



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Mims

Ministero delle infrastrutture
e della mobilità sostenibili



S.A.S.I. S.p.A.

Società Abruzzese per il Servizio Idrico Integrato S.p.A.

Capitale sociale Euro 1.896.550,00 i.v.

66034 Lanciano (CH), località Marcianese, Zona Industriale n°5

Tel. 0872-724270 - Fax 0872-716615- Cod. Fis. e P. IVA 01485710691 - C.C. P. 11153665

Procedura Aperta, ai sensi dell'art. 60 del D.Lgs. n. 50/2016
Criterio: Offerta Economicamente più Vantaggiosa, ai sensi dell'art.
95 c. 2 del D.Lgs. n. 50/2016

Potenziamento del Sistema Acquedottistico "Verde"
Riqualificazione delle condotte adduttrici esistenti e potenziamento della
capacità di trasporto della risorsa idrica dell'acquedotto Verde
Il stralcio funzionale Casoli - Scerni

Codice CIG: 9562154B19 Codice CUP: E11B20114480006 Codice NUTS: ITF14

PROGETTO ESECUTIVO

PE.ED.RT.IDR.G.01

Relazione Tecnica Idraulica

L'Impresa:



I Progettisti:



Progettista responsabile: ing. Giancarlo Cigarini

CONTROLLO DI GESTIONE		
SOTTOCOMMESSA	C0000000	C0000000
CDC	00000000	00000000
ARTICOLO	00000000	
CUP	E11B21004480006	

MESE/ANNO			
REVISIONE N.	DATA	NOTE	FIRMA
0	03/2024	EMISSIONE PROGETTO	



Sommario

1	Premessa.....	1
2	DIAMETRO OTTIMALE E RIDONDANZA NELLA GESTIONE FUTURA DEI FLUSSI	1
2.1	INDIVIDUAZIONE DEL DIAMETRO OTTIMALE DI PROGETTO	1
2.2	CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLA RIDONDANZA DEL NUOVO SISTEMA CON RIFERIMENTO ALLA FLESSIBILITA' DI GESTIONE DELLE PORTATE	3
2.3	CONSIDERAZIONI RELATIVE ALL'IMPORTANZA DEL MONITORAGGIO DI PORTATE E PRESSIONI LUNGO LE ADDUTTRICI	4
2.4	CONSIDERAZIONI RELATIVE ALL'IMPORTANZA DELLA REALIZZAZIONE DEI NODI DI INTERCONNESSIONE	5
3	VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DERIVANTI DA BRUSCHI TRANSITORI DI COLPO D'ARIETE	6
3.1	INTRODUZIONE	6
3.2	ANALISI EFFETTUATE E RISULTATI OTTENUTI	7

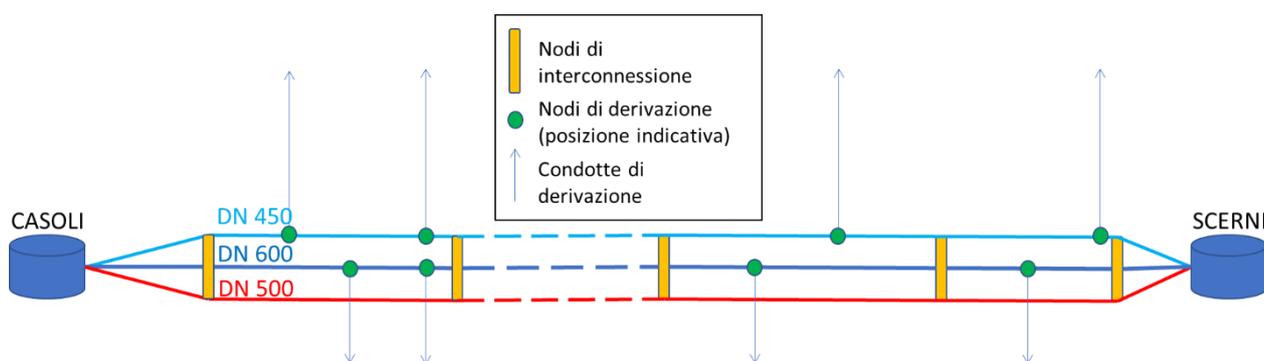
INDICE DELLE FIGURE

1.1	– Schema indicativo dell'insieme delle tre condotte adduttrici e dei nodi di interconnessione e di derivazione.....	1
2.1	– Esempio di interfaccia grafica del software Mike+ con il modello di simulazione da Casoli a Scerni	2
2.2	– Profilo idraulico della nuova adduttrice DN 500 sulla linea Casoli-Scerni	3
2.3	– Dotazioni idriche e portate di picco calcolate dal PFTE per gli agglomerati serviti dalla linea Casoli-Scerni	4
2.4	– Esempio di nodo di interconnessione fra le tre condotte adduttrici.....	5
3.1	– Equazioni fondamentali del fenomeno del colpo d'ariete e relativa procedura di discretizzazione per la risoluzione numerica.....	6
3.2	- Analisi a moto vario: involuppi delle massime e minime piezometriche nel tratto Casoli – Colle Marco conseguenti a manovra rapida, assumendo il DN 400 (in blu) oppure il DN 500 (in rosso)	7
3.3	- Andamento temporale del carico totale e della pressione per il nodo in corrispondenza del partitore Colle Mauro, nella condizione di manovra di chiusura rapida e assumendo il DN 400 mm	8
3.4	- Andamento temporale del carico totale e della pressione per il nodo in corrispondenza del partitore Pili, nella condizione di manovra di chiusura rapida e assumendo il DN 400 mm	8
3.5	- Andamento temporale del carico totale e della pressione per il nodo in corrispondenza del partitore Colle Mauro, nella condizione di manovra di chiusura rapida e assumendo il DN 500 mm	9
3.6	- Andamento temporale del carico totale e della pressione per il nodo in corrispondenza del partitore Pili, nella condizione di manovra di chiusura rapida e assumendo il DN 500 mm	9

1 PREMESSA

Nella presente relazione vengono sinteticamente illustrati i principali aspetti relativi alla realizzazione e alla gestione della nuova adduttrice che collegherà il partitore di Casoli con quello di Scerni.

Allo stato di fatto, il sistema di adduzione tra i nodi di Casoli e Scerni è costituito da due linee DN 600 e DN 450 in acciaio (rappresentate in azzurro e blu in Fig. 1.1), complessivamente aventi una capacità massima di 560 l/s circa.



1.1 – Schema indicativo dell'insieme delle tre condotte adduttrici e dei nodi di interconnessione e di derivazione

La nuova condotta in progetto, rappresentata in colore rosso in Fig. 1.1 e del DN 500 come successivamente descritto, contribuirà per ulteriori 200 l/s, non solo per arrivare a garantire al sistema la possibilità di approvvigionamento nelle condizioni di massima richiesta, ma anche per garantire una maggiore ridondanza al sistema.

In particolare, gli elementi descritti più nel dettaglio riguardano:

- 1) le analisi effettuate per individuare il diametro ottimale della condotta;
- 2) le considerazioni relative alla ridondanza del nuovo sistema con riferimento alla possibilità di gestione dei flussi;
- 3) la valutazione degli effetti derivanti da bruschi transitori di colpo d'ariete.

Le sezioni seguenti descrivono più compiutamente tali aspetti.

2 DIAMETRO OTTIMALE E RIDONDANZA NELLA GESTIONE FUTURA DEI FLUSSI

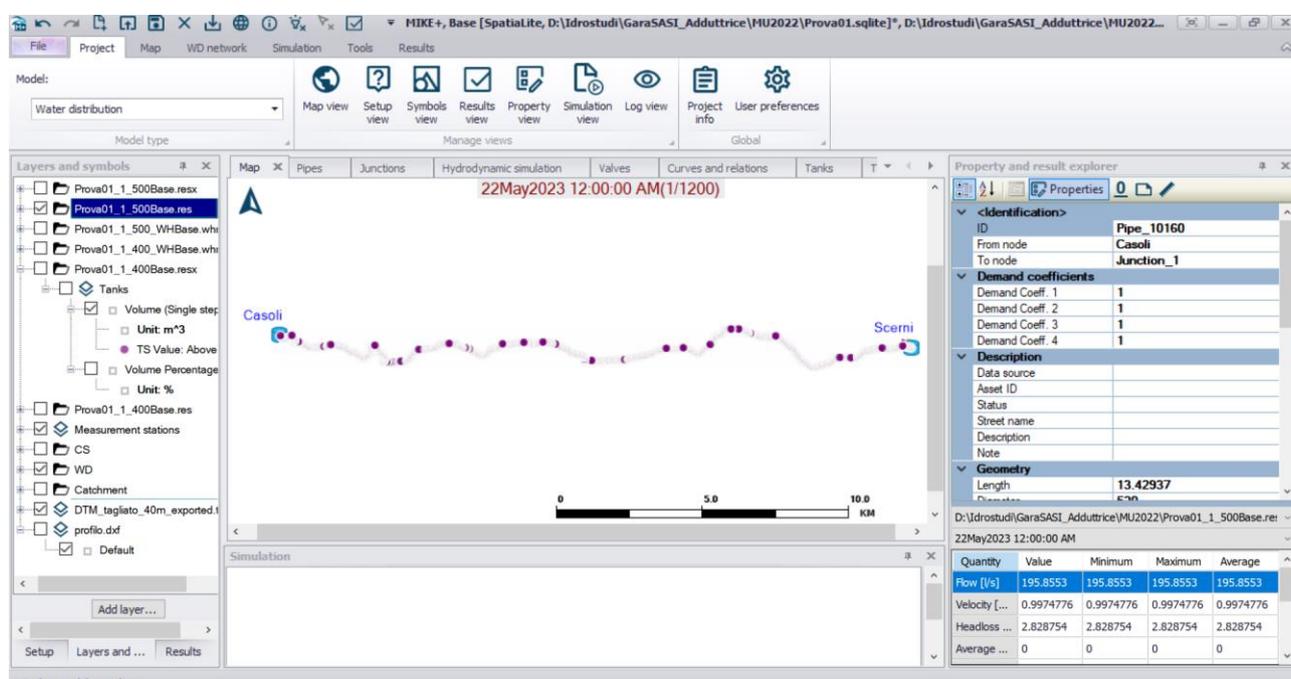
2.1 INDIVIDUAZIONE DEL DIAMETRO OTTIMALE DI PROGETTO

Nell'ambito della progettazione definitiva, è stato implementato un modello di simulazione tramite l'utilizzo del software commerciale Mike+ (Fig. 2.1), che ha permesso di effettuare sia simulazioni a moto permanente, in maniera analoga a quelle svolte nel PFTE, sia a moto vario, contribuendo quindi a maggiori approfondimenti

conoscitivi in merito al funzionamento della condotta in condizioni di particolari transitori derivanti da rapide manovre degli organi di regolazione.

Le analisi effettuate in regime di moto permanente hanno permesso di proporre in sede di progetto definitivo un incremento di diametro, passando cioè dal DN 400 mm (inizialmente previsto dal PFTE) al DN 500 mm. In questo modo, è possibile incrementare notevolmente la capacità di convogliamento della nuova adduttrice, di fatto raddoppiandola.

Il modello è stato fatto girare nelle medesime condizioni al contorno del PFTE. Per quanto riguarda i coefficienti di scabrezza, questi sono stati definiti in termini di scabrezza equivalente, in modo da riprodurre gli stessi valori di portata di quelli del PFTE.

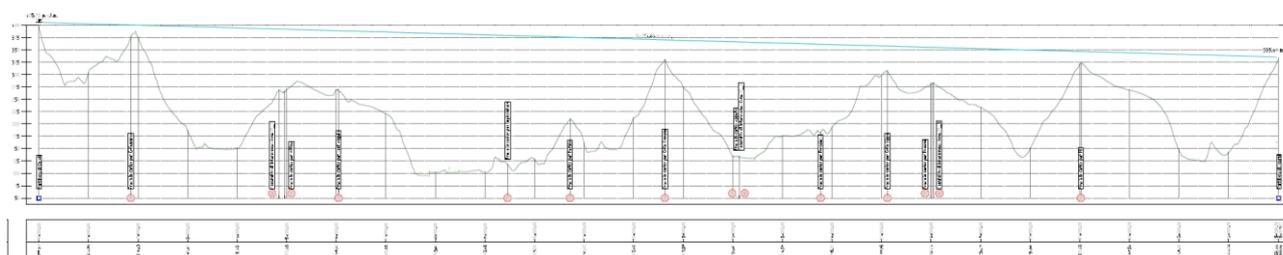


2.1 – Esempio di interfaccia grafica del software Mike+ con il modello di simulazione da Casoli a Scerni

Le simulazioni effettuate hanno permesso di ottenere i valori delle portate fluenti come riportato nella tabella seguente (in analogia con il PFTE, è stato mantenuto costante e pari al livello di massimo sfioro il ripartitore di Scerni).

Portate fluenti nella nuova condotta nelle diverse condizioni analizzate		
Diametro di progetto	Carico massimo Casoli	Carico minimo Casoli
DN 400 mm	108 l/s	105 l/s
DN 500 mm	190 l/s	196 l/s

Mantenendo le stesse condizioni al contorno del PFTE, anche modificando il diametro, viene comunque garantito lo stesso regime piezometrico (a meno di non ricorrere a particolari manovre negli organi di regolazione). Se confrontate con il PFTE, permangono quindi le stesse condizioni di massima pressione (specie negli attraversamenti dei corsi d'acqua, in particolare di quello aereo sul fiume Sangro) e dei minimi piezometrici in corrispondenza dei punti apicali (specialmente quello del partitore Colle Marco e del partitore Pili). La figura seguente illustra il profilo idraulico di progetto, come anche riportato nella relativa tavola grafica allegata.



2.2 – Profilo idraulico della nuova adduttrice DN 500 sulla linea Casoli-Scerni

2.2 CONSIDERAZIONI RELATIVE ALLA RIDONDANZA DEL NUOVO SISTEMA CON RIFERIMENTO ALLA FLESSIBILITA' DI GESTIONE DELLE PORTATE

L'incremento del diametro lungo tutto lo sviluppo dei 24.4 km di condotta, e la conseguente portata fluente che quasi viene a raddoppiare, permettono di disporre di una importante ridondanza del sistema: la massima capacità di convogliamento supera infatti di circa 100 l/s la massima richiesta (stimata in 660 l/s dal PFTE per soddisfare le esigenze relative alla domanda di punta).

In tal modo, è possibile anche far fronte ad eventuali emergenze idriche derivanti da ulteriori domande non previste oppure riuscire a convogliare le portate richieste anche con un funzionamento parziale del sistema (specialmente in condizioni di isolamento di alcuni tronchi delle adduttrici presenti).

Il fatto di disporre di una nuova condotta adduttrice della capacità di quasi 200 l/s permette inoltre di considerare una interessante possibilità di gestione (con riferimento alle condizioni di normale funzionamento del sistema). Se infatti si richiama la tabella del PFTE relativa alla stima dei consumi su base comunale (v. Fig. 2.2), si può dire che tutti i centri abitati serviti fra il partitore di Casoli e quello di Scerni, presi assieme, sono caratterizzati da un consumo complessivo (in termini di portata media) pari a 183 l/s; i centri serviti sono: Altino, Archi, Atessa, Casalbordino, Cupello, Furci, Monteodorisio, Paglieta, Perano, Pollutri, Torino di Sangro, Villafonsina. Sempre nelle condizioni di consumo medio, la portata richiesta da Vasto (227 l/s) e S. Salvo (113 l/s), viene complessivamente soddisfatta per il 57% dal flusso proveniente dalla nuova condotta.

Quindi, nelle condizioni di normale funzionamento e di portata media, le due adduttrici già esistenti possono essere impiegate in modo maggiormente affidabile ed idraulicamente più efficiente per l'approvvigionamento dei centri abitati fra Casoli e Scerni, lasciando la nuova condotta al convogliamento della maggior parte dei flussi per i centri a valle di quest'ultimo. In altri termini, il minor flusso che attraverserà le condotte esistenti porterà anche alla riduzione delle sovrappressioni derivanti da manovre negli organi di regolazione.

Comune	Acquedotto	Linea	Abitanti		Dotazione		Portata Media			Portata di punta giornaliera l/s
			Residenti (1/1/2022)	Fluttuanti	Residenti l/(Ab×d)	Fluttuanti l/(Ab×d)	Residenti l/s	Fluttuanti l/s	Totale l/s	
Altino	Verde	Casoli - Scerni	3080	894	250	200	8.91	2.07	10.98	13.89
Archi	Verde	Casoli - Scerni	2030	507	250	200	5.87	1.17	7.05	8.92
Atessa	Verde	Casoli - Scerni	10443	1430	300	200	36.26	3.31	39.57	50.06
Casalbordino	Verde	Casoli - Scerni	5808	8580	280	200	18.82	19.86	38.68	48.93
Cupello	Verde	Casoli - Scerni	4752	2158	250	200	13.75	5.00	18.75	23.71
Furci	Verde	Casoli - Scerni	851		250	200	2.46	0.00	2.46	3.11
Monteodorisio	Verde	Casoli - Scerni	2342	1300	250	200	6.78	3.01	9.79	12.38
Paglieta	Verde	Casoli - Scerni	4157	1820	250	200	12.03	4.21	16.24	20.55
Perano	Verde	Casoli - Scerni	1523	374	250	200	4.41	0.87	5.27	6.67
Pollutri	Verde	Casoli - Scerni	2073		250	200	6.00	0.00	6.00	7.59
San Salvo	Verde	Casoli - Scerni	19445	19500	300	200	67.52	45.14	112.66	142.51
Torino di Sangro	Verde	Casoli - Scerni	2971	6695	250	200	8.60	15.50	24.09	30.48
Vasto	Verde	Casoli - Scerni	40553	37033	300	200	140.81	85.72	226.53	286.56
Villalfonsina	Verde	Casoli - Scerni	908	559	250	200	2.63	1.29	3.92	4.96
TOTALE			100936	80850			334.84	187.15	521.99	660.32

2.3 – Dotazioni idriche e portate di picco calcolate dal PFTE per gli agglomerati serviti dalla linea Casoli-Scerni

2.3 CONSIDERAZIONI RELATIVE ALL'IMPORTANZA DEL MONITORAGGIO DI PORTATE E PRESSIONI LUNGO LE ADDUTTRICI

L'incremento della capacità di convogliamento dell'intero sistema con la realizzazione della nuova adduttrice deve essere considerato come uno step fondamentale nel potenziamento complessivo dell'acquedotto Verde.

Ciò nonostante, è anche essenziale provvedere ad un puntuale monitoraggio delle infrastrutture (nuove ed esistenti): l'installazione di strumenti di misura della portata e della pressione lungo le tre linee adduttrici in corrispondenza dei nodi di interconnessione permette innanzi tutto la possibilità di calcolare bilanci idrici in continuo, in modo da evidenziare particolari trend di consumi anomali oppure bruschi incrementi di portata (accompagnati da diminuzioni repentine di pressione) conseguenti a guasti lungo le condotte.

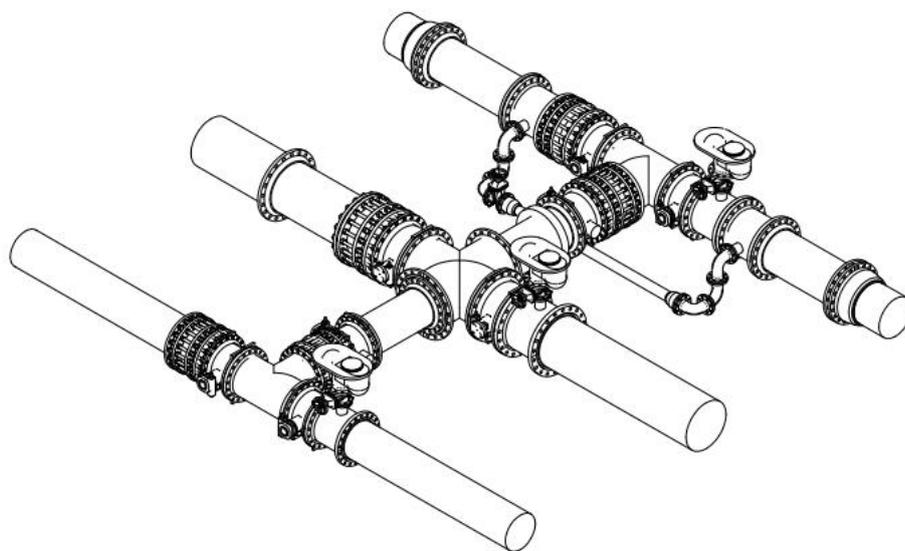
Anche fenomeni di svuotamento parziale delle condotte (e relativo ingresso di aria) possono essere rilevati in tempo reale con opportuni sistemi di monitoraggio. Tali sistemi permettono quindi di evitare lo spreco di risorsa ottimizzandone l'utilizzo, e facendo in modo che, a parità di portata erogata, un maggior numero di centri possa essere servito. Viceversa, uno spreco eccessivo, causato ad esempio da perdite fisiche lungo le linee, comporta, a parità di volume immesso, un numero progressivamente minore di centri serviti.

Il progetto definitivo propone quindi l'installazione di misuratori di portata e pressione in ognuno dei nodi di interconnessione, in modo da poter monitorare in continuo il funzionamento dell'intero sistema (si veda la

tavola relativa ai nodi di interconnessione). I dati, raccolti ed elaborati in tempo reale, permettono sia la realizzazione di bilanci che l’individuazione di anomalie e quindi l’invio di opportune allarmistiche.

2.4 CONSIDERAZIONI RELATIVE ALL’IMPORTANZA DELLA REALIZZAZIONE DEI NODI DI INTERCONNESSIONE

I nodi di interconnessione fra le condotte (ovvero fra la nuova e quelle esistenti) rappresentano i punti nevralgici del sistema di adduzione nel suo complesso, potendo garantire, se opportunamente progettati, la possibilità di funzionamento del sistema anche in condizioni di emergenza e/o deficitarie. Come precedentemente descritto, grazie anche alla maggiorazione del diametro (da DN 400 a DN 500), la possibilità di convogliamento delle tre condotte supera di quasi 100 l/s la massima portata di punta richiesta dai centri abitati, permettendo al sistema di funzionare anche con parziali tratti fuori servizio: tali situazioni potrebbero presentarsi qualora fosse necessario provvedere a riparazioni e/o sostituzioni di tronconi delle condotte di adduzione esistenti.



2.4 – Esempio di nodo di interconnessione fra le tre condotte adduttrici

Tale ridondanza dipende dalla modalità di realizzazione dei nodi di interconnessione, che quindi sono stati progettati in modo tale da poter effettuare le varie possibilità di interscambio dei flussi fra le tre condotte (v. Fig. 2.4 e la relativa tavola allegata).

Tali aspetti, unitamente alla installazione di dispositivi per il monitoraggio di portata e pressione, permettono di raggiungere un elevato grado di sicurezza nella gestione dell’intero sistema, potendone limitare drasticamente i disservizi.

La tipologia e posizionamento dei misuratori di portata e pressione, per il monitoraggio della condotta, saranno definiti con precisione nella successiva fase progettuale in accordo con il gestore. Sarà possibile in tale

fase conoscere le modalità di gestione attuali del sistema e decidere quali schemi di monitoraggio possano maggiormente integrarsi o migliorare gli attuali sistemi di controllo.

Si ritiene, sulla base delle conoscenze acquisite, prevedere in ogni nodo, sia a monte che a valle del medesimo e per ogni condotta un misuratore di portata e uno di pressione.

3 VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DERIVANTI DA BRUSCHI TRANSITORI DI COLPO D'ARIETE

3.1 INTRODUZIONE

Le considerazioni precedenti e i risultati delle simulazioni finora descritte, se da un lato sono sufficienti a modellare le normali condizioni di esercizio o di emergenza, di fatto riproducono una "fotografia" del sistema in diverse ipotesi di lavoro. Tali modelli rappresentano delle semplificazioni, che in taluni casi occorre integrare con modelli più fisicamente basati, detti a moto vario. Questi ultimi rappresentano più fedelmente il comportamento del sistema in presenza di rapide variazioni di flusso.

In fase di redazione del progetto definitivo, si è quindi implementato un modello di simulazione a moto vario della nuova adduttrice, al fine di determinare quali sovrappressioni si instaurano in funzione del diametro installato e se possono sussistere le condizioni di formazione di pressioni negative. Le equazioni che governano il fenomeno, assieme allo schema della procedura di risoluzione, sono rappresentati nella Fig. 3.1.

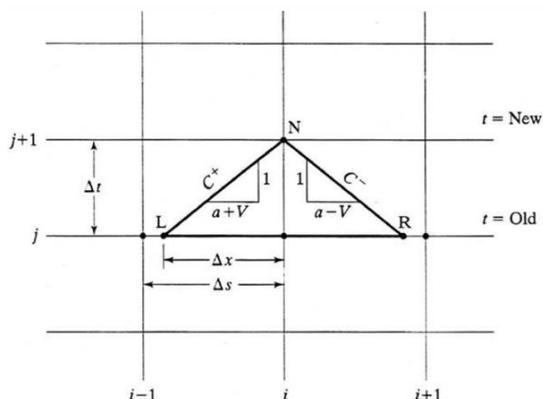
Equazioni differenziali complete del colpo d'ariete

$$\begin{cases} \frac{dh}{dt} + \frac{a}{g} \frac{dU}{dt} + a \frac{\lambda |U|}{2D} - U \frac{dz}{ds} = 0 & \text{per } \frac{ds}{dt} = U + a \quad [C^+] \\ \frac{dh}{dt} - \frac{a}{g} \frac{dU}{dt} - a \frac{\lambda |U|}{2D} - U \frac{dz}{ds} = 0 & \text{per } \frac{ds}{dt} = U - a \quad [C^-] \end{cases}$$



Schema di risoluzione esplicito

$$\begin{cases} \frac{U^+ - U_L}{\Delta t} + \frac{g}{a} \frac{h^+ - h_L}{\Delta t} + g \frac{\lambda}{2D} |U_L| - \frac{g}{a} U_L \frac{\Delta z}{\Delta s} = 0 & \text{per } \frac{\Delta x}{\Delta t} = U + a \quad [C^+] \\ \frac{U^+ - U_R}{\Delta t} + \frac{g}{a} \frac{h^+ - h_R}{\Delta t} + g \frac{\lambda}{2D} |U_R| - \frac{g}{a} U_R \frac{\Delta z}{\Delta s} = 0 & \text{per } \frac{\Delta x}{\Delta t} = U - a \quad [C^-] \end{cases}$$



! Stabilità numerica:

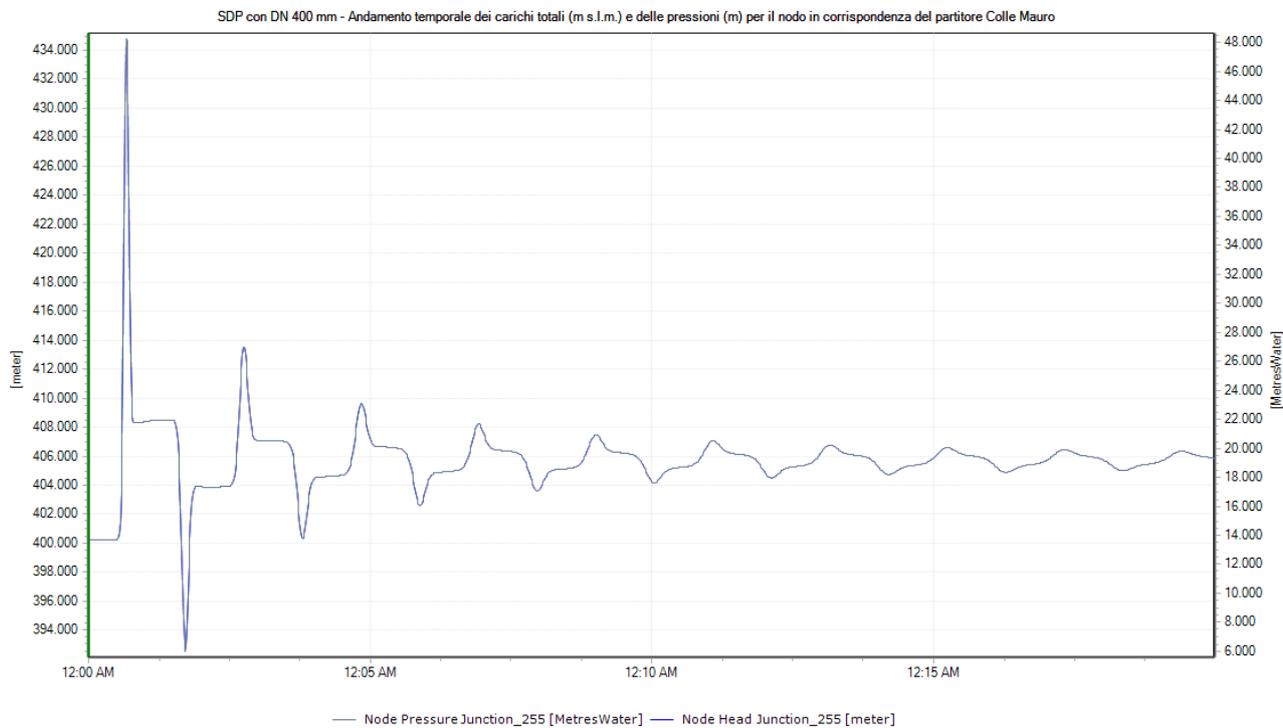
$$C_N = \frac{\max|a + U|}{\frac{\Delta s}{\Delta t}} \leq 1$$



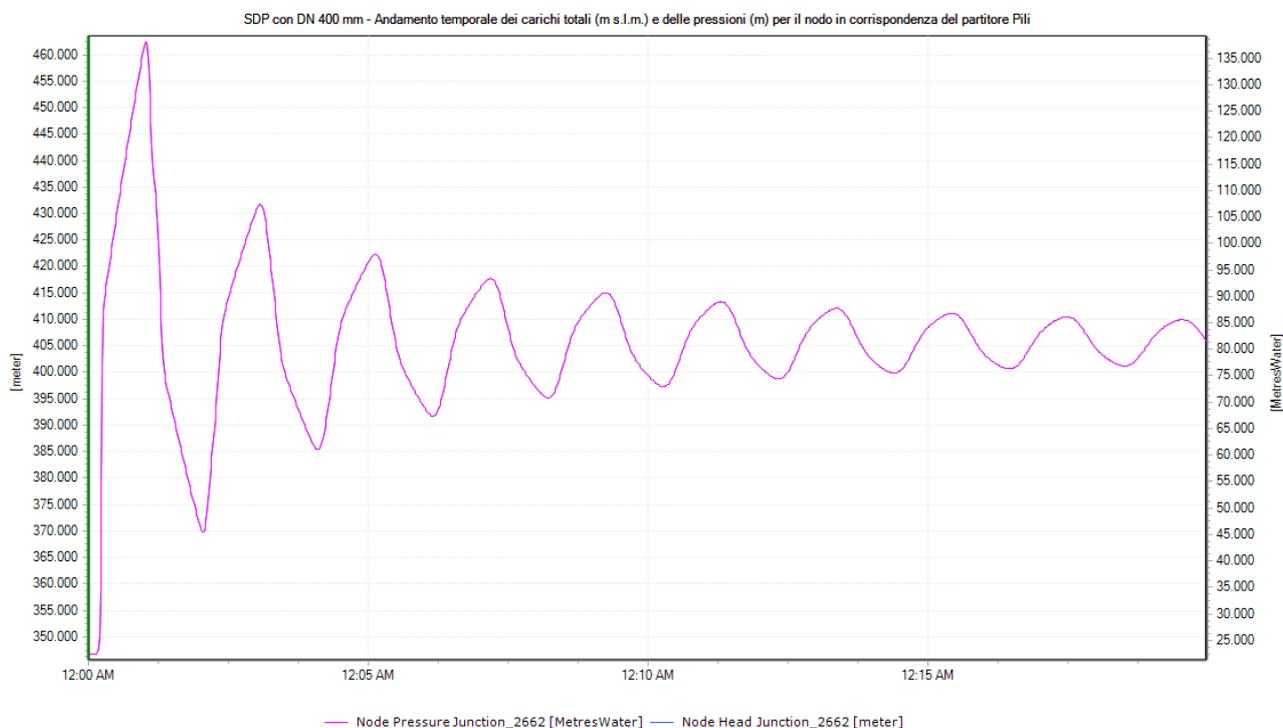
$$\Delta t \leq \frac{\Delta s}{\max|a + U|}$$

3.1 – Equazioni fondamentali del fenomeno del colpo d'ariete e relativa procedura di discretizzazione per la risoluzione numerica

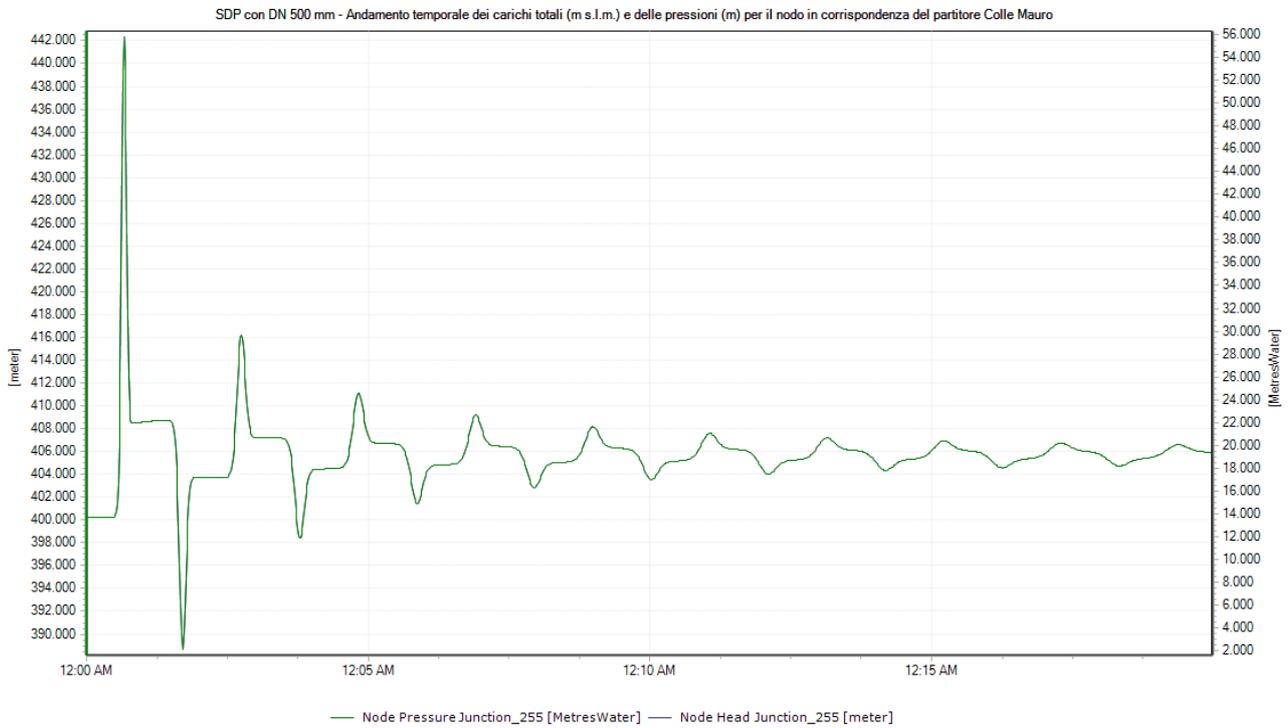
Per quanto riguarda i fenomeni transitori, è opportuno evidenziare come le manovre effettuate su organi di regolazione, tipo valvole, oppure l'accensione e lo spegnimento di pompe nelle stazioni di sollevamento, determinano una massima sovrappressione/sottopressione che è proporzionale al prodotto fra la velocità in condotta e la celerità di propagazione.



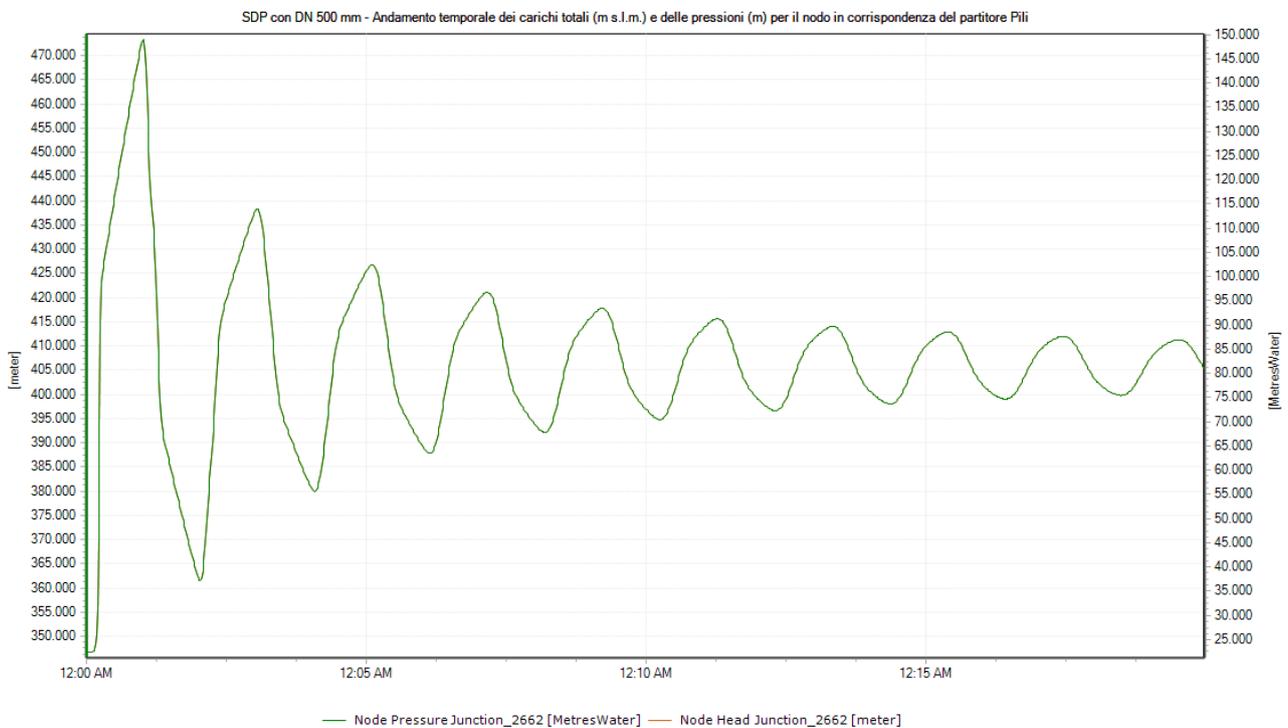
3.3 - Andamento temporale del carico totale e della pressione per il nodo in corrispondenza del partitore Colle Mauro, nella condizione di manovra di chiusura rapida e assumendo il DN 400 mm



3.4 - Andamento temporale del carico totale e della pressione per il nodo in corrispondenza del partitore Pili, nella condizione di manovra di chiusura rapida e assumendo il DN 400 mm



3.5 - Andamento temporale del carico totale e della pressione per il nodo in corrispondenza del partitore Colle Mauro, nella condizione di manovra di chiusura rapida e assumendo il DN 500 mm



3.6 - Andamento temporale del carico totale e della pressione per il nodo in corrispondenza del partitore Pili, nella condizione di manovra di chiusura rapida e assumendo il DN 500 mm