



# REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

Assessorato dei lavori pubblici

## Ente acque della Sardegna

Servizio Progetti e Costruzioni



**“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”  
CIG- 7291196547- CUP: I86B05000050002**

### PROGETTO ESECUTIVO

#### OGGETTO DELL'ELABORATO

Relazione di verifica idraulica

#### ID ELABORATO

**R.3**

SCALA

-

CODIFICA ELAB

R.3-ENAS539Rid003R1

**Responsabile dell'integrazione delle prestazioni specialistiche e coordinatore di progetto:**  
Ing. Damiano Galbo (H.E. s.s.)

**Responsabile progettazione strutturale e geotecnica:**

Ing. Pietro Diliberto (S.T.P. s.r.l.)

Collaboratori:

Ing. Ettore Galbo (H.E. s.s.)

**Responsabile della progettazione idraulica:**

Ing. Mariano Galbo (H.E. s.s.)

Collaboratori:

Ing. Damiano Galbo (H.E. s.s.)

Prof. Ing. Gabriele Freni

Ing. Fulvio Galbo (H.E. s.s.)

Ing. Piera De Luca (H.E. s.s.)

**Il Responsabile Unico del Procedimento**

**Ing. Stefano Serra**

**Responsabile della progettazione impianti elettrici e TLC:**  
Ing. Giovanni Gabellone (H.E. s.s.)

**Responsabile rilievi GPS/LS:**

Geom. Alberto Bianco

Collaboratori:

Geom. Lorenzo Verme (H.E. s.s.)

**Responsabile coordinamento sicurezza in fase di progetto:**

Ing. Mariano Galbo (H.E. s.s.)

Collaboratori:

Ing. Giampiero Pili (S.T.P. s.r.l.)

Ing. Giovambattista Lombardo (H.E. s.s.)



(Capogruppo Mandataria)



(Mandante)

Prof. Ing. Gabriele Freni  
(Mandante)



Dott. Geol. Mario Strinna  
(Mandante)



Società cooperativa  
(Mandante)

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	RED.	VER.	APPR.
1	APRILE 2019	ISTRUTTORIA RUP DEL 12/03/2019	GF	PD	DG
0	FEBBRAIO 2019	PRIMA EMISSIONE	GF	PD	DG



## Sommario

Sommario .....	1
1 Introduzione.....	3
2 Funzionamento idraulico delle vasche .....	4
2.1 Vasca di carico di Casteldoria .....	5
2.1.1 Funzionamento idraulico attuale .....	5
2.1.2 Funzionamento idraulico di progetto.....	6
2.2 Vasca terminale di Truncu Reale .....	6
2.2.1 Funzionamento idraulico attuale .....	7
2.2.2 Funzionamento idraulico di progetto .....	10
2.3 Vasca terminale di Porto Torres .....	17
2.3.1 Funzionamento idraulico attuale .....	17
2.3.2 Funzionamento idraulico di progetto.....	20
3 Analisi delle linee idrauliche Coghinas 1° e Coghinas 2° in moto vario.....	23
3.1 Il software per la verifica in moto vario delle condotte .....	23
3.1.1 Creazione del modello .....	23
3.1.2 Elementi del modello e loro caratteristiche .....	25
3.1.3 Gestione del modello .....	27
3.1.4 Analisi della rete .....	30
3.1.5 Presentazione dei risultati .....	31
3.2 Verifica in moto vario della linea Coghinas 1° .....	36
3.2.1 Scenario di verifica.....	36
3.2.2 Verifica in assenza di attenuazione.....	36
3.2.3 Progetto del sistema di attenuazione e settaggio delle valvole .....	39
3.3 Verifica in moto vario della linea Coghinas 2° .....	42
3.3.1 Scenario di verifica.....	42
3.3.2 Verifica in assenza di attenuazione.....	42



3.3.3	Progetto del sistema di attenuazione e settaggio delle valvole .....	46
3.4	Valvole di riserva attiva .....	48



## **1 Introduzione**

La presente relazione riprende, completa e dettaglia quanto presente nel progetto definitivo Elaborato A3.1 “Calcoli idraulici preliminari”.

In particolare, viene re-ingegnerizzato il funzionamento idraulico delle vasche e viene specificata con maggiore dettaglio la sequenza delle lavorazioni al fine di minimizzare l’impatto dell’intervento sul funzionamento del sistema e sul servizio delle utenze di estremità e lungo il percorso.

Inoltre, i calcoli idraulici sono stati estesi al funzionamento in moto vario degli acquedotti Coghinas 1° e Coghinas 2° e sono stati progettati due sistemi di attenuazione del colpo d’ariete basati su valvole automatiche anticipatrici del moto vario il cui utilizzo rende obsoleto il funzionamento dei pozzi piezometrici attualmente in servizio nei nodi di Truncu Reale e Porto Torres e che richiederebbero costosi interventi di riabilitazione.

L’inserimento delle valvole, inoltre, consente una maggiore modulazione anche dei piccoli eventi di moto vario che si possono innescare per l’apertura o la chiusura brusca delle apparecchiature minori poste lungo la linea e nei nodi di erogazione.



## **2 Funzionamento idraulico delle vasche**

Le soluzioni tecniche relative al funzionamento idraulico delle tre vasche oggetto di intervento sono oggetto del presente capitolo.

Per comprendere, però, fino in fondo le peculiarità delle proposte progettuali sarà necessario descrivere anche le caratteristiche idrauliche attuali.

Per ciascuna delle tre vasche, dunque, sarà illustrato lo schema idraulico attuale e quello progettuale.

Il principio ispiratore delle soluzioni progettuali adottate è quello dichiarato nel progetto definitivo, e confermato nei diversi incontri con i funzionari di ENAS: *“Particolare attenzione è stata dedicata alla modalità di conduzione degli interventi in relazione alla continuità di erogazione del servizio alle utenze. Il principale limite che si riconosce con la realizzazione degli interventi di manutenzione su opere esistenti, in cui sono pienamente ricomprese le tre vasche oggetto del presente progetto, è, infatti, quello di dover adottare idonee misure atte a garantire l’approvvigionamento delle utenze durante lo svolgimento dei lavori.*

*Questa considerazione, valida in modo generalizzato, trova nel caso di specie, una particolare complicazione trattandosi di utenze di tipo potabile e industriale.”*

Non solo, questi concetti sono stati ulteriormente integrati da quanto segue:

*“Le opere esistenti sono state analizzate in relazione all’esigenza di ripristinarne la completa funzionalità operativa, all’interno di un migliorato quadro di operatività nell’ottica della sicurezza e salute sui luoghi di lavori, con l’obiettivo di migliorare la capacità di erogazione dell’intero sistema di approvvigionamento dal Coghinas verso le utenze della Sardegna Nordoccidentale”. (cfr. elaborato A1, Relazione generale, allegata al progetto definitivo).*

Lo scopo dell’intervento progettuale è quello di efficientare la gestione idraulica delle tre opere consentendone anche la implementazione di un adeguato sistema di telecontrollo.

**Per raggiungere questo obiettivo la progettazione del sistema idraulico di ciascuna delle tre vasche è stata rivista in un’ottica di efficientamento ed ammodernamento, e non di sola manutenzione straordinaria.**

Nel presente capitolo quando si fa riferimento alla “idraulica” di un sistema idrico, si intende l’insieme di tubazioni, pezzi speciali, apparecchiature idrauliche, di misura ed ogni altro organo che ne definisce le specifiche funzioni idrauliche.

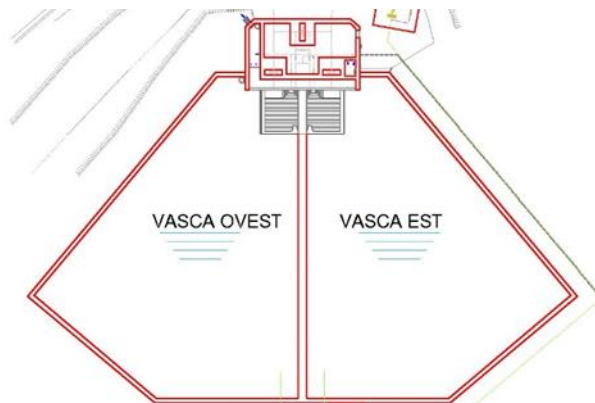


## **2.1 Vasca di carico di Casteldoria**

La vasca di carico di Casteldoria rappresenta la disconnessione idraulica tra la premente, che veicola la portata dalla centrale di Casteldoria, e la linea Coghinas 2°, di adduzione per Sassari e Alghero.

### **2.1.1 Funzionamento idraulico attuale**

Il funzionamento idraulico attuale della vasca di carico di Casteldoria è molto semplice: una condotta in acciaio del DN 1400 in ingresso nella vasca est, proveniente dall'impianto di sollevamento dell'invaso omonimo attraverso la centrale di Santa Maria Coghinas, scarica le acque nella vasca est.



Da questa vasca di ingresso l'acqua passa nella vasca ovest, attraverso una paratoia che collega le due vasche. Dalla vasca ovest ha, poi, origine la condotta di presa in acciaio DN 1400 dell'acquedotto denominato Coghinas II.

La camera di manovra è caratterizzata dalla presenza di un grande blocco di ancoraggio che occupa molto dello spazio disponibile per le apparecchiature idrauliche.

Lo schema di funzionamento attuale non consente di frazionare le vasche per le normali attività di manutenzioni, sia ordinarie che straordinarie, con i limiti che tale condizione comporta. Inoltre, le vasche possono essere totalmente by-passate attraverso un collegamento diretto tra le condotte di arrivo e di partenza.

La alimentazione dell'acquedotto Coghinas II avviene senza alcun organo di regolazione delle portate.

Non esiste alcuna possibilità di regolazione delle portate in ingresso, provenienti dal sollevamento di Santa Maria Coghinas, con i volumi accumulati nelle due vasche e le portate erogate verso valle.



### **2.1.2 Funzionamento idraulico di progetto**

Per migliorare la gestione delle opere e predisporle per una gestione telecontrollata, la soluzione progettuale prevede la modifica del sistema idraulico sia in ingresso che in uscita. Il nuovo sistema idraulico è illustrato di seguito, in modo necessariamente sintetico.

La condotta di alimentazione proveniente dal sollevamento di Santa Maria Coghinas servirà entrambe le vasche, non più dalla vasca est, ma da monte delle stesse, allungando la premente in acciaio DN 1400, su cui effettuare due diramazioni, una per ciascuna vasca, che potranno essere sezionate, alla bisogna, con valvole a farfalla motorizzate.

Questo accorgimento consentirà di gestire l'ingresso in contemporanea nelle due vasche, in condizioni ordinarie; oppure, in funzione delle esigenze del Gestore, alimentare una sola delle due vasche. La duttilità gestionale che così si ottiene è decisamente superiore a quella attuale.

Il sistema idraulico in uscita dalle vasche prevede la contemporanea presa da entrambe le vasche e la alimentazione della condotta di uscita verso il sistema acquedottistico di Coghinas. La possibilità di sezionare una delle due uscite consentirà l'isolamento di una delle due vasche senza perdere di efficienza idraulica l'alimentazione del sistema acquedottistico collegato.

Infine, il rifacimento del sistema di by-pass generale dell'impianto consentirà l'isolamento completo delle vasche.

Per raggiungere gli obiettivi sopra esposti è stato previsto l'impiego delle seguenti apparecchiature idrauliche e di misura.

Descrizione	Quantità	U.M.
Pezzi acciaio	29.682,23	kg
giunto di smontaggio DN1400	3	cad
saracinesca DN150	3	cad
Sfiato DN150	3	cad
Saracinesca manuale DN300	2	cad
Giunto di smontaggio DN300	2	cad
Valvola a farfalla DN1400	3	cad
Saracinesca teleattuata DN250	1	cad

## **2.2 Vasca terminale di Truncu Reale**

La vasca terminale di Truncu Reale svolge un ruolo molto importante nel sistema



idrico della Sardegna nord-occidentale per le numerose utenze che alimenta.

Essa è alimentata dall'acquedotto Coghinas II, tubazioni di acciaio DN 1400, che ha origine dalla vasca di carico di Casteldoria.

La vasca terminale di Truncu Reale serve utenze che, in funzione di particolari esigenze gestionali, possono anche servire Truncu Reale e non solo ricevere: ci si riferisce alle utenze di Tottubella e di Porto Torres. Queste peculiarità hanno spinto gli scriventi ad approfondire le soluzioni tecniche da adottare differenziandole tra uscita da Truncu Reale e l'ingresso in essa.

### **2.2.1 Funzionamento idraulico attuale**

La idraulica a servizio delle vasche di Truncu Reale è caratterizzata da un sistema in ingresso, che ha proprie peculiarità, e da un sistema in uscita a servizio delle diverse utenze. Per facilità di esposizione i due schemi saranno trattati separatamente.

Nell'ambito del progetto definitivo, nel paragrafo relativo al dimensionamento delle valvole a fuso, apprendiamo della logica e dei motivi che hanno portato alla conferma delle due valvole a fuso sull'ingresso ed alla funzione del nuovo torrino piezometrico. I motivi della scelta del diametro di tali valvole sono riportati a pagina 10 e 11 della Relazione Idraulica:

*"L'analisi delle portate da veicolarsi attraverso questo nodo ha evidenziato un primo limite dell'installazione esistente. Le valvole a fuso DN600 non sono, infatti, in grado di veicolare la massima portata veicolabile dalla condotta, comunque come già visto, inferiore a quella nominale. In ogni caso, l'incremento della portata transitante attraverso le valvole potrebbe avvenire solo raggiungendo condizioni limite di funzionamento delle stesse con conseguente cavitazione a valle dell'otturatore e inevitabile danneggiamento dell'apparecchiatura.*

*Tale limite condiziona ovviamente anche la nuova installazione. Infatti, l'adozione di valvole a fuso di diametro maggiore comporterebbe la modifica delle opere civili esistenti (demolizione e rifacimento del blocco di contrasto della diramazione a Y, spostamento della parete di immissione in vasca, etc.) attività che si è scelto di evitare data la delicatezza e la vetustà delle strutture costituenti le opere esistenti."*

Dalla verifica idraulica di tali valvole si evince che esse non riescono a far passare né la portata massima, pari a 1800 l/s, né tantomeno la massima transitabile in condotta pari a 1600-1450 l/s. La massima portata che può transitare da ciascuna valvola è pari a 600 l/s.





Per tale ragione, l'ulteriore portata che necessita a soddisfare il fabbisogno di Truncu Reale, potrebbe essere veicolata attraverso la linea di by-pass del nuovo torrino piezometrico.

I motivi della conferma delle due valvole, sia come diametro nominale che come funzione, sono riportate in un passaggio della stessa relazione:

“Pertanto, la scelta delle valvole a fuso di nuova installazione è stata basata sui seguenti criteri:

conferma del diametro delle valvole a fuso in ingresso alle vasche;

adozione di valvole con cestelli anticavitazione opportunamente dimensionati per le condizioni di funzionamento previste;

portata veicolata attraverso le valvole DN600 in ingresso alle vasche pari a quella massima compatibile con valvole di detto diametro per i carichi corrispondenti alla massima portata trasportabile sulla linea in questione;

differenza tra la portata veicolata attraverso le valvole DN600 e quella massima trasportata sulla linea in questione derivata attraverso la linea di by-pass in progetto e regolata dalla valvola a fuso DN1000 in ingresso al torrino di disconnessione anch'esso previsto dal presente progetto”.

Nell'esame della relazione di progetto, un possibile schema di utilizzo del sistema Truncu Reale prevede il funzionamento del by-pass non in funzione alternativa alle vasche ma in parallelo ad esse per il trasferimento alle linee di distribuzione di valle delle portate eccedenti rispetto a quelle transitabili attraverso le valvole a fuso  $\varnothing 600$  in progetto.

Questo possibile schema di funzionamento, di per sé, è assai complesso per le seguenti ragioni:

- assenza di valvole uni-direzionali che non possono escludere la formazione di corto-circuiti idraulici tra le vasche ed il by-pass di nuova costruzione
- la significativa differenza di volume tra le vasche ed il by-pass (quest'ultimo molto piccolo rispetto alle portate fluenti) che potrebbe determinare inevitabili oscillazioni di livello nel by-pass e conseguenti necessità di compenso attraverso contemporanee regolazioni delle 2 valvole a farfalla per l'alimentazione/immissione dalla linea Porto Torres, delle 3 valvole a farfalla (due dalle vasche principali e una dal by-pass) per l'alimentazione del distributore di valle, delle 3 valvole a fuso (2X $\varnothing 600$  e  $\varnothing 1000$ ) a monte del sistema.
- Non sono stati rintracciati i calcoli idraulici di ognuna delle linee sopra citate (adduzione vasche e torrino; distribuzione di valle da vasche e torrino) nelle



condizioni proposte in progetto e, di conseguenza, non sussistono verifiche in relazione al corretto dimensionamento delle linee per siffatto schema di utilizzo.

- Lo schema non consente alcuna flessibilità di gestione e manutenzione delle vasche del serbatoio principale nel caso di funzionamento con portate massime a meno di mettere fuori servizio l'intero sistema utilizzando il torrino di by-pass.
- L'impegno di una valvola a fuso  $\varnothing 1000$  su una linea di by-pass utilizzata saltuariamente non appare congrua con la proposta di mantenimento delle due valvole  $\varnothing 600$  sulle linee principali.

Non condividendo la proposta progettuale, è parere del RTP che il blocco di ancoraggio della "Y" vada demolito e gli arrivi adeguati alle esigenze idrauliche della gestione della infrastruttura.

In alternativa, la soluzione con l'inserimento di due valvole a fuso  $\varnothing 600$  e di una  $\varnothing 1000$  sulla linea di by-pass potrebbe essere re-ingegnerizzata attraverso l'inserimento di una sola valvola a fuso per la regolazione delle portate di diametro opportuno e sulla linea principale (sfruttando le demolizioni necessarie la creazione del by-pass) lasciando l'apertura e la chiusura delle vasche a due valvole a farfalla  $\varnothing 600$  di costo inferiore (e non destinate alla regolazione) che sostituirebbero le valvole a fuso esistenti. Analogamente, l'apertura e la chiusura della linea di alimentazione del by-pass potrebbe essere garantita da una valvola a farfalla  $\varnothing 1000$  (anche in questo caso non destinata alla regolazione).

#### *2.2.1.1 Schema idraulico in ingresso alle vasche*

L'acquedotto del Coghinas II arriva all'impianto di Truncu Reale con una condotta in acciaio del DN 1400. Il tratto finale di tale acquedotto, contenuto all'interno dell'area di Truncu Reale, prima dell'immissione nelle due vasche che compongono il sistema di accumulo di Truncu Reale, è dotato di un misuratore di portata tipo Venturi, un torrino piezometrico, e di un sistema di partizione delle portate in ingresso alle due vasche.

Quest'ultimo sistema, cioè la parte di componente idraulica a valle del torrino piezometrico, ha le seguenti peculiarità: la tubazione di arrivo in acciaio DN 1400, attraverso una biforcazione a Y si riduce in due condotte del DN 600 su cui sono montate delle valvole a farfalla, che alimentano ciascuna vasca di dissipazione esistente. Tale parte terminale è, altresì, attrezzata con ulteriori apparecchiature idrauliche che ne regolano la funzione.

Come è diffusamente dimostrato la riduzione di una tubazione del DN 1400 a due



del DN 600 provoca non poche disfunzioni e problemi gestionali che ne caratterizzano la conduzione.

L'intervento progettuale, come sarà di seguito illustrato, interviene a migliorare la funzionalità e la semplicità gestionale di tutto il sistema in ingresso alle vasche dal Coghinas II.

In realtà, in ingresso alle vasche di accumulo di Truncu Reale possono arrivare portate in ingresso provenienti da Porto Torres e da Tottubella.

Quando si verificano tali esigenze, le portate veicolano attraverso le stesse condotte e nodi idraulici che servono per la loro erogazione. Cosa questa che crea problemi al corretto funzionamento dei nodi idraulici coinvolti.

#### *2.2.1.2 Schema idraulico in uscita dalle vasche*

Lo schema idraulico attuale che alimenta le utenze dalle vasche di Truncu Reale risente delle esigenze di erogazione che negli anni si sono aggiunti rispetto a quanto pensato nel progetto originario.

Le derivazioni attuali dalle due vasche, con un pezzo speciale a Y, alimentano un “collettore”, sempre in acciaio, da cui hanno inizio gli acquedotti che servono le utenze di Monte Agnese Alghero, del potabilizzatore di Truncu Reale e di Tottubella. Dall'acquedotto di Tottubella, come già accennato in precedenza, si può anche ricevere delle portate in ingresso che transitano dallo stesso nodo idraulico costituito dal “collettore”.

In aggiunta a tali derivazioni ne esiste un'altra, realizzata sul fianco della vasca n.2, che serve la vasca terminale di Porto Torres e la zona industriale di Truncu Reale. Dall'acquedotto per Porto Torres, come per quello di Tottubella, oltre alla erogazione di acqua, può anche riceversi acqua che entra direttamente nella stessa vasca di presa.

Tutte le derivazioni non sono dotate di valvole di regolazione delle portate in uscita per cui a valvole aperte le portate erogate dipendono esclusivamente dal livello idrico nelle vasche e dalla quota geodetica dei punti terminali, oltre che dalla sezione della tubazione di presa.

Il sistema non è provvisto di alcun sistema di automazione e, o di telecontrollo.

#### **2.2.2 Funzionamento idraulico di progetto**

Come per la descrizione dello stato attuale, anche per le scelte di progetto si procederà ad illustrare separatamente lo schema idraulico in ingresso e quello in uscita.



Prima della illustrazione delle soluzioni progettuali, si ritiene utile ricordare che il vincolo di eseguire i lavori e le opere di progetto mantenendo in esercizio la erogazione di acqua alle utenze, ha comportato la previsione di opere temporanee complete delle relative apparecchiature in grado di soddisfare tale vincolo.

#### *2.2.2.1 Schema idraulico in ingresso alle vasche*

Lo schema idraulico in ingresso alle vasche è stato radicalmente rivisto per soddisfare le attuali esigenze gestionali e semplificare la conduzione delle opere.

La prima modifica significativa riguarda la sostituzione della funzione idraulica assegnata al torrino piezometrico con un sistema di apparecchiature anticipatrici del colpo d'ariete. Questa scelta è stata determinata, principalmente, dalle precarie condizioni statiche del torrino stesso che non ne consigliano il ripristino strutturale. La seconda modifica, altrettanto significativa, riguarda il pezzo speciale a Y che dal DN 1400 riduce, adesso, le condotte a due rami del DN 1000, completi di valvole di regolazione di portate, come riportato nella specifica relazione, dove si dà conto dei relativi calcoli idraulici.

Infine, si è previsto la esecuzione di un by-pass generale delle vasche che, oltre a consentire la esecuzione dei lavori, potrà, in futuro, garantire tutte le opzioni possibili di manutenzione garantendo sempre la erogazione alle utenze.

#### *2.2.2.2 Verifica delle valvole a fuso in ingresso e proposta di aggiornamento*

Le valvole a fuso classiche o Larnier-Johnson, sono costituite da:

- un corpo fisso esterno, cilindrico nella parte mediana, di diametro superiore a quello della tubazione in cui la valvola è inserita, e gradualmente passante al diametro di quest'ultima ai due estremi;
- da un corpo interno fusiforme con la parte di monte e quella centrale (di forma cilindrica), fisse, e quella di valle mobile, longitudinalmente guidata dalla parte centrale (funzionamento a telescopio). Il corpo interno è sagomato in modo da creare minime perturbazioni della corrente liquida qualunque sia il grado di chiusura.

La parte mobile che costituisce l'otturatore, in posizione di chiusura aderisce al tratto convergente di valle del corpo esterno.

Tramite dispositivi meccanici tipo biella-manovella, motorizzati e/o manovrabili a mano, si può spostare l'otturatore verso monte o verso valle, determinando così i vari gradi di apertura della valvola.



La vena liquida, in condizioni di apertura, effluisce compatta attraverso un passaggio, compreso fra corpo esterno e il fusso interno, avente sezione a forma di corona circolare progressivamente decrescente dalla sezione d'ingresso verso la sede di tenuta.

**Il profilo interno della valvola è realizzato in modo da ottimizzare il comportamento nei confronti della cavitazione. Che va in ogni caso verificata al momento della scelta dell'apparecchiatura. Inoltre, secondo le norme di unificazione UNI EN 1074-1 (Valvole per la fornitura di acqua - Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica - Requisiti generali) e UNI EN 1074-5 (Valvole per la fornitura di acqua - Requisiti di attitudine all'impiego e prove idonee di verifica - Valvole di regolazione), le valvole devono garantire una velocità massima di esercizio desunta dalla seguente tabella sulla base della pressione di funzionamento ammissibile (PFA).**

PFA	V
6	2,5
10	3
16	4
25	5

Le valvole a fusso presenti nel sistema in esame sono di due tipi:

- 2 valvole Ø600 posizionate sulla condotta di alimentazione di ciascuna delle vasche; secondo progetto, ciascuna delle valvole può convogliare 600 l/s.
- 1 valvola Ø1000 posizionata sulla condotta di by-pass per alimentare il torrino piezometrico di nuova costruzione; il progetto non specifica la portata massima convogliabile e se ne desume che possa essere in grado di convogliare la massima portata di progetto (1800 l/s)
- 1 valvola Ø700 posizionata a valle del serbatoio per alimentare il potabilizzatore Monte Agnese – Alghero con una portata di progetto di 665 l/s

Le tre tipologie di valvole rispettano i limiti di velocità fissati dalla norma UNI EN 1074 ammettendo rispettivamente velocità di 2.2 m/s (Ø600), 2.3 m/s (Ø1000) e 1.7 m/s (Ø700).



La verifica alla cavitazione può essere effettuata calcolando il numero di cavitazione  $\sigma$  che risulta pari a:

$$\sigma = \frac{P - P_v}{\rho \frac{V^2}{2}}$$

Dove P è la pressione immediatamente a monte della valvola,  $P_v$  è la pressione di vapore pari a 0.30 mH<sub>2</sub>O per acqua a 22 °C,  $\rho$  è la densità dell'acqua e V è la velocità della corrente al passaggio dalla valvola.

**Nel caso delle valvole Ø600, l'indice di cavitazione risulta pari a 1.56 alla portata massima di 600 l/s prevista in progetto evidenziando il rischio di cavitazione piena con grado di chiusura superiore al 60% come si evince dalla Figura 2-1. Il rischio si riduce a bassa cavitazione con gradi di chiusura inferiore o con portate inferiori a 550 l/s.**

**Nel caso della valvola Ø1000, l'indice di cavitazione risulta pari a 1.80 alla portata di 1660 l/s prevista in progetto. La valvola è verificata relativamente al rischio di cavitazione. Il passaggio della portata massima di progetto pari a 1800 l/s genera cavitazione con un indice pari a 1.53. La portata massima che può transitare è quindi pari a 1700 l/s (con un indice di cavitazione pari a 1.71).**

**Nel caso della valvola Ø700 posta sulla linea di alimentazione del potabilizzatore Monte Agnese, questa è sempre verificata alla cavitazione purchè il livello idrico in vasca si mantenga sempre superiore a 0.70 m (in tal caso, l'indice di cavitazione sarebbe pari a 1.73).**

Dall'analisi svolta emerge la mancata verifica a cavitazione delle valvole Ø600 a meno che non si preveda un'ulteriore riduzione delle portate transitanti a 550 l/s.

In considerazione di quanto sopra esposto, si suggerisce:

- **La completa separazione idraulica delle due vasche in modo che possano funzionare in modo sincrono o alternativo (in caso di manutenzione);**
- **L'eliminazione del circuito di by-pass con torrino perché tale funzionamento sarebbe garantito dal funzionamento alternativo delle due vasche;**
- **La sostituzione delle valvole a fuso Ø600 con valvole a fuso Ø1000: la modifica consentirebbe di convogliare l'intera portata di progetto senza rischi di cavitazione e, in caso di funzionamento alternativo, la possibilità di convogliare una portata massima di 1700 l/s (superiore**



**alla portata teoricamente convogliabile dal sistema di alimentazione  
della vasca sebbene inferiore a quella massima di progetto)**

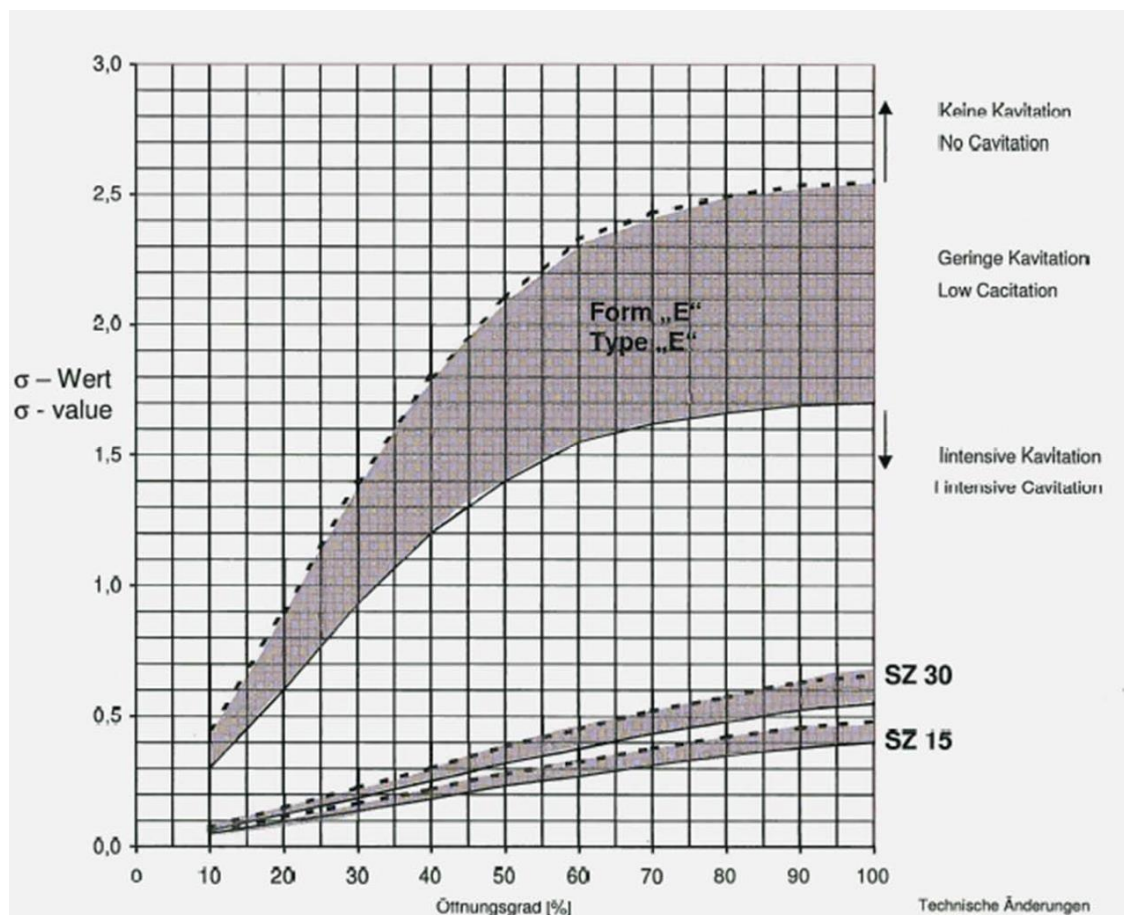


Figura 2-1 Rischio di cavitazione per le valvole a fuso

### 2.2.2.3 Schema idraulico in uscita dalle vasche

Anche il sistema di erogazione delle portate alle utenze è stato sostanzialmente rivisto per migliorarne il funzionamento e adeguarlo alle esigenze gestionali attuali e di un futuro prossimo.

La modifica più importante riguarda il sistema di distribuzione delle portate alle utenze, esistente in pressione, e previsto a pelo libero da una vasca di distribuzione appositamente progettata.

Il cuore del nuovo sistema di erogazione è la così detta vasca di distribuzione che ha dimensioni interne nette in pianta di m (8,00\*8,00) ed un'altezza utile di 8,20 m.

La nuova vasca sarà alimentata dalle due condotte di presa dalle vasche di accumulo





esistenti; il livello massimo raggiungibile in vasca sarà quello del massimo livello raggiungibile nelle vasche di accumulo.

La funzione di tale vasca è quella di servire, a pelo libero, tutte le utenze da servire dal sistema di accumulo di Truncu Reale che sono: (i) Acquedotto Tottubella, (ii) Acquedotto per Monte Agnese Alghero, (iii) acquedotto per il potabilizzatore di Truncu Reale, (iv) acquedotto per Porto Torres e, infine, (v) acquedotto per la zona industriale di Truncu Reale.

Ognuna di queste derivazioni sarà attrezzata con valvole a fuso per la regolazione delle portate in uscita e di tutti gli organi di sezionamento e di misura necessarie.

La nuova vasca di distribuzione potrà essere alimentata, in condizioni particolari, direttamente dal by-pass generale del sistema di accumulo.

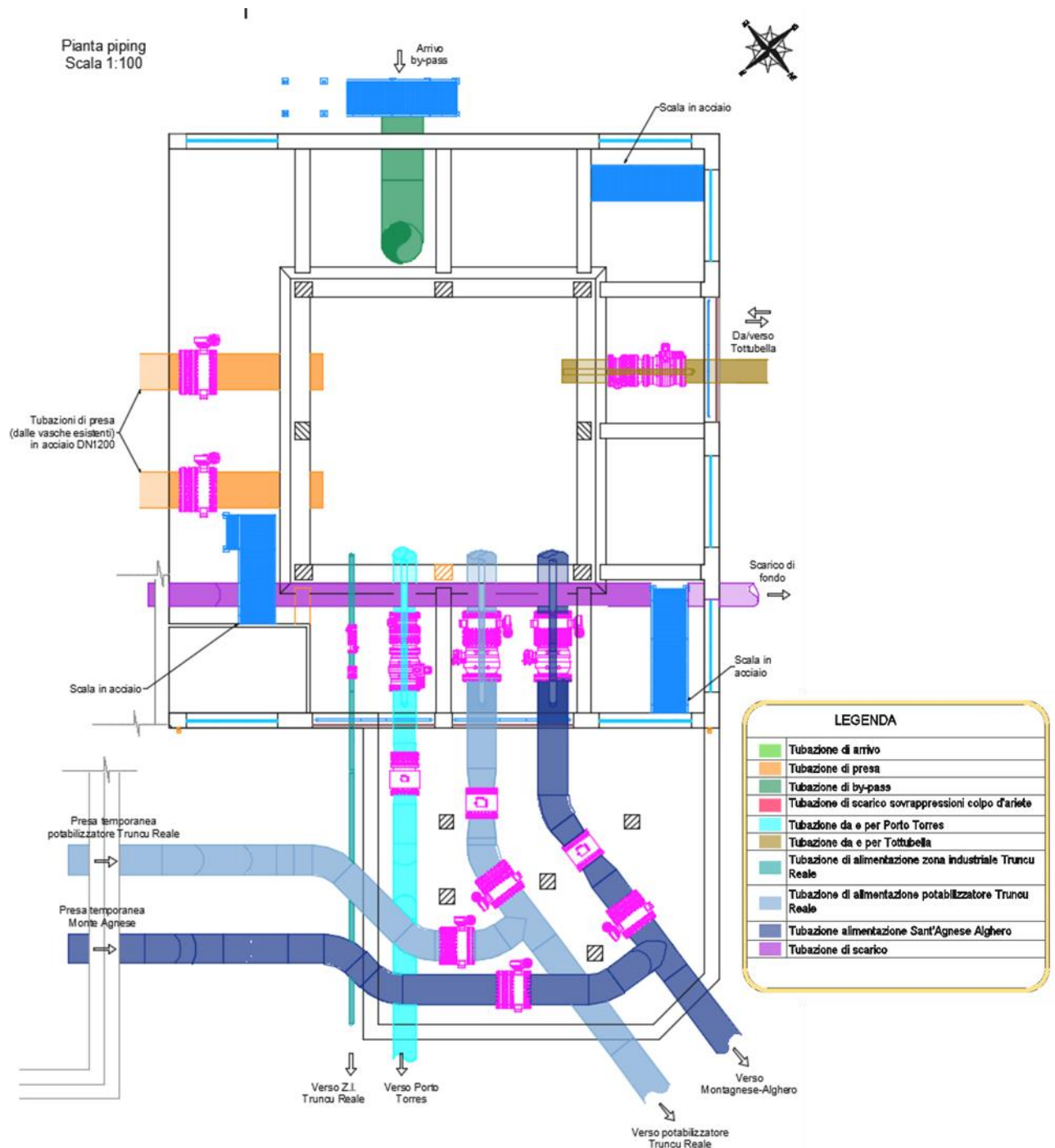
Quando la condotta di Porto Torres funzionerà in maniera opposta, fornendo acqua a Truncu Reale, le portate verranno immesse non nella nuova vasca di distribuzione bensì in testa all'impianto nelle stesse vasche di arrivo dell'acquedotto Coghinas II.

Il nuovo sistema porterà semplicità nello schema funzionale del sistema sia in ingresso che in uscita garantendo anche la applicazione di un adeguato sistema di telecontrollo delle principali funzioni.





*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*  
Progetto esecutivo





## **2.3 Vasca terminale di Porto Torres**

La idraulica a servizio delle vasche di Porto Torres è caratterizzata da un sistema in ingresso, che ha proprie peculiarità, e da un sistema in uscita a servizio delle diverse utenze. Per facilità di esposizione i due schemi saranno trattati separatamente.

### **2.3.1 Funzionamento idraulico attuale**

#### *2.3.1.1 Funzionamento idraulico in ingresso*

L'acquedotto del Coghinas I arriva all'impianto di Porto Torres con una condotta in acciaio del DN 1400. Il tratto finale di tale acquedotto, contenuto all'interno dell'area della vasca terminale di Porto Torres, prima della immissione nelle due vasche che compongono il relativo sistema di accumulo, è dotato di un misuratore di portata tipo Venturi, un torrino piezometrico, e di un sistema di partizione delle portate in ingresso alle due vasche.

Quest'ultimo sistema, cioè la parte di componente idraulica a valle del torrino piezometrico, ha le seguenti peculiarità: la tubazione di arrivo in acciaio DN 1400, attraverso una biforcazione a Y si riduce in due condotte del DN 600 su cui sono montate delle valvole a fuso, che alimentano ciascuna vasca di dissipazione esistente. Tale parte terminale è, altresì, attrezzata con ulteriori apparecchiature idrauliche che ne regolano la funzione.

Come è diffusamente dimostrato la riduzione di una tubazione del DN 1400 a due del DN 600 provoca non poche disfunzioni e problemi gestionali che ne caratterizzano la conduzione.

L'intervento progettuale, come sarà di seguito illustrato, interviene a migliorare la funzionalità e la semplicità gestionale di tutto il sistema in ingresso alle vasche dal Coghinas I.

In realtà, in ingresso alle vasche di accumulo di Porto Torres possono arrivare portate in ingresso provenienti da Truncu Reale.

Quando si verificano tali esigenze, le portate veicolano attraverso le stesse condotte e nodi idraulici che servono per la loro erogazione. Cosa questa che crea problemi al corretto funzionamento dei nodi idraulici coinvolti.

Nel progetto definitivo, nel paragrafo relativo al dimensionamento delle valvole a fuso, apprendiamo della logica e dei motivi che hanno portato alla conferma delle due valvole a fuso sull'ingresso.



I motivi della scelta del diametro di tali valvole sono riportati a pagina 14 e 15 della Relazione Idraulica:

*“L’analisi delle portate da veicolare attraverso questo nodo ha evidenziato un primo limite dell’installazione esistente. Come già detto, le valvole a fuso DN600 non sono, infatti, in grado di veicolare la massima portata veicolabile dalla condotta, comunque come già visto, inferiore a quella nominale. In ogni caso l’incremento della portata transitante attraverso le valvole potrebbe avvenire solo raggiungendo condizioni limite di funzionamento delle stesse con conseguente cavitazione a valle dell’otturatore e inevitabile danneggiamento dell’apparecchiatura.*

*Valgono le stesse considerazioni su tale limitazione che condiziona ovviamente anche la nuova installazione. L’adozione di valvole a fuso di diametro maggiore comporterebbe la modifica delle opere civili esistenti (demolizione e rifacimento del blocco di contrasto della diramazione a Y, spostamento della parete di immissione in vasca, etc.) attività che si è scelto, anche in questa opera, di evitare data la delicatezza e la vetustà delle strutture costituenti le opere esistenti.*

*Le valutazioni preliminari, condotte in questa sede progettuale, hanno condotto a stimare in circa 600 l/s la portata veicolabile attraverso una valvola a fuso DN600 per i carichi in ingresso e uscita relativi all’installazione in esame. I maggiori valori di portata adottati al nodo terminale potrebbero essere gestiti attraverso la prevista derivazione per l’alimentazione dell’utenza industriale a monte del torrino piezometrico, senza quindi veicolare detta portata (200-300 l/s) attraverso le valvole a fuso.*

*Pertanto, la scelta delle valvole a fuso di nuova installazione è stata basata sui seguenti criteri, analoghi al caso precedente per quanto applicabili:*

- conferma del diametro delle valvole a fuso in ingresso alle vasche;*
- adozione di valvole con cestelli anti-cavitazione opportunamente dimensionati per le condizioni di funzionamento previste;*
- portata veicolata attraverso le valvole DN600 in ingresso alle vasche pari a quella massima compatibile con valvole di detto diametro per i carichi corrispondenti alla massima portata trasportabile sulla linea in questione.”*

Dalla verifica idraulica di tali valvole si evince che esse non riescono a far passare la portata massima che è pari a 1100 l/s o 1250 l/s (a seconda dei prelievi lungo il



tragitto). La massima portata che può transitare da ciascuna valvola è pari a 600 l/s. La differenza tra la portata massima proveniente dalla linea e quella che può transitare attraverso le valvole, in questo caso potrebbe essere gestita dalla derivazione per l'approvvigionamento della zona industriale.

Preliminarmente non risulta chiaro come venga alimentata, nello stato attuale, l'utenza della zona industriale. Dando per scontato che sia alimentata dalla condotta utenze Ø1000 posta a valle delle vasche, la soluzione proposta denota alcune criticità:

La zona industriale sarebbe servita direttamente dalla linea assoggettata alla variazione di carico del sistema di alimentazione Coghinas; inoltre, la valvola di regolazione a farfalla Ø350 risulterebbe assai poco efficiente nella regolazione delle portate trasferite all'utenza (rispetto all'utilizzo di una valvola a fuso);

Considerato il collo di bottiglia determinato dalle due valvole a fuso, le vasche devono necessariamente funzionare in sincrono ed in modo non escludibile a meno di dover rinunciare a circa il 50% della portata di alimentazione del serbatoio Porto Torres; questo funzionamento limita enormemente le possibilità di manutenzione dei manufatti in assenza di un by-pass dell'intero sistema;

Non condividendo la soluzione tecnica proposta, è parere del RTP che il blocco di ancoraggio della "Y" vada demolito e gli arrivi adeguati alle esigenze idrauliche della gestione della infrastruttura.

In alternativa, la soluzione con l'inserimento di due valvole a fuso Ø600 potrebbe essere re-ingegnerizzata attraverso l'inserimento di una sola valvola a fuso per la regolazione delle portate di diametro opportuno e sulla linea principale (sfruttando le demolizioni necessarie all'eliminazione dell'attuale venturimetro) lasciando l'apertura e la chiusura delle vasche a due valvole a farfalla Ø600 di costo inferiore (e non destinate alla regolazione) che sostituirebbero le valvole a fuso esistenti.

#### *2.3.1.2 Funzionamento idraulico in uscita*

Le derivazioni attuali dalle due vasche, con un pezzo speciale a Y, alimentano un "collettore" a T, sempre in acciaio, da cui hanno inizio gli acquedotti che servono le utenze di Truncu Reale, per mezzo di un impianto di sollevamento, e delle utenze, così genericamente definite.

Dall'acquedotto di Truncu Reale, come già accennato in precedenza, si possono anche ricevere delle portate in ingresso che transitano dallo stesso nodo idraulico costituito dal "collettore" a T.



Tutte le derivazioni non sono dotate di valvole di regolazione delle portate in uscita per cui a valvole aperte le portate erogate dipendono esclusivamente dal livello idrico nelle vasche e dalla quota geodetica dei punti terminali, oltre che dalla sezione della tubazione di presa.

Il sistema non è provvisto di alcun sistema di automazione e, o di telecontrollo.

### **2.3.2 Funzionamento idraulico di progetto**

Come per la descrizione dello stato attuale, anche per le scelte di progetto si procederà ad illustrare separatamente lo schema idraulico in ingresso e quello in uscita.

Prima della illustrazione delle soluzioni progettuali, si ritiene utile ricordare che il vincolo di eseguire i lavori e le opere di progetto mantenendo in esercizio la erogazione di acqua alle utenze, ha comportato la previsione di opere temporanee complete delle relative apparecchiature in grado di soddisfare tale vincolo.

#### *2.3.2.1 Funzionamento idraulico in ingresso*

Lo schema idraulico in ingresso alle vasche è stato radicalmente rivisto per soddisfare le attuali esigenze gestionali e semplificare la conduzione delle opere.

La prima modifica significativa riguarda la sostituzione della funzione idraulica assegnata al torrino piezometrico con un sistema di apparecchiature anticipatrici del colpo d'ariete. Questa scelta è stata determinata, principalmente, dalle precarie condizioni statiche del torrino stesso che non ne consigliano il ripristino strutturale. La seconda modifica, altrettanto significativa, riguarda il pezzo speciale a Y che dal DN 1400 riduce, adesso, le condotte a due rami del DN 1000, completi di valvole di regolazione di portate, come riportato nella specifica relazione, dove si dà conto dei relativi calcoli idraulici.

#### *2.3.2.2 Verifica delle valvole a fuso in ingresso e proposta di aggiornamento*

Anche in questo caso, è necessario effettuare la verifica delle valvole a fuso in relazione alla loro massima capacità di convogliamento ed ai limiti fissati dalla norma UNI EN-1074 e dal vincolo di cavitazione. Si procederà in analogia a quanto descritto nel paragrafo 3.2.

Il sistema di Porto Torres è caratterizzato da due valvole a fuso  $\varnothing 600$ . **L'indice di cavitazione risulta pari a 1.58 alla portata massima di 600 l/s prevista in progetto evidenziando il rischio di cavitazione piena con grado di chiusura superiore al 70% come si evince dalla Figura 2-1. Il rischio si riduce a bassa**



**cavitazione con gradi di chiusura inferiore o con portate inferiori a 560 l/s. Le valvole non sono quindi idonee al convogliamento delle portate di progetto comprese tra 1100 l/s e 1250 l/s.**

**Si ritiene opportuno sostituire le valvole con due analoghe Ø700, l'indice di cavitazione risulta pari a 1.78 alla portata di 680 l/s superiore alla massima prevista in progetto (1250 l/s).**

In alternativa potrebbe essere inserita un'unica valvola Ø1000 sulla condotta principale di alimentazione delle due vasche sostituendo le attuali valvole a fuso con delle valvole a farfalla Ø600. Quest'ultima è stata la scelta progettuale.

#### *2.3.2.3 Funzionamento idraulico in uscita*

Anche il sistema di erogazione delle portate alle utenze è stato sostanzialmente rivisto per migliorarne il funzionamento e adeguarlo alle esigenze gestionali attuali e di un futuro prossimo.

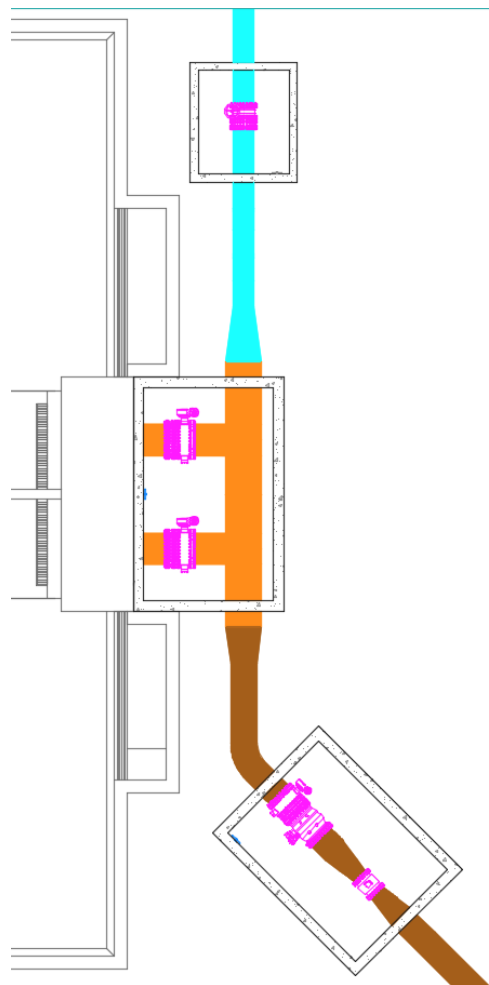
La modifica più importante riguarda il sistema di distribuzione delle portate alle utenze esistente: la T attuale è stata sostituita da un "collettore" di DN 1400 in pressione, da cui verranno servite le due utenze.

Ognuna di queste derivazioni sarà attrezzata con valvole a fuso per la regolazione delle portate in uscita e di tutti gli organi di sezionamento e di misura necessarie.

Il nuovo sistema porterà semplicità nello schema funzionale del sistema sia in ingresso che in uscita garantendo anche la applicazione di un adeguato sistema di telecontrollo delle principali funzioni.



*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*  
Progetto esecutivo





### **3 Analisi delle linee idrauliche Coghinas 1° e Coghinas 2° in moto vario**

#### **3.1 Il software per la verifica in moto vario delle condotte**

Il programma Hammer della Bentley è un software che permette di verificare l'andamento delle sovrappressioni all'interno di condotte in pressione (acquedotti, condotte forzate, ecc..), per accertare, in fase di progetto o di verifica, il comportamento di un sistema di tubazioni. In particolare, esso consente in aggiunta, a differenza di altri programmi di questo tipo, la modellazione del colpo d'ariete e l'analisi in transitorio, e di conseguenza la modellazione di opportuni dispositivi di protezione dalle sovrappressioni.

Di seguito si riporta una breve descrizione circa l'utilizzo del programma, con particolare riferimento alle componenti e funzionalità che ci sono servite per impostare e portare termine la modellazione della rete in pressione studiata. Questo breve manuale di utilizzo risulta dunque suddiviso in tre parti: la prima funzionale all'implementazione dei dati, la seconda riguardante la fase di analisi e calcolo e l'ultima utile all'organizzazione dei risultati ottenuti.

##### **3.1.1 Creazione del modello**

La rete idraulica può essere costruita ex-novo utilizzando semplici strumenti di layout oppure mediante lo strumento Model-Builder, che permette di creare automaticamente un modello attraverso quasi tutti i tipi di origine dati, nonché di aggiornare un modello esistente. Model-Builder supporta un'ampia varietà di formati di dati, dai semplici database (come ad esempio Access), fogli di calcolo (come Excel), dati GIS e file AutoCAD.

Quando si utilizza Model-Builder per importare i dati dal file CAD nel modello, agli elementi del disegno CAD verranno associati elementi in HAMMER. È opportuno esportare il file originale di AutoCAD con estensione .dwg prima come file. dxf, e successivamente selezionare quest'ultimo come origine dati in Model-Builder.

La procedura guidata Model-Builder permette di effettuare il processo di selezione dell'origine dati in ingresso del modello attraverso le seguenti fasi:





- 1) Data Source: occorre specificare il tipo di origine dati e la loro posizione. Dopo aver selezionato l'origine dati, le tabelle del database desiderato possono essere selezionate e presentate in anteprima.
- 2) Spatial Options: si specificano le opzioni spaziali che determineranno il posizionamento e la connettività degli elementi del modello, a seconda del tipo di sorgente di dati.
- 3) Element Create/Remove/Update Options: a causa della varietà di fonti di dati e il modo in cui sono state create queste fonti, l'utente dispone di una vasta gamma di opzioni per controllare il comportamento di Model-Builder. Esso consente automaticamente di aggiungere nuovi elementi al modello dall'origine di dati durante la sincronizzazione.
- 4) Additional Options: si può specificare la modalità di importazione dei dati in arrivo, con riferimento allo scenario (e le alternative associati) in cui i dati saranno importati. L'utente può importare i dati nello scenario attuale o crearne uno nuovo.
- 5) Field mappings: in questo passaggio, alle tabelle dati vengono associati gli elementi da importare nel modello, e per ciascun campo si selezionano le caratteristiche di input desiderate. Si possono utilizzare dei settori chiave (key fields) che permettono di controllare come i record dell'origine dati vengono associati agli elementi del modello.

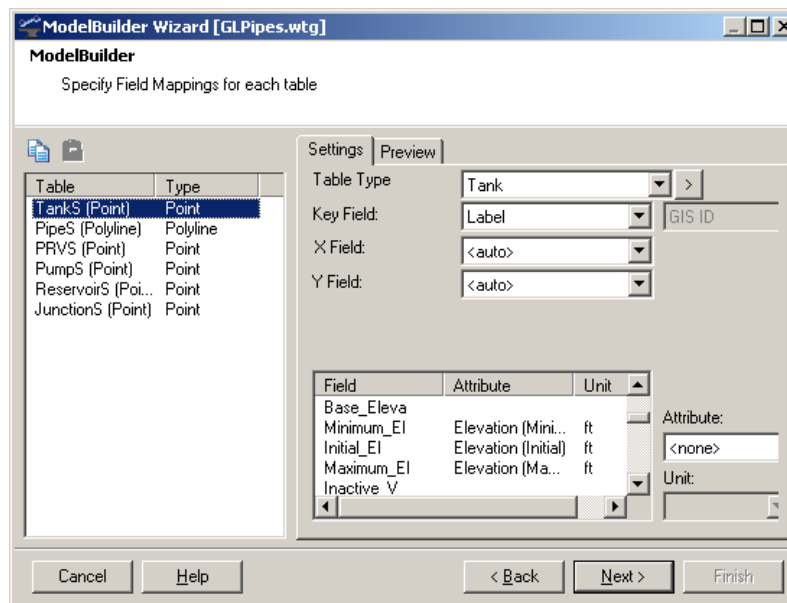


Figura 3-1 Model builder window



### **3.1.2 Elementi del modello e loro caratteristiche**

#### *3.1.2.1 Pipe*

Si tratta di tubi che possono collegare tra loro nodi di giunzione, pompe, valvole, vasche e serbatoi; ciascuno di questi elementi deve terminare in due nodi alle sue estremità.

I tubi di collegamento sono caratterizzati dalle seguenti proprietà:

- Lunghezza
- Diametro
- Materiale: a ciascun tubo può essere assegnato un tipo di materiale, scelto da un'apposita libreria tecnica. Ad ogni tipo di materiale sono associate determinate caratteristiche, come il coefficiente di scabrezza e il modulo elastico. Quando un materiale è selezionato, tali proprietà vengono assegnate automaticamente al tubo.
- Scabrezza: con riferimento al materiale di cui è costituito il tubo.
- Wave Speed: velocità d'onda, dato di input fondamentale per l'analisi in transitorio. Il software permette di determinare tale valore in automatico mediante il Wave Speed Calculator, fornendogli i seguenti dati di input:
  - Bulk Modulus of Elasticity e Specific Gravity: modulo di deformabilità del liquido e peso specifico dello stesso, valori forniti a seconda del liquido scelto da apposita libreria;
  - Young's Modulus: modulo di elasticità del materiale di cui è costituito il tubo;
  - Poisson's Ratio: modulo di Poisson del materiale di cui è costituito il tubo;
  - Wall Thickness: spessore della parete del tubo;
  - Pipeline Support: metodo di supporto del tubo.

#### *3.1.2.2 Junctions*

Le giunzioni sono nodi non di accumulo in cui l'acqua può uscire dalla rete per soddisfare le esigenze dei consumatori o accedere alla rete come un flusso in entrata. Dalle giunzioni si può inoltre avere l'entrata di agenti chimici.

Le giunzioni sono caratterizzate dalle seguenti proprietà:

- Quota;
- Zona: è possibile raggruppare gli elementi secondo un qualsiasi criterio desiderato attraverso l'uso delle Zones. Una zona può contenere qualsiasi numero di elementi e può includere una combinazione di alcune o di tutte le tipologie di elementi;



- Portata: le giunzioni possono avere un numero illimitato di richieste ad essi associate. Se però la richiesta di portata non varia nel tempo, il modello impostato è fisso, con unico valore di portata in uscita.

#### *3.1.2.3 Reservoir*

Si tratta di bacini che rappresentano un tipo di nodo di accumulo, cioè nodi in cui esiste una superficie d'acqua a pelo libero, ed in cui il carico idraulico è dato dall'elevazione della superficie d'acqua al di sopra del livello del mare. La quota d'invaso di un serbatoio può essere un dato fisso, e dunque non cambiare durante l'intero periodo di simulazione, oppure è possibile applicare un Pattern al serbatoio per descrivere i cambiamenti nel tempo della linea dei carichi totali, nel caso in cui si voglia effettuare una simulazione di lunga durata.

#### *3.1.2.4 Valve*

Una valvola è un tipo di nodo che si apre o si chiude per soddisfare una condizione specificata dall'utente. Tra i diversi tipi di valvole disponibili su HAMMER in particolare si hanno i riduttori di pressione (PRV), che permettono di evitare che il carico idraulico a valle superi un valore di soglia impostato. Ciò significa che la valvola entra in azione quando il carico a monte risulta superiore al valore di taratura impostato; in caso contrario invece la valvola risulta completamente aperta.

#### *3.1.2.5 Surge valve*

Si tratta di valvole di protezione dai picchi di pressione: infatti un SRV si apre quando la pressione a monte della valvola supera un valore di soglia. Tale valvola è modellata come una lastra verticale di risalita che si oppone ad una molla compressa. Alla pressione di soglia si ha l'equilibrio tra la forza di compressione esercitata dalla molla della valvola sulla piastra mobile e la forza applicata dalla pressione del liquido, che si oppone alla prima. Per una molla lineare, l'allungamento  $x$  è dato dall'equazione:

$$A \cdot (P - P_0) = k \cdot x$$

dove  $A$  è l'area del tubo,  $P$  è la pressione istantanea,  $P_0$  è la pressione di soglia, e  $k$  è la costante della molla. In questa formulazione, l'accelerazione del sistema molla-piastra viene ignorato. Più il sollevamento della molla dalla piastra è grande a causa della pressione in eccesso, più portata può essere dispersa in atmosfera, fino ad un valore massimo che dipende dal diametro del tubo.

I dati di input da impostare per questo tipo di valvola sono i seguenti:

- Pressure Treshold: pressione di soglia di intervento della valvola;



- Diametro dell'orifizio da cui viene buttata fuori la portata d'acqua;
- Spring Costant: costante di rigidità della molla. Da letteratura si ha che un valore possibile per questo coefficiente è dato da 26,27 N/mm.

#### *3.1.2.6 Discharge to atmosphere*

Si tratta di elementi che permettono di modellare un punto in cui il flusso lascia la rete di tubazioni e scarica in atmosfera. In particolare, si considerano le Valves, cioè elementi di scarico dell'acqua dal sistema, per cui il tubo risulta ad una estremità aperto alla pressione atmosferica. La valvola può trovarsi all'inizio della simulazione in posizione di chiusura per poi aprirsi in un certo tempo, per cui essa è particolarmente adatta per verificare l'eventuale formazione di sovrappressioni in condotta. Finché la valvola è aperta sono possibili sia il deflusso a pressione positiva e l'iniezione di aria per pressione nulla. Dopo la chiusura della valvola, questa si comporta come un elemento di giunzione, o come un nodo di estremità se c'è solo un singolo ramo collegato.

I dati di input che devono essere impostati per questo tipo di valvola sono i seguenti:

- Portata;
- Tempo prima dell'inizio della manovra;
- Tempo di chiusura/apertura completa della valvola.

### **3.1.3 Gestione del modello**

#### *3.1.3.1 Query manager*

Una query in HAMMER può essere definita dall'utente tramite un'espressione logica (SQL) che si applica a ciascun tipo di elemento del modello. È possibile utilizzare il Query Manager per creare e memorizzare le queries, ed utilizzare la finestra di dialogo Query Builder per costruire l'espressione SQL effettiva.

Le queries possono essere di uno dei seguenti tre tipi:

- Project queries: query definite dall'utente e disponibili solo nel progetto in cui vengono definite;
- Shared queries: query che risultano disponibili in tutti i progetti creati;
- Predefined queries: query predefinite che sono disponibili in tutti i progetti creati e che l'utente non può modificare.

Attraverso il Query Manager è possibile visualizzare tutte le queries create ed eventualmente modificarle, oltre che selezionare in automatico tutti gli elementi del modello facenti parte di una determinata query. Per creare una query occorre costruire un'espressione logica valida nella finestra di dialogo Query Builder. Tutti i



possibili campi di input per tutti gli elementi del modello vengono riportati in elenco, e sono disponibili degli operatori logici (AND, OR, LIKE) che definiscono la condizione voluta. Infine, in relazione al campo di input chiave scelto vi sarà un elenco di valori disponibili associati ad esso. Per costruire la ricerca occorre quindi:

- 1) selezionare il campo che si desidera includere nella query;
- 2) selezionare il pulsante operatore desiderato;
- 3) visualizzare l'elenco di valori univoci disponibili per il campo selezionato (cliccando sul pulsante aggiorna) e selezionare il valore desiderato;
- 4) convalidare l'espressione per verificare che non vi siano errori nell'espressione SQL costruita.

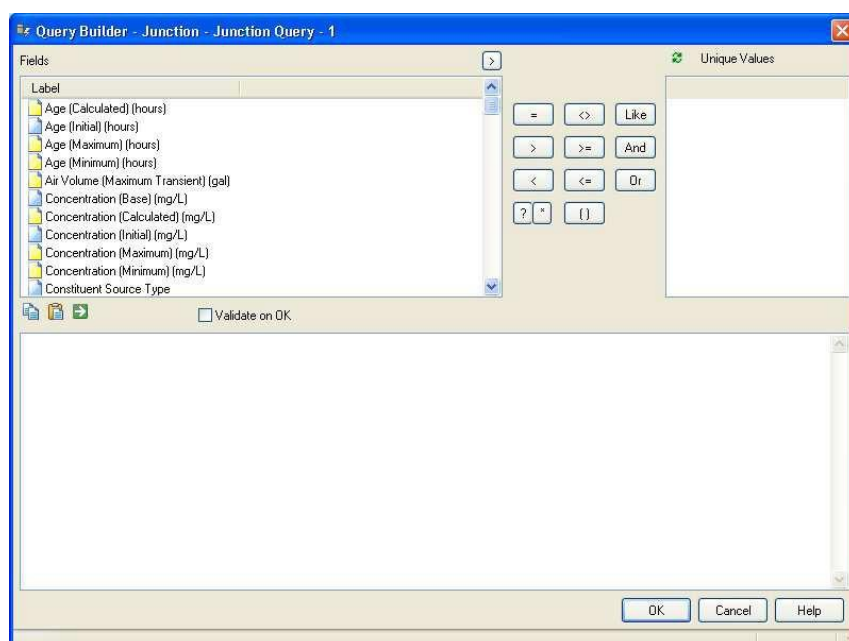


Figura 3-2 Query builder window

### 3.1.3.2 Selection sets

I Selection Sets sono gruppi di elementi della rete definiti dall'utente. Essi permettono di gestire degli insiemi di elementi contemporaneamente, nel caso in cui sia necessario fare delle modifiche globali. In particolare, è possibile creare, modificare e utilizzare i gruppi di selezione attraverso il Selection Sets Manager.

Ci sono due modi per creare un gruppo di selezione:

- da una selezione degli elementi, selezionando gli elementi desiderati manualmente nel riquadro disegno;



- da una query, utilizzando quest'ultima per trovare gli elementi nel modello e inserirli nella selezione in modo automatico.

Dopo aver creato una Selection Sets è possibile selezionare in automatico tramite un apposito pulsante tutti gli elementi del disegno facenti parte della selezione corrente ed apportare le modifiche desiderate globalmente con estrema rapidità.

#### *3.1.3.3 Scenario manager*

Uno scenario contiene tutti i dati in ingresso (in forma di alternative), le opzioni di calcolo e i risultati associati ad un insieme di calcoli. È possibile creare un numero illimitato di scenari che riutilizzano e condividono i dati delle alternative esistenti, e passare da uno scenario all'altro per poterne confrontare i risultati.

Attraverso lo Scenarios Manager è possibile creare, modificare e gestire un numero illimitato di scenari. Esiste uno scenario di base costruito di default ed è possibile utilizzare anche solo questo scenario; tuttavia risulta più veloce e pratico creare scenari aggiuntivi che fanno riferimento a diverse alternative, in modo da eseguire e richiamare i risultati di ciascuno dei calcoli effettuati.

#### *3.1.3.4 Alternative manager*

Le alternative rappresentano le varianti del modello al di sotto degli scenari. Esse sono insiemi di dati suddivisi in categorie che danno origine agli scenari quando messi insieme. Le alternative contengono i dati di input in forma di record; un record contiene i dati di un particolare elemento del modello. Esse possono variare in modo indipendente all'interno degli scenari e possono essere condivise tra gli scenari; gli scenari consentono quindi di specificare l'alternativa che si desidera analizzare. In unione all'utilizzo degli scenari, è dunque possibile eseguire calcoli sul proprio modello per vedere l'effetto di ciascuna alternativa.

Attraverso l'Alternatives Manager è possibile creare, modificare e gestire tutte le alternative che compongono gli scenari del progetto. I dati costituenti l'alternativa sono riportati in forma tabulare per ciascun tipo di elemento che compone il sistema; a seconda del tipo di alternativa vi sono alcuni parametri su cui è possibile intervenire.

Esistono infatti diversi tipi di alternative che consentono di modificare differenti caratteristiche del modello (portata, pressione, caratteristiche geometriche ecc.); in particolare l'Active Topology Alternative permette di rimuovere temporaneamente alcune aree della rete per l'analisi corrente. Ciò è possibile rendendo inattivi alcuni



elementi attraverso la deselezionazione dell'apposita casella di controllo dell'elemento stesso.

### **3.1.4 Analisi della rete**

#### *3.1.4.1 Simulazione in moto stazionario*

Le analisi in moto stazionario determinano il comportamento di funzionamento del sistema in un punto specifico nel tempo o in condizioni stazionarie (cioè quando le portate e i carichi idraulici rimangono costanti nel tempo). Questo tipo di analisi può essere utile per determinare i valori di pressioni e portate a regime minimo, medio, di picco, o per verificare gli effetti a breve termine sul sistema causati dalle portate antincendio. Per questo tipo di analisi, le equazioni della rete sono determinate e risolte impostando una condizione di carico fissata ai serbatoi. I risultati che si ottengono da questo tipo di analisi sono valori istantanei, per cui non è detto che essi siano rappresentativi del comportamento del sistema in un tempo più prolungato, di alcune ore come di pochi minuti.

#### *3.1.4.2 Analisi in moto vario*

I modelli idraulici in moto stazionario, come appena visto, consentono di simulare sistemi in cui si è raggiunto l'equilibrio dinamico e dove le variazioni di carico o portata si hanno in tempi piuttosto lunghi. Tuttavia, HAMMER può simulare anche i sistemi e i carichi idraulici il cui equilibrio è stato sconvolto da una rapida operazione di controllo della valvola o altre emergenze, che intervengono sul sistema in tempi brevissimi, secondi o frazioni di secondo.

#### *3.1.4.3 Calcolo della rete*

Ci sono due tipologie principali di calcolo in HAMMER:

- Analisi in moto stazionario / Analisi EPS (per il calcolo delle condizioni iniziali necessarie all'analisi in transitorio);
- Analisi in moto vario.

Ogni analisi in condizioni transitorie necessita di una serie di 'condizioni iniziali', cioè dei valori di portate, pressioni, livelli serbatoi, ecc propri della rete all'inizio dell'analisi in transitorio. È possibile specificare le condizioni iniziali manualmente, ma è generalmente più efficiente ricavare tali valori direttamente da HAMMER, calcolandoli tramite un'analisi in condizioni stazionarie. Per la creazione e l'esecuzione di un'analisi in moto stazionario occorre fissare le impostazioni iniziali di



calcolo, scegliendo innanzi tutto il periodo di analisi; nel caso in cui si voglia effettuare un'analisi EPS, cioè estesa su un periodo prolungato di tempo è necessario specificare il tempo di partenza, la durata e l'intervallo di tempo voluto (si ricorda che comunque l'analisi EPS non può sostituire quella in transitorio, ma di solito viene utilizzata per modellare un sistema fino a quando non interviene un cambiamento significativo, come l'arresto di una pompa, in modo che da lì possa partire l'analisi transitoria).

Una volta fissate le condizioni iniziali si può procedere ad impostare l'analisi in moto vario secondo le seguenti fasi:

- 1) occorre fissare un evento che definisca l'inizio del transitorio, come ad esempio una pompa che si spegne o una valvola che si chiude;
- 2) si impostano le opzioni di calcolo, specificando in particolare la durata della simulazione, l'intervallo di integrazione temporale su cui si vuole vengano effettuati i calcoli (di solito piuttosto piccolo poiché gli eventi in transitorio sono molto veloci). Si definiscono inoltre i punti di interesse di cui si vuole vengano forniti i dati in output, che possono essere tutti i punti della rete oppure solo alcuni, ed i tempi in cui si vuole che i dati vengano riportati (continuativamente o ad intervalli prefissati).
- 3) quando si fa partire la simulazione, se il modello non è impostato correttamente, si riceverà un messaggio di avviso e i calcoli vengono interrotti; in questo caso è possibile consultare lo User Notifications per ottenere informazioni sull'errore rilevato dal programma.
- 4) Dopo che i calcoli sono stati svolti si possono verificare i risultati ottenuti dal Transient Calculation Summary, e quindi realizzare grafici e profili che li riassumano.

### **3.1.5 Presentazione dei risultati**

#### *3.1.5.1 FlexTable*

Usando le FlexTables è possibile visualizzare i dati di input e i risultati in formato tabulare per ciascuna delle tipologie di elementi presenti nella rete. È possibile utilizzare l'impostazione standard oppure creare delle FlexTables personalizzate da esportare per poter confrontare i dati e creare report dei risultati. È consentito visualizzare tutti gli elementi del progetto, tutti gli elementi di una specifica tipologia, oppure un definito sottoinsieme di elementi.





*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*

Progetto esecutivo

I tabulati di dati sono inoltre molto utili nel caso in cui sia necessario modificare un insieme di proprietà per tutti gli elementi di un certo tipo, in modo da velocizzare l'editing degli elementi.

FlexTable: Pipe Table (Current Time: 0.000 hours) (Irrigazione_Prova Valvole.wtg)											
	Id	Label	Scaled Length (m)	Has User Defined Length?	Length (User Defined) (m)	Start Node	Stop Node	Diameter (mm)	Material	Hazen-Williams C	Wave Speed (m/s)
28: DN 1600...	28	DN 1600 ACCIAIO (Polyline)-...	749.04	<input type="checkbox"/>	0.00	NODO1	T0-1_D1a	1,600.0	Steel	90.0	1,000.00
32: DN 1600...	32	DN 1600 ACCIAIO (Polyline)-...	4,776.14	<input type="checkbox"/>	0.00	T0-1_D1a	DIGA INGAG...	1,600.0	Steel	90.0	1,000.00
141: DN 600...	141	DN 600 PRFV (Polyline)-8	171.76	<input type="checkbox"/>	0.00	T14-15_D3ab	NODO15	600.0	Fibergla...	130.0	1,000.00
165: DN 600...	165	DN 600 PRFV (Polyline)-7	279.86	<input type="checkbox"/>	0.00	T14-15_D2ab	T14-15_D3ab	600.0	Fibergla...	130.0	1,000.00
169: DN 600...	169	DN 600 PRFV (Polyline)-6	285.14	<input type="checkbox"/>	0.00	T14-15_D1abc	T14-15_D2ab	600.0	Fibergla...	130.0	1,000.00
175: DN 600...	175	DN 600 PRFV (Polyline)-5	328.84	<input type="checkbox"/>	0.00	NODO14ab	T14-15_D1abc	600.0	Fibergla...	130.0	1,000.00
186: DN 600...	186	DN 600 PRFV (Polyline)-224	723.90	<input type="checkbox"/>	0.00	NODO4	NODO15	600.0	Fibergla...	130.0	1,000.00
193: DN 700...	193	DN 700 GHISA (Polyline)-50	40.86	<input type="checkbox"/>	0.00	NODO35ab	T16-35_D1ab	700.0	Cast iron	100.0	1,000.00
210: DN 700...	210	DN 700 GHISA (Polyline)-344	92.34	<input type="checkbox"/>	0.00	T15-16_D2a	T15-16_D3ab	700.0	Cast iron	100.0	1,000.00
213: DN 700...	213	DN 700 GHISA (Polyline)-345	95.36	<input type="checkbox"/>	0.00	T15-16_D3ab	NODO16ab	700.0	Cast iron	100.0	1,000.00
250: DN 700...	250	DN 700 GHISA (Polyline)-204	367.37	<input type="checkbox"/>	0.00	NODO34ab	T33-34_D1ab	700.0	Cast iron	100.0	1,000.00
264: DN 700...	264	DN 700 GHISA (Polyline)-343	290.53	<input type="checkbox"/>	0.00	T15-16_D1ab	T15-16_D2a	700.0	Cast iron	100.0	1,000.00
279: DN 700...	279	DN 700 GHISA (Polyline)-202	326.69	<input type="checkbox"/>	0.00	NODO35ab	NODO34ab	700.0	Cast iron	100.0	1,000.00
288: DN 700...	288	DN 700 GHISA (Polyline)-205	402.96	<input type="checkbox"/>	0.00	T33-34_D1ab	NODO33	700.0	Cast iron	100.0	1,000.00
291: DN 700...	291	DN 700 GHISA (Polyline)-51	390.00	<input type="checkbox"/>	0.00	T16-35_D1ab	NODO16ab	700.0	Cast iron	100.0	1,000.00
301: DN 700...	301	DN 700 GHISA (Polyline)-342	643.03	<input type="checkbox"/>	0.00	NODO15	T15-16_D1ab	700.0	Cast iron	100.0	1,000.00

Figura 3-3 Flex table

### 3.1.5.2 Color Coding

Le mappature a colori si utilizzano per poter vedere velocemente cosa succede al modello e capire con un solo colpo d'occhio come variano all'interno della rete determinate proprietà. Ciò è possibile associando colori e/o dimensioni differenti agli elementi in base al valore del parametro che si vuole evidenziare, come ad esempio il carico piezometrico ai nodi e la velocità in condotta dei tubi.

Per lavorare con le mappe a colori, si deve operare sulla finestra di dialogo Color Coding Properties (Figura 3.4).

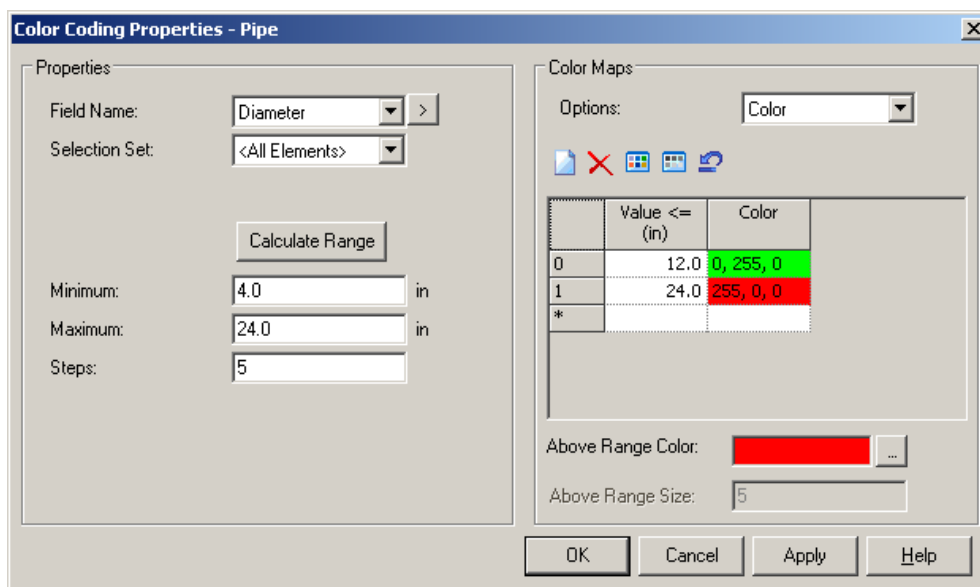


Figura 3-4 Color Coding Properties

La mappatura a colori può essere applicata ad un insieme di selezione precedentemente definito; una volta definito un certo parametro il programma ricava i valori massimo e minimo per quest'ultimo e realizza in automatico degli intervalli per la rappresentazione dei valori, in numero pari al valore di step selezionato dall'utente.

### 3.1.5.3 Profiles

Un profilo è un grafico che rappresenta un particolare parametro lungo una certa distanza, come ad esempio la quota di un certo tratto di tubazione, l'andamento del carico idraulico, la pressione e la concentrazione dei costituenti. Tramite la finestra di dialogo Profile Series Options è possibile regolare le impostazioni di visualizzazione del profilo (Figura 3.5).

Il riquadro Scenarios elenca tutti gli scenari disponibili; il riquadro Elements elenca tutti gli elementi che verranno visualizzati nel profilo ed il riquadro Fields elenca tutti i campi di input e output disponibili.

Si sottolinea che i profili non mostrano alcun risultato per i punti intermedi lungo un tubo; infatti per poter visualizzare i risultati dei calcoli in transitorio per tali punti sarà necessario utilizzare i risultati Transient Viewer.

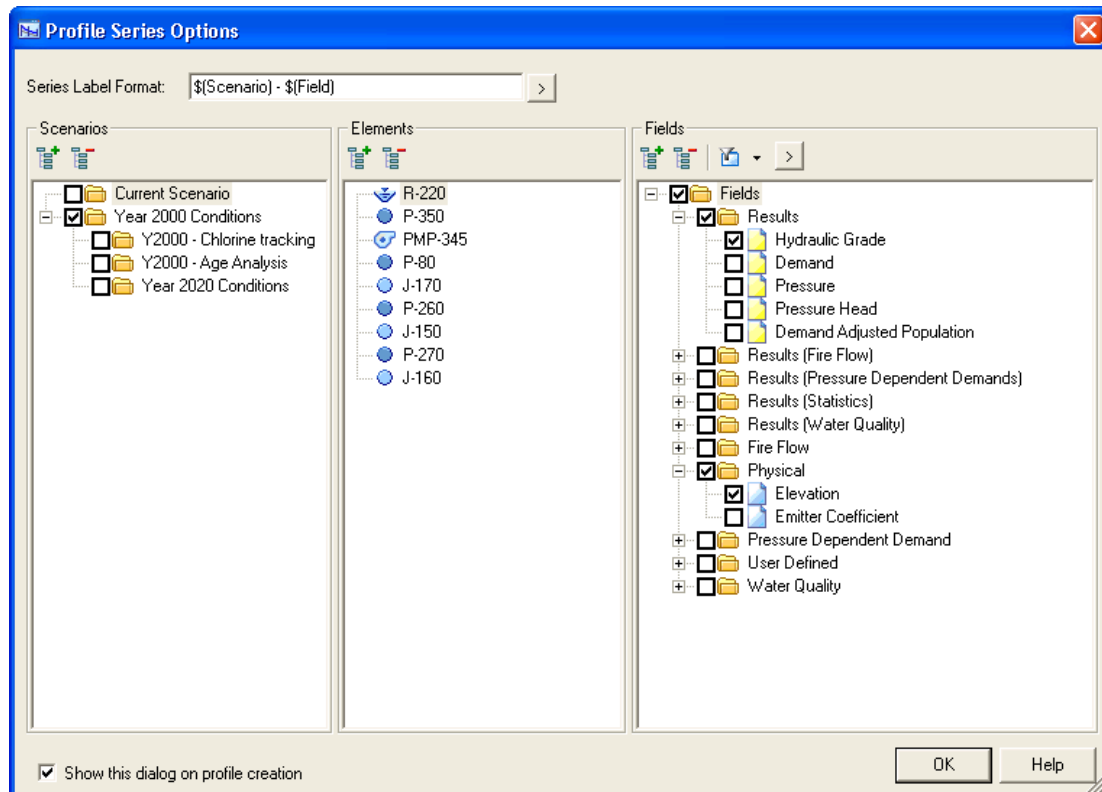


Figura 3-5 Profile Series Options

#### 3.1.5.4 Transients Results Viewer

I risultati dell'analisi in moto transitorio sono rappresentabili da un lato mediante i Profiles Tab che permettono di visualizzare determinate caratteristiche su profili definiti, analogamente a quanto visto in precedenza, con l'opzione aggiuntiva di poter vedere in animazione come si modifica il profilo nel tempo di simulazione; dall'altro è possibile realizzare grafici che riportino i risultati riguardanti specifici punti d'interesse, tramite il Time Histories Tab. A tal proposito sono stati riportati due esempi di output, rispettivamente in Figura 3.6 e 3.7.



*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*  
Progetto esecutivo

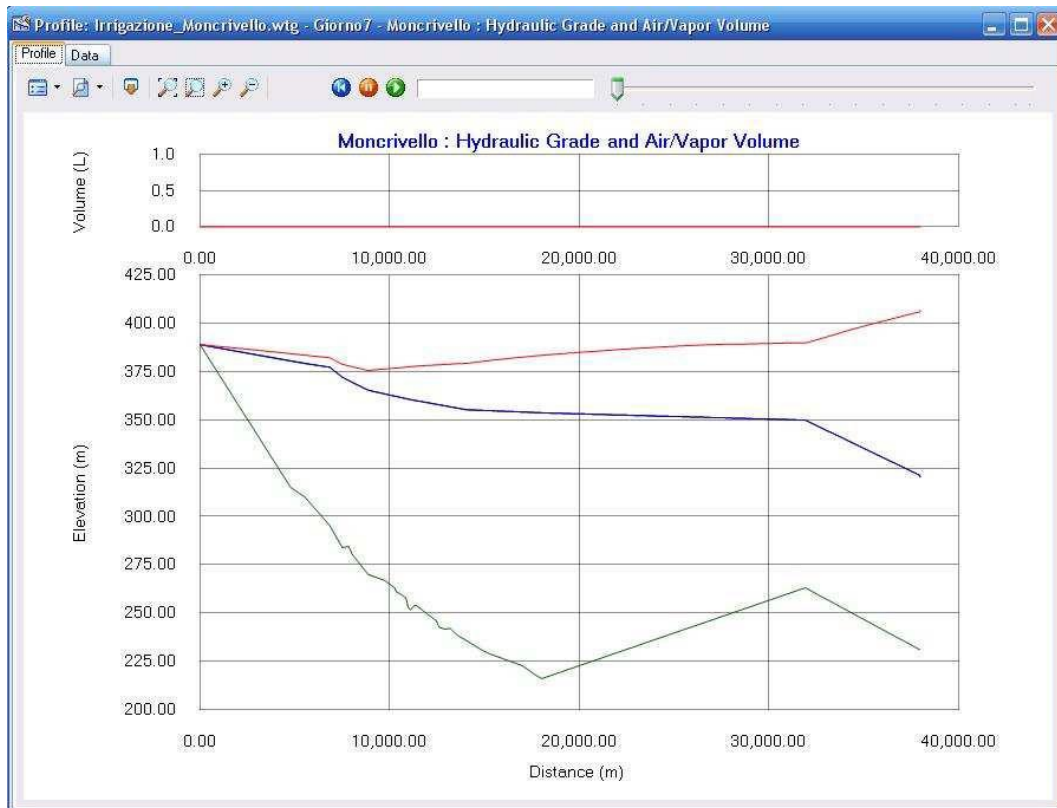


Figura 3-6 Profile plot

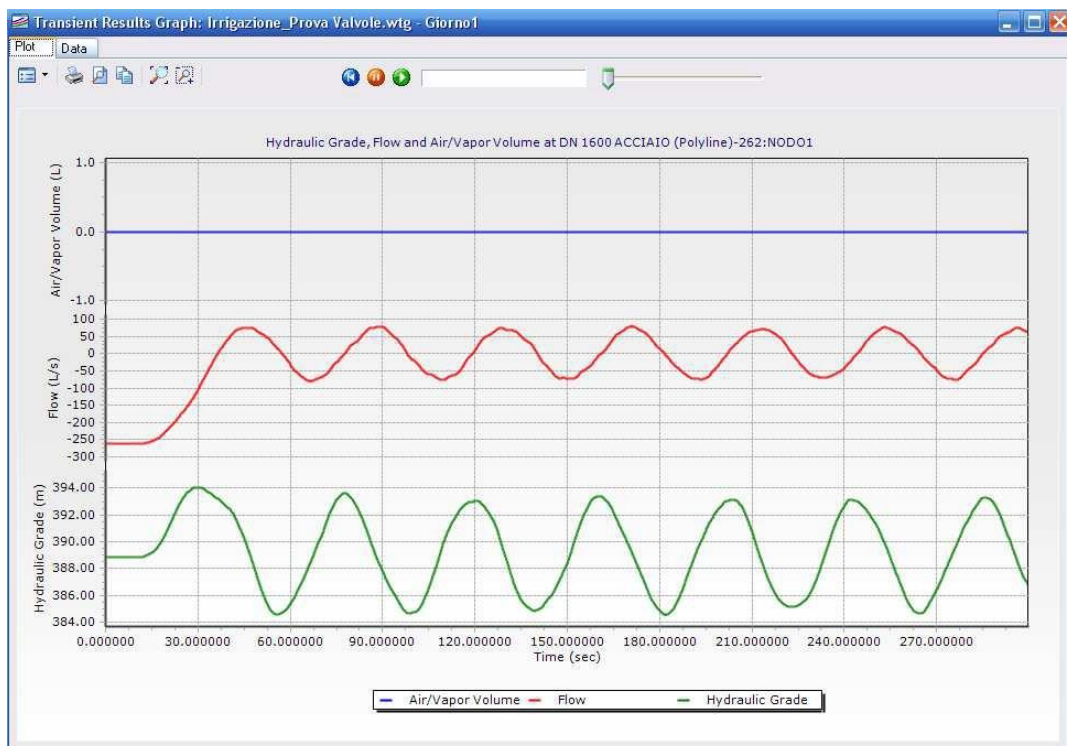


Figura 3-7 Transient results graph



*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*  
Progetto esecutivo

## 3.2 Verifica in moto vario della linea Coghinas 1°

### 3.2.1 Scenario di verifica

La condizione più gravosa in termini di colpo d'ariete è determinata dalla condizione di funzionamento futura con la massima portata e senza prelievi lungo il percorso (Tabella 5.1.b dell'elaborato A3.1 del Progetto Definito che qui si riporta).

Tab. 5.1.b - Coghinas 1° - Stato progetto - Portata massima trasferibile a Punta Tramontana con livello massimo a SMC e livello minimo nella vasca di Punta Tramontana

Portata massima trasferibile a Punta Tramontana con erogazione a Pedra Maggiore di 1100 l/s															
gamma tratte esistenti		0,34	Alimentazione Pedra Maggiore		1100,00 l/s										
gamma tratte nuove		0,16													
da Vasca di carico di S.Maria Coghinas a Vasca terminale Portotorres															
TRATTA		Portata gorgio max cons. [l/s]	Diametro [mm]	Progr. Nodo Valle [m]	L [m]	V [m/s]	Cadente [m/m]	ΔH [m]	Carico ai nodi [m sln]		Quota terreno [m sln]	Quota scavo [m sln]	Quota condotta [m sln]	Carico residuo [m]	NOTE
									movie	valle					
S. M. Coghinas	Pedra Maggiore	2000,00	1400	5.308,10	5.308,10	1,299	1,5800	8,38	71,75	63,37	23,55	19,60	21,30	42,07	Livello max nella vasca iniziale
Pedra Maggiore	Cambio 1	900,00	1400	11.440,56	6.134,46	0,585	0,3200	1,96	63,37	61,40	28,52	25,30	27,00	34,40	
	Cambio 1	900,00	1000	11.541,39	100,83	1,146	1,2091	0,12	61,40	61,28	58,74	54,40	55,60	5,68	Variante La Ciaccia
	Sfiato	900,00	1000	11.827,44	286,05	1,146	1,2091	0,35	61,28	60,94	29,50	26,00	27,70	33,24	
	Cambio 2	900,00	1400	16.999,99	5.172,55	0,585	0,3200	1,65	60,94	59,28	35,58	31,44	33,14	20,14	
	Pozzetto 61	900,00	1200	18.582,39	1.592,39	0,766	0,4656	0,74	59,28	58,54	23,05	19,21	20,91	37,63	Variante Lu bagno
	Pozzetto 67	900,00	1400	23.466,36	4.883,96	0,585	0,3200	1,56	58,54	56,98	48,75	46,39	48,09	8,23	Quota Vasca Livello minimo
Punta Tramontana	Porto Torres	900,00	1400	48.948,79	25482,43	0,585	0,3200	8,15	48,75	40,60	23,20	-	20,84	17,40	Quota Vasca Livello massimo
Quota asse valvola											19,83	Carico sulla valvola	20,77		

Figura 3-8 Dati di funzionamento della condotta in condizioni stazionarie

Lo scenario prevede l'alimentazione di 900 l/s al nodo di Porto Torres e l'alimentazione di Pedra Maggiore per una portata pari a 1100 l/s.

La celerità in condotta è pari a circa 880 m/s che rendono brusca qualunque manovra di chiusura che si concluda entro i 110 secondi.

### 3.2.2 Verifica in assenza di attenuazione

La figura successiva mostra l'andamento delle pressioni massime e minime sulla condotta in caso di manovra brusca. L'analisi viene svolta non considerando l'effetto del pozzo piezometrico attualmente in servizio che si intende disconnettere dal sistema perché in uno scarso stato di conservazione.

Il punto più sollecitato è quello in corrispondenza del nodo di Porto Torres che è anche il punto altimetricamente basso dell'acquedotto più prossimo alla sezione di chiusura dove viene effettuata la manovra.

In condizioni di manovra brusca e con il pozzo piezometrico non funzionante, la massima sovrappressione è pari a 58 m in colonna d'acqua rispetto alla condizione stazionaria.



*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*  
Progetto esecutivo

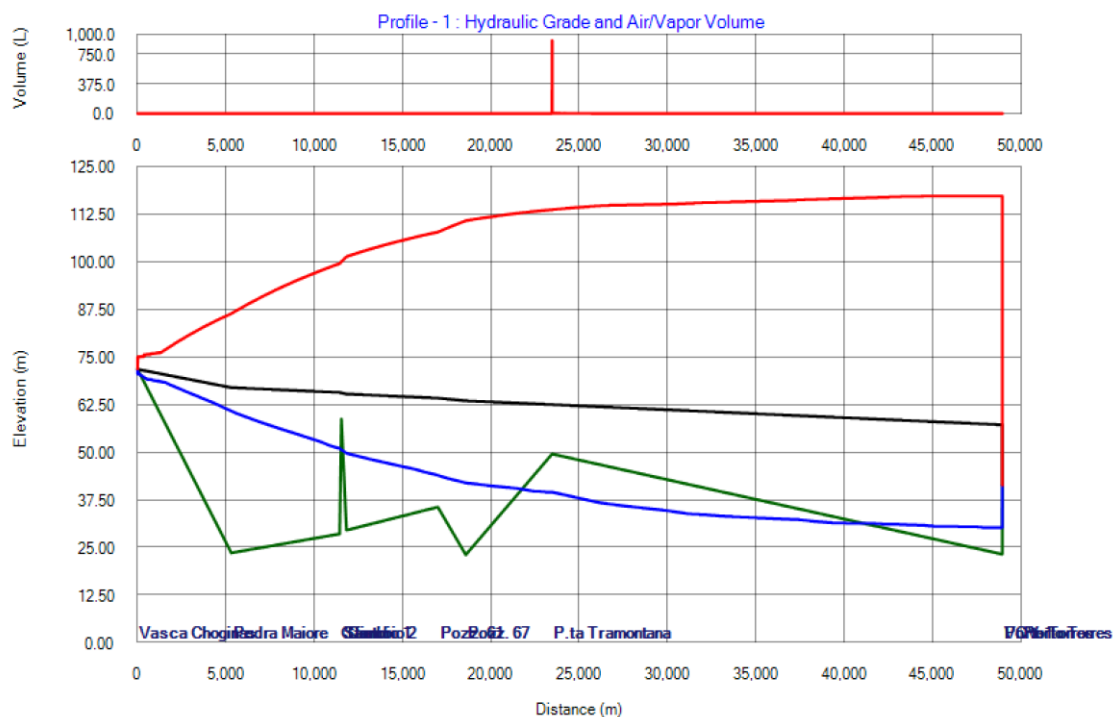


Figura 3-9 Involuppo delle pressioni massime e minime sulla condotta nel caso in cui la chiusura sia brusca

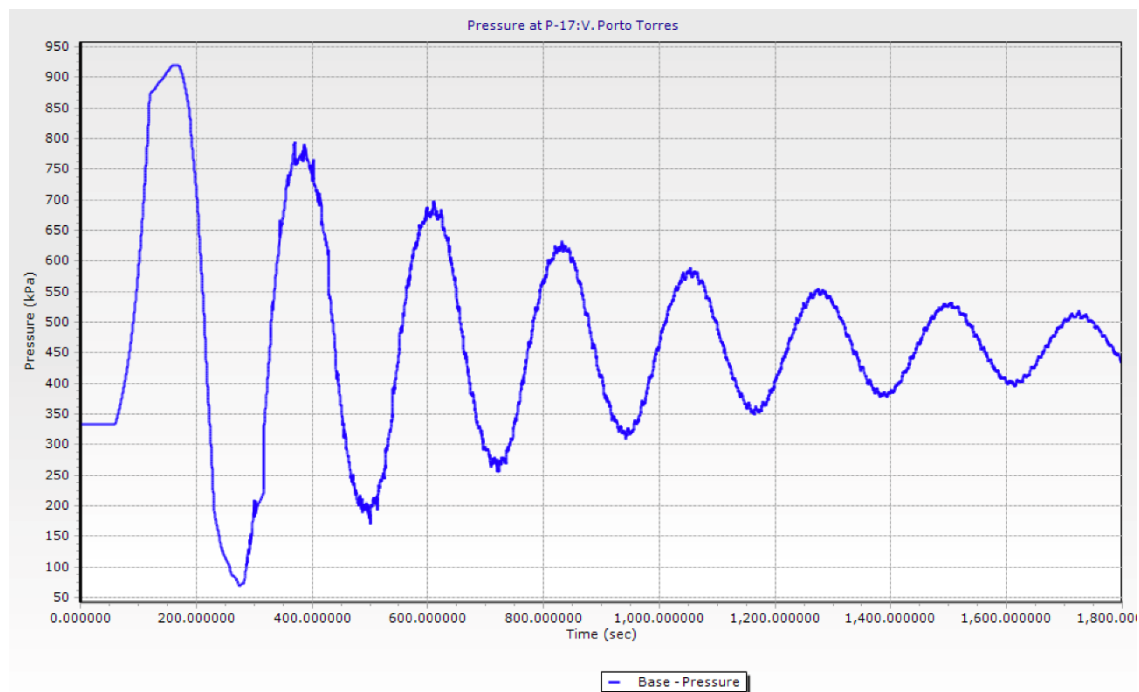


Figura 3-10 Andamento della pressione sulla sezione di ingresso del serbatoio Porto Torres (pozzo piezometrico) nel caso in cui la chiusura sia brusca

La condizione più gravosa in termini di pressione minima è registrata in corrispondenza del nodo di Punta Tramontana dove si raggiunge la tensione di





vapore dell’acqua a 20° con conseguente rottura della colonna liquida e cavitazione. Una larga porzione dell’acquedotto è soggetta a pressioni negative.

In condizioni di manovra lenta (chiusura lineare con durata pari a 5 minuti) e con il pozzo piezometrico non funzionante, la massima sovrappressione è pari a circa 30 m in colonna d’acqua sul pozzetto in corrispondenza dell’alimentazione delle vasche di Porto Torres.

La condizione più gravosa in termini di pressione minima è registrata in corrispondenza dello sfiato a circa 12 km dall’imbocco della condotta dove si raggiunge una pressione comunque positiva e pari a 6 m in colonna d’acqua.

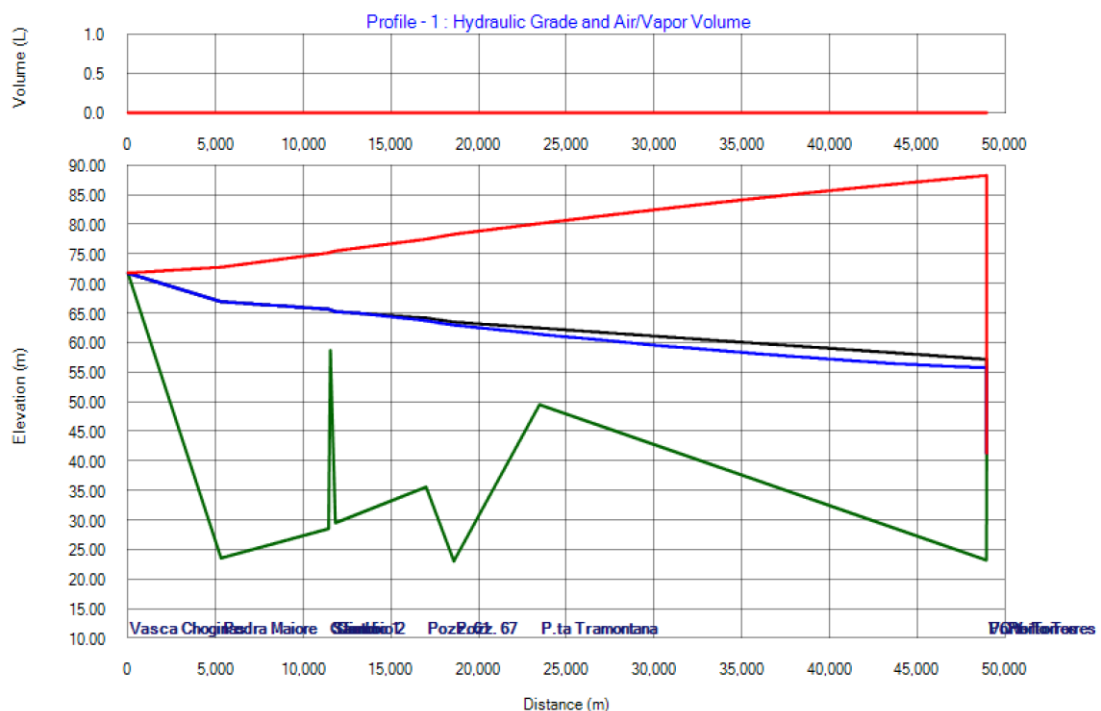


Figura 3-11 Inviluppo delle pressioni massime e minime sulla condotta nel caso in cui la chiusura sia lenta con tempo di chiusura pari a 5 minuti

Focalizzando l’attenzione sulla sezione di sbocco nel serbatoio Porto Torres, la seguente figura rappresenta l’andamento delle pressioni nel corso del transitorio nell’ipotesi di manovra lenta di chiusura totale con durata pari a 5 minuti. La sovrappressione massima pari a circa 30 m in colonna d’acqua ed assenza di pressioni negative con una depressione minima di -2 m rispetto alla condizione stazionaria.

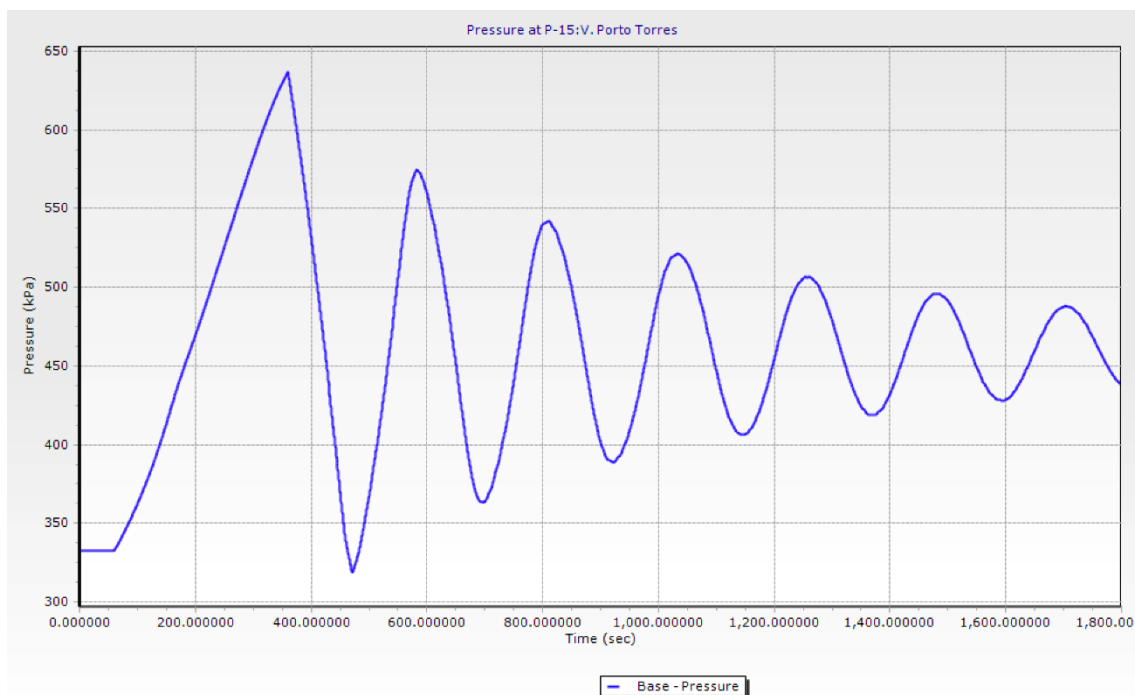


Figura 3-12 Andamento della pressione sulla sezione di ingresso del serbatoio Truncu Reale (pozzo piezometrico) nel caso in cui la chiusura sia lenta con tempo di chiusura pari a 5 minuti

### 3.2.3 Progetto del sistema di attenuazione e settaggio delle valvole

In considerazione dello stato di conservazione del pozzo piezometrico e con l'intenzione di proporre un sistema di attenuazione idraulicamente più efficiente, si propone di inserire una valvola automatica pilotata da motore elettrico e attuata con controllo locale sulle pressioni per l'anticipazione del fenomeno del colpo d'ariete. La valvola avrà recapito nella vasca Truncu Reale e sarà costituita da una valvola a fuso  $\varnothing 600$  K=50.

**Le caratteristiche di settaggio del sistema di attuazione della valvola anticipatrice sono i seguenti:**

- Sovrapressione soglia per apertura valvola = 400 kPa (+170 kPa rispetto alla condizione stazionaria)
- Tempo massimo per apertura completa = 20 sec
- Tempo minimo di mantenimento del funzionamento a valvola aperta = 180 sec
- Tempo minimo da valvola tutta aperta a valvola chiusa = 600 sec

Inserendo un sistema di anticipazione con le caratteristiche anzidette, anche in presenza di una manovra di chiusura completa delle valvole principali di



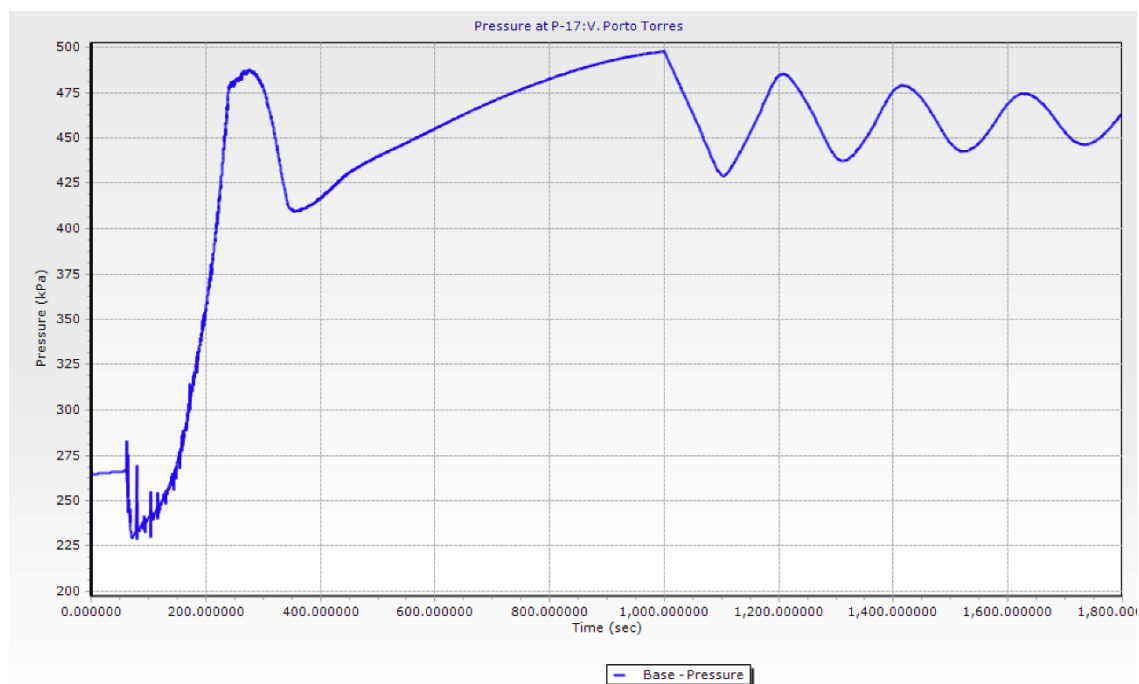


alimentazione della vasca Porto Torres in un tempo pari a 180 secondi, si ottengono sovrapressioni paragonabili a quelle ottenute in presenza di pozzo piezometrico:

- Max sovra-pressione di colpo d'ariete = 230 kPa
- Max depressione senza attenuazione = - 40 kPa
- Pressione massima sulla sezione della valvola = 500 kPa
- Pressione minima sulla sezione della valvola = 190 kPa
- Portata massima attraverso la valvola = 875 l/s
- Volume scaricato dalla valvola durante il transitorio = 490 mc

La simulazione presentata nelle seguenti figure prevede che, per i primi 60 secondi, il sistema funzioni in condizioni stazionarie e che la chiusura delle valvole di alimentazione della vasca di Porto Torres si avvii allo scoccare dei 60 secondi e duri per 3 minuti (conclusione al 240° secondo della simulazione).

La presenza della valvola determina un iniziale processo di depressione rispetto alle condizioni stazionarie con un abbassamento della piezometrica quasi immediato all'avvio del processo di chiusura delle valvole di regolazione principali del serbatoio. In quell'occasione, l'apertura rapida delle valvole anticipatrici determina l'abbassamento della piezometrica di circa 5 m.



*Figura 3-13 Andamento della pressione sulla sezione di ingresso del serbatoio Porto Torres (pozzo piezometrico) nel caso in cui la chiusura sia lenta con tempo di chiusura pari a 3 minuti in presenza del sistema di attenuazione*

La valvola successivamente assorbe le sovrapressioni determinate dalla chiusura completa delle valvole principali di regolazione che si conclude dopo 4 minuti (240



secondi) dall’inizio dell’analisi. La sovrappressione massima è contenuta entro i 22m. Lo schema di funzionamento della valvola attenuatrice prevede che l’apertura completa avvenga in 20 secondi e che questa resti completamente aperta per almeno 180 secondi dall’entrata in funzione. La successiva fase di chiusura della valvola anticipatrice si avvia quindi a 200 secondi dall’entrata in funzione della stessa. Tale numero è stato determinato sulla base del tempo minimo deciso per la chiusura delle valvole principali di regolazione dell’impianto. Se, infatti, queste si chiudono, su comando dell’operatore, in 180 secondi, è buona regola che la valvola anticipatrice si apra più velocemente possibile appena viene rilevato un aumento di pressione e, qualora la sovrappressione non si arresti, si mantenga aperta per un tempo tale da superare il tempo minimo di chiusura delle valvole principali.

La fase di chiusura della valvola anticipatrice, nei successivi 10 minuti, determina un fenomeno di oscillazione di massa che conduce alla massima sovrappressione sulla sezione di sbocco nelle vasche di Porto Torres e pari a 23m in colonna d’acqua rispetto alla condizione stazionaria.

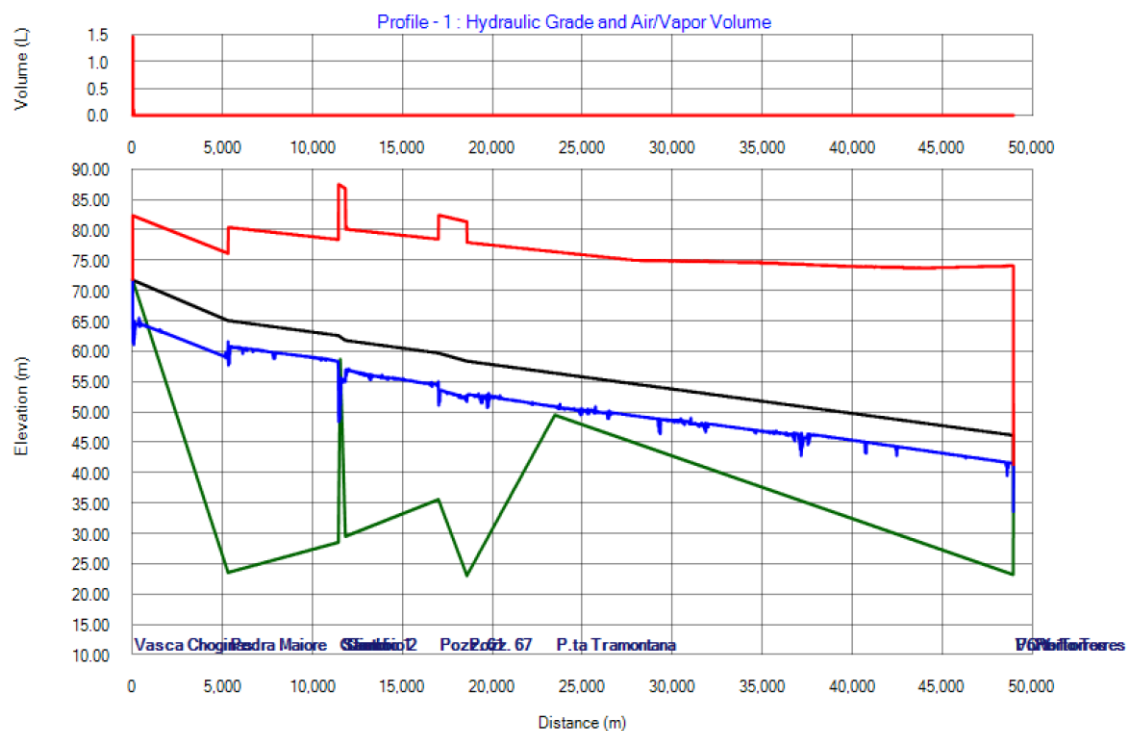


Figura 3-14 Involuppo delle pressioni massime e minime sulla condotta nel caso in cui la chiusura sia lenta con tempo di chiusura pari a 3 minuti in presenza del sistema di attenuazione



*“Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 1° in località Porto Torres -  
Ristrutturazione vasca di carico di Casteldoria in agro di S.M. Coghinas -  
Ristrutturazione vasca terminale linea Coghinas 2° in località Truncu Reale”*  
Progetto esecutivo

Complessivamente l'acquedotto si mantiene in condizioni di carico meno gravose rispetto alle manovre analizzate precedentemente in assenza di attenuazione mantenendosi comunque con pressioni positive sebbene ridotte a poco più di un metro nel nodo di sfiato posto a circa 12 km dall'imbocco.

### 3.3 Verifica in moto vario della linea Coghinas 2°

#### 3.3.1 Scenario di verifica

La condizione più gravosa in termini di colpo d'ariete è determinata dalla condizione di funzionamento futura con la massima portata e senza prelievi lungo il percorso (Tabella 4.1.a dell'elaborato A3.1 del Progetto Definito che qui si riporta).

						Alimentazione Porto Torres da Punta Tramonta						0 l/s		
						Alimentazione Pot. Sorso						0 l/s		
						Alimentazione Monte Agnese						400 l/s		
						Alimentazione Tottubella						100 l/s		
						Alimentazione Truncu Reale						1000 l/s		
						Utenze minori						0 l/s		
gamma 0,34														
da Vasca di carico di S.Maria Coghinas a Vasca terminale Truncu reale						H <sub>totale</sub> metri 137,70 in sifo								
TRATTA	Portata giorno max conc. [l/s]	Diametro [mm]	Progr. Nodo Valle [m]	L [m]	V [m/s]	Cadente [m/km]	Carico ai nodi		Quota terreno [m slm]	Carico residuo sul terreno [m slm]	Quota cielo condotta [m slm]	Carico residuo reale [m]	NOTE	
							monte	valle						
							[m slm]	[m slm]						
Vasca carico	1	1500,00	1400	4991,57	4.991,57	0,974	0,8888	137,70	133,26	113,89	19,37	113,87	19,39	Pedra maggiore - pozz. 37
1	2	1500,00	1400	12573,67	7.582,10	0,974	0,8888	133,26	126,53	110,02	16,51			Castelsardo Pozzetto n. 77
2	3	1500,00	1400	21.667,74	9.094,07	0,974	0,8888	126,53	118,44	112,93	5,51	113,39	5,05	Punto critico n. 1 - pozz. 132
3	4	1500,00	1400	22.132,69	464,95	0,974	0,8888	118,44	118,03	88,26	29,77			Punta Tramontana - pozza. 134
4	5	1500,00	1400	26.340,38	4.207,69	0,974	0,8888	118,03	114,29	86,49	27,80			Pozzetto n. 155
5	6	1500,00	1400	32.721,51	6.381,13	0,974	0,8888	114,29	108,62	86,50	22,12			Pozzetto n. 188
6	7	1500,00	1400	35.025,03	2.303,52	0,974	0,8888	108,62	106,57	54,73	51,84			Impianto di pot. Sorso
7	8	1500,00	1400	38.506,21	3.481,18	0,974	0,8888	106,57	103,48	80,18	23,30			Eravoglio Pozzetto n. 225
8	9	1500,00	1400	38.756,94	250,73	0,974	0,8888	103,48	103,25	94,04	9,21	94,79	8,46	Punto critico n. 2 - pozz. 226
9	10	1500,00	1400	41.826,05	3.069,11	0,974	0,8888	103,25	100,53	92,10	8,43	92,10	8,43	Quota massima vasca
										Quota asse valvola	88,98	11,55		

Figura 3-15 Dati di funzionamento della condotta in condizioni stazionarie

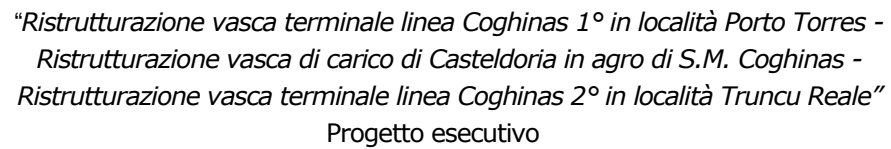
Lo scenario prevede l'alimentazione di 1500 l/s al nodo di Truncu Reale e l'azzeramento dei prelievi lungo il percorso dell'acquedotto.

La celerità in condotta è pari a circa 940 m/s che rendono brusca qualunque manovra di chiusura che si concluda entro i 90 secondi.

#### 3.3.2 Verifica in assenza di attenuazione

La figura successiva mostra l'andamento delle pressioni massime e minime sulla condotta in caso di manovra brusca. Il punto più sollecitato è quello in corrispondenza dell'impianto di potabilizzazione Sorso che è anche il punto altimetricamente più basso dell'acquedotto.

In condizioni di manovra brusca e con il pozzo piezometrico non funzionante, la massima sovrappressione è pari a 145 m in colonna d'acqua.



Profile - 1 : Hydraulic Grade and Air/Vapor Volume

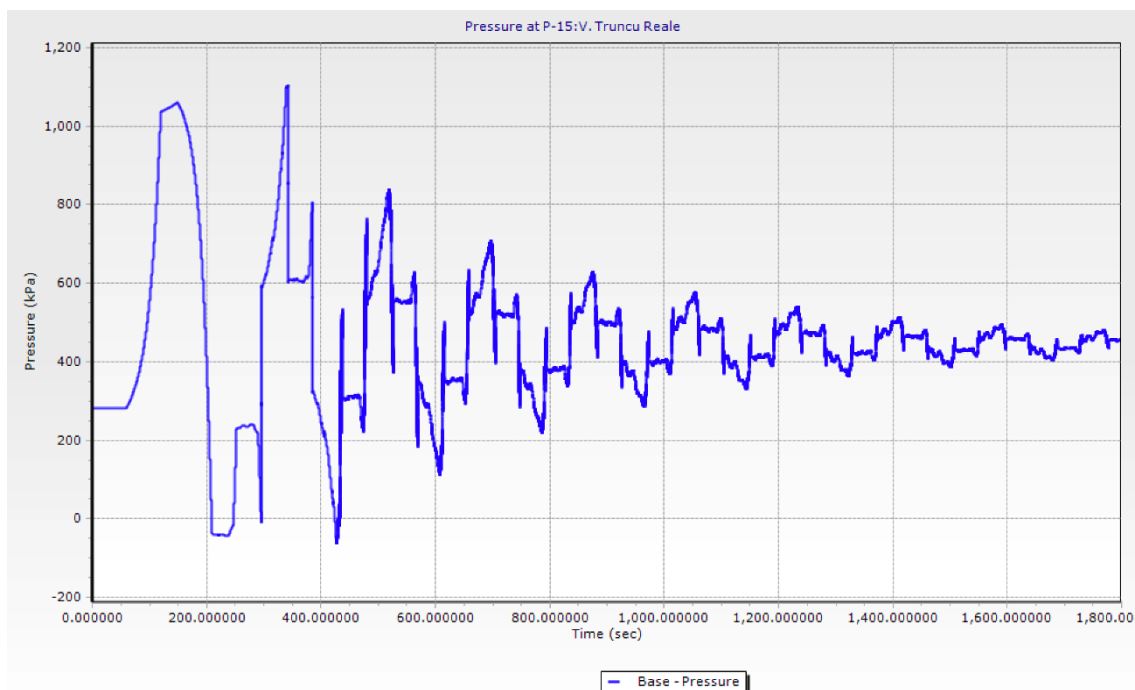
Volume (L)

Elevation (m)

Distance (m)

Vasca Castello Pozz. 37 Castelsardo pozz. 77 PPGC di Olia Pozz. 155 Pozz. 189 Pozz. 200 Pozz. 210 Pozz. 220 Pozz. 230 Pozz. 240 Pozz. 250 Pozz. 260 Pozz. 270 Pozz. 280 Pozz. 290 Pozz. 300 Pozz. 310 Pozz. 320 Pozz. 330 Pozz. 340 Pozz. 350 Pozz. 360 Pozz. 370 Pozz. 380 Pozz. 390 Pozz. 400 Pozz. 410 Pozz. 420 Pozz. 430 Pozz. 440 Pozz. 450 Pozz. 460 Pozz. 470 Pozz. 480 Pozz. 490 Pozz. 500 Pozz. 510 Pozz. 520 Pozz. 530 Pozz. 540 Pozz. 550 Pozz. 560 Pozz. 570 Pozz. 580 Pozz. 590 Pozz. 600 Pozz. 610 Pozz. 620 Pozz. 630 Pozz. 640 Pozz. 650 Pozz. 660 Pozz. 670 Pozz. 680 Pozz. 690 Pozz. 700 Pozz. 710 Pozz. 720 Pozz. 730 Pozz. 740 Pozz. 750 Pozz. 760 Pozz. 770 Pozz. 780 Pozz. 790 Pozz. 800 Pozz. 810 Pozz. 820 Pozz. 830 Pozz. 840 Pozz. 850 Pozz. 860 Pozz. 870 Pozz. 880 Pozz. 890 Pozz. 900 Pozz. 910 Pozz. 920 Pozz. 930 Pozz. 940 Pozz. 950 Pozz. 960 Pozz. 970 Pozz. 980 Pozz. 990 Pozz. 1000 Pozz. 1010 Pozz. 1020 Pozz. 1030 Pozz. 1040 Pozz. 1050 Pozz. 1060 Pozz. 1070 Pozz. 1080 Pozz. 1090 Pozz. 1100 Pozz. 1110 Pozz. 1120 Pozz. 1130 Pozz. 1140 Pozz. 1150 Pozz. 1160 Pozz. 1170 Pozz. 1180 Pozz. 1190 Pozz. 1200 Pozz. 1210 Pozz. 1220 Pozz. 1230 Pozz. 1240 Pozz. 1250 Pozz. 1260 Pozz. 1270 Pozz. 1280 Pozz. 1290 Pozz. 1300 Pozz. 1310 Pozz. 1320 Pozz. 1330 Pozz. 1340 Pozz. 1350 Pozz. 1360 Pozz. 1370 Pozz. 1380 Pozz. 1390 Pozz. 1400 Pozz. 1410 Pozz. 1420 Pozz. 1430 Pozz. 1440 Pozz. 1450 Pozz. 1460 Pozz. 1470 Pozz. 1480 Pozz. 1490 Pozz. 1500 Pozz. 1510 Pozz. 1520 Pozz. 1530 Pozz. 1540 Pozz. 1550 Pozz. 1560 Pozz. 1570 Pozz. 1580 Pozz. 1590 Pozz. 1600 Pozz. 1610 Pozz. 1620 Pozz. 1630 Pozz. 1640 Pozz. 1650 Pozz. 1660 Pozz. 1670 Pozz. 1680 Pozz. 1690 Pozz. 1700 Pozz. 1710 Pozz. 1720 Pozz. 1730 Pozz. 1740 Pozz. 1750 Pozz. 1760 Pozz. 1770 Pozz. 1780 Pozz. 1790 Pozz. 1800 Pozz. 1810 Pozz. 1820 Pozz. 1830 Pozz. 1840 Pozz. 1850 Pozz. 1860 Pozz. 1870 Pozz. 1880 Pozz. 1890 Pozz. 1900 Pozz. 1910 Pozz. 1920 Pozz. 1930 Pozz. 1940 Pozz. 1950 Pozz. 1960 Pozz. 1970 Pozz. 1980 Pozz. 1990 Pozz. 2000 Pozz. 2010 Pozz. 2020 Pozz. 2030 Pozz. 2040 Pozz. 2050 Pozz. 2060 Pozz. 2070 Pozz. 2080 Pozz. 2090 Pozz. 2100 Pozz. 2110 Pozz. 2120 Pozz. 2130 Pozz. 2140 Pozz. 2150 Pozz. 2160 Pozz. 2170 Pozz. 2180 Pozz. 2190 Pozz. 2200 Pozz. 2210 Pozz. 2220 Pozz. 2230 Pozz. 2240 Pozz. 2250 Pozz. 2260 Pozz. 2270 Pozz. 2280 Pozz. 2290 Pozz. 2300 Pozz. 2310 Pozz. 2320 Pozz. 2330 Pozz. 2340 Pozz. 2350 Pozz. 2360 Pozz. 2370 Pozz. 2380 Pozz. 2390 Pozz. 2400 Pozz. 2410 Pozz. 2420 Pozz. 2430 Pozz. 2440 Pozz. 2450 Pozz. 2460 Pozz. 2470 Pozz. 2480 Pozz. 2490 Pozz. 2500 Pozz. 2510 Pozz. 2520 Pozz. 2530 Pozz. 2540 Pozz. 2550 Pozz. 2560 Pozz. 2570 Pozz. 2580 Pozz. 2590 Pozz. 2600 Pozz. 2610 Pozz. 2620 Pozz. 2630 Pozz. 2640 Pozz. 2650 Pozz. 2660 Pozz. 2670 Pozz. 2680 Pozz. 2690 Pozz. 2700 Pozz. 2710 Pozz. 2720 Pozz. 2730 Pozz. 2740 Pozz. 2750 Pozz. 2760 Pozz. 2770 Pozz. 2780 Pozz. 2790 Pozz. 2800 Pozz. 2810 Pozz. 2820 Pozz. 2830 Pozz. 2840 Pozz. 2850 Pozz. 2860 Pozz. 2870 Pozz. 2880 Pozz. 2890 Pozz. 2900 Pozz. 2910 Pozz. 2920 Pozz. 2930 Pozz. 2940 Pozz. 2950 Pozz. 2960 Pozz. 2970 Pozz. 2980 Pozz. 2990 Pozz. 3000 Pozz. 3010 Pozz. 3020 Pozz. 3030 Pozz. 3040 Pozz. 3050 Pozz. 3060 Pozz. 3070 Pozz. 3080 Pozz. 3090 Pozz. 3100 Pozz. 3110 Pozz. 3120 Pozz. 3130 Pozz. 3140 Pozz. 3150 Pozz. 3160 Pozz. 3170 Pozz. 3180 Pozz. 3190 Pozz. 3200 Pozz. 3210 Pozz. 3220 Pozz. 3230 Pozz. 3240 Pozz. 3250 Pozz. 3260 Pozz. 3270 Pozz. 3280 Pozz. 3290 Pozz. 3300 Pozz. 3310 Pozz. 3320 Pozz. 3330 Pozz. 3340 Pozz. 3350 Pozz. 3360 Pozz. 3370 Pozz. 3380 Pozz. 3390 Pozz. 3400 Pozz. 3410 Pozz. 3420 Pozz. 3430 Pozz. 3440 Pozz. 3450 Pozz. 3460 Pozz. 3470 Pozz. 3480 Pozz. 3490 Pozz. 3500 Pozz. 3510 Pozz. 3520 Pozz. 3530 Pozz. 3540 Pozz. 3550 Pozz. 3560 Pozz. 3570 Pozz. 3580 Pozz. 3590 Pozz. 3600 Pozz. 3610 Pozz. 3620 Pozz. 3630 Pozz. 3640 Pozz. 3650 Pozz. 3660 Pozz. 3670 Pozz. 3680 Pozz. 3690 Pozz. 3700 Pozz. 3710 Pozz. 3720 Pozz. 3730 Pozz. 3740 Pozz. 3750 Pozz. 3760 Pozz. 3770 Pozz. 3780 Pozz. 3790 Pozz. 3800 Pozz. 3810 Pozz. 3820 Pozz. 3830 Pozz. 3840 Pozz. 3850 Pozz. 3860 Pozz. 3870 Pozz. 3880 Pozz. 3890 Pozz. 3900 Pozz. 3910 Pozz. 3920 Pozz. 3930 Pozz. 3940 Pozz. 3950 Pozz. 3960 Pozz. 3970 Pozz. 3980 Pozz. 3990 Pozz. 4000 Pozz. 4010 Pozz. 4020 Pozz. 4030 Pozz. 4040 Pozz. 4050 Pozz. 4060 Pozz. 4070 Pozz. 4080 Pozz. 4090 Pozz. 4100 Pozz. 4110 Pozz. 4120 Pozz. 4130 Pozz. 4140 Pozz. 4150 Pozz. 4160 Pozz. 4170 Pozz. 4180 Pozz. 4190 Pozz. 4200 Pozz. 4210 Pozz. 4220 Pozz. 4230 Pozz. 4240 Pozz. 4250 Pozz. 4260 Pozz. 4270 Pozz. 4280 Pozz. 4290 Pozz. 4300 Pozz. 4310 Pozz. 4320 Pozz. 4330 Pozz. 4340 Pozz. 4350 Pozz. 4360 Pozz. 4370 Pozz. 4380 Pozz. 4390 Pozz. 4400 Pozz. 4410 Pozz. 4420 Pozz. 4430 Pozz. 4440 Pozz. 4450 Pozz. 4460 Pozz. 4470 Pozz. 4480 Pozz. 4490 Pozz. 4500 Pozz. 4510 Pozz. 4520 Pozz. 4530 Pozz. 4540 Pozz. 4550 Pozz. 4560 Pozz. 4570 Pozz. 4580 Pozz. 4590 Pozz. 4600 Pozz. 4610 Pozz. 4620 Pozz. 4630 Pozz. 4640 Pozz. 4650 Pozz. 4660 Pozz. 4670 Pozz. 4680 Pozz. 4690 Pozz. 4700 Pozz. 4710 Pozz. 4720 Pozz. 4730 Pozz. 4740 Pozz. 4750 Pozz. 4760 Pozz. 4770 Pozz. 4780 Pozz. 4790 Pozz. 4800 Pozz. 4810 Pozz. 4820 Pozz. 4830 Pozz. 4840 Pozz. 4850 Pozz. 4860 Pozz. 4870 Pozz. 4880 Pozz. 4890 Pozz. 4900 Pozz. 4910 Pozz. 4920 Pozz. 4930 Pozz. 4940 Pozz. 4950 Pozz. 4960 Pozz. 4970 Pozz. 4980 Pozz. 4990 Pozz. 5000 Pozz. 5010 Pozz. 5020 Pozz. 5030 Pozz. 5040 Pozz. 5050 Pozz. 5060 Pozz. 5070 Pozz. 5080 Pozz. 5090 Pozz. 5100 Pozz. 5110 Pozz. 5120 Pozz. 5

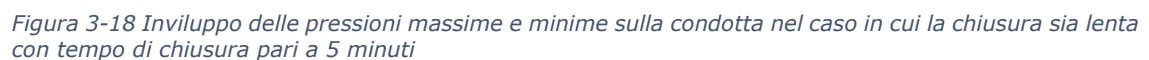
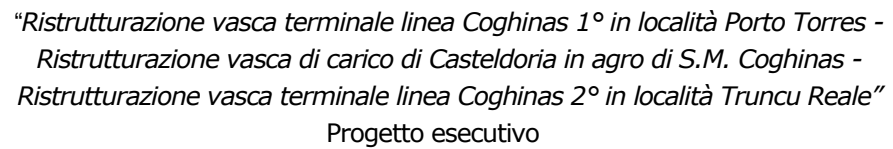
*Figura 3-16 Involuppo delle pressioni massime e minime sulla condotta nel caso in cui la chiusura sia brusca*



*Figura 3-17 Andamento della pressione sulla sezione di ingresso del serbatoio Truncu Reale (pozzo piezometrico) nel caso in cui la chiusura sia brusca*

In condizioni di manovra lenta e con il pozzo piezometrico non funzionante, la massima sovrappressione è pari a 121.1 m in colonna d'acqua sul pozzetto in corrispondenza dell'alimentazione del potabilizzatore Sorso.

La condizione più gravosa in termini di pressione minima è registrata in corrispondenza del Punto Critico 1 dove si raggiunge una pressione negativa sulla condotta pari a -0.9 m in colonna d'acqua.



### R.3 – Relazione idraulica

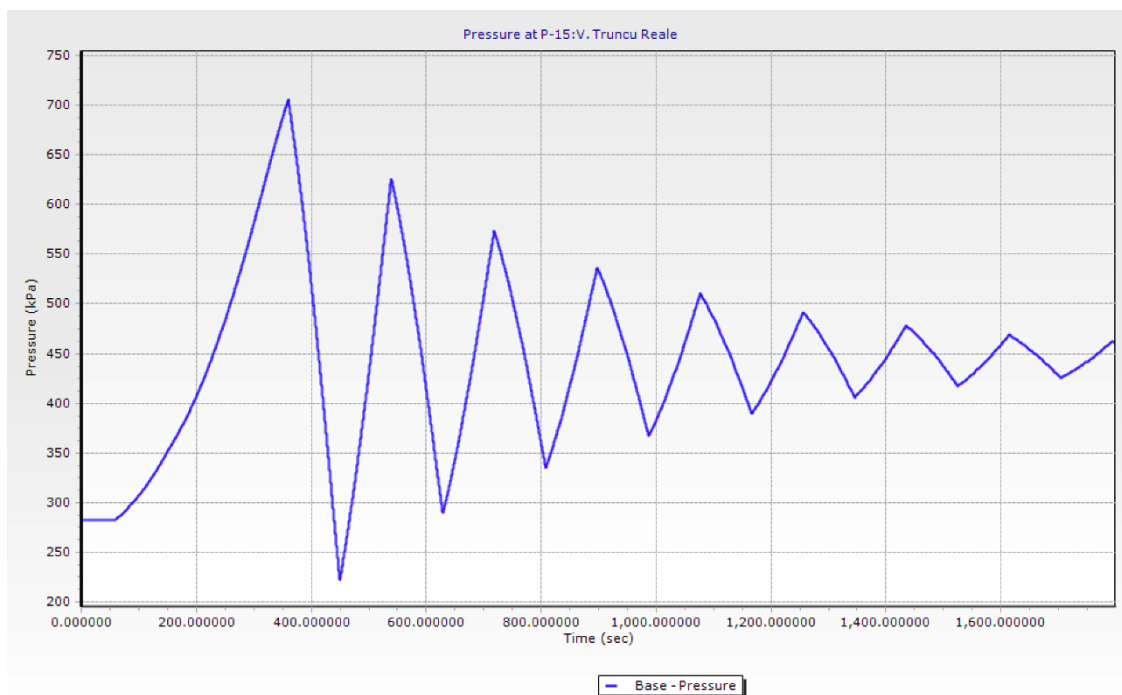


Figura 3-19 Andamento della pressione sulla sezione di ingresso del serbatoio Truncu Reale (pozzo piezometrico) nel caso in cui la chiusura sia lenta con tempo di chiusura pari a 5 minuti

### 3.3.3 Progetto del sistema di attenuazione e settaggio delle valvole

In considerazione dello stato di conservazione del pozzo piezometrico e con l'intenzione di proporre un sistema di attenuazione idraulicamente più efficiente, si propone di inserire una valvola automatica pilotata da motore elettrico e attuata con controllo locale sulle pressioni per l'anticipazione del fenomeno del colpo d'ariete. La valvola avrà recapito nella vasca Truncu Reale e sarà costituita da una valvola a fuso Ø600 K=50.

**Le caratteristiche di settaggio del sistema di attuazione della valvola anticipatrice sono i seguenti:**

- **Sovrapressione soglia per apertura valvola = 450 kPa (+170 kPa rispetto alla condizione stazionaria)**
- **Tempo massimo per l'apertura completa = 20 sec**
- **Tempo minimo di mantenimento della condizione a valvola aperta = 180 sec**
- **Tempo minimo di chiusura = 600 sec**

Inserendo un sistema di anticipazione con le caratteristiche anzidette, anche in presenza di una manovra di chiusura completa delle valvole principali di



alimentazione della vasca Truncu Reale in un tempo pari a 180 secondi, si ottengono sovrapressioni paragonabili a quelle ottenute in presenza di pozzo piezometrico:

- Max sovra-pressione di colpo d'ariete in corrispondenza delle valvole principali di alimentazione della Vasca Truncu Reale = 220 kPa
- Max depressione in corrispondenza delle valvole di attenuazione = - 80 kPa
- Pressione massima sulla sezione della valvola = 500 kPa
- Pressione minima sulla sezione della valvola = 200 kPa
- Portata massima attraverso la valvola = 840 l/s
- Volume scaricato dalla valvola durante il transitorio = 680 mc

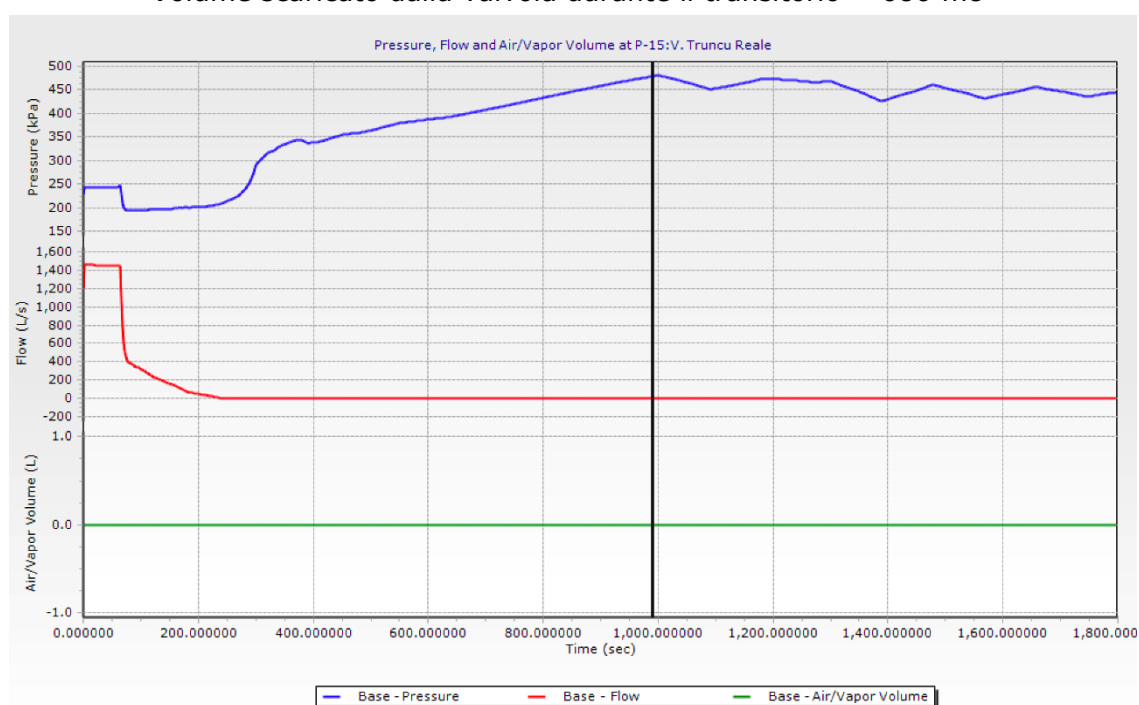


Figura 3-20 Andamento della pressione sulla sezione di ingresso del serbatoio Truncu Reale (pozzo piezometrico) nel caso in cui la chiusura sia lenta con tempo di chiusura pari a 3 minuti in presenza del sistema di attenuazione

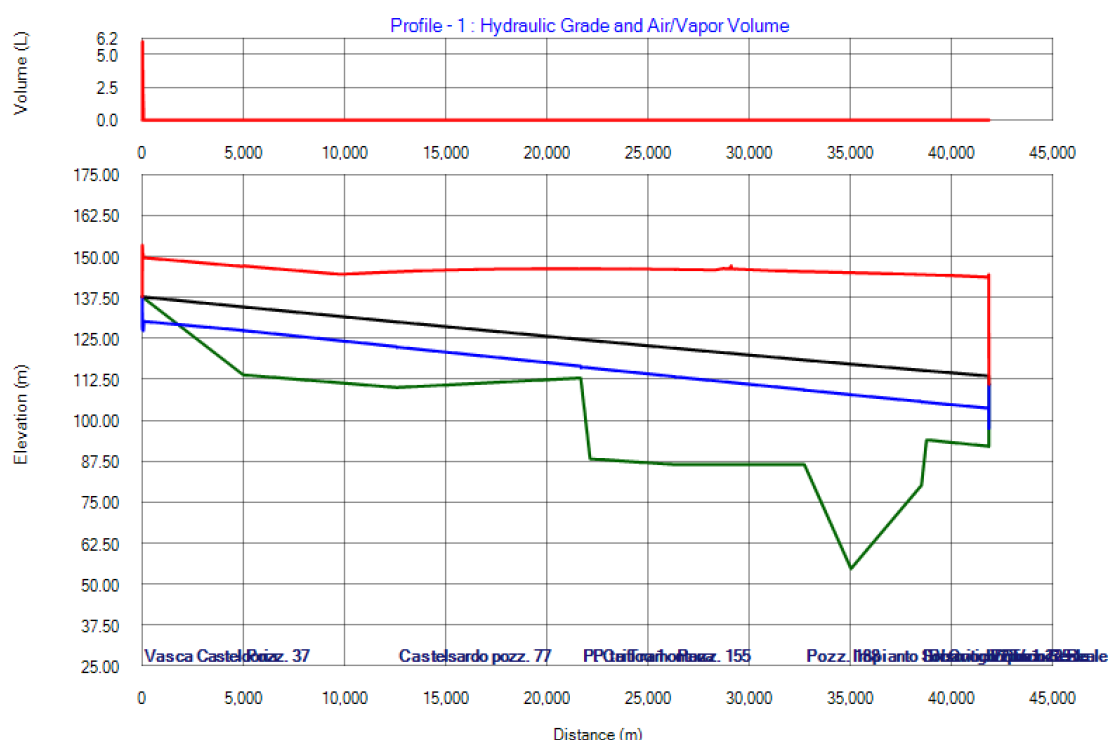
Anche in questo caso, la chiusura delle valvole principali di regolazione viene avviata a 60 secondi dall'inizio della simulazione in modo da evidenziare la condizione stazionaria iniziale.

L'apertura della valvola di anticipazione del colpo d'ariete determina un'iniziale riduzione della pressione pari a circa 5 m in colonna d'acqua rispetto alla condizione stazionaria. Negli istanti successivi, la chiusura delle valvole principali di alimentazione delle vasche manifesta i propri effetti senza però determinare una





significativa sovrappressione che si mantiene appena 10 m sopra la condizione stazionaria (a 3 minuti dall’inizio della manovra; 240 secondi dall’inizio della simulazione). La valvola di anticipazione del colpo d’ariete riesce poi a modulare perfettamente il fenomeno senza produrre significative oscillazioni secondarie.



*Figura 3-21 Involuppo delle pressioni massime e minime sulla condotta nel caso in cui la chiusura sia lenta con tempo di chiusura pari a 3 minuti in presenza del sistema di attenuazione*

Tutto l’acquedotto risulta in pressione con carichi significativamente inferiori rispetto alla condizione di moto vario non controllato.

### **3.4 Valvole di riserva attiva**

Al fine di garantire il mantenimento della funzione di attenuazione anche nel caso di manutenzione delle valvole anticipatrici del colpo d’ariete, si prevede l’inserimento di una valvola sussidiaria di riserva su ciascuna delle linee di attenuazione a servizio della camera di manovra del serbatoio Truncu Reale e del serbatoio Porto Torres. Le valvole sussidiarie poste in parallelo alle valvole principali ne manterranno le stesse dimensioni, caratteristiche e settaggi.



Al fine di garantire il sistema anche da malfunzionamenti accidentali, le due valvole su ciascun sistema saranno entrambe normalmente attive garantendo un'attenuazione comunque superiore a quella di dimensionamento di cui ai precedenti paragrafi ed effettuato, in sicurezza, nel caso cautelativo di funzionamento di una sola valvola.