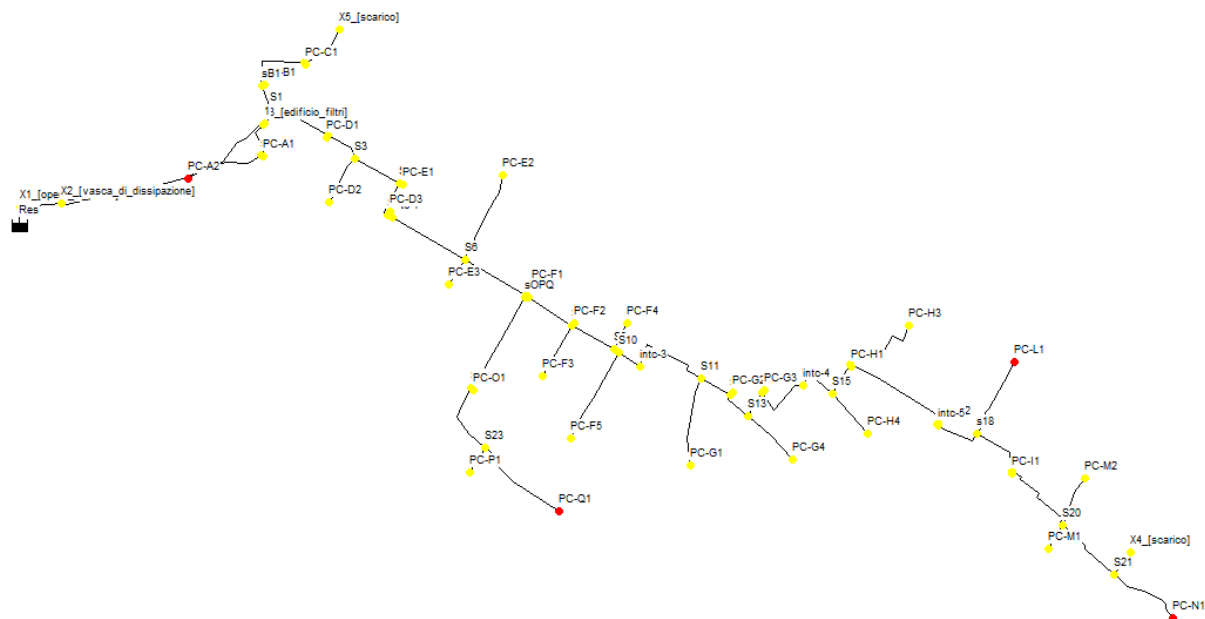
ID nodo iniziale	ID nodo terminale	Lunghezza [m]	Diametro [mm]	Indice di scabrezza di Manning
S6	PC-E2	350	200	0.0135
X1 [opera di presa]	Res	75	600	0.0135
X2 [vasca di dissipazione]	X1 [opera di presa]	158	600	0.0135
S21	X4 [scarico]	105	200	0.0135
S3	PC-D2	200	200	0.0135
S15	PC-H4	200	200	0.0135
S16	PC-H3	340	200	0.0135
s18	PC-L1	310	200	0.0135
S20	PC-M2	200	200	0.0135
S20	PC-M1	105	200	0.0135
S13	PC-G4	240	200	0.0135
S9	PC-F4	110	200	0.0135
S8	PC-F3	220	200	0.0135
PC-N1	S21	300	200	0.0135
S21	S20	282	300	0.0135
S20	S19	315	300	0.0135
S19	s18	218	300	0.0135
s18	intc-5	185	300	0.0135
S17	S16	425	400	0.0135
S16	S15	129	400	0.0135
S15	intc-4	163	400	0.0135
intc-4	S14	228	400	0.0135
S14	S13	101	400	0.0135
S13	S12	117	400	0.0135
S12	S11	129	400	0.0135
S11	intc-3	342	400	0.0135
intc-3	S10	99	400	0.0135
S10	S9	20	400	0.0135
S9	S8	180	400	0.0135
S8	intc-2	195	400	0.0135
intc-2	S7	12	400	0.0135
S7	S6	273	600	0.0135
S6	intc-1	320	600	0.0135
intc-1	S5	22	600	0.0135
S5	S4	142	600	0.0135
S4	S3	200	600	0.0135
S3	S2	140	600	0.0135
S2	S1	245	600	0.0135

S1	1	58	600	0.0135
S7	PC-F1	50	200	0.0135
X2 [vasca di dissipazione]	X3 [edificio filtri]	850	600	0.016
S10	PC-F5	375	200	0.0135
S6	PC-E3	120	200	0.0135
1	sA1	150	400	0.0135
sA1	PC-A2	300	400	0.0135
S7	sOPQ	12	400	0.0135
sOPQ	S22	408	400	0.0135
S22	S23	300	400	0.0135
S11	PC-G1	340	200	0.0135
S23	PC-P1	115	200	0.0135
S23	PC-Q1	340	200	0.0135
sB1	sC1	270	300	0.0135
sC1	X5 [scarico]	100	200	0.0135
sB1	S1	90	300	0.0135
S17	intc-5	10	400	0.0135
S2	PC-D1	5	200	0.0135
S4	PC-E1	5	200	0.0135
S5	PC-D3	5	200	0.0135
S8	PC-F2	5	200	0.0135
S12	PC-G2	5	200	0.0135
S14	PC-G3	5	200	0.0135
S16	PC-H1	5	200	0.0135
S17	PC-H2	5	200	0.0135
S19	PC-I1	5	200	0.0135
S22	PC-O1	5	200	0.0135
sA1	PC-A1	5	200	0.0135
sB1	PC-B1	10	200	0.0135
sC1	PC-C1	10	200	0.0135

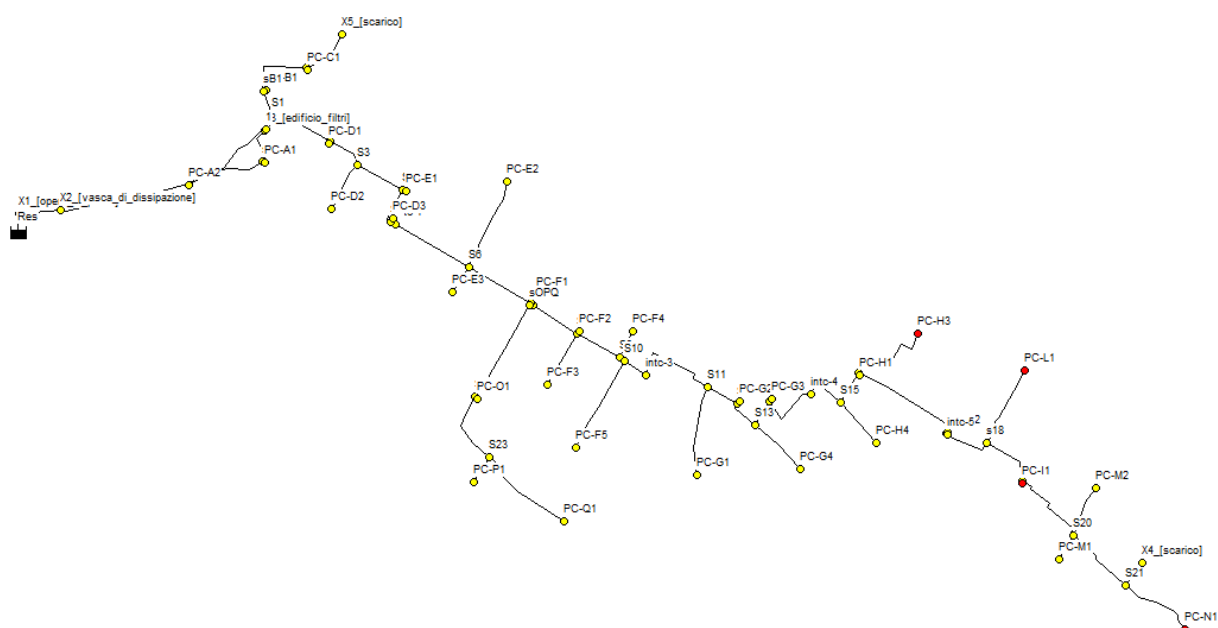
4.4 Punti di prelievo

In colore rosso, nelle figure a seguire, sono evidenziati tutti i nodi che schematizza-
to i punti di consegna comiziali delle portate irrigue.

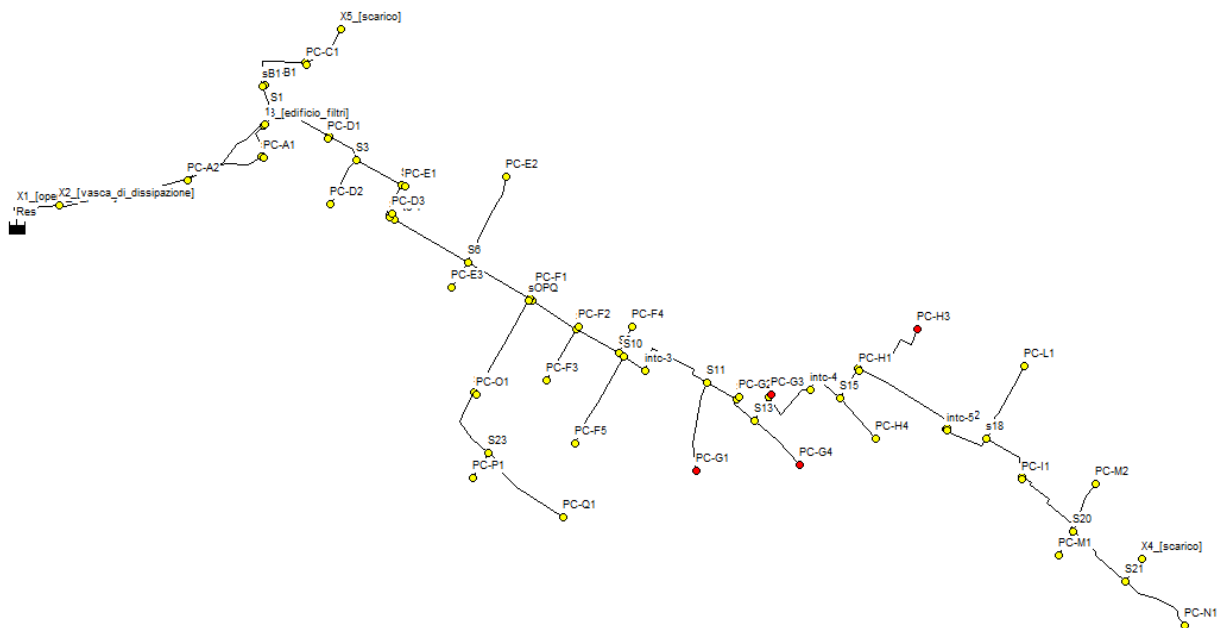
- **Scenario 1:** erogazione della portata irrigua alle prese comiziali N1, L1, Q1 e A2 pari a 50 l/s per ciascuna presa;



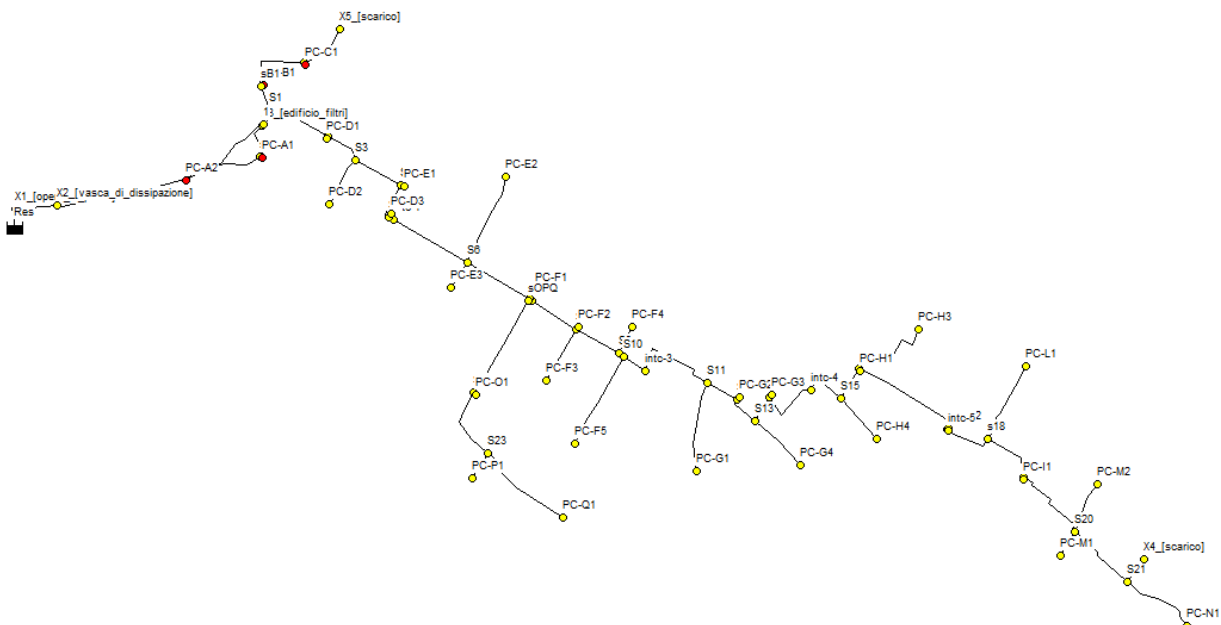
- **Scenario 2:** erogazione della portata irrigua alle prese comiziali N1, L1, I1 e H3 pari a 50 l/s per ciascuna presa;



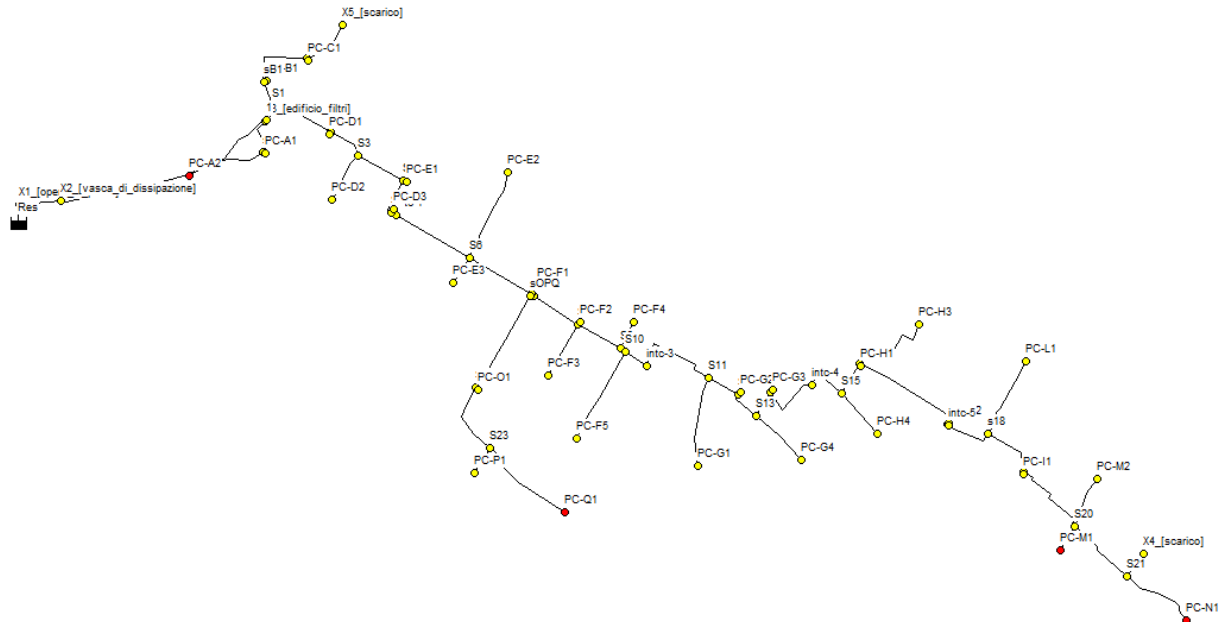
- **Scenario 3:** erogazione della portata irrigua alle prese comiziali H3, G1, G3 e G4 pari a 50 l/s per ciascuna presa;



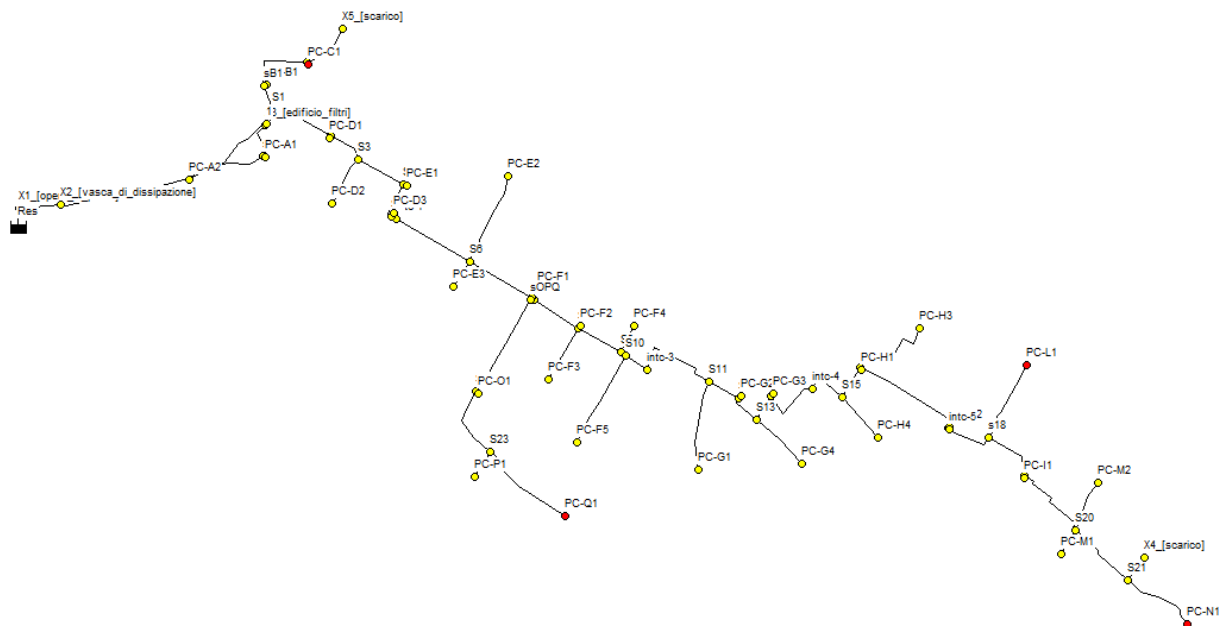
- **Scenario 4:** erogazione della portata irrigua alle prese comiziali A1, A2, C1 e B1 pari a 50 l/s per ciascuna presa;



- **Scenario 5:** erogazione della portata irrigua alle prese comiziali A2, Q1, M1 e N1 pari a 50 l/s per ciascuna presa.



- **Scenario 6:** erogazione della portata irrigua alle prese comiziali C1, Q1, L1 e N1 pari a 50 l/s per ciascuna presa.



4.5 Distribuzione delle pressioni ai nodi

Come riportato in precedenza si ricorda che non tutti nodi sono punti di erogazione delle portate. I *node* assumono diversi significati in funzione del contesto, possono rappresentare i singoli gruppi di consegna comiziale o i punti notevoli della rete ossia ove si ha un cambio di diametro o di materiale della tubazione oppure un cambio di direzione o una derivazione. Quindi in relazione al contesto alcuni nodi sono semplicemente punti di rilevazione della pressione nella condotta.

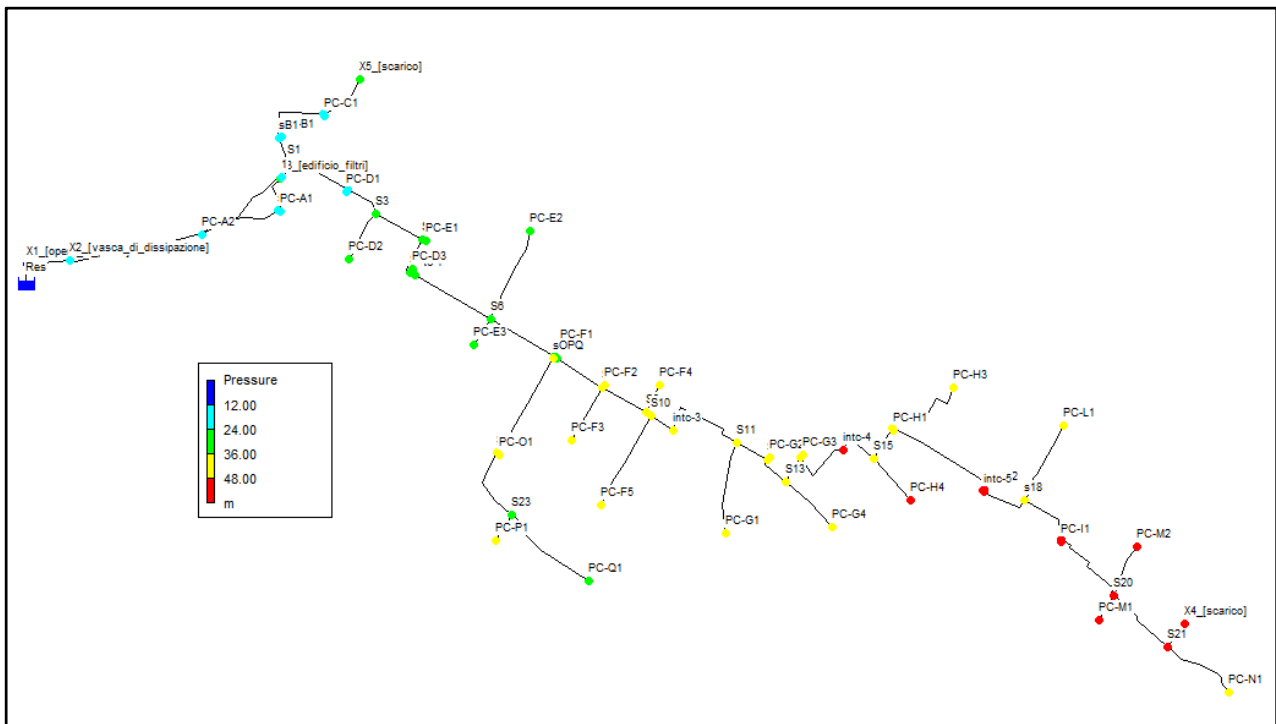
Nelle figure a seguire sono riportati in forma sintetica i risultati della modellazione rappresentando la distribuzione delle pressioni in scala cromatica per ognuno degli scenari analizzati.

Il sistema in progetto consente di assicurare ad ogni comizio pressioni di esercizio superiori ai 2 bar, necessari per il corretto funzionamento dell'impianto di irrigazione a goccia che verrà realizzato dai privati a valle del gruppo di consegna comiziale.

Le varie simulazioni di prelievo mostrano che sostanzialmente il compresorio non ha pressioni superiori ai 4 bar, garantendo una flessibilità gestionale a valle della presa comiziale in modo che ogni utente potrà sfruttare al meglio la risorsa idrica resa disponibile in termini di portata e pressione.

I gruppi di consegna A1 e A2 per la particolare condizione morfologica al variare delle condizioni di funzionamento hanno pressioni di consegna variabili da un valore minimo di circa 1,5 bar a salire.

- Scenario 1

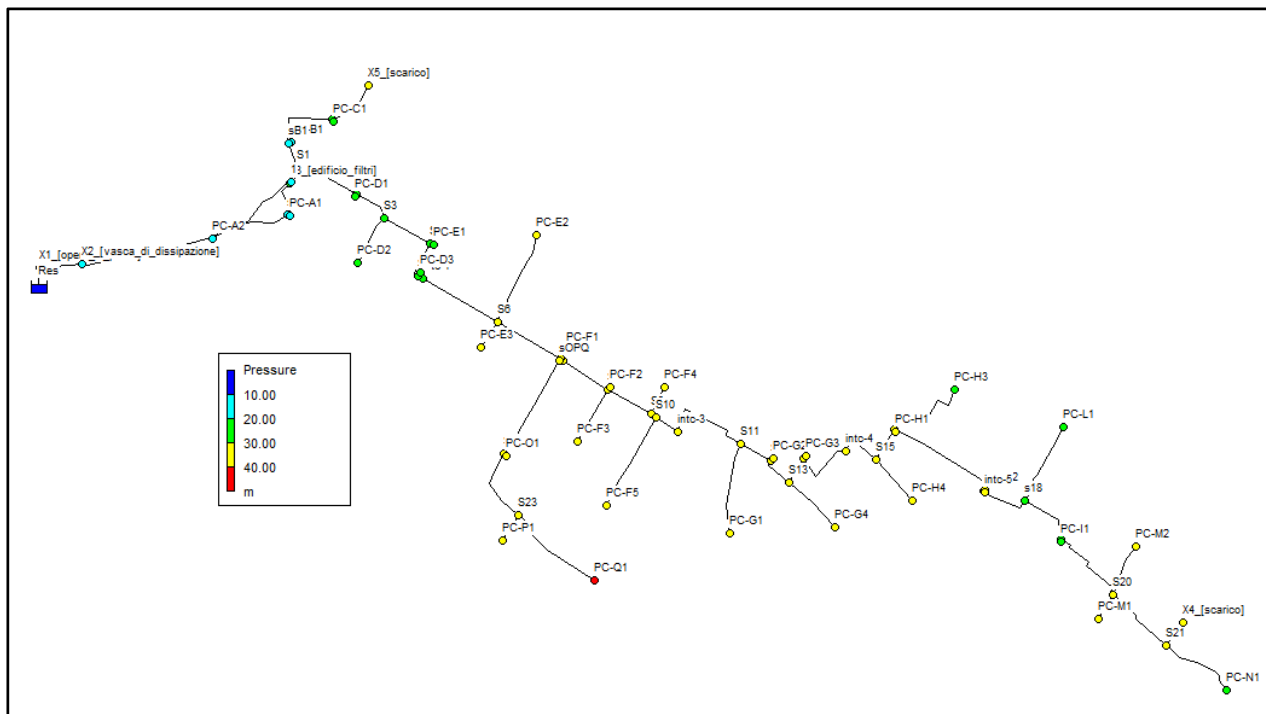


Identificativo nodo	Quota [m s.l.m.m.]	Portata erogata [l/s]	Carico totale [m s.l.m.m.]	Pressione [m c.a.]
PC-E2	512.00	0	546.47	34.47
X1_[opera_di_presa]	552.44	0	558.21	5.77
X2_[vasca_di_dissipazione]	544.00	0	558.03	14.03
S21	485.00	0	536.53	51.53
X4_[scarico]	480.00	0	536.53	56.53
S3	522.50	0	546.91	24.41
PC-D2	522.00	0	546.91	24.91
S15	495.00	0	542.38	47.38
PC-H4	494.00	0	542.38	48.38
S16	498.00	0	542.06	44.06
PC-H3	497.00	0	542.06	45.06
s18	493.00	0	538.86	45.86
PC-L1	493.00	50	531.14	38.14
PC-M2	488.00	0	537.34	49.34
S20	486.00	0	537.34	51.34
PC-M1	485.00	0	537.34	52.34
S13	500.00	0	543.59	43.59
PC-G4	497.00	0	543.59	46.59
S9	504.00	0	545.34	41.34
PC-F4	507.00	0	545.34	38.34
S8	505.60	0	545.79	40.19
PC-F3	508.00	0	545.79	37.79
PC-N1	483.00	50	529.05	46.05

S19	490.00	0	538.24	48.24
S17	492.00	0	541.01	49.01
intc-4	494.00	0	542.78	48.78
S14	496.00	0	543.34	47.34
S12	499.00	0	543.88	44.88
S11	502.00	0	544.20	42.20
intc-3	503.00	0	545.05	42.05
S10	504.00	0	545.29	41.29
intc-2	510.50	0	546.27	35.77
S7	510.50	0	546.30	35.80
S6	515.00	0	546.47	31.47
intc-1	517.50	0	546.68	29.18
S5	517.50	0	546.69	29.19
S4	517.50	0	546.78	29.28
S2	524.00	0	547.00	23.00
S1	527.00	0	547.16	20.16
PC-F1	510.50	0	546.30	35.80
X3_[edificio_filtr]	530.00	0	556.68	26.68
PC-F5	502.00	0	545.29	43.29
PC-E3	515.00	0	546.47	31.47
sA1	530.00	0	547.10	17.10
PC-A2	530.00	50	546.92	16.92
sOPQ	510.00	0	546.29	36.29
S22	510.00	0	546.04	36.04
S23	510.00	0	545.85	35.85
PC-G1	500.50	0	544.20	43.70
PC-P1	508.00	0	545.85	37.85
PC-Q1	505.00	50	537.38	32.38
sC1	525.00	0	547.16	22.16
X5_[scarico]	513.00	0	547.16	34.16
PC-B1	528.00	0	547.16	19.16
sB1	528.00	0	547.16	19.16
PC-C1	525.00	0	547.16	22.16
PC-A1	530.00	0	547.10	17.10
PC-D1	524.00	0	547.00	23.00
PC-E1	517.50	0	546.78	29.28
PC-D3	517.50	0	546.69	29.19
PC-O1	510.00	0	546.04	36.04
PC-F2	505.60	0	545.79	40.19
PC-G2	499.00	0	543.88	44.88
PC-G3	496.00	0	543.34	47.34
PC-H2	492.00	0	541.01	49.01
intc-5	492.00	0	540.98	48.98
PC-I1	490.00	0	538.24	48.24
PC-H1	498.00	0	542.06	44.06

1	530.00	0	547.19	17.19
Resvr Res	558.30	200	558.30	0.00

• Scenario 2

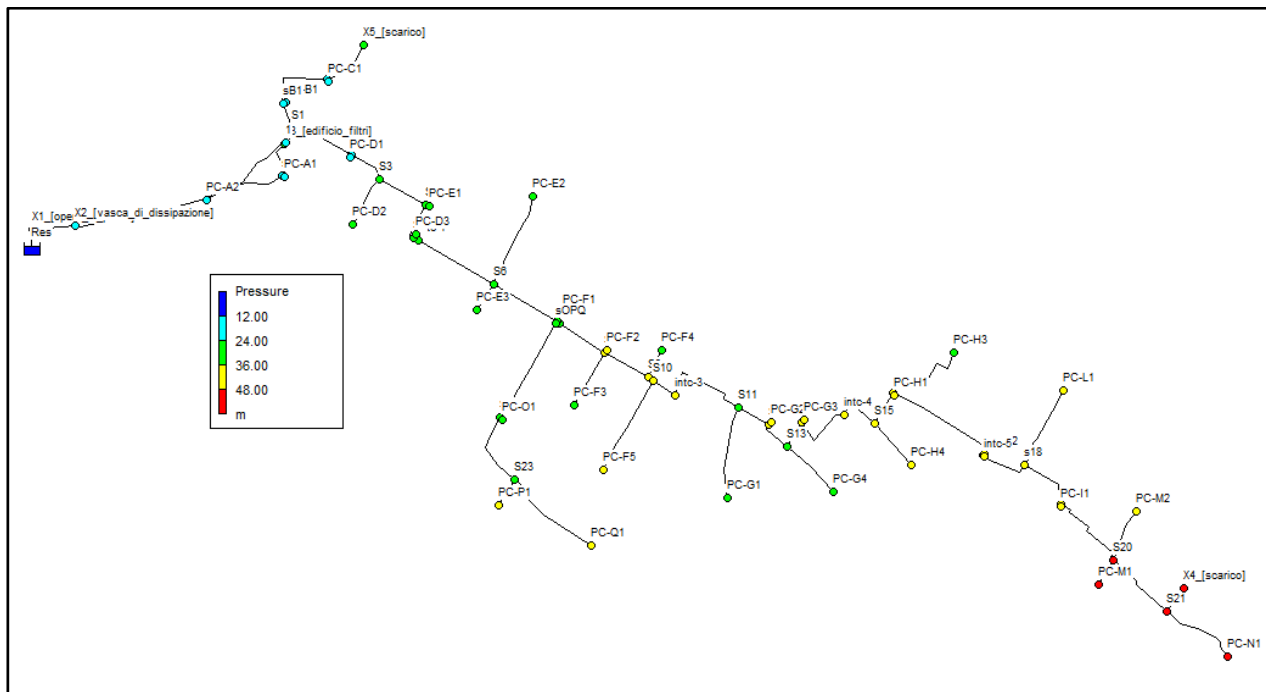


Identificativo nodo	Quota [m s.l.m.m.]	Portata erogata [l/s]	Carico totale [m s.l.m.m.]	Pressione [m c.a.]
PC-E2	512.00	0	545.91	33.91
X1_[opera_di_presa]	552.44	0	558.21	5.77
X2_[vasca_di_dissipazione]	544.00	0	558.03	14.03
S21	485.00	0	517.24	32.24
X4_[scarico]	480.00	0	517.24	37.24
S3	522.50	0	546.69	24.19
PC-D2	522.00	0	546.69	24.69
S15	495.00	0	529.92	34.92
PC-H4	494.00	0	529.92	35.92
S16	498.00	0	528.64	30.64
PC-H3	497.00	50	520.17	23.17
s18	493.00	0	521.45	28.45
PC-L1	493.00	50	513.73	20.73
PC-M2	488.00	0	518.05	30.05
S20	486.00	0	518.05	32.05
PC-M1	485.00	0	518.05	33.05
S13	500.00	0	534.78	34.78
PC-G4	497.00	0	534.78	37.78
S9	504.00	0	541.78	37.78

PC-F4	507.00	0	541.78	34.78
S8	505.60	0	543.55	37.95
PC-F3	508.00	0	543.55	35.55
PC-N1	483.00	50	509.77	26.77
S19	490.00	0	518.95	28.95
S17	492.00	0	526.28	34.28
intc-4	494.00	0	531.53	37.53
S14	496.00	0	533.79	37.79
S12	499.00	0	535.94	36.94
S11	502.00	0	537.22	35.22
intc-3	503.00	0	540.60	37.60
S10	504.00	0	541.58	37.58
intc-2	510.50	0	545.48	34.98
S7	510.50	0	545.60	35.10
S6	515.00	0	545.91	30.91
intc-1	517.50	0	546.28	28.78
S5	517.50	0	546.30	28.80
S4	517.50	0	546.46	28.96
S2	524.00	0	546.85	22.85
S1	527.00	0	547.13	20.13
PC-F1	510.50	0	545.60	35.10
X3_[edificio_filtr]	530.00	0	556.68	26.68
PC-F5	502.00	0	541.58	39.58
PC-E3	515.00	0	545.91	30.91
sA1	530.00	0	547.19	17.19
PC-A2	530.00	0	547.19	17.19
sOPQ	510.00	0	545.60	35.60
S22	510.00	0	545.60	35.60
S23	510.00	0	545.60	35.60
PC-G1	500.50	0	537.22	36.72
PC-P1	508.00	0	545.60	37.60
PC-Q1	505.00	0	545.60	40.60
sC1	525.00	0	547.13	22.13
X5_[scarico]	513.00	0	547.13	34.13
PC-B1	528.00	0	547.13	19.13
sB1	528.00	0	547.13	19.13
PC-C1	525.00	0	547.13	22.13
PC-A1	530.00	0	547.19	17.19
PC-D1	524.00	0	546.85	22.85
PC-E1	517.50	0	546.46	28.96
PC-D3	517.50	0	546.30	28.80
PC-O1	510.00	0	545.60	35.60
PC-F2	505.60	0	543.55	37.95
PC-G2	499.00	0	535.94	36.94
PC-G3	496.00	0	533.79	37.79

PC-H2	492.00	0	526.28	34.28
intc-5	492.00	0	526.22	34.22
PC-I1	490.00	50	518.83	28.83
PC-H1	498.00	0	528.64	30.64
1	530.00	0	547.19	17.19
Resvr Res	558.30	200	558.30	0.00

• Scenario 3

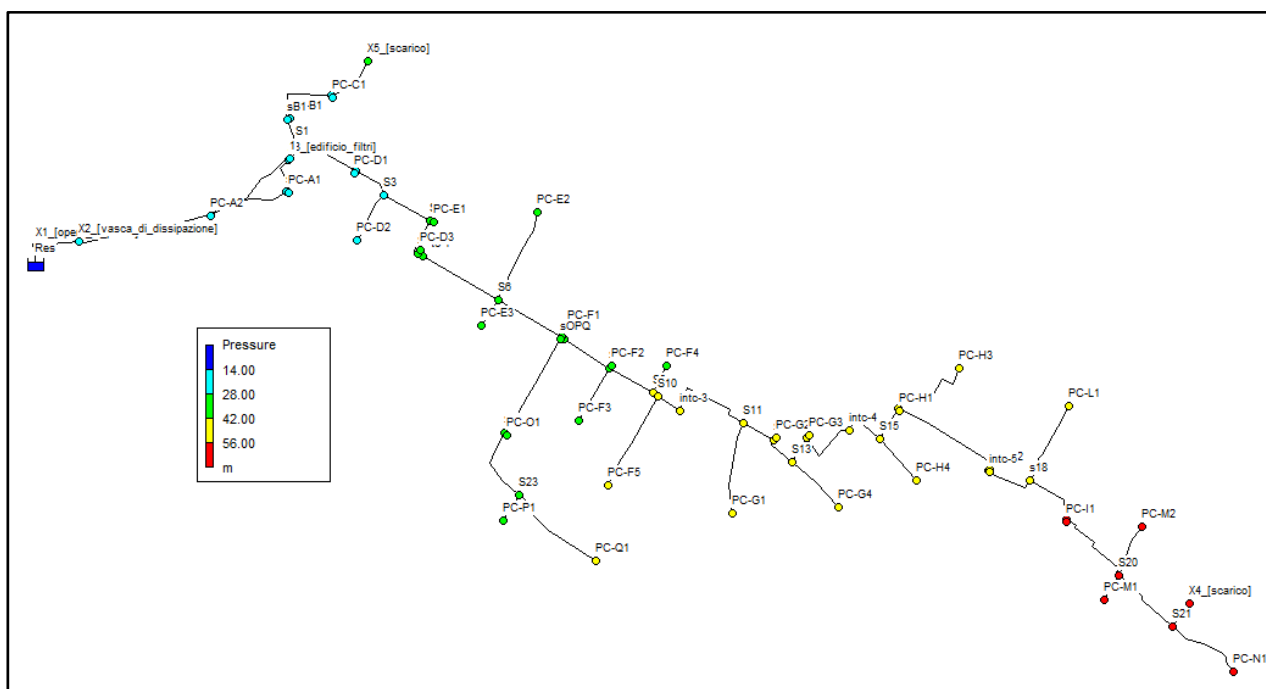


Identificativo nodo	Quota [m s.l.m.m.]	Portata erogata [l/s]	Carico totale [m s.l.m.m.]	Pressione [m c.a.]
PC-E2	512.00	0	545.91	33.91
X1_[opera_di_presa]	552.44	0	558.21	5.77
X2_[vasca_di_dissipazione]	544.00	0	558.03	14.03
S21	485.00	0	535.28	50.28
X4_[scarico]	480.00	0	535.28	55.28
S3	522.50	0	546.69	24.19
PC-D2	522.00	0	546.69	24.69
S15	495.00	0	535.36	40.36
PC-H4	494.00	0	535.36	41.36
S16	498.00	0	535.28	37.28
PC-H3	497.00	50	526.81	29.81
s18	493.00	0	535.28	42.28
PC-L1	493.00	0	535.28	42.28
PC-M2	488.00	0	535.28	47.28
S20	486.00	0	535.28	49.28
PC-M1	485.00	0	535.28	50.28

S13	500.00	0	535.85	35.85
PC-G4	497.00	50	529.87	32.87
S9	504.00	0	541.78	37.78
PC-F4	507.00	0	541.78	34.78
S8	505.60	0	543.55	37.95
PC-F3	508.00	0	543.55	35.55
PC-N1	483.00	0	535.28	52.28
S19	490.00	0	535.28	45.28
S17	492.00	0	535.28	43.28
intc-4	494.00	0	535.46	41.46
S14	496.00	0	535.60	39.60
S12	499.00	0	536.50	37.50
S11	502.00	0	537.22	35.22
intc-3	503.00	0	540.60	37.60
S10	504.00	0	541.58	37.58
intc-2	510.50	0	545.48	34.98
S7	510.50	0	545.60	35.10
S6	515.00	0	545.91	30.91
intc-1	517.50	0	546.28	28.78
S5	517.50	0	546.30	28.80
S4	517.50	0	546.46	28.96
S2	524.00	0	546.85	22.85
S1	527.00	0	547.13	20.13
PC-F1	510.50	0	545.60	35.10
X3_[edificio_filtr]	530.00	0	556.68	26.68
PC-F5	502.00	0	541.58	39.58
PC-E3	515.00	0	545.91	30.91
sA1	530.00	0	547.19	17.19
PC-A2	530.00	0	547.19	17.19
sOPQ	510.00	0	545.60	35.60
S22	510.00	0	545.60	35.60
S23	510.00	0	545.60	35.60
PC-G1	500.50	50	528.75	28.25
PC-P1	508.00	0	545.60	37.60
PC-Q1	505.00	0	545.60	40.60
sC1	525.00	0	547.13	22.13
X5_[scarico]	513.00	0	547.13	34.13
PC-B1	528.00	0	547.13	19.13
sB1	528.00	0	547.13	19.13
PC-C1	525.00	0	547.13	22.13
PC-A1	530.00	0	547.19	17.19
PC-D1	524.00	0	546.85	22.85
PC-E1	517.50	0	546.46	28.96
PC-D3	517.50	0	546.30	28.80
PC-O1	510.00	0	545.60	35.60

PC-F2	505.60	0	543.55	37.95
PC-G2	499.00	0	536.50	37.50
PC-G3	496.00	50	535.47	39.47
PC-H2	492.00	0	535.28	43.28
intc-5	492.00	0	535.28	43.28
PC-I1	490.00	0	535.28	45.28
PC-H1	498.00	0	535.28	37.28
1	530.00	0	547.19	17.19
Resvr Res	558.30	200	558.30	0.00

- Scenario 4**

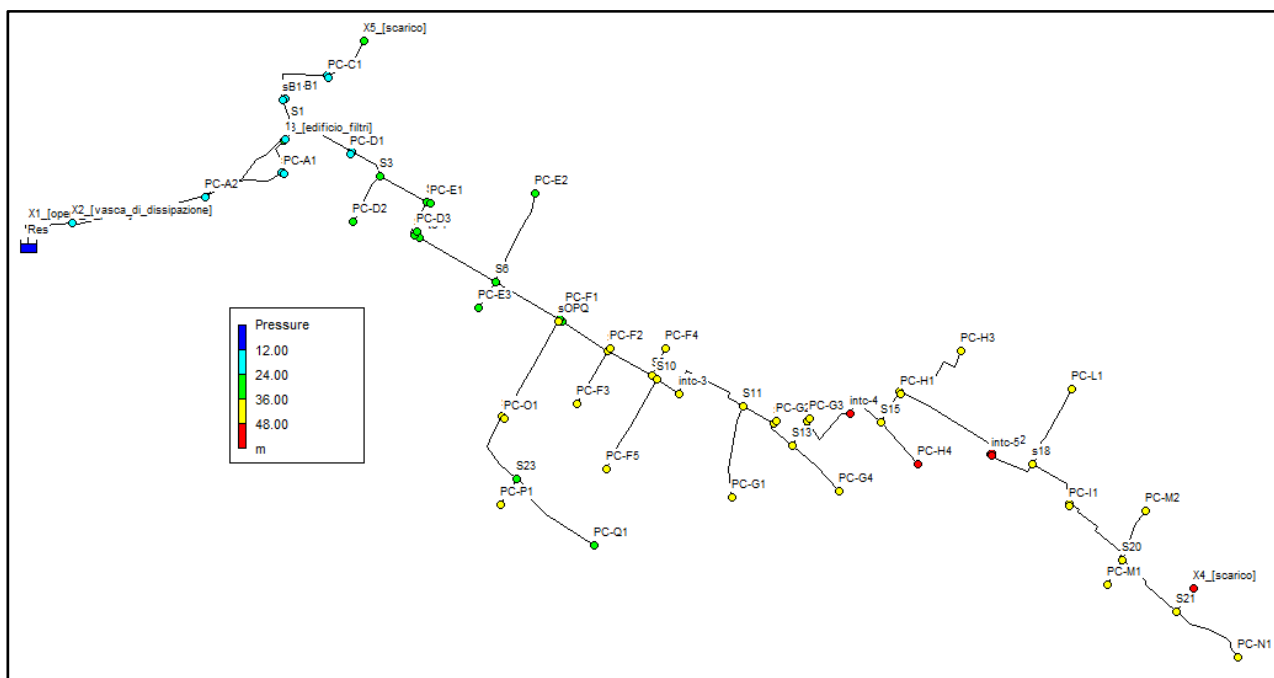


Identificativo nodo	Quota [m s.l.m.m.]	Portata erogata [l/s]	Carico totale [m s.l.m.m.]	Pressione [m c.a.]
PC-E2	512.00	0	547.18	35.18
X1_[opera_di_presa]	552.44	0	558.21	5.77
X2_[vasca_di_dissipazione]	544.00	0	558.03	14.03
S21	485.00	0	547.18	62.18
X4_[scarico]	480.00	0	547.18	67.18
S3	522.50	0	547.18	24.68
PC-D2	522.00	0	547.18	25.18
S15	495.00	0	547.18	52.18
PC-H4	494.00	0	547.18	53.18
S16	498.00	0	547.18	49.18
PC-H3	497.00	0	547.18	50.18
s18	493.00	0	547.18	54.18
PC-L1	493.00	0	547.18	54.18

PC-M2	488.00	0	547.18	59.18
S20	486.00	0	547.18	61.18
PC-M1	485.00	0	547.18	62.18
S13	500.00	0	547.18	47.18
PC-G4	497.00	0	547.18	50.18
S9	504.00	0	547.18	43.18
PC-F4	507.00	0	547.18	40.18
S8	505.60	0	547.18	41.58
PC-F3	508.00	0	547.18	39.18
PC-N1	483.00	0	547.18	64.18
S19	490.00	0	547.18	57.18
S17	492.00	0	547.18	55.18
intc-4	494.00	0	547.18	53.18
S14	496.00	0	547.18	51.18
S12	499.00	0	547.18	48.18
S11	502.00	0	547.18	45.18
intc-3	503.00	0	547.18	44.18
S10	504.00	0	547.18	43.18
intc-2	510.50	0	547.18	36.68
S7	510.50	0	547.18	36.68
S6	515.00	0	547.18	32.18
intc-1	517.50	0	547.18	29.68
S5	517.50	0	547.18	29.68
S4	517.50	0	547.18	29.68
S2	524.00	0	547.18	23.18
S1	527.00	0	547.18	20.18
PC-F1	510.50	0	547.18	36.68
X3_[edificio_filtr]	530.00	0	556.68	26.68
PC-F5	502.00	0	547.18	45.18
PC-E3	515.00	0	547.18	32.18
sA1	530.00	0	546.82	16.82
PC-A2	530.00	50	546.64	16.64
sOPQ	510.00	0	547.18	37.18
S22	510.00	0	547.18	37.18
S23	510.00	0	547.18	37.18
PC-G1	500.50	0	547.18	46.68
PC-P1	508.00	0	547.18	39.18
PC-Q1	505.00	0	547.18	42.18
sC1	525.00	0	545.37	20.37
X5_[scarico]	513.00	0	545.37	32.37
PC-B1	528.00	50	545.90	17.90
sB1	528.00	0	546.15	18.15
PC-C1	525.00	50	545.12	20.12
PC-A1	530.00	50	546.70	16.70
PC-D1	524.00	0	547.18	23.18

PC-E1	517.50	0	547.18	29.68
PC-D3	517.50	0	547.18	29.68
PC-O1	510.00	0	547.18	37.18
PC-F2	505.60	0	547.18	41.58
PC-G2	499.00	0	547.18	48.18
PC-G3	496.00	0	547.18	51.18
PC-H2	492.00	0	547.18	55.18
intc-5	492.00	0	547.18	55.18
PC-I1	490.00	0	547.18	57.18
PC-H1	498.00	0	547.18	49.18
1	530.00	0	547.19	17.19
Resvr Res	558.30	200	558.30	0.00

• Scenario 5



Identificativo nodo	Quota [m s.l.m.m.]	Portata erogata [l/s]	Carico totale [m s.l.m.m.]	Pressione [m c.a.]
PC-E2	512.00	0	546.47	34.47
X1_[opera_di_presa]	552.44	0	558.21	5.77
X2_[vasca_di_dissipazione]	544.00	0	558.03	14.03
S21	485.00	0	531.94	46.94
X4_[scarico]	480.00	0	531.94	51.94
S3	522.50	0	546.91	24.41
PC-D2	522.00	0	546.91	24.91
S15	495.00	0	542.38	47.38
PC-H4	494.00	0	542.38	48.38
S16	498.00	0	542.06	44.06

PC-H3	497.00	0	542.06	45.06
s18	493.00	0	538.86	45.86
PC-L1	493.00	0	538.86	45.86
PC-M2	488.00	0	532.75	44.75
S20	486.00	0	532.75	46.75
PC-M1	485.00	50	530.14	45.14
S13	500.00	0	543.59	43.59
PC-G4	497.00	0	543.59	46.59
S9	504.00	0	545.34	41.34
PC-F4	507.00	0	545.34	38.34
S8	505.60	0	545.79	40.19
PC-F3	508.00	0	545.79	37.79
PC-N1	483.00	50	524.47	41.47
S19	490.00	0	536.36	46.36
S17	492.00	0	541.01	49.01
intc-4	494.00	0	542.78	48.78
S14	496.00	0	543.34	47.34
S12	499.00	0	543.88	44.88
S11	502.00	0	544.20	42.20
intc-3	503.00	0	545.05	42.05
S10	504.00	0	545.29	41.29
intc-2	510.50	0	546.27	35.77
S7	510.50	0	546.30	35.80
S6	515.00	0	546.47	31.47
intc-1	517.50	0	546.68	29.18
S5	517.50	0	546.69	29.19
S4	517.50	0	546.78	29.28
S2	524.00	0	547.00	23.00
S1	527.00	0	547.16	20.16
PC-F1	510.50	0	546.30	35.80
X3_[edificio_filtr]	530.00	0	556.68	26.68
PC-F5	502.00	0	545.29	43.29
PC-E3	515.00	0	546.47	31.47
sA1	530.00	0	547.10	17.10
PC-A2	530.00	50	546.92	16.92
sOPQ	510.00	0	546.29	36.29
S22	510.00	0	546.04	36.04
S23	510.00	0	545.85	35.85
PC-G1	500.50	0	544.20	43.70
PC-P1	508.00	0	545.85	37.85
PC-Q1	505.00	50	537.38	32.38
sC1	525.00	0	547.16	22.16
X5_[scarico]	513.00	0	547.16	34.16
PC-B1	528.00	0	547.16	19.16
sB1	528.00	0	547.16	19.16

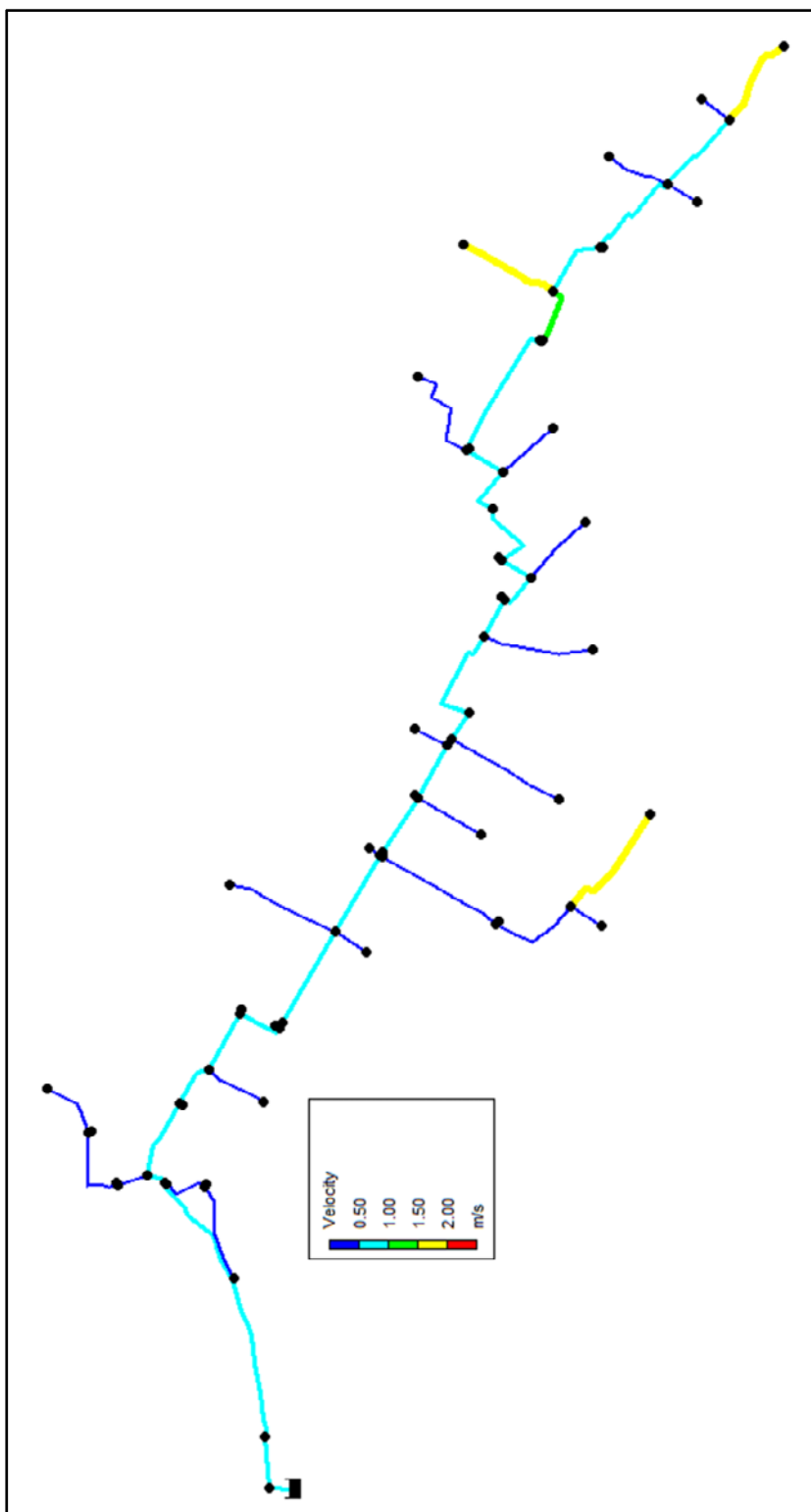
S15	495.00	0	542.35	47.35
PC-H4	494.00	0	542.35	48.35
S16	498.00	0	542.03	44.03
PC-H3	497.00	0	542.03	45.03
s18	493.00	0	538.83	45.83
PC-L1	493.00	50	531.11	38.11
PC-M2	488.00	0	537.31	49.31
S20	486.00	0	537.31	51.31
PC-M1	485.00	0	537.31	52.31
S13	500.00	0	543.57	43.57
PC-G4	497.00	0	543.57	46.57
S9	504.00	0	545.31	41.31
PC-F4	507.00	0	545.31	38.31
S8	505.60	0	545.76	40.16
PC-F3	508.00	0	545.76	37.76
PC-N1	483.00	50	529.03	46.03
S19	490.00	0	538.21	48.21
S17	492.00	0	540.98	48.98
intc-4	494.00	0	542.75	48.75
S14	496.00	0	543.32	47.32
S12	499.00	0	543.85	44.85
S11	502.00	0	544.17	42.17
intc-3	503.00	0	545.02	42.02
S10	504.00	0	545.26	41.26
intc-2	510.50	0	546.24	35.74
S7	510.50	0	546.27	35.77
S6	515.00	0	546.44	31.44
intc-1	517.50	0	546.65	29.15
S5	517.50	0	546.66	29.16
S4	517.50	0	546.75	29.25
S2	524.00	0	546.97	22.97
S1	527.00	0	547.13	20.13
PC-F1	510.50	0	546.27	35.77
X3_[edificio_filtr]	530.00	0	556.68	26.68
PC-F5	502.00	0	545.26	43.26
PC-E3	515.00	0	546.44	31.44
sA1	530.00	0	547.19	17.19
PC-A2	530.00	0	547.19	17.19
sOPQ	510.00	0	546.26	36.26
S22	510.00	0	546.01	36.01
S23	510.00	0	545.82	35.82
PC-G1	500.50	0	544.17	43.67
PC-P1	508.00	0	545.82	37.82
PC-Q1	505.00	50	537.36	32.36
sC1	525.00	0	546.10	21.10

X5_[scarico]	513.00	0	546.10	33.10
PC-B1	528.00	0	546.87	18.87
sB1	528.00	0	546.87	18.87
PC-C1	525.00	50	545.85	20.85
PC-A1	530.00	0	547.19	17.19
PC-D1	524.00	0	546.97	22.97
PC-E1	517.50	0	546.75	29.25
PC-D3	517.50	0	546.66	29.16
PC-O1	510.00	0	546.01	36.01
PC-F2	505.60	0	545.76	40.16
PC-G2	499.00	0	543.85	44.85
PC-G3	496.00	0	543.32	47.32
PC-H2	492.00	0	540.98	48.98
intc-5	492.00	0	540.96	48.96
PC-I1	490.00	0	538.21	48.21
PC-H1	498.00	0	542.03	44.03
1	530.00	0	547.19	17.19
Resvr Res	558.30	200	558.30	0.00

4.6 Distribuzione delle velocità

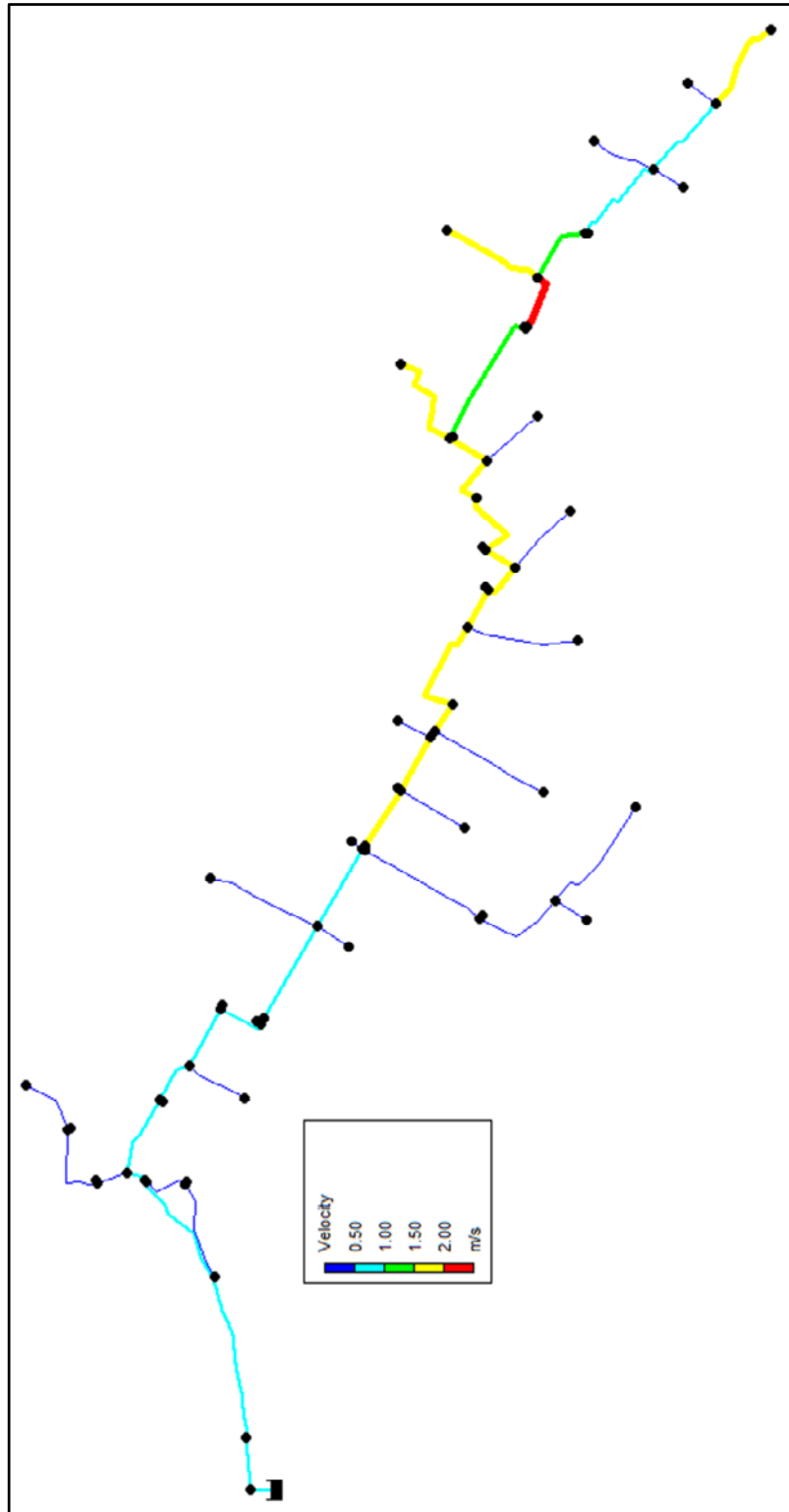
Le velocità in condotta sono mediamente contenute entro gli usuali intervalli di velocità reperibili nella letteratura tecnica e forniti dai produttori variando da 0.5 a 2.0 m/s circa.

- Scenario 1



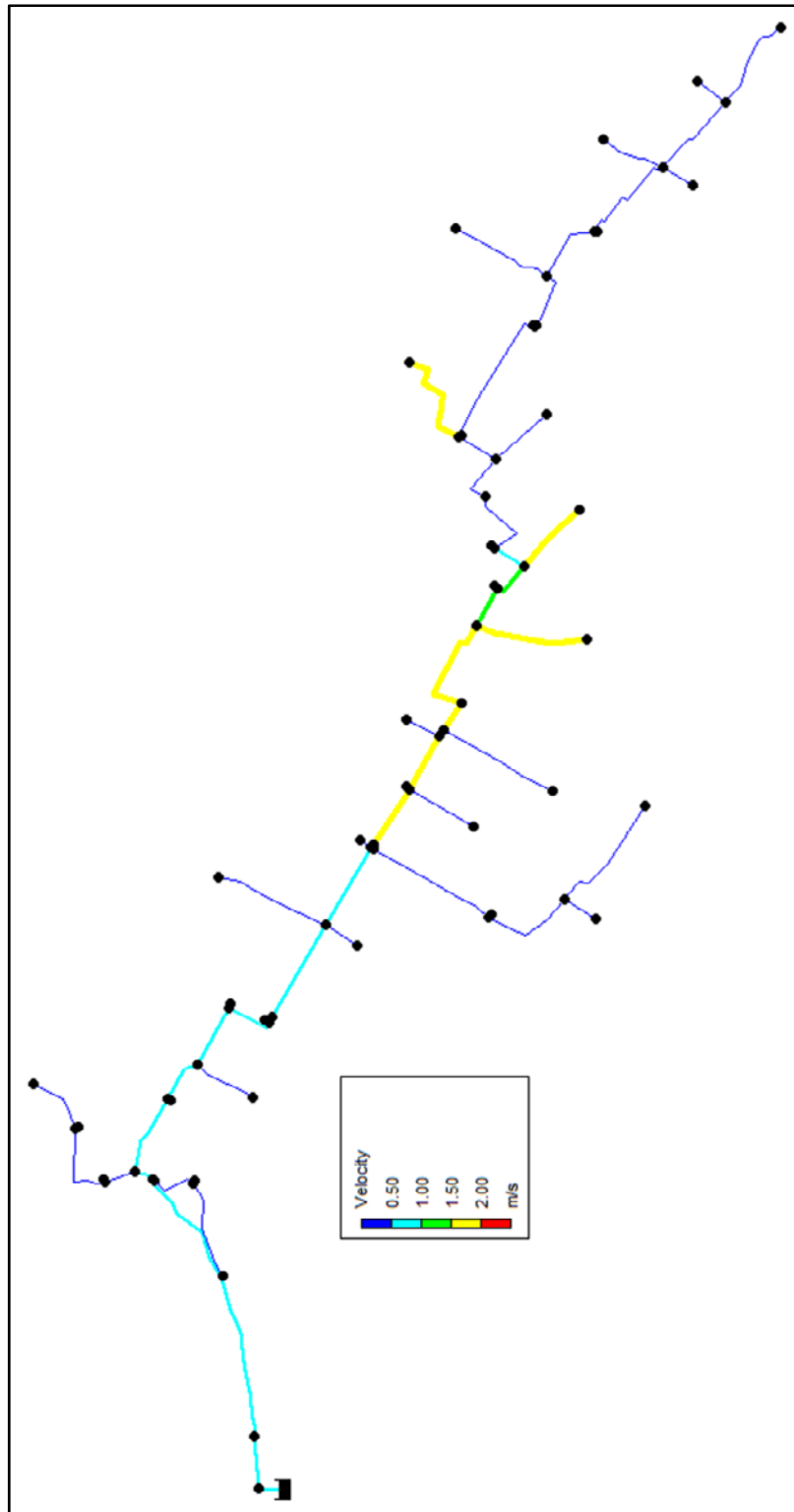
Identificativo tubazione	Portata [l/s]	Velocità [m/s]	Perdita di carico unitaria [m/km]	Identificativo tubazione	Portata [l/s]	Velocità [m/s]	Perdita di carico unitaria [m/km]
Pipe 1	0	0	0	Pipe 35	150	0.53	0.64
Pipe 100	200	0.71	1.14	Pipe 36	150	0.53	0.64
Pipe 3	200	0.71	1.14	Pipe 37	150	0.53	0.64
Pipe 4	0	0	0	Pipe 38	150	0.53	0.64
Pipe 5	0	0	0	Pipe 39	150	0.53	0.64
Pipe 6	0	0	0	Pipe 40	0	0	0
Pipe 7	0	0	0	Pipe 41	200	0.71	1.6
Pipe 8	50	1.59	24.91	Pipe 42	0	0	0
Pipe 9	0	0	0	Pipe 43	0	0	0
Pipe 10	0	0	0	Pipe 44	50	0.4	0.62
Pipe 11	0	0	0	Pipe 45	50	0.4	0.62
Pipe 12	0	0	0	Pipe 47	50	0.4	0.62
Pipe 13	0	0	0	Pipe 48	50	0.4	0.62
Pipe 14	50	1.59	24.91	Pipe 49	50	0.4	0.62
Pipe 15	50	0.71	2.87	Pipe 50	0	0	0
Pipe 16	50	0.71	2.87	Pipe 51	0	0	0
Pipe 17	50	0.71	2.87	Pipe 52	50	1.59	24.91
Pipe 90	100	1.41	11.46	Pipe 53	0	0	0
Pipe 19	100	0.8	2.47	Pipe 54	0	0	0
Pipe 20	100	0.8	2.47	Pipe 55	0	0	0
Pipe 21	100	0.8	2.47	Pipe 56	100	0.8	2.47
Pipe 22	100	0.8	2.47	Pipe 18	0	0	0
Pipe 23	100	0.8	2.47	Pipe 57	0	0	0
Pipe 24	100	0.8	2.47	Pipe 58	0	0	0
Pipe 25	100	0.8	2.47	Pipe 59	0	0	0
Pipe 26	100	0.8	2.47	Pipe 60	0	0	0
Pipe 27	100	0.8	2.47	Pipe 61	0	0	0
Pipe 28	100	0.8	2.47	Pipe 62	0	0	0
Pipe 29	100	0.8	2.47	Pipe 63	0	0	0
Pipe 30	100	0.8	2.47	Pipe 64	0	0	0
Pipe 31	100	0.8	2.47	Pipe 2	0	0	0
Pipe 32	150	0.53	0.64	Pipe 66	0	0	0
Pipe 33	150	0.53	0.64	Pipe 67	0	0	0
Pipe 34	150	0.53	0.64	Pipe 68	0	0	0

- Scenario 2



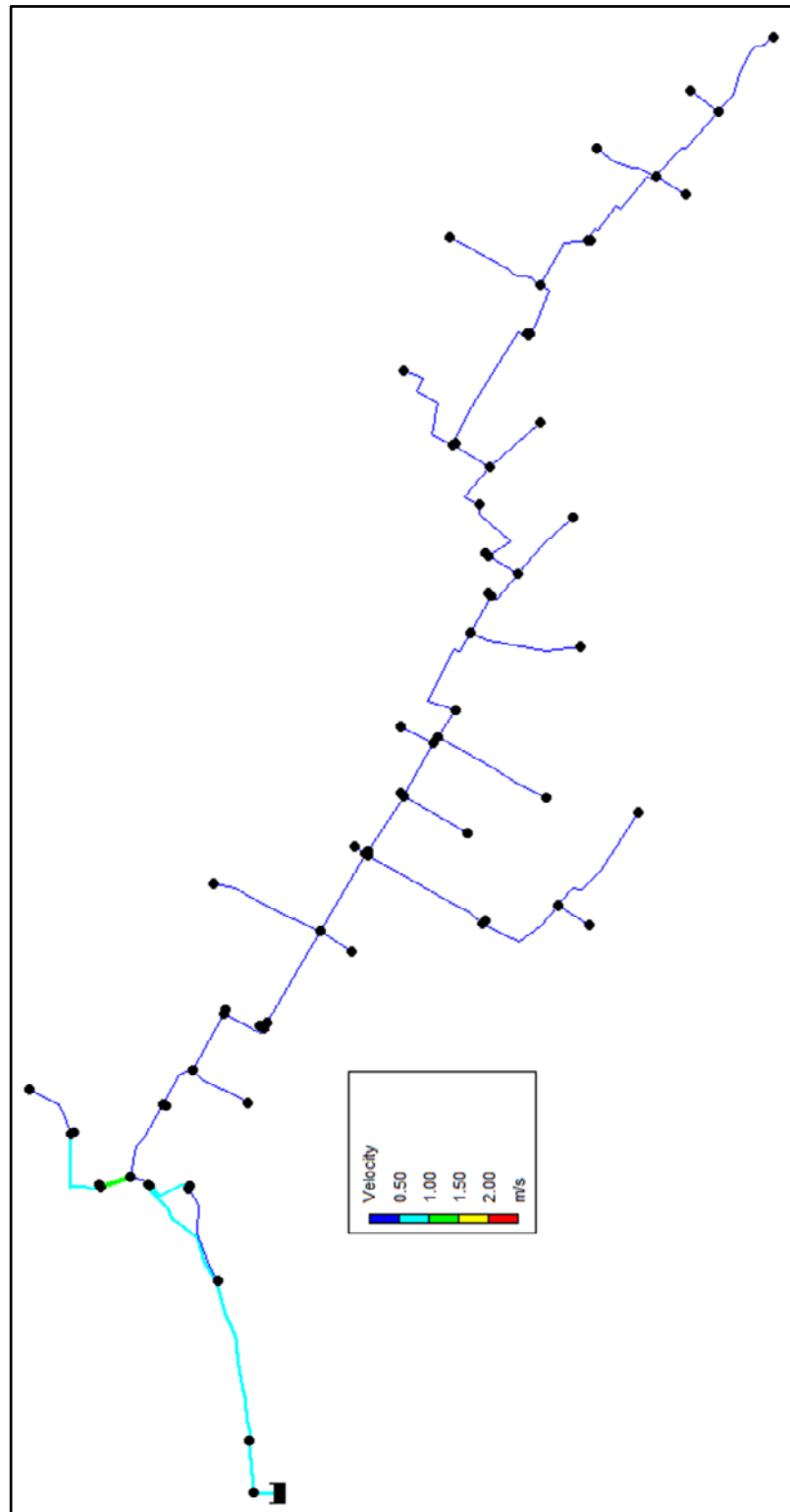
Identificativo tubazione	Portata [l/s]	Velocità [m/s]	Perdita di carico unitaria [m/km]	Identificativo tubazione	Portata [l/s]	Velocità [m/s]	Perdita di carico unitaria [m/km]
Pipe 1	0	0	0	Pipe 35	200	0.71	1.14
Pipe 100	200	0.71	1.14	Pipe 36	200	0.71	1.14
Pipe 3	200	0.71	1.14	Pipe 37	200	0.71	1.14
Pipe 4	0	0	0	Pipe 38	200	0.71	1.14
Pipe 5	0	0	0	Pipe 39	200	0.71	1.14
Pipe 6	0	0	0	Pipe 40	0	0	0
Pipe 7	50	1.59	24.91	Pipe 41	200	0.71	1.6
Pipe 8	50	1.59	24.91	Pipe 42	0	0	0
Pipe 9	0	0	0	Pipe 43	0	0	0
Pipe 10	0	0	0	Pipe 44	0	0	0
Pipe 11	0	0	0	Pipe 45	0	0	0
Pipe 12	0	0	0	Pipe 47	0	0	0
Pipe 13	0	0	0	Pipe 48	0	0	0
Pipe 14	50	1.59	24.91	Pipe 49	0	0	0
Pipe 15	50	0.71	2.87	Pipe 50	0	0	0
Pipe 16	50	0.71	2.87	Pipe 51	0	0	0
Pipe 17	100	1.41	11.46	Pipe 52	0	0	0
Pipe 90	150	2.12	25.79	Pipe 53	0	0	0
Pipe 19	150	1.19	5.56	Pipe 54	0	0	0
Pipe 20	200	1.59	9.89	Pipe 55	0	0	0
Pipe 21	200	1.59	9.89	Pipe 56	150	1.19	5.56
Pipe 22	200	1.59	9.89	Pipe 18	0	0	0
Pipe 23	200	1.59	9.89	Pipe 57	0	0	0
Pipe 24	200	1.59	9.89	Pipe 58	0	0	0
Pipe 25	200	1.59	9.89	Pipe 59	0	0	0
Pipe 26	200	1.59	9.89	Pipe 60	0	0	0
Pipe 27	200	1.59	9.89	Pipe 61	0	0	0
Pipe 28	200	1.59	9.89	Pipe 62	0	0	0
Pipe 29	200	1.59	9.89	Pipe 63	0	0	0
Pipe 30	200	1.59	9.89	Pipe 64	50	1.59	24.91
Pipe 31	200	1.59	9.89	Pipe 2	0	0	0
Pipe 32	200	0.71	1.14	Pipe 66	0	0	0
Pipe 33	200	0.71	1.14	Pipe 67	0	0	0
Pipe 34	200	0.71	1.14	Pipe 68	0	0	0

- Scenario 3



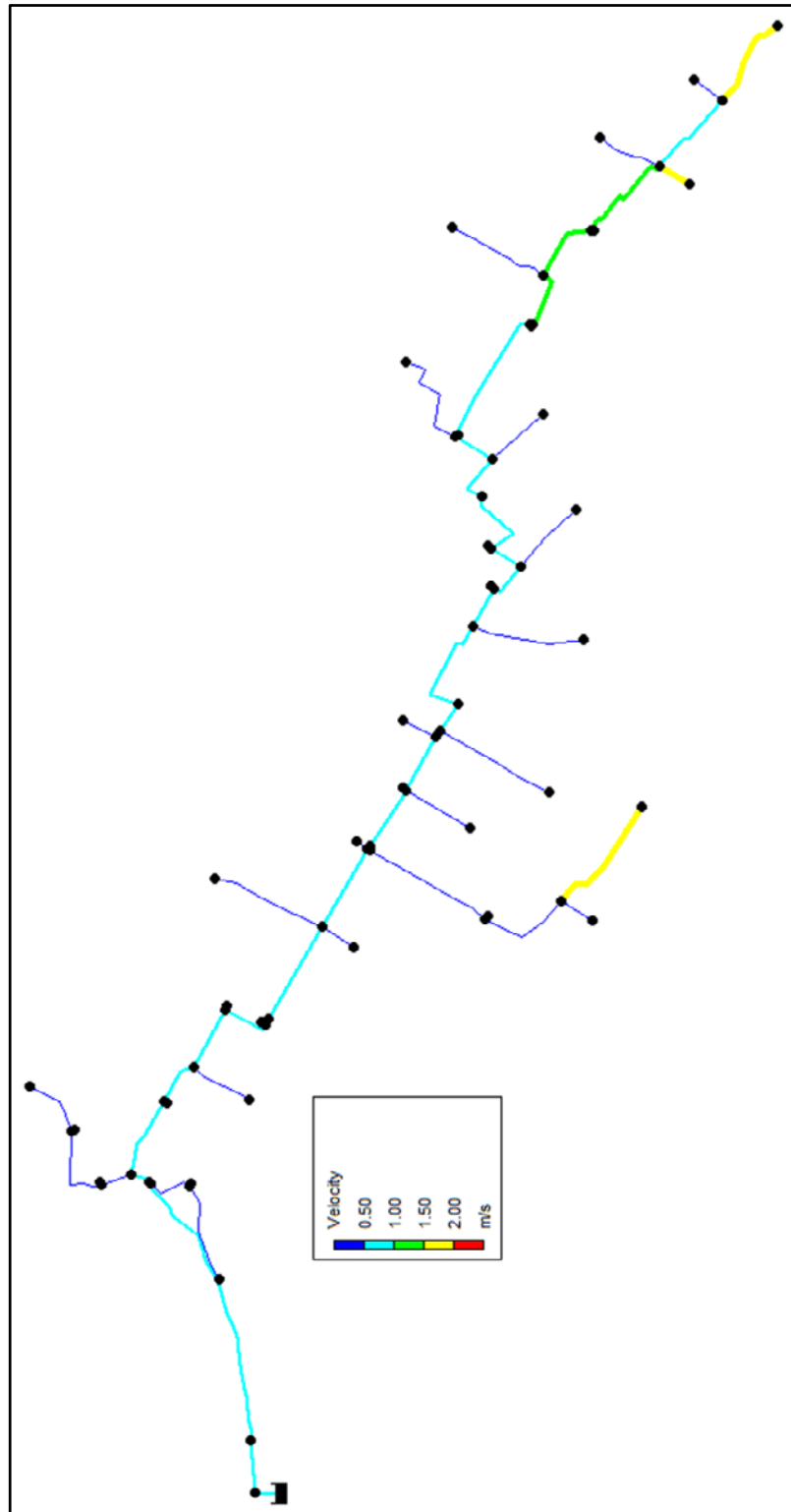
Identificativo tubazione	Portata [l/s]	Velocità [m/s]	Perdita di carico unitaria [m/km]	Identificativo tubazione	Portata [l/s]	Velocità [m/s]	Perdita di carico unitaria [m/km]
Pipe 1	0	0	0	Pipe 35	200	0.71	1.14
Pipe 100	200	0.71	1.14	Pipe 36	200	0.71	1.14
Pipe 3	200	0.71	1.14	Pipe 37	200	0.71	1.14
Pipe 4	0	0	0	Pipe 38	200	0.71	1.14
Pipe 5	0	0	0	Pipe 39	200	0.71	1.14
Pipe 6	0	0	0	Pipe 40	0	0	0
Pipe 7	50	1.59	24.91	Pipe 41	200	0.71	1.6
Pipe 8	0	0	0	Pipe 42	0	0	0
Pipe 9	0	0	0	Pipe 43	0	0	0
Pipe 10	0	0	0	Pipe 44	0	0	0
Pipe 11	50	1.59	24.91	Pipe 45	0	0	0
Pipe 12	0	0	0	Pipe 47	0	0	0
Pipe 13	0	0	0	Pipe 48	0	0	0
Pipe 14	0	0	0	Pipe 49	0	0	0
Pipe 15	0	0	0	Pipe 50	50	1.59	24.91
Pipe 16	0	0	0	Pipe 51	0	0	0
Pipe 17	0	0	0	Pipe 52	0	0	0
Pipe 90	0	0	0	Pipe 53	0	0	0
Pipe 19	0	0	0	Pipe 54	0	0	0
Pipe 20	50	0.4	0.62	Pipe 55	0	0	0
Pipe 21	50	0.4	0.62	Pipe 56	0	0	0
Pipe 22	50	0.4	0.62	Pipe 18	0	0	0
Pipe 23	100	0.8	2.47	Pipe 57	0	0	0
Pipe 24	150	1.19	5.56	Pipe 58	0	0	0
Pipe 25	150	1.19	5.56	Pipe 59	0	0	0
Pipe 26	200	1.59	9.89	Pipe 60	0	0	0
Pipe 27	200	1.59	9.89	Pipe 61	50	1.59	24.91
Pipe 28	200	1.59	9.89	Pipe 62	0	0	0
Pipe 29	200	1.59	9.89	Pipe 63	0	0	0
Pipe 30	200	1.59	9.89	Pipe 64	0	0	0
Pipe 31	200	1.59	9.89	Pipe 2	0	0	0
Pipe 32	200	0.71	1.14	Pipe 66	0	0	0
Pipe 33	200	0.71	1.14	Pipe 67	0	0	0
Pipe 34	200	0.71	1.14	Pipe 68	0	0	0

- Scenario 4



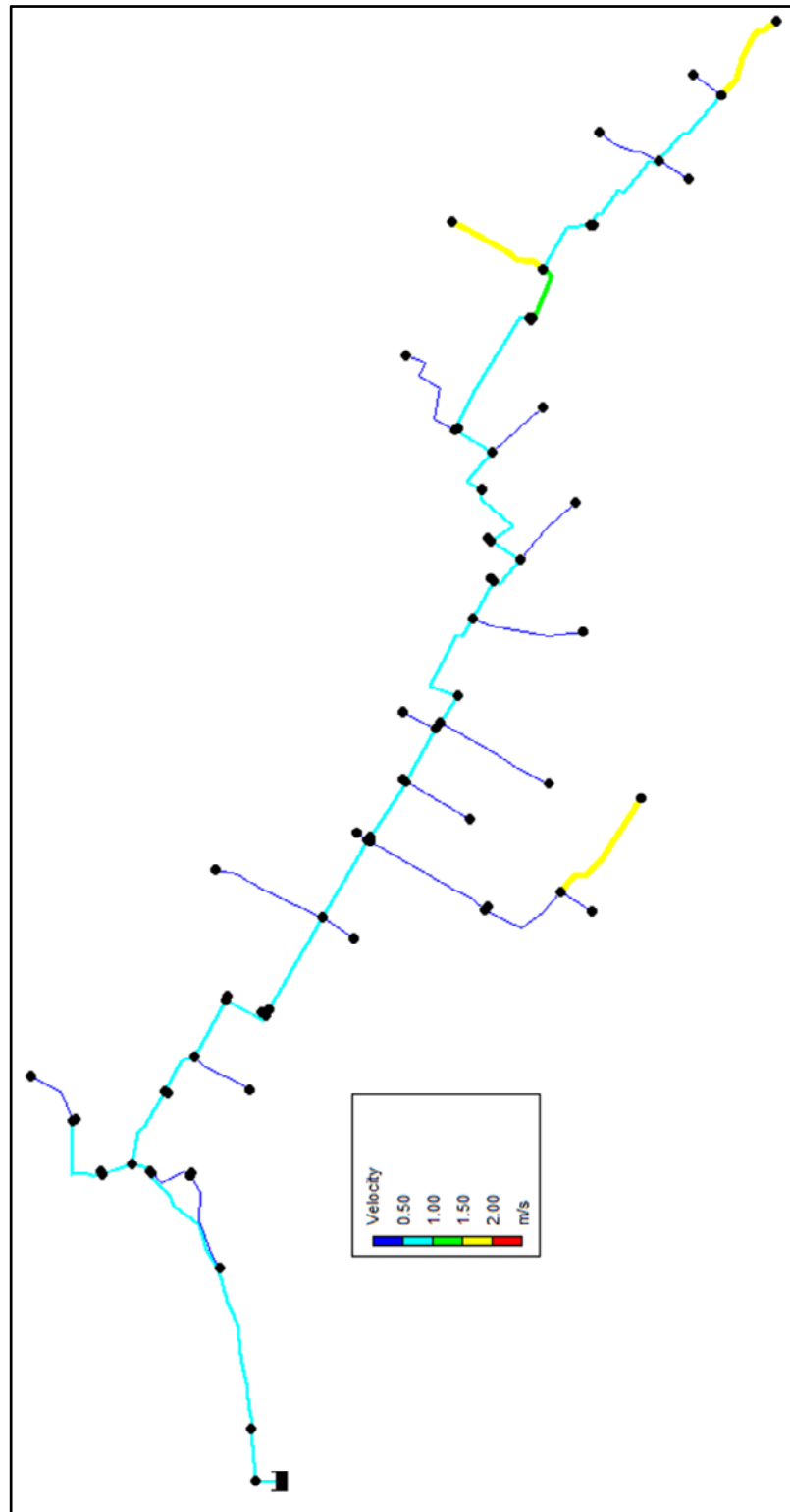
Identificativo tubazione	Portata [l/s]	Velocità [m/s]	Perdita di carico unitaria [m/km]	Identificativo tubazione	Portata [l/s]	Velocità [m/s]	Perdita di carico unitaria [m/km]
Pipe 1	0	0	0	Pipe 34	0	0	0
Pipe 100	200	0.71	1.14	Pipe 35	0	0	0
Pipe 3	200	0.71	1.14	Pipe 36	0	0	0
Pipe 4	0	0	0	Pipe 37	0	0	0
Pipe 5	0	0	0	Pipe 38	0	0	0
Pipe 6	0	0	0	Pipe 39	100	0.35	0.28
Pipe 7	0	0	0	Pipe 40	0	0	0
Pipe 8	0	0	0	Pipe 41	200	0.71	1.6
Pipe 9	0	0	0	Pipe 42	0	0	0
Pipe 10	0	0	0	Pipe 43	0	0	0
Pipe 11	0	0	0	Pipe 44	100	0.8	2.47
Pipe 12	0	0	0	Pipe 45	50	0.4	0.62
Pipe 13	0	0	0	Pipe 47	0	0	0
Pipe 14	0	0	0	Pipe 48	0	0	0
Pipe 15	0	0	0	Pipe 49	0	0	0
Pipe 16	0	0	0	Pipe 50	0	0	0
Pipe 17	0	0	0	Pipe 51	0	0	0
Pipe 90	0	0	0	Pipe 52	0	0	0
Pipe 19	0	0	0	Pipe 53	50	0.71	2.87
Pipe 20	0	0	0	Pipe 54	0	0	0
Pipe 21	0	0	0	Pipe 55	100	1.41	11.46
Pipe 22	0	0	0	Pipe 56	0	0	0
Pipe 23	0	0	0	Pipe 18	0	0	0
Pipe 24	0	0	0	Pipe 57	0	0	0
Pipe 25	0	0	0	Pipe 58	0	0	0
Pipe 26	0	0	0	Pipe 59	0	0	0
Pipe 27	0	0	0	Pipe 60	0	0	0
Pipe 28	0	0	0	Pipe 61	0	0	0
Pipe 29	0	0	0	Pipe 62	0	0	0
Pipe 30	0	0	0	Pipe 63	0	0	0
Pipe 31	0	0	0	Pipe 64	0	0	0
Pipe 32	0	0	0	Pipe 2	0	0	0
Pipe 33	0	0	0	Pipe 66	50	1.59	24.91
Pipe 68	50	1.59	24.91	Pipe 67	50	1.59	24.91

- Scenario 5



Identificativo tubazione	Portata [l/s]	Velocità [m/s]	Perdita di carico unitaria [m/km]	Identificativo tubazione	Portata [l/s]	Velocità [m/s]	Perdita di carico unitaria [m/km]
Pipe 1	0	0	0	Pipe 35	150	0.53	0.64
Pipe 100	200	0.71	1.14	Pipe 36	150	0.53	0.64
Pipe 3	200	0.71	1.14	Pipe 37	150	0.53	0.64
Pipe 4	0	0	0	Pipe 38	150	0.53	0.64
Pipe 5	0	0	0	Pipe 39	150	0.53	0.64
Pipe 6	0	0	0	Pipe 40	0	0	0
Pipe 7	0	0	0	Pipe 41	200	0.71	1.6
Pipe 8	0	0	0	Pipe 42	0	0	0
Pipe 9	0	0	0	Pipe 43	0	0	0
Pipe 10	50	1.59	24.91	Pipe 44	50	0.4	0.62
Pipe 11	0	0	0	Pipe 45	50	0.4	0.62
Pipe 12	0	0	0	Pipe 47	50	0.4	0.62
Pipe 13	0	0	0	Pipe 48	50	0.4	0.62
Pipe 14	50	1.59	24.91	Pipe 49	50	0.4	0.62
Pipe 15	50	0.71	2.87	Pipe 50	0	0	0
Pipe 16	100	1.41	11.46	Pipe 51	0	0	0
Pipe 17	100	1.41	11.46	Pipe 52	50	1.59	24.91
Pipe 90	100	1.41	11.46	Pipe 53	0	0	0
Pipe 19	100	0.8	2.47	Pipe 54	0	0	0
Pipe 20	100	0.8	2.47	Pipe 55	0	0	0
Pipe 21	100	0.8	2.47	Pipe 56	100	0.8	2.47
Pipe 22	100	0.8	2.47	Pipe 18	0	0	0
Pipe 23	100	0.8	2.47	Pipe 57	0	0	0
Pipe 24	100	0.8	2.47	Pipe 58	0	0	0
Pipe 25	100	0.8	2.47	Pipe 59	0	0	0
Pipe 26	100	0.8	2.47	Pipe 60	0	0	0
Pipe 27	100	0.8	2.47	Pipe 61	0	0	0
Pipe 28	100	0.8	2.47	Pipe 62	0	0	0
Pipe 29	100	0.8	2.47	Pipe 63	0	0	0
Pipe 30	100	0.8	2.47	Pipe 64	0	0	0
Pipe 31	100	0.8	2.47	Pipe 2	0	0	0
Pipe 32	150	0.53	0.64	Pipe 66	0	0	0
Pipe 33	150	0.53	0.64	Pipe 67	0	0	0
Pipe 34	150	0.53	0.64	Pipe 68	0	0	0

- Scenario 6



Identificativo tubazione	Portata [l/s]	Velocità [m/s]	Perdita di carico unitaria [m/km]	Identificativo tubazione	Portata [l/s]	Velocità [m/s]	Perdita di carico unitaria [m/km]
Pipe 1	0	0	0	Pipe 35	150	0.53	0.64
Pipe 100	200	0.71	1.14	Pipe 36	150	0.53	0.64
Pipe 3	200	0.71	1.14	Pipe 37	150	0.53	0.64
Pipe 4	0	0	0	Pipe 38	150	0.53	0.64
Pipe 5	0	0	0	Pipe 39	200	0.71	1.14
Pipe 6	0	0	0	Pipe 40	0	0	0
Pipe 7	0	0	0	Pipe 41	200	0.71	1.6
Pipe 8	50	1.59	24.91	Pipe 42	0	0	0
Pipe 9	0	0	0	Pipe 43	0	0	0
Pipe 10	0	0	0	Pipe 44	0	0	0
Pipe 11	0	0	0	Pipe 45	0	0	0
Pipe 12	0	0	0	Pipe 47	50	0.4	0.62
Pipe 13	0	0	0	Pipe 48	50	0.4	0.62
Pipe 14	50	1.59	24.91	Pipe 49	50	0.4	0.62
Pipe 15	50	0.71	2.87	Pipe 50	0	0	0
Pipe 16	50	0.71	2.87	Pipe 51	0	0	0
Pipe 17	50	0.71	2.87	Pipe 52	50	1.59	24.91
Pipe 90	100	1.41	11.46	Pipe 53	50	0.71	2.87
Pipe 19	100	0.8	2.47	Pipe 54	0	0	0
Pipe 20	100	0.8	2.47	Pipe 55	50	0.71	2.87
Pipe 21	100	0.8	2.47	Pipe 56	100	0.8	2.47
Pipe 22	100	0.8	2.47	Pipe 18	0	0	0
Pipe 23	100	0.8	2.47	Pipe 57	0	0	0
Pipe 24	100	0.8	2.47	Pipe 58	0	0	0
Pipe 25	100	0.8	2.47	Pipe 59	0	0	0
Pipe 26	100	0.8	2.47	Pipe 60	0	0	0
Pipe 27	100	0.8	2.47	Pipe 61	0	0	0
Pipe 28	100	0.8	2.47	Pipe 62	0	0	0
Pipe 29	100	0.8	2.47	Pipe 63	0	0	0
Pipe 30	100	0.8	2.47	Pipe 64	0	0	0
Pipe 31	100	0.8	2.47	Pipe 2	0	0	0
Pipe 32	150	0.53	0.64	Pipe 66	0	0	0
Pipe 33	150	0.53	0.64	Pipe 67	0	0	0
Pipe 34	150	0.53	0.64	Pipe 68	50	1.59	24.91

5. CONCLUSIONI

Con la presente Relazione di calcolo idraulico si è proceduto allo studio e all'analisi del sistema di distribuzione a servizio delle aree irrigue sottese all'invaso del Pianfei mediante l'allestimento di un modello matematico di simulazione del funzionamento della rete nella condizione di esercizio irriguo.

Il modello, come si riferito nei capitoli precedenti, ha fornito le indicazioni sul regime idraulico delle condotte di adduzione e di distribuzione in occasione del deflusso delle portate erogate consentendo di definire i parametri di funzionamento della rete in progetto.

La **modellazione della condizione di progetto** è stata realizzata per analizzare le condizioni di erogazione e di efficienza del sistema di distribuzione delle portate irrigue nell'intero comprensorio conseguenti alla realizzazione degli interventi in progetto che consistono nella:

- Realizzazione del sistema di irrigazione mediante posa in opera di condotte in ghisa sferoidale e in acciaio (limitatamente al tratto compreso tra l'opera di presa ed il locale filtri);
- Realizzazione dei gruppi di consegna comiziali e delle derivazioni dalla condotta adduttrice principale.

Gli interventi previsti in progetto consentono di conferire le portate irrigue ai gruppi di consegna comiziali mediamente con una pressione media di almeno 30-40 m c.a. in relazione alle condizioni ed alle modalità di gestione della distribuzione.

I gruppi di consegna A1 ed A2 in considerazione della morfologia risultano essere i più disagiati con pressioni di funzionamento minime di circa 18 m c.a.

La pressione statica massima che si verifica nei tratti terminale in corrispondenza della consegna alla presa N1 è di circa 65 m c.a.

Si può osservare che la pressurizzazione della rete consente una flessibilità di gestione anche in relazione ai surplus di pressione nei nodi di consegna. Le pressioni variano da un minimo di circa 18 m c.a. ad un massimo di circa 70 m c.a.

Le velocità in condotta sono compatibili con le usuali velocità che consentono un corretto funzionamento idraulico senza sollecitare oltremodo le condotte che la buona pra-

tica individua entro i limiti di 0.4 m/s e 2.0 m/s. Le velocità sono mediamente comprese tra un valore minimo pari a 0.40 m/s ad un valore massimo di 1.6 m/s.

Tali valori di velocità media in occasione di particolari condizioni dello stato di moto della corrente contraddistinto dalla variabilità temporale, oltre che spaziale, delle sue caratteristiche permetterà il corretto funzionamento e mantenimento del sistema di distribuzione al fine di evitare sollecitazioni non previste al sistema idraulico in progetto. Solitamente, tali condizioni possono manifestarsi in seguito alla variazione pianificata delle condizioni operanti dei dispositivi di controllo presenti nel sistema, al fine di soddisfare le diverse richieste delle utenze, ma può presentarsi anche accidentalmente a causa di un loro guasto o per il danneggiamento di una condotta. La riduzione di velocità prodotta ad esempio dalla parziale chiusura di una valvola, per il minor consumo di portata richiesto, così come un suo incremento, per l'apertura di un ugello, possono dare luogo ad onde di pressione che, propagandosi all'interno del campo di moto, ne alterano le caratteristiche in ogni suo punto. In presenza di condotte molto lunghe la maggiore pressione iniziale delle sezioni di monte, al propagarsi della perturbazione generatasi in seguito a qualche possibile manovra di organi di regolazione può comportare l'ulteriore e progressivo incremento della pressione delle sezioni a valle del fronte. In questi casi infatti, il completo arresto del fluido potrebbe non verificarsi al passaggio dell'onda di compressione ma solo nelle sezioni più a valle, dove si è già instaurato lo stato di quiete della corrente. L'annullamento della velocità produce un incremento di pressione addizionale a quello verificatosi con l'intercettazione del flusso, al quale potrebbero seguire ulteriori dilatazioni degli elementi del sistema con conseguenti problemi di sovrappressioni che possono danneggiare il sistema di distribuzione nelle sue componenti. I valori delle pressioni e delle velocità ottenuti dall'analisi della modellazione idraulica sono di entità tale da non originare sovraccarichi dannosi per il sistema di distribuzione migliorandone in tal modo l'efficienza, la durabilità e riducendo gli eventuali interventi di manutenzione.

Nella tabella a seguire sono riepilogati sinteticamente gli involuppi dei risultati ottenuti dalla simulazione degli scenari proposti evidenziando per ogni nodo i valori medi, massimi e minimi rispettivamente del carico totale e della pressione.

Identificativo nodo	Valori medi		Valori minimi		Valori massimi	
	Carito totale [m s.l.m.]	Pressione [m c.a.]	Carito totale [m s.l.m.]	Pressione [m c.a.]	Carito totale [m s.l.m.]	Pressione [m c.a.]
PC-E2	546.40	34.40	545.91	33.91	547.18	35.18
X1_[opera_di_presa]	558.21	5.77	558.21	5.77	558.21	5.77
X2_[vasca_di_dissipazione]	558.03	14.03	558.03	14.03	558.03	14.03
S21	534.11	49.11	517.24	32.24	547.18	62.18
X4_[scarico]	534.11	54.11	517.24	37.24	547.18	67.18
S3	546.88	24.38	546.69	24.19	547.18	24.68
PC-D2	546.88	24.88	546.69	24.69	547.18	25.18
S15	539.93	44.93	529.92	34.92	547.18	52.18
PC-H4	539.93	45.93	529.92	35.92	547.18	53.18
S16	539.54	41.54	528.64	30.64	547.18	49.18
PC-H3	536.72	39.72	520.17	23.17	547.18	50.18
s18	536.74	43.74	521.45	28.45	547.18	54.18
PC-L1	532.88	39.88	513.73	20.73	547.18	54.18
PC-M2	534.65	46.65	518.05	30.05	547.18	59.18
S20	534.65	48.65	518.05	32.05	547.18	61.18
PC-M1	534.22	49.22	518.05	33.05	547.18	62.18
S13	541.43	41.43	534.78	34.78	547.18	47.18
PC-G4	540.43	43.43	529.87	32.87	547.18	50.18
S9	544.46	40.46	541.78	37.78	547.18	43.18
PC-F4	544.46	37.46	541.78	34.78	547.18	40.18
S8	545.27	39.67	543.55	37.95	547.18	41.58
PC-F3	545.27	37.27	543.55	35.55	547.18	39.18
PC-N1	529.13	46.13	509.77	26.77	547.18	64.18
S19	535.70	45.70	518.95	28.95	547.18	57.18
S17	538.62	46.62	526.28	34.28	547.18	55.18
intc-4	540.41	46.41	531.53	37.53	547.18	53.18
S14	541.10	45.10	533.79	37.79	547.18	51.18
S12	541.87	42.87	535.94	36.94	547.18	48.18
S11	542.37	40.37	537.22	35.22	547.18	45.18
intc-3	543.92	40.92	540.60	37.60	547.18	44.18
S10	544.36	40.36	541.58	37.58	547.18	43.18
intc-2	546.15	35.65	545.48	34.98	547.18	36.68
S7	546.21	35.71	545.60	35.10	547.18	36.68
S6	546.40	31.40	545.91	30.91	547.18	32.18
intc-1	546.63	29.13	546.28	28.78	547.18	29.68
S5	546.64	29.14	546.30	28.80	547.18	29.68
S4	546.74	29.24	546.46	28.96	547.18	29.68
S2	546.98	22.98	546.85	22.85	547.18	23.18
S1	547.15	20.15	547.13	20.13	547.18	20.18
PC-F1	546.21	35.71	545.60	35.10	547.18	36.68
X3_[edificio_filtr]i	556.68	26.68	556.68	26.68	556.68	26.68
PC-F5	544.36	42.36	541.58	39.58	547.18	45.18
PC-E3	546.40	31.40	545.91	30.91	547.18	32.18

sA1	547.10	17.10	546.82	16.82	547.19	17.19
PC-A2	547.01	17.01	546.64	16.64	547.19	17.19
sOPQ	546.20	36.20	545.60	35.60	547.18	37.18
S22	546.08	36.08	545.60	35.60	547.18	37.18
S23	545.98	35.98	545.60	35.60	547.18	37.18
PC-G1	540.95	40.45	528.75	28.25	547.18	46.68
PC-P1	545.98	37.98	545.60	37.60	547.18	39.18
PC-Q1	541.75	36.75	537.36	32.36	547.18	42.18
sC1	546.68	21.68	545.37	20.37	547.16	22.16
X5_[scarico]	546.68	33.68	545.37	32.37	547.16	34.16
PC-B1	546.89	18.89	545.90	17.90	547.16	19.16
sB1	546.93	18.93	546.15	18.15	547.16	19.16
PC-C1	546.59	21.59	545.12	20.12	547.16	22.16
PC-A1	547.08	17.08	546.70	16.70	547.19	17.19
PC-D1	546.98	22.98	546.85	22.85	547.18	23.18
PC-E1	546.74	29.24	546.46	28.96	547.18	29.68
PC-D3	546.64	29.14	546.30	28.80	547.18	29.68
PC-O1	546.08	36.08	545.60	35.60	547.18	37.18
PC-F2	545.27	39.67	543.55	37.95	547.18	41.58
PC-G2	541.87	42.87	535.94	36.94	547.18	48.18
PC-G3	541.07	45.07	533.79	37.79	547.18	51.18
PC-H2	538.62	46.62	526.28	34.28	547.18	55.18
intc-5	538.60	46.60	526.22	34.22	547.18	55.18
PC-I1	535.68	45.68	518.83	28.83	547.18	57.18
PC-H1	539.54	41.54	528.64	30.64	547.18	49.18
1	547.19	17.19	547.19	17.19	547.19	17.19
Resvr Res	558.30	0.00	558.30	0.00	558.30	0.00